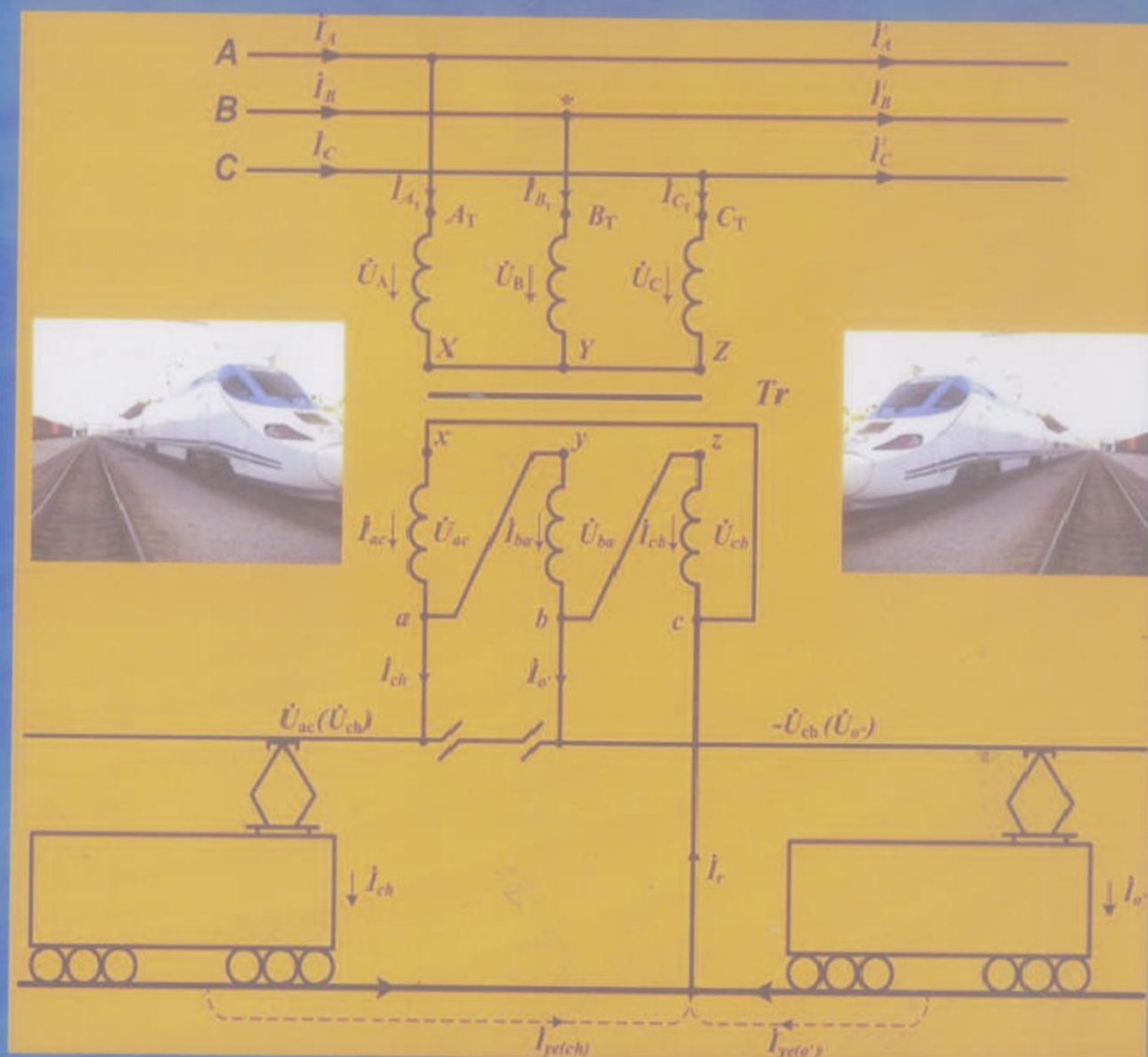


621.33

A 60

AMIROV S.F.

ELEKTRILASHGAN TEMIR YO‘LLAR ELEKTR TA‘MINOTI



**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA MAXSUS
TA‘LIM VAZIRLIGI**

Amirov S.F.

**ELEKTRLASHGAN TEMIR YO‘LLAR ELEKTR
TA‘MINOTI**

O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta‘lim vazirligining
2015 yil 21 avgustdagi 303- son buyrug‘iga asosan 5310200 –
Elektr energetikasi (temir yo‘l transporti) ta‘lim yo‘nalishi
talabalari uchun darslik sifatida tavsiya etilgan

Библиотека
ТашИИТа

“Adabiyot uchqunlari”
Toshkent – 2016

УДК: 53 (072)
ББК: 38.58. А-98
КБК: 38.58.

Amirov S.F. Elektrlashgan temir yo'llar elektr ta'minoti: Oliy temir yo'l o'quv yurtlari talabalari uchun darslik. – Toshkent: «ADAD PLYUS» MChJ, 2016. – 492 b.

Darslikda elektrlashgan temir yo'llar elektr ta'minoti tizimlari va ular tortish tarmog'ini ta'minlash sxemalarining xususiyatlari, tortish elektr ta'minoti tizimi elementlarining elektr parametrlari, tortish elektr ta'minoti tizimlarini berilgan harakat grafigi va harakat o'lchamlari bo'yicha hisoblash usullari, elektr energiyasi sifati va uni elektrovoz ishiga ta'siri, elektr energiyasi sifatini oshirish usullari, tortish elektr ta'minoti tizimi parametrlarini tanlash, elektrlashgan temir yo'llarning yondosh liniyalarga elektromagnit ta'siri va undan himoyalash, tortish tarmog'idagi qisqa tutashish toklaridan himoyalash hamda yuqori tezlikli temir yo'l magistrallari elektr ta'minoti tizimlarining xususiyatlariga oid asosiy nazariy ma'lumotlar keltirilgan. Har bir bob tegishli masalalar, nazorat va test savollari bilan to'ldirilgan.

Darslik 5310200 – elektr energetikasi (temir yo'l transporti) ta'lim yo'nalishi talabalariga mo'ljallangan bo'lib, undan 5A310201 – elektr ta'minoti (temir yo'l transporti) mutaxassisligi magistrantlari, elektrlashgan temir yo'llar elektr ta'minoti qurilmalarini loyihalash, montaj qilish va ularga xizmat ko'rsatish bilan bog'liq bo'lgan injener-texnik xodimlar hamda malaka oshirish kurslari tinglovchilari ham o'quv qo'llanma sifatida foydalanishlari mumkin.

Mas'ul muharrir: texnika fanlari doktori, professor **Amirov S.F.**

Taqrizchilar:

O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi energetika va avtomatika instituti direktori, texnika fanlari doktori, professor **Muratov X.M.**

Toshkent davlat texnika universiteti "Elektr stansiyalari, tarmoqlari va tizimlari" kafedrasini mudiri, texnika fanlari doktori, professor **G'oyibov T.Sh.**

"O'zbekiston temir yo'llari" aksiyadorlik jamiyati "Elektr ta'minoti" boshqarmasi boshlig'i o'rinbosari **Norjigitov S.A.**

Toshkent temir yo'l muhandislari instituti qoshidagi "Xodimlar malakasini oshirish, tayyorlash va qayta tayyorlash yo'l markazi" katta o'qituvchisi **Sagatov G.T.**

ISBN 978-9943-975-04-1

© "Adabiyot uchqunlari", 2016 yil.

© Amirov Sulton Fayzullayevich, 2016 yil.

SO'Z BOSHI

Elektrlashgan temir yo'llar elektr ta'minoti tizimlari ularga qo'yiladigan talablar, ularning ishlash sharoitlari, foydalaniladigan elektroenergetik va elektrotexnik qurilma va jihozlar, hal qilinishi lozim bo'lgan masalalar bo'yicha sanoat korxonalari elektr ta'minoti tizimlaridan keskin farq qiladi. Elektrlashgan temir yo'llar elektr ta'minoti tizimlarini hisoblash, parametrlarini tanlash va ularni loyihalashdagi o'ziga xoslik elektrlashgan temir yo'llar elektr ta'minotini alohida o'quv fani sifatida shakllanishiga olib keldi.

"Elektrlashgan temir yo'llar elektr ta'minoti" fani 5310200 – elektr energetikasi (temir yo'l transporti) bakalavriat ta'lim yo'nalishi o'quv rejasidagi asosiy ixtisoslik fanlaridan biri hisoblanadi. Ushbu fanni talab darajasida o'zlashtirish uchun talaba o'quv rejadagi "Oliy matematika", "Fizika", "Elektrotexnikaning nazariy asoslari", "Elektronika asoslari", "Elektrotexnika materiallari", "Elektromexanika", "Metrologiya va elektr o'lchashlar", "Avtomatika va mikroprotssessorli qurilmalar asoslari", "Energetikaning matematik masalalari", "Elektr energiyasini ishlab chiqarish, uzatish, taqsimlash va ularni avtomatlashtirish" fanlari bo'yicha yetarlicha bilimga ega bo'lishi lozim. Shuning bilan birga ushbu fan o'quv rejadagi "Elektr tarmoqlari va tizimlari", "Kontakt tarmog'i", "Tortuvchi nimstansiyalar", "Yuqori kuchlanish texnikasi va izolatsiya", "Elektr ta'minoti qurilmalarini qurish va montaj qilish" va "Notortuvchi iste'molchilar elektr ta'minoti" kabi umumkasbiy hamda ixtisoslik fanlari bilan chambarchas bog'langan.

"Elektrlashgan temir yo'llar elektr ta'minoti" fanini o'zlashtirishga oid Germaniya, Yaponiya, Fransiya, Amerika Qo'shma Shtatlari, Rossiya Federatsiyasi va boshqa chet el davlatlaridagi oliy temir yo'l o'quv yurtlari olim va pedagoglari tomonidan ko'plab darslik va o'quv qo'llanmalar chop etilgan. Qo'lingizdagi kitob ana shu manbalar hamda so'nggi yillarda ushbu sohani ilmiy va amaliy rivojlantirishga bag'ishlangan monografiyalar, dissertatsiyalar, ilmiy maqolalar, xorij va respublikamizda o'tkazilayotgan ilmiy va amaliy anjumanlar hamda xorijda va respublikamizda ishlab chiqilgan Davlat standartlari, sohaga oid qabul qilingan qoidalar, tavsiyalar, ensiklopedik materiallardan foydalanilgan holda yozilgan.

Darslik dasturiga kiritilgan mavzular ma'lum darajada cheklangan bo'lsa-da unda tortish elektr ta'minoti tizimlari, ular elementlarining elektr parametrlari, tortish elektr ta'minoti tizimlarini berilgan harakat grafigi va harakat o'lchamlari bo'yicha hisoblash usullari, elektr energiyasi sifati va uni elektrovoz ishiga ta'siri, elektr energiyasi sifatini oshirish, tortish elektr ta'minoti tizimi parametrlarini tanlash, elektrlashgan temir yo'llarning yondosh liniyalarga elektromagnit ta'siri va undan himoyalash, tortish tarmog'idagi qisqa tutashish toklaridan himoyalash, tortish elektr ta'minoti tizimini kuchaytirish, undagi elektr energiyasi isroflarini kamaytirish hamda respublikamizda temir yo'llarni elektrlashtirish, yuqori tezlikli temir yo'l magistrallari elektr ta'minoti tizimlarining o'ziga xos xususiyatlari va ular elektr ta'minoti tizimlarini takomillashtirish istiqbollari masalalari imkon darajada yoritildi.

Ushbu darslikni sinchiklab o'rganib, uning sifatini oshirish va yanada boyitish borasida foydali maslahatlarini ayamagan O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi energetika va avtomatika instituti direktori, texnika fanlari doktori, professor X.M. Muratovga, Toshkent davlat texnika universiteti "Elektr stansiyalari, tarmoqlari va tizimlari" kafedrasini mudiri, texnika fanlari doktori, professor T.Sh. G'oyibovga, "O'zbekiston temir yo'llari" aksiyadorlik jamiyati "Elektr ta'minoti" boshqarmasi boshlig'i o'rinbosari S.A. Norjigitovga, Toshkent temir yo'l muhandislari instituti qoshidagi "Xodimlar malakasini oshirish, tayyorlash va qayta tayyorlash yo'l markazi" katta o'qituvchisi G'.T. Sagatovga, mamlakatimizdagi elektrlashgan temir yo'llar sxemalari va ularga oid ayrim texnik xarakteristikalarini ushbu kitobda keltirishda ko'maklashgan "O'zbekiston temir yo'llari" aksiyadorlik jamiyati "Elektr ta'minoti" boshqarmasi xodimlari Ch.M. Kudabekov va Sh.Q. Muxiddinovlarga hamda darslikni kompyuterda sahifalashtirishda amaliy yordam bergan "Temir yo'llar elektr ta'minoti" kafedrasini xodimlari N.R. Yuldashev, Sh.A. Sharopov, M.R. Utegenov, S.X. Jumaboyev, T.N. Badritdinov va O.T. Boltayevlarga muallif chuqur minnatdorlik bildiradi.

Muallif

MUNDARIJA

SO'Z BOSHI.....	3
KIRISH.....	9
1- BOB. TEMIR YO'LLAR ELEKTR TA'MINOTI TIZIMLARI.....	11
1.1. Umumiy ma'lumotlar.....	11
1.2. Tortish elektr ta'minoti tizimlari.....	15
1.2.1. 3 kV kuchlanishli o'zgaruvchan tok tortish elektr ta'minoti tizimi.....	17
1.2.2. 25 kV kuchlanishli va 50 Hz chastotali bir fazali o'zgaruvchan tok tortish elektr ta'minoti tizimi.....	20
1.2.3. 2x25 kV kuchlanishli va 50 Hz chastotali o'zgaruvchan tok tortish elektr ta'minoti tizimi.....	26
1.2.4. 94 kV kuchlanishli ikkita simli bo'ylama liniyaga ega bo'lgan elektr ta'minoti (IBL - 94) tizimi.....	32
1.2.5. 15 kV kuchlanishli va $16\frac{2}{3}$ (25) Hz chastotali o'zgaruvchan tok tortish elektr ta'minot tizimi.....	38
1.3. Tortuvchi nimstansiyalarni tashqi elektr ta'minoti tizimiga ulanish sxemasi.....	39
1.4. Tortish tarmog'ini manba bilan ta'minlash va uni seksiyalash sxemalari.....	41
1.5. Normal va avariya rejimlarining xususiyatlari.....	46
1.6. Monorels transporti elektr ta'minoti tizimi.....	48
Nazorat savollari.....	53
2- BOB. BIR FAZALI O'ZGARUVCHAN TOK TORTISH TARMOG'INI TA'MINLASH SXEMALARINING XUSUSIYATLARI.....	55
2.1. Tortish tarmog'ini chulg'amlari "yulduz-uchburchak" ulangan uch fazali transformatorlardan ta'minlash sxemalari.....	55
2.2. Tortish tarmog'ini chulg'amlari "ochiq uchburchak" va "to'la bo'lmagan yulduz" ulangan transformatorlardan ta'minlash sxemalari.....	78
2.3. Tortish tarmog'ini uch fazali va ikki fazali transformatorlardan ta'minlash sxemalari.....	86
Nazorat savollari.....	92
3- BOB. TORTISH ELEKTR TA'MINOTI TIZIMI ELEMENTLARINING ELEKTR PARAMETRLARI.....	94
3.1. Tortish elektr ta'minoti tizimi elementlarining elektr xarakteristikalarini.....	94

3.2.	Tortish rels zanjirlari	97
3.3.	O'zgaruvchan tok tortish tarmog'i qarshiligini hisoblashning umumlashgan usuli	100
3.4.	O'zgaruvchan tok tortish tarmog'i ekvivalent qarshiligini uning soddalashgan almashlash sxemasi yordamida aniqlash	114
3.5.	O'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkalari relslarida potensial va toklar taqsimlanishi	117
3.6.	Tortish tarmog'i tarkibiy va ekvivalent keltirilgan qarshiligi	125
	Nazorat savollari	126
4- BOB.	TORTISH ELEKTR TA'MINOTI TIZIMLARINI BERILGAN HARA-KAT GRAFIGI BO'YICHA HISOBLASH	128
4.1.	Umumiy ma'lumotlar	128
4.2.	O'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkalari uchun oniy sxemalarni hisoblash	135
4.3.	Transformator chulg'amlaridagi toklar. O'zgaruvchan tok tortuvchi nimstansiyalar shinalaridagi kuchlanish	143
4.4.	Tortuvchi nimstansiyalarni tortish tarmog'iga parallel ishlashining xususiyatlari	151
	Nazorat savollari	154
5- BOB.	TORTISH ELEKTR TA'MINOTI TIZIMLARINI BERILGAN HARA-KAT O'LCHAMLARI O'YICHA HISOBLASH	156
5.1.	Umumiy ma'lumotlar	156
5.2.	Poyezdlar toklarining sonli xarakteristikalarini	160
5.3.	Tortuvchi nimstansiyalar fiderlari o'rtacha va effektiv toklarini aniqlash	167
5.4.	Tortuvchi nimstansiyalar o'rtacha va effektiv toklarini aniqlash	172
5.5.	Tortish tarmog'ida quvvat va energiya isrofi	175
5.6.	Tortish tarmog'i kuchlanishi miqdorini aniqlash	188
5.7.	Tortish tarmog'idagi kuchlanish yo'qolishi	193
5.8.	Ikkita yo'lli o'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkasi oniy sxemalarini hisoblashda tortish tarmog'ining elektrovozgacha bo'lgan qismidagi kuchlanish yo'qolishini aniqlashning o'ziga xos xususiyatlari	204
	Nazorat savollari	211

6- BOB.	ELEKTR ENERGIYASI SIFATI VA UNI ELEKTROVOZ ISHIGA TA'SIRI. ELEKTR ENERGIYASI SIFATINI OSHIRISH	213
6.1.	Umumiy ma'lumotlar	213
6.2.	Tortish tarmog'idagi kuchlanish miqdori va uni mutadilligi	217
6.3.	Tortish tarmog'i kuchlanishi miqdorini elektr harakat tarkibi ishiga ta'siri	219
6.4.	Kuchlanish miqdorini poyezdning fider zona bo'ylab yurish vaqti va tezligiga ta'siri	224
6.5.	O'zgaruvchan tok tortish tarmog'idagi energiya rekuperatsiyasida kuchlanish	230
6.6.	Nosimmetrik yuklamali tortuvchi nimstansiya va elektr uzatish liniyalaridagi quvvat isroflari	233
6.7.	Kuchlanishni rostlash	238
6.8.	Ko'ndalang kompensatsiya	241
6.9.	Bo'ylama kompensatsiya	250
	Nazorat savollari	260
7- BOB.	TORTISH ELEKTR TA'MINOTI TIZIMI ARAMETRLARINI TANLASH	262
7.1.	Umumiy ma'lumotlar	262
7.2.	Tortuvchi nimstansiyalarni o'zaro joylashish variantini tanlash	266
7.3.	Tortuvchi nimstansiya quvvatini hisoblash	272
7.4.	Kontakt osmasi iqtisodiy kesimini aniqlash	280
7.5.	Kontakt osmasi qizish toki va uni tekshirish	283
7.6.	Elektrlashgan temir yo'l uchastkasining o'tkazish qobiliyati	286
	Nazorat savollari	287
8- BOB.	ELEKTRLASHGAN TEMIR YO'LLARNING YONDOSH LINIYALARGA TA'SIRI VA UNDAN HIMOYALASH	289
8.1.	Umumiy ma'lumotlar	289
8.2.	Elektrlashgan temir yo'llarning yondosh liniyalarga ta'siri	293
8.2.1.	Kontakt tarmog'ining elektr ta'siri	293
8.2.2.	Kontakt tarmog'ining magnit ta'siri	296
8.2.3.	Kontakt tarmog'ining galvanik ta'siri	303
8.3.	Yondosh liniyalarni elektrlashgan temir yo'llar	

	ta'siridan himoyalash	303
	Nazorat savollari	308
9- BOB.	TORTISH TARMOG'IDAGI QISQA TUTASHISH TOKLARIDAN HIMOYALASH	309
9.1.	Umumiy ma'lumotlar	309
9.2.	O'zgaruvchan tok tortish tarmoqlarida himoyaga qo'yiladigan asosiy talablar bajarilishining o'ziga xos xususiyatlari	320
9.3.	O'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkalaridagi qisqa tutashish toklaridan tokli himoya.	335
9.4.	Minimal kuchlanish bo'yicha himoya.	345
9.5.	Masofaviy himoya	352
9.6.	Uchinchi garmonik tashkil etuvchisi bo'yicha himoialash	356
9.7.	Raqamli himoyalar qisqa tavsiflari.	358
	Nazorat savollari	359
10- BOB.	YUQORI TEZLIKLI TEMIR YO'L MAGISTRAL- LARI ELEKTR TA'MINOTI TIZIMLARINING XUSUSIYATLARI.	361
10.1	Yuqori tezlikli temir yo'l liniyalari elektr ta'minoti qurilmalariga qo'yiladigan talablar.	361
10.2	Yuqori tezlikli temir yo'l magistrallari tortish elektr ta'minoti tizimini kuchaytirish usullari	363
10.3	Tortish elektr ta'minoti tarmoqlari parametrlarini tanlash mezonlari.	369
10.4	Tortuvchi nimstansiyalar elektr ta'minoti va elektr tortish tarmog'ini seksiyalash.	373
	Nazorat savollari	382
	Ayrim atamalar qisqacha izohlari (Glossariy)	383
	Foydalanilgan adabiyotlar.	393
	Ilovalar.	399
	Test savollari	399
	Jadvallar.	478

O'zbekiston Respublikasi Prezidenti
Islom Karimov

KIRISH

1879 yilda Germaniyaning Berlin shahrida "Simens va Xalske" firmasi uzunligi 300 m bo'lgan elektrlashgan temir yo'l bo'ylab elektrovoz harakatini namoyish etdi. Ushbu kun rasmiy ravishda elektr tortishning dunyoga kelish kuni hisoblanadi.

Harakatlanuvchi tarkibni elektr energiyasi yordamida tortish (elektr tortish) avtonom (elektr energiyasi ishlab chiqaruvchi generatorlari lokomotiv-teplovoda joylashgan) tortishga nisbatan quyidagi afzalliklarga ega: 1) elektr energiyasini yirik elektr stansiyalarida markazlashgan tizimda ishlab chiqarish uning tannarxini kamaytirish va elektrotexnik qurilmalar foydali ish koeffitsiyenti(FIK)ni oshirish imkonini beradi. Yuk tashish tannarxi elektr tortishda avtonom (teplovod yordamida) tortishga nisbatan 1,5-2 marta past; 2) elektr tortishda rekuperatsiya (elektr transportining elektr tormoz rejimida elektr energiyasini manbaga qaytarish) imkoniyati mavjud; 3) elektr tortishda katta quvvatdan foydalanish imkoniyati mavjud. Bu imkoniyat avtonom lokomotivlar yordamida amalga oshirib bo'lmaydigan o'ta og'ir yukli harakat tarkiblarni nisbatan yuqori tezliklarda tortish imkoniyatini yaratadi; 4) elektrovozlarda generatorlar va ularning ishlashi uchun zarur bo'ladigan boshqa qurilmalar bo'lmasligi bois narxi nisbatan arzon hamda ishlash ishonchliligi nisbatan yuqori. Elektrovozlarda shikastlanishlar soni teplovozlardagiga nisbatan 3-4 barobar kam; 5) elektrovozlarda yuqori harorat ostida ishlovchi qismlar mavjud emasligi bois ulardan foydalanishga va ta'mirlashga nisbatan kamroq xarajat sarf etiladi. Elektrovozlarni ta'mirlash-foydalanishga teplovozlarga nisbatan 2-2,5 barobar kam mablag' sarflanadi; 6) elektrovozlarning ekologik jihatdan teplovozlarga nisbatan toza transport vositasi hisoblanadi. Chunki, teplovozlarning gabarit o'lchamlari cheklanganligi bois ularda yonilg'i yonishda hosil bo'ladigan zaharli gazlarni tutib qoladigan uskunalarni kerakli darajada o'rnatish imkoniyati cheklangan.

Hozirgi kunda dunyo miqyosida temir yo'llarning umumiy uzunligi 1 mln kmga yaqin bo'lib, ularning atigi 25 % i

elektrlashgan bo'lsa-da, undagi yuk tashish hajmi umumiy yuk tashishning taxminan 50 % ini tashkil etadi.

Bugungi kunga kelib mamlakatimizdagi temir yo'l liniyalarining umumiy uzunligi 4300 km ni tashkil etib, uning 1000 km ga yaqini elektrlashtirilgan. Uzunligi 344 km bo'lgan "Toshkent - Maroqand" temir yo'l liniyasi rekonstruksiya qilindi va elektrlashtirildi hamda 2011 yil 1 sentabrdan boshlab mamlakatimiz hayotida muhim voqea - 250 km/soat gacha tezlik bilan harakatlanadigan yuqori tezlikli "Afrosiyob" yo'lovchi tashuvchi elekt poyezdi harakati yo'lga qo'yildi. Hozirgi kunda yo'lovchilar "Toshkent - Samarqand" oralig'idagi masofani 2 soatu 10 minutda bosib o'tmoqda.

Uzunligi 140 km bo'lgan "Maroqand - Qarshi" temir yo'l uchastkasi elektrlashtirilib, 2015 yil 1 sentabrdan yuqori tezlikli "Afrosiyob" yo'lovchi tashuvchi elekt poyezdi "Toshkent - Samarqand - Qarshi" yunalishida qatnay boshladi. 325 km uzunlikdagi "Qarshi - Termiz" temir yo'l uchastkasini elektrlashtirish amalga oshirilmoqda. Mamlakatimiz markazini uning sharqiy qismida joylashgan Farg'ona vodiysi bilan bog'laydigan uzunligi 123 km (shundan 19,1 km tonneldan iborat) bo'lgan yangi elektrlashgan temir yo'l uchastkasini qurish ishlari jadal suratlarda olib borilmoqda. Uzunligi 247 km bo'lgan va yo'lovchi tashuvchi tez yurar elektr poyezdlar harakatlanishi mo'ljallanayotgan "Maroqand - Buxoro" yangi elektrlashgan temir yo'l uchastkasini qurish ishlari boshlab yuborildi. Bundan tashqari, "Buxoro - Miskin" temir yo'l uchastkasi (uzunligi 380 km)ni elektrlashtirish va "Navoiy - Uchquduq - Sulton Uvaystog' - Nukus" (uzunligi 342 km) yangi elektrlashgan temir yo'l uchastkasini qurish bo'yicha loyihalash ishlari olib borilmoqda.

1- BOB. TEMIR YO'LLAR ELEKTR TA'MINOTI TIZIMLARI

1.1. Umumiy ma'lumotlar

Elektr stansiyalar generatorlaridan boshlab to tortish tarmog'idagi qurilmalar majmuasi elektrlashgan temir yo'llar elektr ta'minoti tizimini tashkil etadi. Bu tizim elektr energiyasini "O'zbekEnergo" aksiyadorlik jamiyati(AJ)ga qarashli issiqlik va gidro elektr stansiya (IES, GES)laridan, yirik korxonalar elektr stansiyalaridan hamda "O'zbekiston temir yo'llari" AJga tegishli kichik elektr stansiyalaridan oladi. Ushbu tizimdan nafaqat tortuvchi lokomotiv (elektrovoz, elektropoyezd)lar, balki temir yo'l transporti tizimidagi barcha notortuvchi iste'molchilar, temir yo'llar joylashgan hududlardagi sanoat va qishloq xo'jaligi korxonalari hamda aholi yashash joylari elektr energiya bilan ta'minlanadi (1.1- rasm).

Harakatlanuvchi tarkibni elektr energiyasi yordamida tortish (elektr tortish) avtonom (elektr energiyasi ishlab chiqaruvchi generatorlari lokomotiv-teplovozda joylashgan) tortishga nisbatan quyidagi afzalliklarga ega:

1) elektr energiyani yirik elektr stansiyalarida markazlashgan tizimda ishlab chiqarish uning tannarxini kamaytirish va elektrotexnik qurilmalar foydali ish koeffitsiyenti(FIK)ni oshirish imkonini beradi. Yuk tashish tannarxi elektr tortishda avtonom (teplovoz yordamida) tortishga nisbatan 1,5-2 marta past (1.1- jadval);

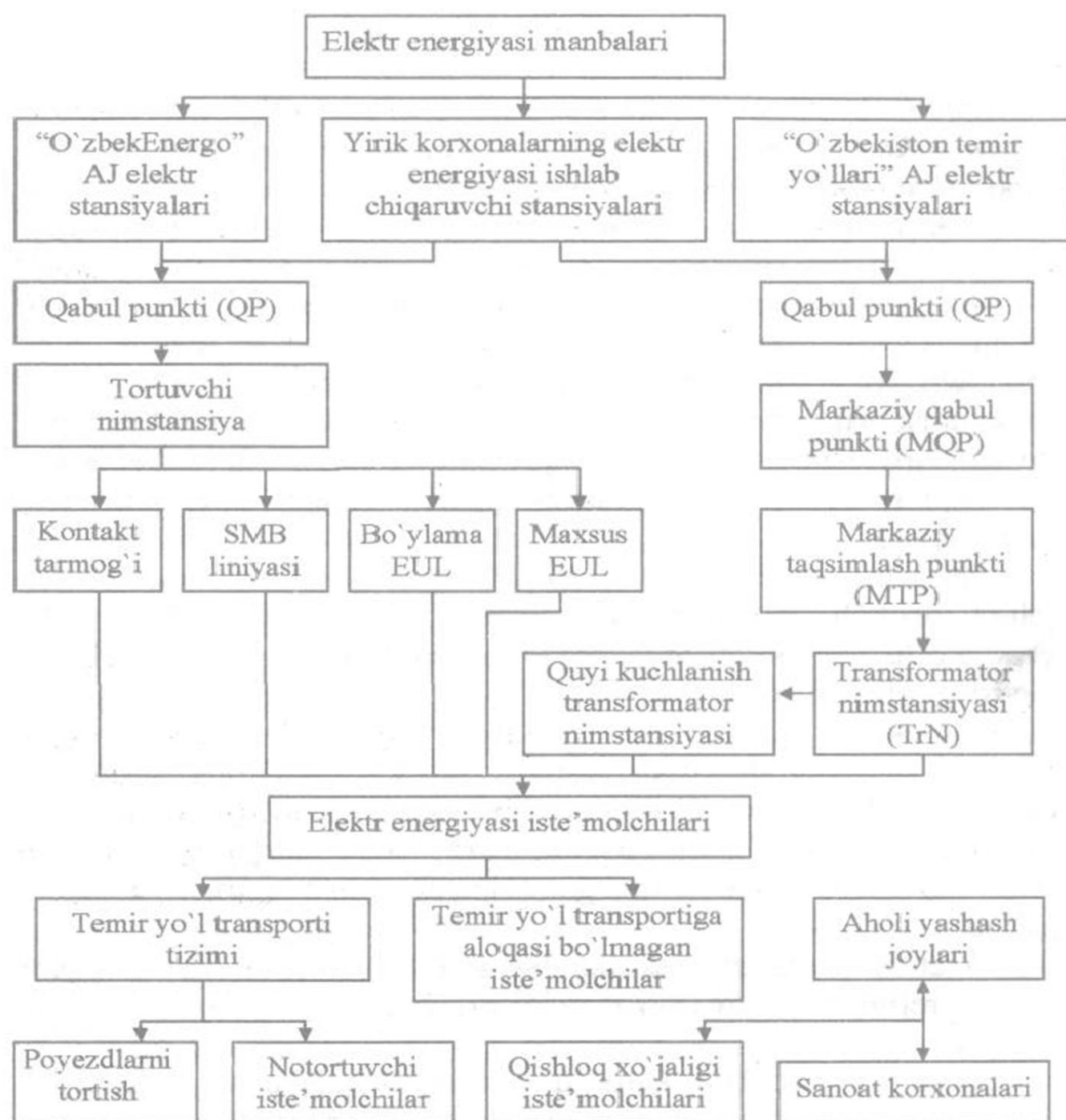
2) elektr tortishda rekuperatsiya (elektr transportining elektr tormoz rejimida elektr energiyasini manbaga qaytarish) imkoniyati mavjud;

3) elektr tortishda katta quvvatdan foydalanish imkoniyati mavjud. Bu imkoniyat avtonom lokomotivlar yordamida amalga oshirib bo'lmaydigan o'ta og'ir yukli harakat tarkiblarni nisbatan yuqori tezliklarda tortish imkoniyatini yaratadi (1.1- jadval);

4) elektrovozlarda generatorlar va ularning ishlashi uchun zarur bo'ladigan boshqa qurilmalar bo'lmisligi bois narxi nisbatan arzon hamda ishlash ishonchliligi nisbatan yuqori. Elektrovozlarda shikastlanishlar soni teplovozlardagiga nisbatan 3-4 barobar kam;

5) elektrovozlarda yuqori harorat ostida ishlovchi qismlar mavjud emasligi bois ulardan foydalanishga va ta'mirlashga nisbatan kamroq xarajat sarf etiladi. Elektrovozlarni ta'mirlash-

foydalanishga teplovozlarga nisbatan 2-2,5 barobar kam mablag‘ sarflanadi;



1.1- rasm. Temir yo'llar elektr ta'minoti: SMB – signalizatsiya va markaziy blokirovka; EUL – elektr uzatish liniyalari

6) elektrovozlar ekologik jihatdan teplovozlarga nisbatan toza transport vositasi hisoblanadi. Chunki, teplovozlarning gabarit o'lchamlari cheklanganligi bois ularda yonilg'i yonishda hosil bo'ladigan zaharli gazlarni tutib qoladigan uskunalarni kerakli darajada o'rnatish imkoniyati cheklangan. Markazlashgan elektr

energiyasi tizimlaridagi IESlarda esa bu texnologik jarayon nisbatan osonlik bilan amalga oshiriladi.

1.1- jadval

Asosiy ko'rsatkichlar	Tortish turi		Nis-bati
	Elektrovoz	Teplovoz	
1. Foydalanish uzunligi ming, km	0,95 (22,1%)	4,3 (77,9%)	-----
2. Tashish umumiy hajmining solishtirma og'irligi, %	77,7	22,2	3,5
3. Yuk poyezdlarining o'rtacha uchastka tezligi, km/s	40,7	33,2	1,23
4. Yuk poyezdining o'rtacha og'irligi, tonna	3484	2936	1,19
5. Yuk poyezdining samaradorligi, km brutto/sutka	1479	961	1,54
6. Yuk lokomotivining sutkalik o'rtacha bosib o'tgan yo'li, km/sutka	533,9	408,3	1,31
7. O'rtacha yuk tashish ko'lami, mln. tkm/km	23,1	5,7	4,05
8. Tashish tannarxi, so'm/km	83,3	133,1	1,6
9. Shartli yonilg'ining solishtirma sarfi (energetik samaradorlik), kg/10 ⁴ tkm brutto	38,2	63,8	1,67

Shuni aytib o'tish joizki, dunyo temir yo'llarining umumiy uzunligi 954,6 ming km bo'lib, shundan 238,5 ming km (25%) elektrlashgan temir yo'llarni tashkil etsa-da, umumiy tashishning taxminan 50%i elektr tortishga to'g'ri keladi.

Elektrlashgan temir yo'llar elektr ta'minotining asosiy vazifasi - temir yo'l transporti tizimi iste'molchilarini o'z vaqtida sifatli elektr energiyasi bilan ta'minlash orqali temir yo'ldan foydalanish ishini samarali amalga oshirishdir. Elektr ta'minoti tizimi parametrlari shunday tanlanishi kerakki, bunda undagi har bir elektrotexnik qurilma va jihoz o'zining normal rejimida faoliyat ko'rsata olsun.

Ma'lumki, elektr energiyasini uzoq masofalarga simlar yordamida iste'molchilarga uzatishda kuchlanish pasayishi kuzatiladi. Kuchlanish pasayishining miqdori iste'mol qilinayotgan quvvatga va energiya uzatish masofasiga bog'liq bo'ladi. Buning

oqibatida tortuvchi nimstansiyadan uzoqdagi elektropoyezd nisbatan kichik kuchlanish ta'siri ostida belgilangan tezlikdan kam tezlik bilan harakatlanadi. Bu holat temir yo'lining o'tkazish qobiliyatini pasayishiga olib keladi. Bundan tashqari, elektr lokomotivlarda tortuvchi motorlardan tashqari turli xil funksiyalarni bajaruvchi yordamchi mashinalar (tormozlash tizimi, tortuvchi motorlarning sovutish tizimi va boshqalar) mavjud bo'lib, ularning ish rejimlari ham ularga berilayotgan kuchlanish miqdori va sifatiga bog'liq. Shuning uchun ham kontakt tarmog'idagi kuchlanish qiymati va uning sifat ko'rsatkichlarini ularning nominal qiymatlari atrofida ushlab turish temir yo'l elektr ta'minoti tizimining normal ish rejimini saqlab turishda muhim vazifa hisoblanadi.

Elektrlashgan temir yo'llarning uzluksiz va tejamli ishlashi undagi qurilmalar turli elementlarining zaxirasiga bog'liq.

Elektrlashgan temir yo'llar elektr ta'minoti tizimi yondosh inshootlarga salbiy ta'sir ko'rsatadi. O'zgaruvchan tokda ishlayotgan elektr ta'minoti tarmog'ida tok va kuchlanishlar nosimmetriyasi yuzaga keladi. Bu nosimmetriya natijasida tarmoqdagi elektr energiyasi isrofi ortadi, generator va motorlar quvvati kamayadi yoki ularning ishga yaroqlilik muddati qisqaradi. Shuning uchun ham doimiy ravishda nosimmetriyani kamaytirish chora-tadbirlarini amalga oshirish lozim bo'ladi. Bundan tashqari, o'zgaruvchan tok tortish tarmog'ida tok va kuchlanishlar shakli nosinusoidal bo'lganligi sababli ularning normal ish rejimlari buziladi. Yondosh liniya va elektrotexnik qurilmalar elektromagnit maydon ta'sirida bo'ladi va bu holat ularning ish faoliyatiga salbiy ta'sir ko'rsatadi.

O'zgarmas tok liniyalaridagi tortish tarmog'i toki tarkibida ham aloqa qurilmalari ish faoliyatiga salbiy ta'sir etuvchi yuqori garmonikalar mavjud. Shuning uchun ham elektr ta'minoti tizimini loyihalashda yuqorida qayd etilgan salbiy ta'sirlarni cheklash uchun maxsus choralar ko'rishga to'g'ri keladi.

Elektrlashgan temir yo'llar tortish tarmog'idan ta'minlanayotgan elektrovozlar kontakt osmasi va rels yordamida elektr energiyasini iste'mol qiladi. Bunda relslar yerdan elektr jihatdan izolatsiya qilinmaganligi bois tok yer orqali ham o'tadi. Temir yo'l yaqinidagi metall quvurlar va metall qobiq bilan o'ralgan kabellardan ushbu toklar o'tishi natijasida zararli oqibatlar yuzaga keladi. Bu holat ayniqsa o'zgarmas tok elektr ta'minoti tizimida ko'zga yaqqol tashlanadi: o'zgarmas tok yer osti

inshootlarini yaroqsiz holga keltirib qo'yishi bilan birga ularda yuqori xavfli potentsiallar hosil qilishi mumkin. Elektrolitik korroziya natijasida tayanchlar, sun'iy inshootlar va boshqa binolar yer osti qismlari qattiq shikastlanadi. Shuning uchun ham o'zgarmas tok elektr ta'minotiga ega temir yo'l uchastkalarida korroziyadan saqlash muhim vazifalardan biri hisoblanadi.

Elektrlashgan temir yo'llar elektr ta'minoti tizimining ishonchli ishlashida kontakt tarmog'i muhim o'rin tutadi. Tizimning bu qismi zaxiraga ega bo'lmasligi bois unga texnik xizmat ko'rsatish poyezdlar harakati jadalligi yuqori bo'lgan uchastkalarda qiyinchiliklar tug'diradi.

1.2. Tortish elektr ta'minoti tizimlari

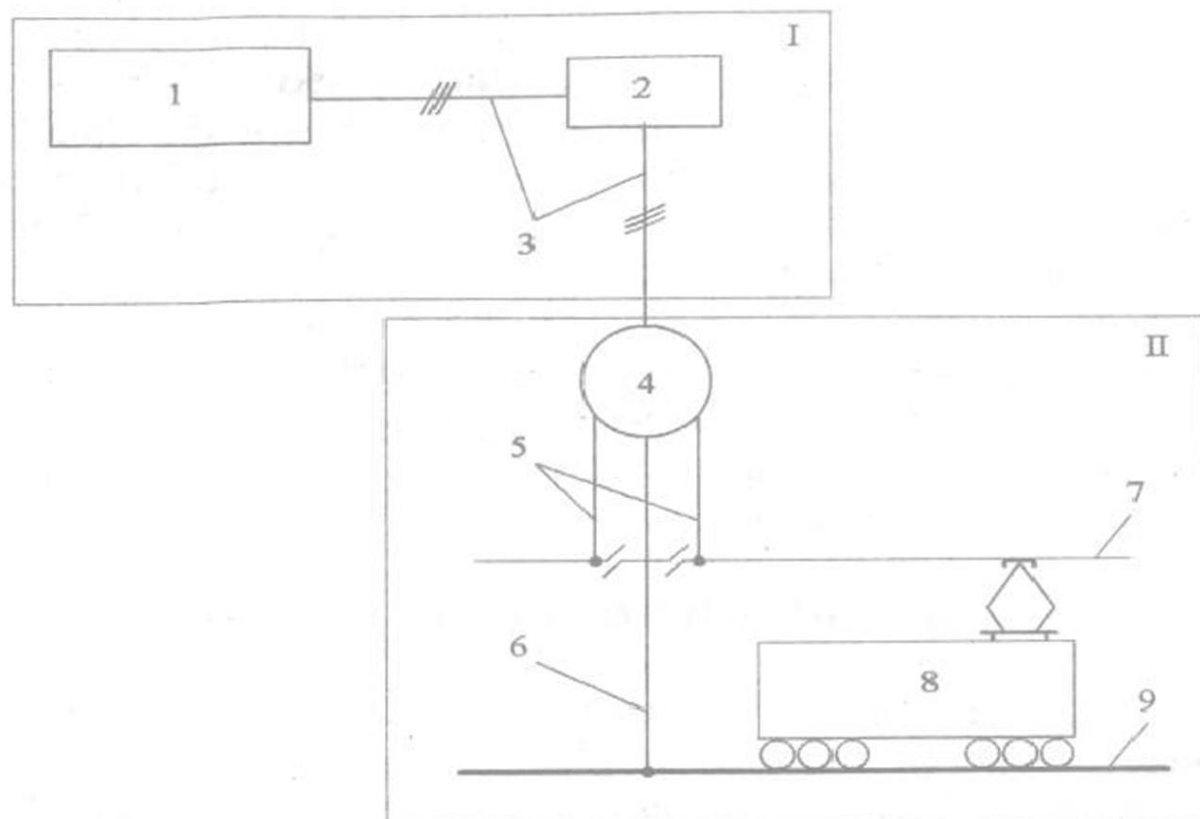
Elektrlashgan temir yo'l elektr ta'minoti tizimi quyidagi ikkita qismdan iborat:

1. *Elektr ta'minoti tizimining tashqi(birlamchi) qismi.* Bu qismga elektr energiyasini ishlab chiqaruvchi elektr stansiyalari, transformator nimstansiyalari, elektr energiyasini tortuvchi nimstansiyalarga uzatuvchi liniyalar kiradi (tortuvchi nimstansiyalar bu qismga kirmaydi).

2. *Elektr ta'minoti tizimining tortuvchi(ikkilamchi) qismi.* Bu qism tortuvchi nimstansiyalar va tortish tarmog'ini o'z ichiga oladi. Tortish tarmog'i o'z navbatida kontakt tarmog'i, relslar, ta'minlovchi va so'ruvchi(qaytuvchi) liniya(fider)lar hamda kontakt osmasiga liniya bo'ylab bevosita yoki avtotransformator orqali ulanadigan simlar va qurilmalardan tashkil topgan bo'ladi. Tortuvchi nimstansiyaning tuzilishi tortish elektr ta'minoti tizimining turiga bog'liq.

Temir yo'lning elektrlashgan uchastkasi temir yo'l transporti tizimi joylashgan hudud energetik tizimidan ta'minlanadi. Elektrlashgan temir yo'llar elektr ta'minoti tizimining prinsipial sxemasi 1.2- rasmda keltirilgan.

Tashqi elektr ta'minoti tizimi (I) elektr stansiyasi 1, transformator nimstansiyasi 2 va elektr uzatish liniyasi 3 larni o'z ichiga oladi. Tortish elektr ta'minoti tizimi (II) tortuvchi nimstansiya 4, ta'minlovchi liniya(fider) 5, so'ruvchi(qaytuvchi) liniya(fider) 6, kontakt tarmog'i 7 va relslar 9 hamda liniya qurilmalaridan tashkil topgan.



1.2- rasm. Elektrlashgan temir yo'llar elektr ta'minoti prinsipial sxemasi: 1 - tuman elektr stansiyasi; 2 - oshiruvchi transformator nimstansiyasi; 3 - uch fazali elektr uzatish liniyasi; 4 - tortuvchi nimstansiya; 5 - ta'minlovchi liniya; 6 - so'ruvchi(qaytuvchi) liniya; 7 - kontakt tarmog'i; 8 - elektr lokomotiv; 9 - rels

Temir yo'llar elektr ta'minoti 35, 110, 220 kV kuchlanishli va chastotasi 50 Hz bo'lgan elektr uzatish liniyalaridan amalga oshiriladi.

Dunyo miqyosida elektrlashgan temir yo'llarda quyidagi tortish elektr ta'minoti tizimlari qo'llaniladi:

1,5 kV va 3 kV kuchlanishli o'zgarmas tok elektr ta'minoti tizimi;

25 kV kuchlanishli va 50(60) Hz chastotali o'zgaruvchan tok elektr ta'minoti tizimi;

2x25 kV kuchlanishli va 50(60) Hz chastotali o'zgaruvchan tok elektr ta'minoti tizimi;

94 kV kuchlanishli ikkita simli bo'ylama liniyaga ega bo'lgan elektr ta'minoti (IBL - 94 kV) tizimi;

15 kV kuchlanishli va $16\frac{2}{3}$ (25) Hz chastotali o'zgaruvchan tok elektr ta'minoti tizimi.

“O‘zbekiston temir yo‘llari” AJ temir yo‘llarida faqat 25 kV kuchlanishli va 50 Hz chastotali o‘zgaruvchan tok elektr ta‘minoti tizimi qo‘llaniladi.

Darslikda asosan 25 kV kuchlanishli va 50 Hz chastotali o‘zgaruvchan tok elektrlashgan temir yo‘llar elektr ta‘minoti tizimlari va ular tortish tarmog‘ini ta‘minlash sxemalarining xususiyatlari, tortish elektr ta‘minoti tizimi elementlarining elektr parametrlari, hisoblash usullari, elektr energiyasi sifati va uni elektrovoz ishiga ta‘siri, elektr energiyasi sifatini oshirish usullari, tortish elektr ta‘minoti tizimi parametrlarini tanlash, elektrlashgan temir yo‘llarning yondosh liniyalarga ta‘siri va undan himoyalash, tortish tarmog‘idagi qisqa tutashish toklaridan himoyalashga oid asosiy nazariy ma‘lumotlar keltirilgan bo‘lsa-da, talabalar hozirgi kunda dunyo miqyosida qo‘llanilayotgan boshqa tortish elektr ta‘minoti tizimlari to‘g‘risida umumiy tushunchaga ega bo‘lishlari uchun ularga oid qisqacha ma‘lumotlarni ham keltirib o‘tamiz.

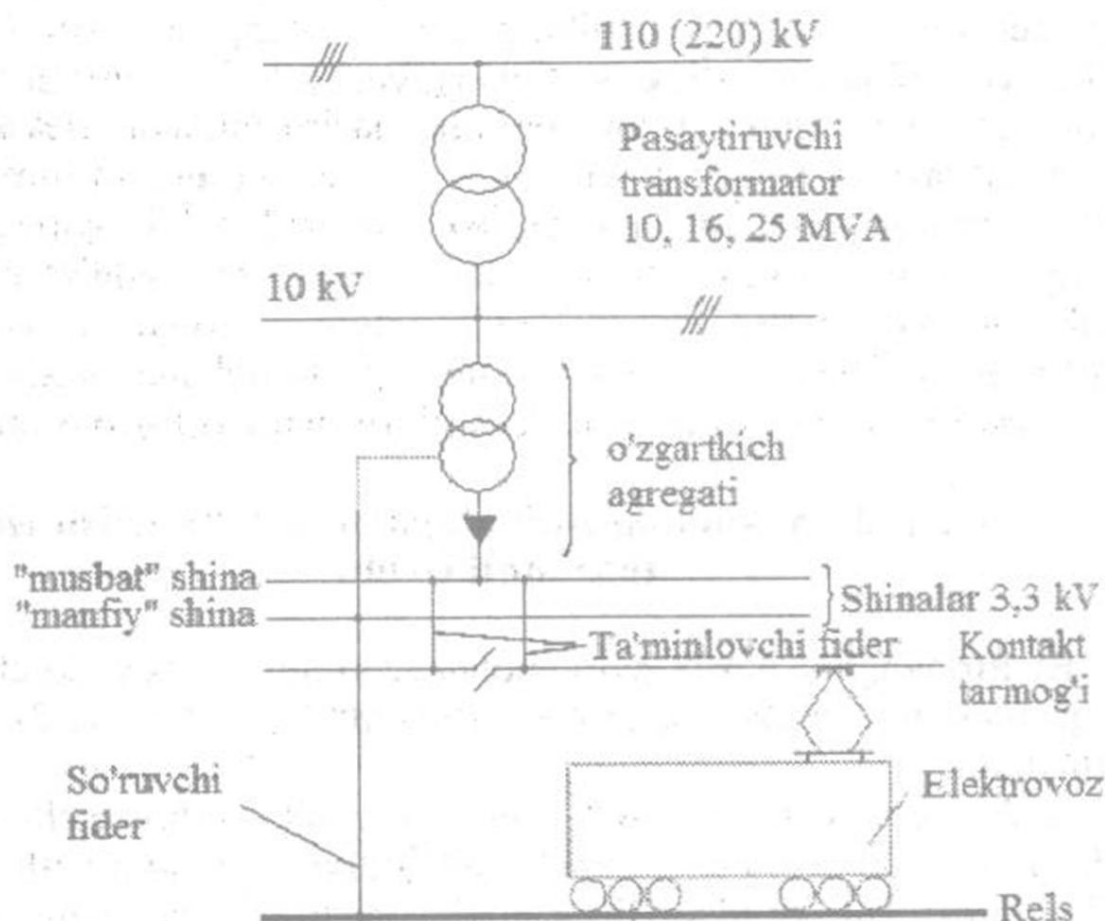
1.2.1. 3 kV kuchlanishli o‘zgarmas tok tortish elektr ta‘minoti tizimi

Elektrlashgan temir yo‘l uchastkasining 3 kV kuchlanishli o‘zgarmas tok elektr ta‘minoti prinsipial sxemasi 1.3- rasmda keltirilgan.

Elektr tortish tizimi kuchlanishi deganda uning elektr harakat tarkibi normal ishlashi uchun mo‘ljallangan nominal qiymati tushuniladi. Bu kuchlanish kontakt tarmog‘ining ham nominal kuchlanishi hisoblanadi. *Nimstansiya shinalaridagi kuchlanish odatda nominal kuchlanishdan 10% ga ko‘p, deb qabul qilinadi. Shuning uchun ham 3 kV kuchlanishli tizim nimstansiya shinalaridagi kuchlanish 3,3 kV, 25 kV kuchlanishli tizim nimstansiya shinalaridagi kuchlanish esa 27,5 kV ni tashkil etadi.*

Tortish elektr ta‘minoti tizimi ko‘pchilik hollarda 110(220) kV kuchlanishli shinalardan ta‘minlanadi. Shuning uchun ham elektr energiyasi tortuvchi nimstansiyaga chiqish kuchlanishi 10 kV bo‘lgan pasaytiruvchi transformatorlar orqali uzatiladi. Pasaytiruvchi transformator chiqish shinalariga tortuvchi transformator va o‘zgaruvchan tokni o‘zgarmas tokka o‘zgartiruvchi to‘g‘rilagich o‘zaro ketma-ket ulangan o‘zgartkich agregati ulanadi. To‘g‘rilagich qurilmasi chiqish shinasidagi kuchlanish 3,3 kV ga teng. Ushbu shinalarning “musbat” qismasi kontakt tarmog‘iga, “manfiy” qismasi esa relsga ulanadi.

O'zgarmas tok tortish elektr ta'minoti tizimining o'ziga xos *prinsipial xususiyati* shundan iboratki, elektr energiyasi tortuvchi motorga kontakt tizimi yordamida uzatiladi. Elektrovoz va elektropoyezdlar tortuvchi motorlarining nominal kuchlanishi 1,5 kV bo'lib, ikkita tortuvchi motor o'zaro ketma-ket ulanganda tortish tarmog'idan 3 kV kuchlanish beriladi.



1.3- rasm. Elektrlashgan temir yo'l uchastkasining 3 kV kuchlanishli o'zgarmas tok elektr ta'minoti tizimi prinsipial sxemasi

3 kV kuchlanishli o'zgarmas tok tortish elektr ta'minoti tizimi quyidagi afzalliklarga ega:

- 1) kontakt tarmog'i kuchlanishi tortuvchi motorlarga qo'shimcha qurilma va o'zgartkichlarsiz bevosita uzatiladi. Shuning uchun ham elektrovozlar nisbatan sodda tuzilishga ega;
- 2) o'zgarmas tok tortish yuklamasi uch fazali tashqi elektr ta'minoti tizimi uchun simmetrik yuklama hisoblanadi va shuning uchun ham bu yuklama tashqi uch fazali tizimda tok va kuchlanishlar nosimmetriyasini yuzaga keltirmaydi;

3) o'zgaras tok tortish tarmog'ining yondosh liniya va qurilmalarga elektromagnit ta'siri juda kam.

Kamchiliklari:

1) tortuvchi nimstansiyalar shinalaridagi nisbatan kichik kuchlanish (3,3 kV) yondosh tortuvchi nimstansiyalar orasidagi masofani 15-20 km dan, yuk tortish ko'lami katta bo'lgan tog'li profilli temir yo'llarda esa 8-10 km dan oshirmaslikni talab qiladi. Bu esa elektr ta'minoti tizimi narxini va undan foydalanish xarajatlarini keskin oshishiga olib keladi;

2) kontakt tarmog'i simlari ko'ndalang kesim yuzasining nisbatan kattaligi (sim yuzasi 400-600 mm² gacha etadi, o'zgaruvchan tok tortish tizimida bu ko'rsatkich 2-3 barobar kichik) birinchidan, rangli metall sarfini keskin oshirsa, ikkinchidan, kontakt tarmog'i tayanchlariga beriladigan mexanik yuklamani ko'paytiradi;

3) kontakt tarmog'i kuchlanishi miqdorining kichikligi va tokning nisbatan kattaligi tarmoqdagi elektr energiyasi isrofini 12-15% ga yetishiga olib keladi. Bundan tashqari, elektrovoz o'zgaras tok tortuvchi motorlari ishga tushirish reostatlaridagi elektr energiyasi isrofi ham taxminan 12% ga yetadi;

4) o'zgaras tok tortuvchi motorlari tezligini rostlash sxemalari (motorlarni qayta guruhlash, zanjirga reostatlarni ulash, qo'zg'atish chulg'amlari sxemalarini o'zgartirish) nisbatan murakkab;

5) tortish tarmog'i 110 (220) kV li tashqi elektr ta'minoti tizimiga ulanishida 110(220)/10 kV li oraliq pasaytiruvchi transformatorlardan foydalanish zaruriyati tug'iladi;

6) o'zgaras tok tortish tizimida relslardan yer ostiga tarqaladigan daydi toklar temir yo'l atrofidagi inshootlar, shu jumladan kontakt tarmog'i tayanchlari yer osti qismlarini tezkor ravishda korroziyaga uchrashiga sabab bo'ladi;

7) o'zgaras tok tortuvchi nimstansiyalardagi to'g'rilagich qurilmalari nisbatan kichik (0,88-0,92) quvvat koeffitsiyentiga ega va iste'mol qilinayotgan tok nosinusoidalligi bois 10 kV kuchlanishli shinalardagi elektr energiyasi sifat ko'rsatkichlari yomonlashadi.

Yuqorida keltirilgan kamchiliklar sababli "O'zbekiston temir yo'llari" AJ elektrlashgan temir yo'llarida o'zgaras tok yordamida tortish tizimi qo'llanilmaydi. Respublikamizda o'zgaras tok yordamida tortish tizimi shahar elektr transportlari (tramvay va metro)da qo'llaniladi.

O'zgarmas tok temir yo'llar elektr ta'minoti tizimlarida markazlashgan va taqsimlangan ta'minot sxemalari mavjud. Ushbu ikkita sxemaning asosiy farqi ulardagi to'g'rilagich agregatlari soni va quvvatni zaxiralash usuli bilan belgilanadi. Markazlashgan ta'minlash sxemasida tortuvchi nimstansiyadagi to'g'rilagich agregatlarining soni ikkitadan kam bo'lmaydi. Taqsimlangan ta'minot sxemasida esa barcha tortuvchi nimstansiyalar bittadan to'g'rilagich agregatiga ega bo'lib, tortuvchi nimstansiyalar orasidagi masofa qisqaradi. Birinchi sxemada zaxira uchun qo'shimcha to'g'rilagich agregatlaridan foydalaniladi. Ikkinchi sxemada esa tortuvchi nimstansiya element va qurilmalari emas, balki tortuvchi nimstansiya zaxirada tutiladi.

1.2.2. 25 kV kuchlanishli va 50 Hz chastotali bir fazali o'zgaruvchan tok tortish elektr ta'minoti tizimi

O'zgaruvchan tokda ishlaydigan elektrlashgan temir yo'llar elektr ta'minoti tizimlarida eng ko'p qo'llaniladigan elektr tortish tizimi - bu 25 kV kuchlanishli va 50 Hz chastotali tizimdir. Umuman olganda, *o'zgaruvchan tok elektr tortish tizimining o'ziga xos prinsipial xususiyati* - bu tortuvchi motor va kontakt tarmog'ini o'zaro magnit zanjiri, ya'ni elektrovozda transformator yordamida bog'langanligidir.

Tortuvchi nimstansiyalar shinalaridagi o'zgaruvchan tok kuchlanishi 27,5 kV va chastotasi 50 Hz bo'lgan elektrlashgan temir yo'l uchastkasining prinsipial sxemasi 1.4- rasmda keltirilgan. Tortish tarmog'i 110(220) kVli shinalardan pasaytiruvchi (tortuvchi) transformator orqali ta'minlanadi. Ushbu transformator quyidagi uchta chulg'amlarga ega:

I - 110(220) kV li yuqori kuchlanish chulg'ami;

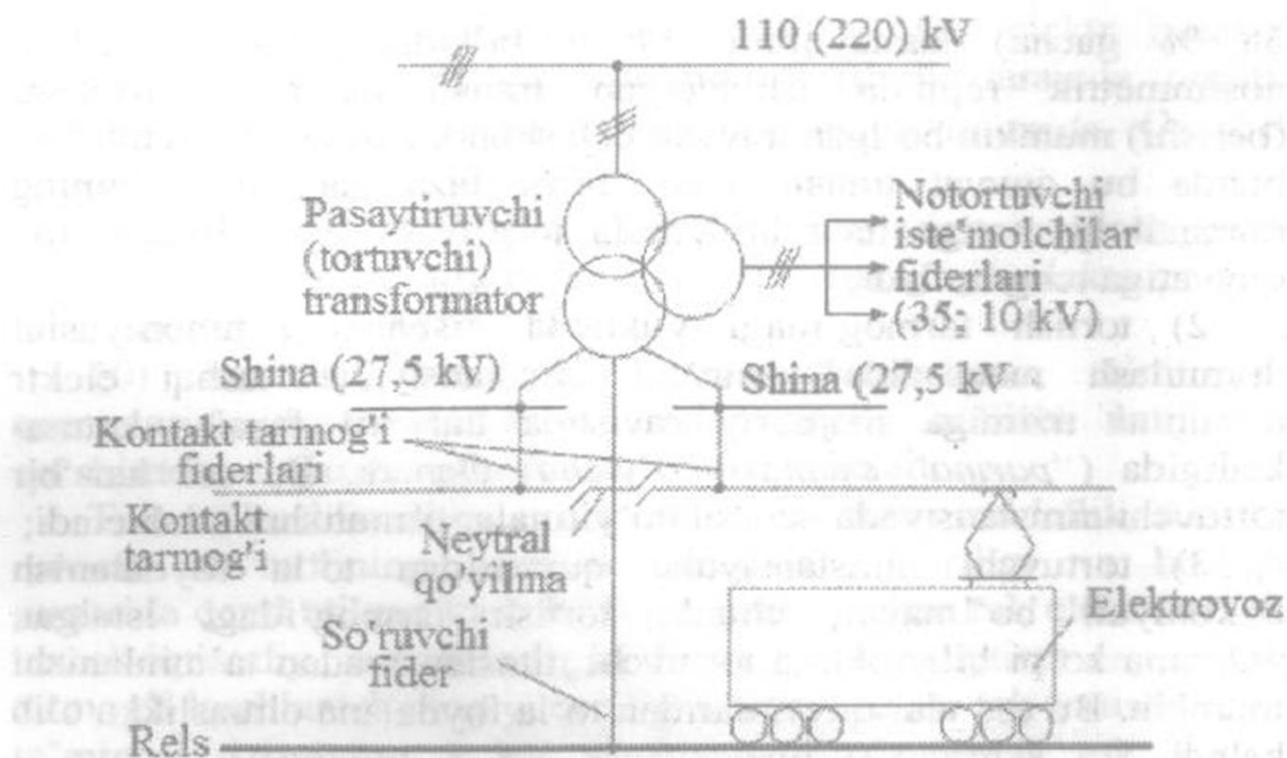
II - 27,5 kV li quyi(o'rta) kuchlanish chulg'ami. Bu chulg'am kontakt tarmog'ini elektr energiya bilan ta'minlaydi;

III - notortuvchi iste'molchilarni ta'minlashga mo'ljallangan 35, 10 kV li o'rta(quyi) kuchlanish chulg'ami.

27,5 kV li shinalarga kontakt tarmog'ining ta'minlovchi fiderlari ulanadi. Bunda liniyaning *A* va *B* fazalari tortuvchi nimstansiyalar turli yelkalarini energiya bilan ta'minlaydi.

Fazalarni o'zaro elektr jihatdan ajratish uchun kontakt tarmog'i tegishli qismiga neytral qo'yilma(vstavka) o'rnatiladi.

25 kV kuchlanishli bir fazali o'zgaruvchan tok tortish elektr ta'minoti tizimi quyidagi muhim afzalliklarga ega:



1.4- rasm. Elektrlashgan temir yo‘l uchastkasi kontakt tarmog‘idagi kuchlanish 25 kV, chastotasi 50 Hz bo‘lgan o‘zgaruvchan tok elektr ta‘minoti tizimining prinsipial sxemasi

1) kontakt tarmog‘i ta‘minlovchi fiderlaridagi nisbatan yuqori (27,5 kV) kuchlanish tortish zanjiridagi tok iste‘molini keskin kamaytiradi va kontakt tarmog‘i simi ko‘ndalang kesim yuzasini 2-3 marta kamaytirish, tortuvchi nimstansiyalar orasidagi masofani 2-3 marta uzaytirish, elektr energiyasi isrofini esa 1,7-2,0 marta kamaytirish imkoniyatini yaratadi.

2) tortuvchi nimstansiya soddalashadi: tortish tarmog‘i va notortuvchi iste‘molchilarni bitta transformatoridan kompleks ta‘minlash imkoniyati vujudga keladi. Elektrlashgan temir yo‘llar elektr ta‘minoti tizimini qurish muddatlari esa qisqaradi.

Kamchiliklari:

1) tortish tarmog‘i uch fazali simmetrik manba uchun bir fazali yuklama bo‘lganligi sababli uch fazali tashqi elektr ta‘minoti tizimida, temir yo‘l notortuvchi iste‘molchilari va tuman elektr tarmog‘i iste‘molchilarida tok va kuchlanishlar nosimmetriyasi (tok va kuchlanishlarning teskari ketma-ketlikli tashkil etuvchilari) paydo bo‘ladi. Bu holat tizim va undagi qurilmalar ish rejimlariga salbiy ta‘sir ko‘rsatadi, ya‘ni elektr energiyasi sifat ko‘rsatkichlarini pasaytiradi hamda uch fazali transformator uzatishi mumkin bo‘lgan quvvatni sezilarli (nominal qiymatining

68 % gacha) kamaytiradi. Shuni ta'kidlab o'tish lozimki, nosimmetrik rejimda ishlayotgan transformatorning uzatishi (berishi) mumkin bo'lgan quvvati deb shunday quvvatga aytiladiki, bunda bu quvvat transformator biror fazasidagi tok o'zining nominal qiymatiga teng bo'lganda to'g'ri ketma-ketlikdagi tok quvvatiga teng bo'ladi;

2) tortish tarmog'idagi yuklama nisbatan simmetriyasini ta'minlash maqsadida tortuvchi nimstansiyalar tashqi elektr ta'minoti tizimiga majburiy ravishda har xil fazalar ketma-ketligida (*"parma" sxemasi bo'yicha*) ulanadi. Bu esa har bir tortuvchi nimstansiyada neytral qo'yilmalar o'rnatishni talab etadi;

3) tortuvchi nimstansiyalar quvvatidan to'la foydalanish imkoniyati bo'lmaydi, chunki tortish tarmog'idagi istalgan yuklama ko'pi bilan ikkita tortuvchi nimstansiyadan ta'minlanishi mumkin. Bu esa ular quvvatlaridan to'la foydalana olmaslikka olib keladi;

4) transformatorlar turli fazalaridagi tok va kuchlanish vektorlari orasidagi faza siljish burchagi har xil qiymatlarga teng. Masalan, "orqada qoluvchi faza"da bu burchak qiymati 56° gacha yetishi mumkin. Bu esa ushbu fazadagi va tortish tarmog'idagi kuchlanishlar pasayishlarini oshiradi hamda poyezdlar harakati tezligini kamaytiradi;

5) barcha tortuvchi nimstansiyalar 220 yoki 110 kV li tashqi elektr ta'minoti tizimidan ta'minlanganda yondosh nimstansiyalar orasidagi masofa 45-55 km dan oshmasligini talab etadi va tizimni himoyalash shartlaridan kelib chiqqan holda har bir nimstansiyalararo zona o'rtasida seksiyalash postlarini qurish zaruriyati tug'iladi;

6) har bir tortuvchi nimstansiya 220 yoki 110 kV li tashqi elektr ta'minoti tizimiga ulanishda ushbu kuchlanish ostida ishlaydigan uzun elektr tarmog'ini qurish, tortuvchi nimstansiyada esa 2-3 ta qimmatbaho yuqori kuchlanish transformatorlarini o'rnatish zaruriyati paydo bo'ladi;

7) o'zgarmas tok tortuvchi motorlar o'rnatilgan elektrovozlardagi to'g'rilagich qurilmalari noxiziq volt-amper xarakteristika(VAX)ga ega bo'lganligi sababli tortuvchi tok nosinusoidal shaklga ega bo'ladi. Buning oqibatida, ta'minlash tizimidagi kuchlanishlar ham nosinusoidal bo'ladi. Tok va kuchlanishlari nosinusoidal bo'lgan elektr energiyasining sifat ko'rsatkichlari ularning normal qiymatlaridan ancha og'ib ketadi;

8) to'g'rilagich qurilmalariga ega bo'lgan elektr harakat tarkiblarida reaktiv quvvat iste'moli sezilarli darajada ortadi: tortish rejimida $Q = P$ bo'lsa, rekuperatsiya rejimida $Q = 1,5P$ bo'ladi;

9) aloqa va yondosh elektr uzatish liniyalariga, yondosh temir yo'lining manbadan ajratilgan kontakt tarmog'iga elektromagnit ta'siri nisbatan yuqori bo'ladi;

10) kontakt tarmog'ining ikki tomonlama ta'minlash sxemalarida muvozanatlovchi toklar paydo bo'lishi natijasida qo'shimcha elektr energiyasi isrofi yuzaga keladi.

Tok va kuchlanishlar nosimmetriyasi, nosinusoidallik, reaktiv quvvat iste'molining sezilarli darajada yuqoriligi va boshqa yuqorida qayd etilgan kamchiliklar o'zgaruvchan tok elektr tortish texnik-iqtisodiy samaradorligini birmuncha pasaytirsa-da, tortish tarmog'i kuchlanishining yuqoriligi o'zgaruvchan tok tortish elektr ta'minoti tizimining 3 kV kuchlanishli o'zgarmas tok tortish tizimiga nisbatan ancha samaradorligini saqlab qoladi.

25 kV li o'zgaruvchan tok tortish elektr ta'minoti tizimida yondosh tortuvchi nimstansiyalararo masofa o'rtacha 45-50 km ni tashkil etadi. Ammo temir yo'l transportidan foydalanishning hozirgi bosqichida harakat o'lchamlari va yuk tashuvchi poyezdlar massalarining keskin ortishi, katta quvvatli elektr harakat tarkiblari va yuqori tezlikli yo'lovchi tashuvchi poyezdlardan foydalanish ushbu tortish tizimini yanada kuchaytirishni taqazo etmoqda. Bunda elektrovozlar tok qabul qilgichlaridagi kuchlanish sifatini ta'minlash, kontakt tarmog'i simlarining me'yorida ortiq qizib ketishi, tortuvchi nimstansiyalar ta'minlovchi liniyalari va seksiyalash postlari fiderlaridagi ishchi toklar qiymatlari ularning ruxsat etilgan qiymatlaridan ortib ketishi bilan bog'liq bo'lgan muammolar yuzaga kelmoqda. Shu munosabat bilan 25 kV li tortish elektr ta'minoti tizimini radikal kuchaytirish zarurati tug'iladi. Ushbu yo'nalishda quyidagi samarali usullar taklif etilgan:

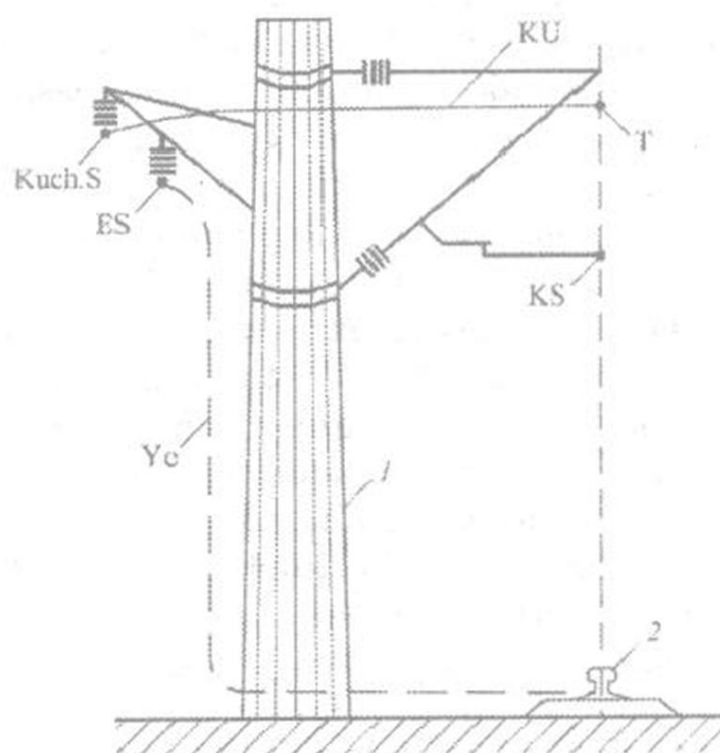
-tortish elektr ta'minoti tizimida ekranlovchi va kuchaytiruvchi simlardan foydalanish;

-2x25 kV li tortish elektr ta'minoti tizimidan foydalanish;

-tayanch tortuvchi nimstansiyalarda simmetriyalovchi transformatorlar o'rnatilgan tortish elektr ta'minoti (94 kV li) tizimidan foydalanish.

Ushbu nimparagrafda yuqorida qayd etilgan uch usulning birinchisi mohiyatini qisqacha bayon etamiz. Qolgan ikkita usul haqidagi qisqacha ma'lumotlar keyingi nimparagraflarda keltiriladi.

Ekranlovchi va kuchaytiruvchi simlar bilan boyitilgan 25 kV li o'zgaruvchan tok tortish elektr ta'minoti tizimi kontakt simi (KS), ushlab turuvchi tros (T), kuchaytiruvchi sim (Kuch. S) va ekranlovchi sim (ES) kabi asosiy elementlardan tashkil topadi. (1.5- rasm). So'nggi ikkita sim kontakt tarmog'i tayanchining tashqi tomonida joylashtiriladi. Bunda ular orasidagi masofa elektr mustahkamlik va ishonchlilik shartlari asosida tanlanadi.

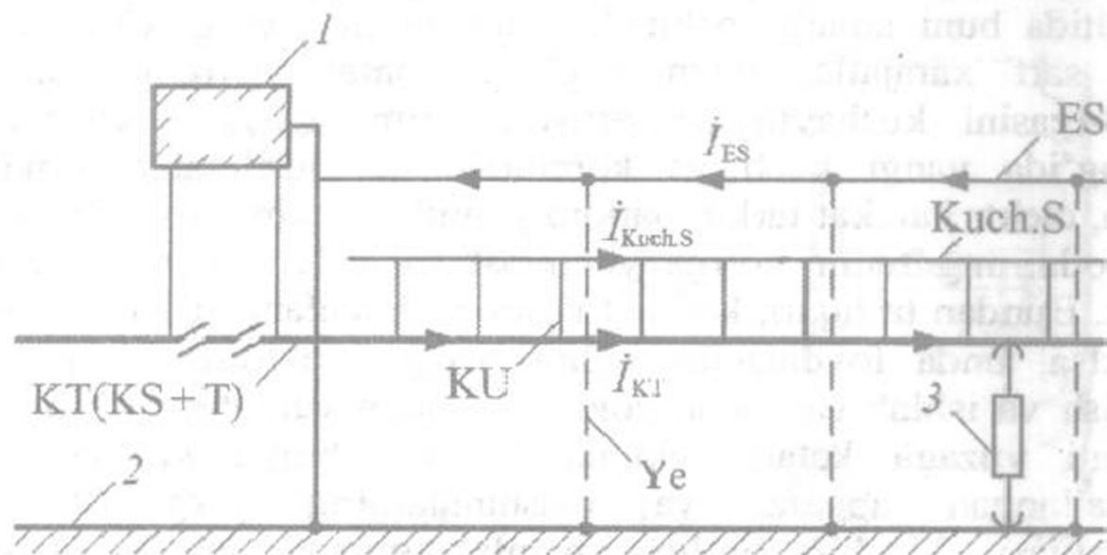


1.5- rasm. Tortish tarmog'i simlarini kontakt tarmog'i tayanchida joylashishi: 1- kontakt tarmog'i tayanchi; 2- relslar; KS- kontakt simi; T – ushlab turuvchi tros; Kuch.S. – kuchaytiruvchi sim; ES – ekranlovchi sim; KU – ko'ndalang ulagich; Ye – yerlatgich

Kuchaytiruvchi sim kontakt simi va ushlab turuvchi tros bir nechta nuqtalari bilan ko'ndalang ulagich (KU) lar yordamida elektr jihatdan ulanadi. Ekranlovchi sim esa tortuvchi nimstansiya va relslar so'ruvchi zanjirlari bilan yerlagich (Ye) simlar yordamida ulanadi. (1.5- rasmga qarang!). ES ni yerlash uni relslar izolatsion birikmalarida joylashgan yo'l drossel-transformatorlarining nol nuqtalariga ulash hisobiga amalga

oshiriladi. Ayrim holatlarda ES ni yerlash alohida yerlagichlar yordamida amalga oshiriladi.

Relslar (yer), Ye va ES berk elektr konturlarini hosil qiladi. Ushbu konturlarda Kuch.S va KS+T toklari hisobidan o'zaro induksiya hodisasi asosida induksiyalangan EYK ta'sirida yo'nalishi Kuch.S va KS+T toklariga amalda teskari yo'nalgan tok paydo bo'ladi (1.6- rasm).



1.6- rasm. Tortish tarmog'i simlarini fider zona bo'ylab joylashishi: 1 – tortuvchi nimstansiya; 2 – relslar; 3 – elektrovoz

Ekranlovchi simdagi tok hosil qilgan magnit maydoni kontakt simi, ushlab turuvchi tros va kuchaytiruvchi sim toklari natijaviy magnit maydonini qisman kompensatsiyalaydi, natijada tortish tarmog'i natijaviy magnit maydoni kuchlanganligi va tarmoq induktiv qarshiligi kamayadi.

Ekranlovchi simning qo'llanilishi tortish tarmog'i to'la qarshiligini sezilarli (1,65-1,7 marta) kamaytiradi va unga mos ravishda tarmoqdagi kuchlanish yo'qolishini kamayishiga olib keladi. Buning natijasida tortuvchi nimstansiyalararo masofani 70-80 km gacha uzaytirish imkoniyati paydo bo'ladi. Tortish tarmog'i qarshiligining kamayishi undagi qisqa tutashish tokining ortishiga va tortuvchi nimstansiya ta'minlovchi liniyalar maksimal ishchi toklariga himoyani sozlash shartlarini yaxshilanishiga olib keladi. Kontakt tarmog'ining yondosh liniyalarga magnit ta'siri natijasida ularda yuzaga keladigan xavfli kuchlanishlar 1,5-1,8 marotabaga kamayadi.

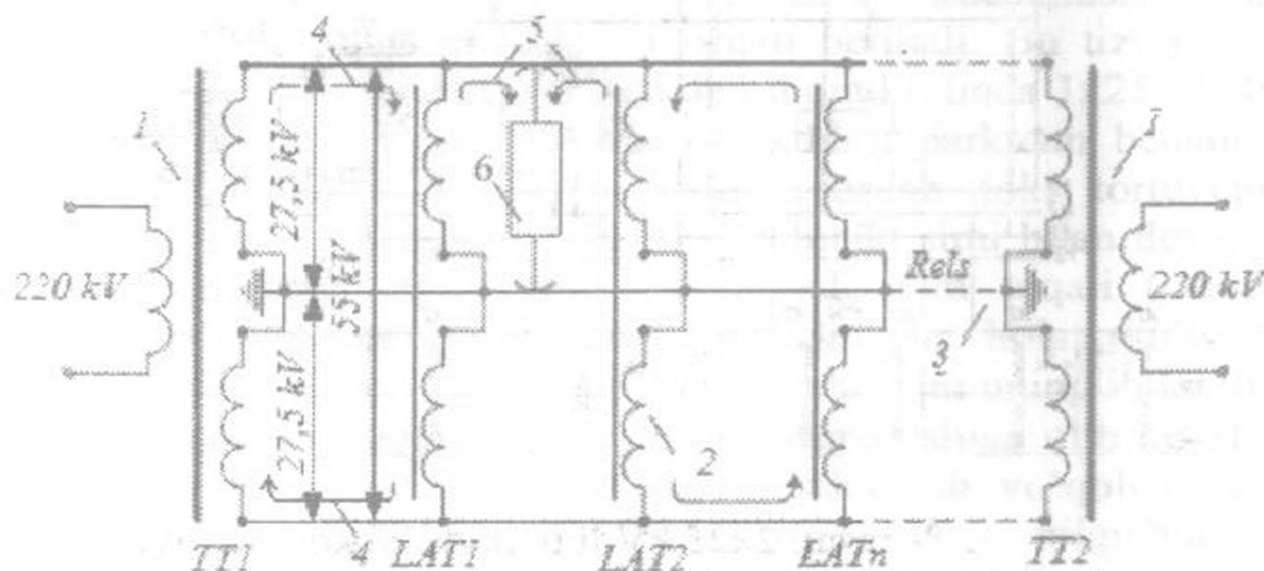
1.2.3. 2x25 kV kuchlanishli va 50 Hz chastotali o'zgaruvchan tok tortish elektr ta'minoti tizimi

O'zgaruvchan tok tortish elektr ta'minoti tizimi ish ko'rsatkichlarini yaxshilashning eng radikal usuli – bu kontakt tarmog'i kuchlanishini ma'lum miqdorgacha, masalan 50 kV gacha oshirishdir. Ammo respublikamizdagi o'zgaruvchan tok elektrlashtirilgan temir yo'l uchastkalarining hozirgi ishlash sharoitida buni amalga oshirishni deyarli iloji yo'q. Chunki, bu katta sarf xarajatlar bilan bog'liq: kontakt tarmog'i simlari izolatsiyasini kuchaytirish, tortuvchi nimstansiyalar va tortish tarmog'ida yangi kuch va kommutatsion qurilmalar o'rnatish lozim, elektr harakat tarkib parkini yangilash, temir yo'l atrofidagi inshootlarning temir yo'lga yaqinlashishi o'lchamlarini oshirish kerak. Bundan tashqari, kontakt tarmog'i kuchlanishi 50 kV gacha oshirilsa, unda foydalanish uchun yangi elektrotexnik jihozlar yaratish va ishlab chiqarish yoki chet eldan valyutaga sotib olish zarurati yuzaga keladi, chunki 35 kV liniya kuchlanishiga mo'ljallangan apparat va mashinalarning yerga nisbatan izolatsiyasi 22 kV bo'lib, mamlakatimizda foydalaniladigin keyingi kuchlanish sinfi 110 kV ni tashkil etadi.

O'zgaruvchan tok tortish elektr ta'minoti tizimi ish ko'rsatkichlarini yaxshilashning nisbatan arzon usuli 2x25 kV kuchlanishli tortish elektr tizimidan foydalanishdir.

Bu elektr tortish tizimi o'zgaruvchan tok tortish elektr ta'minoti tizimining bir ko'rinishi bo'lib, avtotransformatorli uch simli elektr ta'minotiga ega (1.7- rasm). Bu tizim birinchi marta 1913 yilda AQSHda qo'llanilgan. 2x25 kV li tizim ham elektr energiyasini 110(220) kV li tashqi elektr ta'minoti tizimidan energiya taqsimlash qurilmalari orqali qabul qiladi. Bunda tortuvchi nimstansiyalarda ikki yoki uch chulg'amli pasaytiruvchi (tortuvchi) transformatorlar o'rnatiladi. Ikki chulg'amli transformatorlar o'rnatilganda yuqori kuchlanish 50 kV kuchlanishgacha pasaytiriladi. Tortuvchi nimstansiyada uchta tortuvchi transformator o'rnatiladi. Ularning ikkitasi tortish tarmog'iga ulanadi, uchinchi esa zaxirada turadi. Bu ikkita transformator chulg'amlari ochiq uchburchak sxemasida yig'iladi. Ushbu transformatorlar chet chiqishlari orasidagi kuchlanish 50 kV, chet va o'rta chiqishlari orasidagi kuchlanish esa 25 kV dan bo'ladi (1.7- rasm). Transformatorlar elektr jihatdan o'zaro birlashtirilib, relslarga va 2x25 kVli taqsimlash qurilmasi orqali

kontakt tarmog'iga ulanadi. Bunda kontakt tarmog'i tayanchlari bo'ylab bo'ylama fiderlar joylashtiriladi. Bitta yo'nalish bo'ylama fideri tortuvchi transformator bitta chiqishiga ulanadi, uning ikkinchi chiqishiga esa o'sha yo'nalish kontakt osmasi ulanadi. Fider bilan kontakt osmasi orasidagi kuchlanish 50 kV, fider bilan relslar, relslar bilan kontakt osmasi orasidagi kuchlanishlar 25 kV dan bo'ladi.



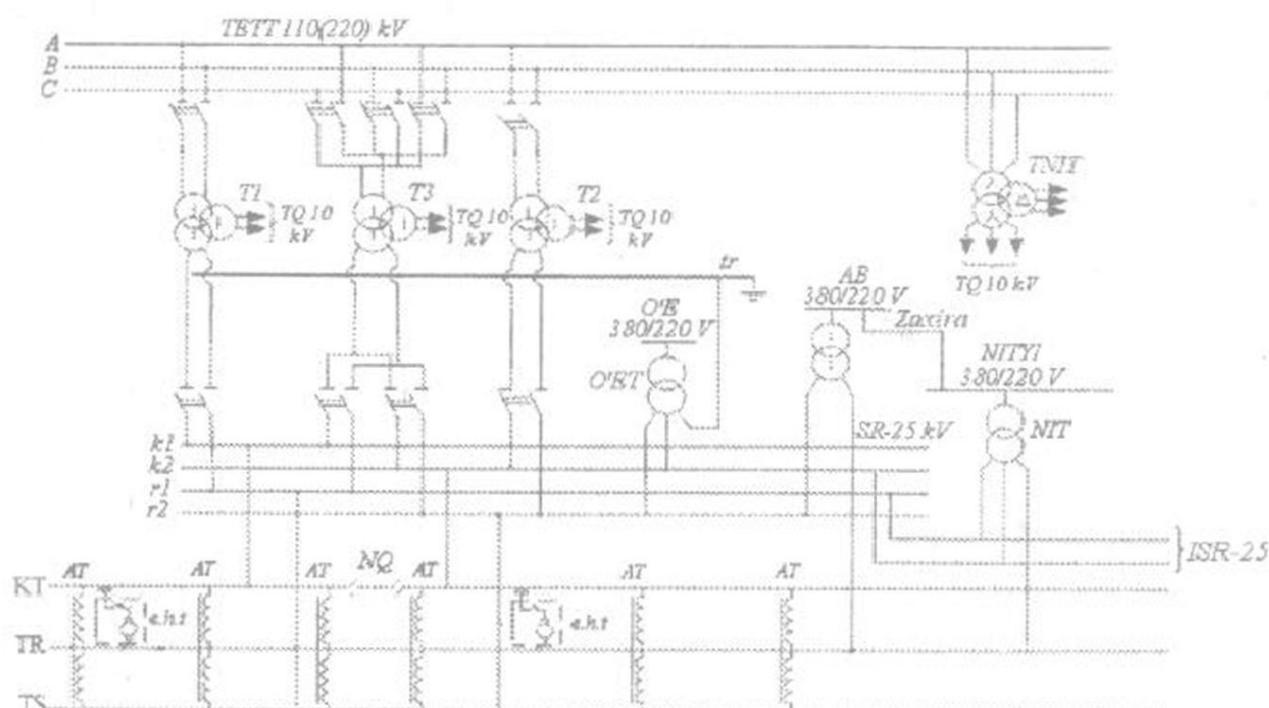
1.7- rasm. Elektrlashgan temir yo'l uchastkasining 2x25 kV kuchlanishli o'zgaruvchan tok elektr ta'minoti prinsipial sxemasi:

TT1, TT2 – bir fazali pasaytiruvchi (tortuvchi) transformatorlar; 2 – liniya avtotransformator(LAT)lari; 3 – relslarni TT va LAT ikkilamchi chulg'amlari o'rta chiqishlari bilan ulanishi; 4 - 50 kV kuchlanishda quvvat oqimi; 5 - 25 kV kuchlanishda quvvat oqimi; 6 - elektrovoz

1.8- rasmda 2x25 kV tizimda elektr energiyasi iste'molchilarini tortuvchi nimstansiyadan ta'minlash prinsipial sxemasi keltirilgan. Bu sxemada T1, T2, T3 tortuvchi transformatorlar birlamchi chulg'amlari 110(220) kV li tashqi elektr ta'minoti tizimi shinalariga uchburchak sxema orqali ulanadi. T1 va T2 transformatorlarning ikkitadan ikkilamchi chulg'amlari tortish maqsadida foydalaniladi. T1, T2, T3 transformatorlarning bittadan chulg'amlari o'zaro uchburchak sxemada ulanib tuman iste'molchilarini elektr energiyasi bilan ta'minlashda foydalaniladi. T3 transformatorning bo'sh qolgan ikkita ikkilamchi chulg'ami tortish zanjiri uchun zaxirada turadi.

Temir yo'l atrofidagi tuman iste'molchilari elektr ta'minotini yaxshilash maqsadida uchta uch chulg'amli transformatorlarni o'z

ichiga olgan sxemaga bitta uch fazali uchta yoki ikkita chulg'amli transformator qo'shimcha kiritiladi (1.8- rasm).



1.8- rasm. 2x25 kV li tizimda elektr energiyasi

iste'molchilarini tortuvchi nimstansiyadan ta'minlash sxemasi:

TETT – tashqi elektr ta'minoti tizimi; T1, T2, T3 – bir fazali tortuvchi transformatorlari; TNIT – tuman notransport iste'molchilari transformatori;

AB – avtoblokirovka; SR-25 – “sim – rels” avtoblokirovkaning bir fazali tortish elektr ta'minoti tizimi; ISR-25 – notortuvchi temir yo'l

iste'molchilarini ta'minlovchi “ikkita sim – rels” uch fazali elektr ta'minoti tizimi; AT – avtotransformator; KT – kontakt tarmog'i; TR – tortish relsi; TS – ta'minlovchi sim; NQ – neytral qo'yilma; O'ET – tortuvchi nimstansiyani o'z ehtiyojlari uchun elektr energiyasi bilan ta'minlashda qo'llaniladigan transformator; e.h.t. – elektr harakat tarkibi; TQ – taqsimlash qurilmasi; NIT – notransport iste'molchilari; O'E – o'z ehtiyojlari; NITYI – notortuvchi temir yo'l iste'molchilari

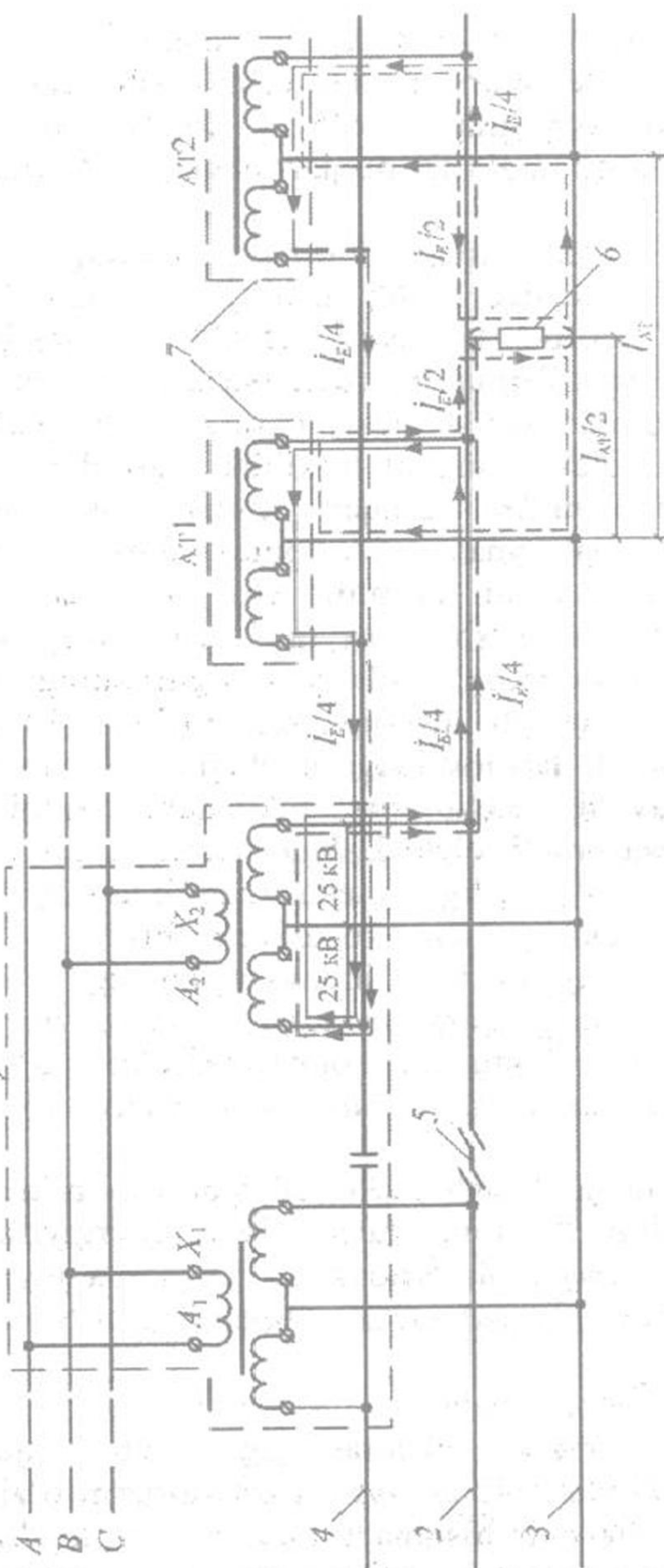
Bir fazali transformatorlardan iborat tortuvchi nimstansiya uch fazali transformatorlardan iborat tortuvchi nimstansiya bilan bitta kontur tarmog'i bo'ylab parallel ishlashi mumkin emas. Chunki, bir fazali transformatorlar tortish tarmog'iga elektr uzatish liniyasining liniya kuchlanishlarini, uch fazali transformatorlar esa – faza kuchlanishlarini beradi. Bu kuchlanishlar vektorlari orasidagi faza siljish burchagi 30° . Ikki turdagi tortish (1x25 kV va 2x25 kV) tizimlarini o'zaro moslashtirish tortuvchi nimstansiyada amalga oshiriladi. Ushbu nimstansiya yelkasini 27,5 kV kuchlanish

bilan ta'minlash uchun ikkita uch fazali transformator, uning boshqa yelkasini 55 kV kuchlanish bilan ta'minlash uchun ikkita bir fazali transformator o'rnatiladi. 1x25 kV va 2x25 kV tortish elektr ta'minoti tizimlari kontakt tarmoqlari neytral qo'yilma bilan ajratiladi.

Yo'lining har 8-12 km da tortish tarmog'i liniya avtotransformatori(LAT)ga ega bo'lib, u bo'ylama fider, kontakt osmasi va relslarni o'zaro bog'lab turadi. 25 kV kuchlanish elektr harakat tarkibiga avtotransformator orqali beriladi. Bu tizimning o'ziga xos xususiyatlaridan biri shundan iboratki, unda 1x25 kV li tizimga mo'ljallangan elektr harakat tarkiblari parkidan bemalol foydalanish mumkin. Bundan tashqari, tortish toki tortuvchi nimstansiyaga relslar orqali emas, balki kontakt simi bilan deyarli bir xil balandlikda joylashgan ta'minlovchi sim orqali tortish tokiga qarama-qarshi yo'nalishda qaytadi. Bu holat kontakt tarmog'i tokini va tortish tarmog'i to'la qarshiligini uning induktiv tashkil etuvchisining kamayishi hisobiga kamayishiga olib keladi. Buning natijasida tortish tarmog'idagi kuchlanish yo'qolishi va quvvat isrofi kamayadi, elektrovoz tok qabul qilgichidagi kuchlanish miqdori esa ortadi, elektrlashgan temir yo'lni yondosh liniya va qurilmalarga ko'rsatadigan elektromagnit ta'siri 50 kV li ta'minlash simining ekranlovchi xususiyati hisobiga keskin susayadi. Aloqa liniyalarida induksiyanadigan xavfli kuchlanishlar 11 martagacha, ularga halaqit qiluvchi ta'siri esa 6,5 martagacha kamayadi. Tortuvchi nimstansiyalar ta'minlash yelkalaridagi kuchlanishlarni mustaqil ravishda rostlash imkoniyati paydo bo'ladi.

2x25 kV kuchlanishli tortish elektr ta'minoti tizimida toklar taqsimotini yuklamalari bir tomonlama elektr energiyasi bilan ta'minlanayotgan va zonada bir-biridan I_{AT} masofada joylashgan ikkita avtotransformator mavjud bo'lgan holatni ko'rib chiqamiz (1.9- rasm).

Aytaylik, yuklama-elektrovoz AT1 va AT2 avtotransformatorlar oraliq masofasining o'rta nuqtasida joylashgan hamda AT1 va AT2 avtotransformatorlarni o'ziga xos tortuvchi nimstansiyalar deb hisoblab, ular 50 kV kuchlanishli asosiy tortuvchi nimstansiyalardan ta'minlanayotgan bo'lsin. Ana shu holat uchun sxemada tok taqsimlanishini ko'rib chiqamiz. I_E tok iste'mol qilayotgan elektrovoz AT1 va AT2 avtotransformatorlar oraliq masofasining o'rta nuqtasida



1.9- rasm. 2x25 kV kuchlanishli tortish elektr ta'minoti tizimi prinsipial sxemasi: 1- tortuvchi himnansiya; 2- kontakt tarmog'i; 3- relslar; 4- qo'shimcha (ta'minlovchi) sim; 5- neytral qo'yilma; 6- elektrovoz; 7- AT1 va AT2 avtotransformatorlar

joylashganligi sababli bu tok avtotransformatorlar ikkilamchi chulg'amlari o'rtasida teng ikkiga bo'linadi. $I_E/2$ tok o'tayotgan zanjirlar 1.9- rasmda mayda uzuq chiziqlar bilan ajratilgan.

Kuchlanishi 50 kV bo'lgan AT1 avtotransformator birlamchi chulg'amidagi tok uning kuchlanishi 25 kV bo'lgan ikkilamchi chulg'amidagi tokdan ikki marotaba kichik bo'ladi. $I_E/4$ tok o'tayotgan kontur uzluksiz chiziq bilan ajratilgan. Xuddi shunday kattalikdagi tok AT2 avtotransformator birlamchi chulg'amidan ham o'tadi. Bu tok o'tadigan kontur sxemada uzlukli chiziq bilan ajratilgan (1.9- rasmga qarang!). Kontakt tarmog'ini tortuvchi nimstansiyadan AT2 gacha bo'lgan qismining alohida uchastkalaridan o'tayotgan tokni aniqlash uchun shu uchastkadan o'tayotgan tok tashkil etuvchilarini algebraik qo'shish yetarli bo'ladi.

2x25 kV li tortish elektr ta'minoti tizimida kontakt tarmog'ining tegishli uchastkalaridagi tok taqsimlanishini boshqa tur tortish elektr ta'minoti tizimlaridagi tok taqsimlanishi bilan qiyosiy taqqoslash 1.2- jadvalda keltirilgan.

1.2- jadval

Turli xil tortish elektr ta'minoti tizimlarining alohida uchastkalaridagi toklar qiymatlari

Kontakt tarmog'i uchastkasi	Tortish elektr ta'minoti tizimi		
	25 kV li	2x25 kV	50 kV li
TN – AT1	I_E	$I_E/2$	$I_E/2$
AT1 – elektrovoz	I_E	$3I_E/4$	$I_E/2$
Elektrovoz – AT2	-	$I_E/4$	-

1.2 - jadvalda keltirilgan ma'lumotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, kontakt tarmog'idagi tok taqsimlanishi bo'yicha 2x25 kV li tizim 25 kV li va 50 kV li tizimlar oralig'idagi holatni egallaydi. Chunki, 50 kV li tizimda kontakt tarmog'idagi tok qiymati tortuvchi nimstansiyadan elektrovozgacha bo'lgan oraliqda 25 kV li tizimdagiga nisbatan ikki marta kichik. Aytib o'tish joizki, 2x25 kV li tizimda ta'minlash zonasidagi avtotransformatorlar sonining ortib borishi bilan elektrovoz tortuvchi nimstansiyadan uzoqlasha borgan sari toki 25 kV li tizimdagi tokdan ikki marotaba kichik bo'lgan uchastkalar soni ortib boraveradi. Bu esa, tabiiyki, 2x25 kV li tizim samaradorligini ortib borishga olib keladi. Kontakt tarmog'ini ikki tomonlama ta'minlash sxemasida

avtotransformatorlar ikkala yondosh tortuvchi nimstansiyalardan ta'minlanadi. Albatta, haqiqiy foydalanish sharoitida elektr energiyasi elektrovozlariga uzatish "kontakt tarmog'i – relslar" konturi orqali xuddi 50 kV li tizimdagidek va qisman 25 kV li tizimdagidek uzatiladi.

2x25 kV li tizimda 50 kV li fiderlar va avtotransformatorlar hisobiga tortuvchi nimstansiyalar orasidagi masofani 80-90 km gacha uzaytirish imkoniyati yuzaga keladi. Bundan tashqari, temir yo'llarning o'tkazish qobiliyati sezilarli darajada oshadi. Iste'mol qilayotgan quvvat teng bo'lganda tortish tarmog'idagi tok ikki marotaba kamayadi.

2x25 kV li tizim kamchiliklari sifatida LATlar o'rnatilishi, tortuvchi nimstansiyalardagi transformatorlar sonini uchtagacha ortishi (bittasi doim zaxirada turadi), yuzasi kontakt simi yuzasiga teng va izolatsiyasi 25 kV kuchlanishga mo'ljallangan ta'minlovchi fider mavjudligi, notortuvchi iste'molchilarni elektr energiyasi bilan ta'minlash uchun alohida uch fazali transformator o'rnatilishi hisobiga elektrlashtirishni nisbatan qimmatlashishini, kontakt tarmog'i, ta'minlovchi fider va relslarga ulangan avtotransformatorlarda qo'shimcha elektr energiyasi isrofi yuzaga kelishini, kontakt tarmog'i va avtotransformatorlarni qisqa tutashish toklaridan himoya qilishni biroz murakkablashishini hamda kontakt tarmog'iga texnik xizmat ko'rsatishni qiyinlashishini va kuchlanishni rostlash jarayoni murakkabligini aytib o'tish mumkin. Bundan tashqari, temir yo'l uchastkalarida tortuvchi nimstansiyalar sonining kamayishi elektr uzatish liniyalaridagi toklar nosimmetriyasini ortishiga olib keladi, chunki "parma" sxemasini tugallangan siklini amalga oshirish qiyinlashadi.

Yuqorida keltirilgan kamchiliklarga qaramay 2x25 kV kuchlanishli elektr tortish tizimi elektrlashgan temir yo'llar ishida eng jadal tizimlardan biri hisoblanadi.

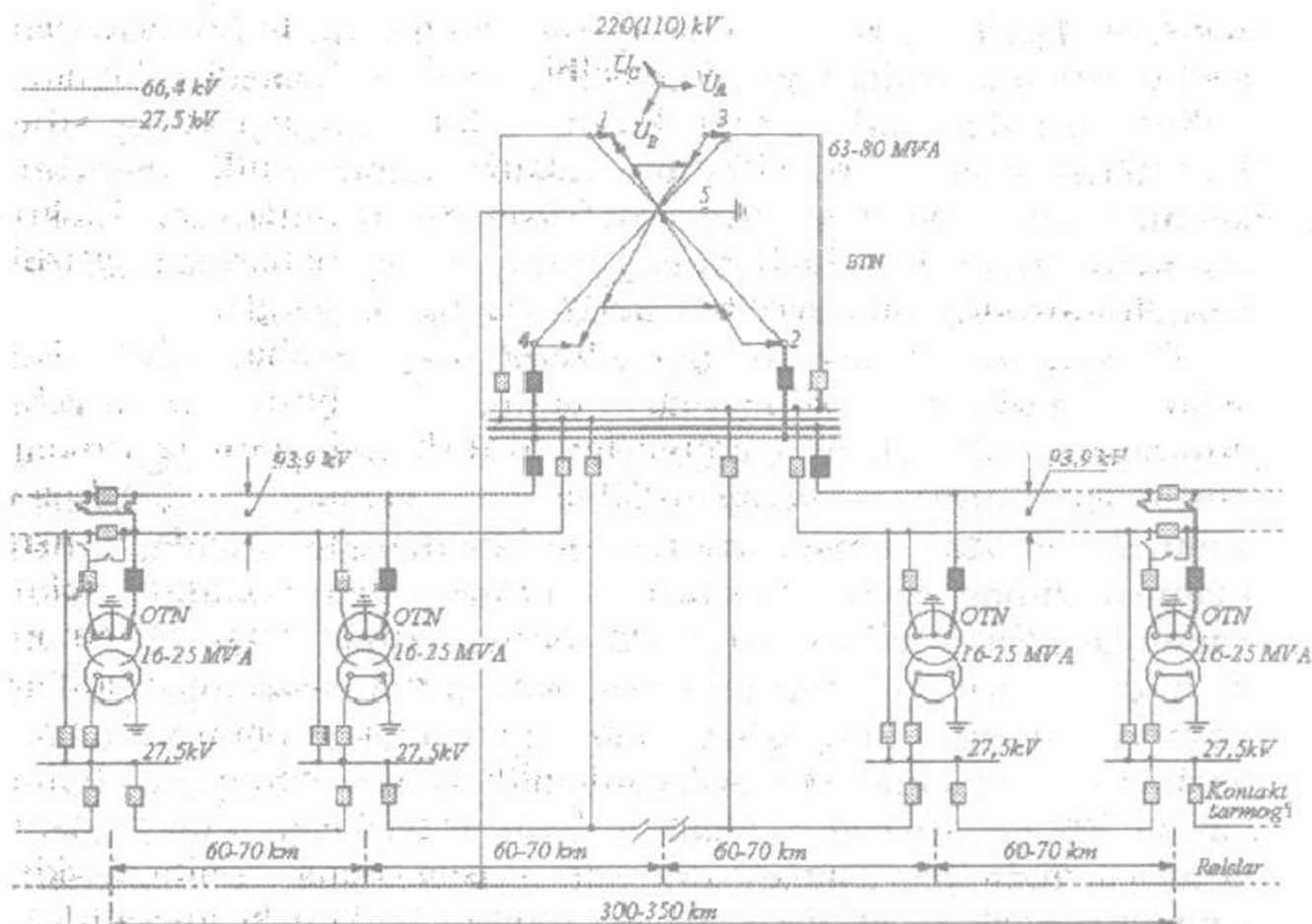
1.2.4. 94 kV kuchlanishli ikkita simli bo'ylama liniyaga ega bo'lgan elektr ta'minoti (IBL-94 kV) tizimi

Ma'lumki, o'zgaruvchan tok tortish elektr ta'minoti tizimining asosiy kamchiliklaridan biri – bu tashqi elektr ta'minoti tizimi fazalarining nosimmetrik yuklanishidir. Yuzaga keladigan toklar nosimmetriyasi elektr uzatish liniyalarida kuchlanishlar nosimmetriyasini paydo bo'lishiga olib keladi. Bu holat elektr

stansiyalari generatorlari va elektr uzatish liniyalari ta'minlayotgan boshqa iste'molchilarning ishiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Amalda bo'lgan Davlat andozalariga ko'ra elektr energiyasining sifat ko'rsatkichlaridan biri sifatida teskari ketma-ketlik bo'yicha kuchlanishning nosimmetriya koeffitsiyenti belgilangan. Elektr energiyasi sifat ko'rsatkichlarining me'yoriy qiymatlaridan og'ishi sezilarli iqtisodiy zararga olib keladi (6- bobga qarang!).

Shuning uchun ham so'nggi yillarda o'zgaruvchan tok tortish elektr ta'minoti tizimlarida, aniqrog'i ayrim tortuvchi nimstansiyalarda elektr energiyasini uzatish liniyalaridagi toklar nosimmetriyasini kamaytirishga xizmat qiladigan simmetriyalovchi transformatorlar qo'llanilmoqda. Bunda tortish tizimi o'zining asosiy vazifasi – tortish yuklamalarini elektr energiyasi bilan ta'minlash bilan birga tashqi elektr ta'minoti tizimida tortish yuklamalari hisobidan yuzaga keladigan toklar nosimmetriyasini kamaytirish kabi qo'shimcha, ammo muhim vazifani ham bajaradi. Bu usul yordamida elektr energiyasi sifatini yaxshilash elektrlashgan temir yo'l uchastkasidagi tashqi elektr ta'minoti tizimiga ulangan tortuvchi nimstansiyalar sonini keskin kamaytirish, Skott effektiga (transformator ikkilamchi tomonidagi kuchlanishlar vektorlari orasidagi burchak 90° ga teng) ega bo'lgan transformatorlardan hamda tortuvchi nimstansiya uch fazali zanjirida toklar nosimmetriyasini hosil qiladigan kattalikni shu nimstansiya yelkalarining tekis taqsimlanish darajasiga bog'liqligidan foydalanish hisobiga amalga oshirish taklif etilgan. Ma'lumki, tortuvchi nimstansiya hisobiga yuzaga keladigan toklar nosimmetriyasi uning ta'minlash yelkalari yuklanishining tekisligi darajasini ortishi bilan kamayadi.

O'zgaruvchan tok tortish tarmog'i samaradorligini yanada oshirish, 27,5 kV va $2 \times 27,5$ kV kuchlanishli tortish tizimlaridagi yuqorida aytib o'tilgan kamchiliklarni keskin kamaytirish maqsadida Rossiya Federatsiyasi Moskva davlat temir yo'llar universiteti (MIIT) olimlari tomonidan simmetriyalovchi transformator (ST)larga ega bo'lgan bosh(tayanch) tortuvchi nimstansiya(BTN)lari, $66,5 + 27,5 = 94$ kV kuchlanishli ikkita simli bo'ylama liniyalari va bir fazali transformatorlar o'rnatilgan oraliq tortuvchi nimstansiya(OTN)laridan tashkil topgan tortish elektr ta'minoti (IBL-94 kV) tizimi taklif etilgan. Bunday tizim sxemalarining bitta varianti 1.10- rasmda keltirilgan.

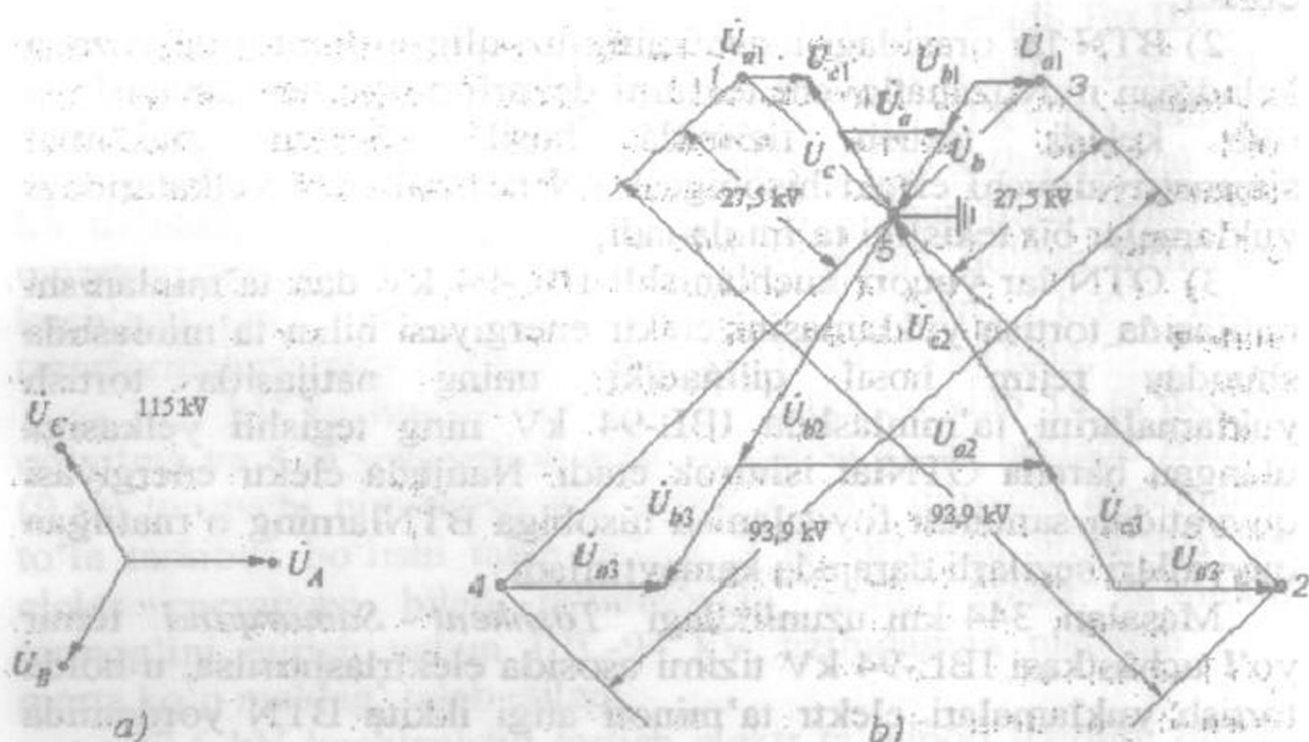


1.10- rasm. IBL-94 kV tizimi sxemalarining bitta varianti

Bu sxemada bosh (ta'minlovchi) tortuvchi nimstansiya BTN tortish elektr ta'minoti tizimini tashqi elektr ta'minoti tizimi bilan bog'lab turuvchi yagona zveno hisoblanadi. BTN quvvati 63...80 MVA oralig'ida bo'lgan STlar bilan jihozlangan. Tortish tarmog'i chap va o'ng yelka ikkita simli liniyalar (liniya simlari o'rtasidagi kuchlanishi 93,9 – 94 kV), quvvati 16 – 25 MVA bo'lgan bir fazali transformatorlar o'rnatilgan oraliq tortuvchi nimstansiyalarni o'z ichiga oladi. Bu transformatorlarning quvvati tashiluvchi yuklar hajmi va ta'minlovchi tortuvchi nimstansiyalar orasidagi masofaga qarab tanlanadi. Ikkita simli liniyalar kontakt tarmog'i tayanchlari bo'ylab tortiladi. Ehtiyojga qarab kontakt tarmog'i 27,5 kV kuchlanish tomonida ekranlovchi va kuchaytiruvchi simlar bilan kuchaytirilishi mumkin.

BTN dan kontakt tarmog'iga 27,5 kV, bo'ylama elektr ta'minoti liniyalariga esa 94 kV kuchlanishlar beriladi. 1.10-rasmdagi sxemada ST ning tortish zanjiri tomonida chulg'amlar ulanishining ikkita bir – biriga o'xshash bo'lgan simmetriyalovchi strukturalari nazarda tutilgan (1.11- rasm). 1, 3, 5 chiqishlarga ega

bo'lgan birinchi struktura tortuvchi nimstansiyalardagi transformatorlar o'rnini bosish uchun nazarda tutilgan. Bu yerda 1



faqat BTN larda bo'ladi, OTN larda ularning soni minimumga tushadi, elektr energiyasini hisobga olish faqat BTNlarda tashkil etiladi;

2) BTN lar orasidagi masofaning uzoqligi ular orasida yuzaga keladigan muvozanatlovchi toklarni deyarli nolgacha kamayishiga olib keladi, tortish tizimida hosil qilingan maksimal simmetriyalovchi effekt hisobiga BTN ta'minlovchi yelkalaridagi yuklamalar bir tekisligi ta'minlanadi;

3) OTN lar yuqori kuchlanishli IBL-94 kV dan ta'minlanishi natijasida tortish yuklamasini elektr energiyasi bilan ta'minlashda shunday rejim hosil qilinadiki, uning natijasida tortish yuklamalarini ta'minlashda IBL-94 kV ning tegishli yelkasiga ulangan barcha OTNlar ishtirok etadi. Natijada elektr energiyasi quvvatidan samarali foydalanish hisobiga BTNlarning o'rnatilgan quvvatlari sezilarli darajada kamaytiriladi.

Masalan, 344 km uzunlikdagi *"Toshkent - Samarqand"* temir yo'l uchastkasi IBL-94 kV tizimi asosida elektrlashtirilsa, u holda tortish yuklamalari elektr ta'minoti atigi ikkita BTN yordamida amalga oshirilishi mumkin (ular orasidagi masofa 190 – 195 km qilib olinishi mumkin). Ushbu BTN ning har birida quvvati 60 MVA dan bo'lgan uchta ST o'rnatiladi. Uchastka bo'ylab o'n bitta OTN quriladi, ularning to'rttasida har birining quvvati 16 MVA dan bo'lgan ikkita bir fazali transformator, qolgan yettita OTNlarning har birida quvvati 16 MVA dan bo'lgan bitta transformator o'rnatiladi. Butun temir yo'l uchastkasi uchun transformatorlar o'rnatilgan quvvatlarining umumiy qiymatlari 600 MVA. BTN lar atigi to'rtta neytral qo'yilmaga ega bo'ladi, seksiyalash postlariga zarurat bo'lmaydi. Barcha OTNlar havo oraliqlari bilan jihozlangan bo'ladi va OTNlar tortish tarmog'i bo'ylab o'zaro parallel ishlaydi. Bu esa ular o'rnatilgan quvvatlaridan to'la foydalanish imkonini beradi. Konsollar uzunligi va BTNlar orasidagi masofaning kattaligi har bir BTNdan chap va o'ngdagi yuklamalar bir tekisligini ta'minlaydi, natijada har bir BTN kirishidagi va tashqi elektr ta'minoti tizimidagi tok va kuchlanishlar nosimmetriyasini deyarli bartaraf qiladi. Transformatorlar po'lat o'zagidagi umumiy aktiv quvvat isroflari 450 kW dan oshmaydi.

Xuddi shu temir yo'l uchastkasi uchun hozirgi kundagi talablardan kelib chiqqan holda mos ravishda 27,5 kV va 2x25 kV li tortish elektr ta'minoti tizimi parametrlari hisoblab chiqilsa, quyidagi natijalarni hosil qilish mumkin:

1. 27,5 kV kuchlanishli tizimda:

- yuqori kuchlanishi 110 kV bo'lgan to'qqizta tortuvchi nimstansiya qurish kerak bo'ladi. Ulardagi transformatorlar umumiy o'rnatilgan quvvati 730 MVA ni tashkil etadi. Bu IBL-94 kV tizimidagiga nisbatan 21,7 % ga ko'p. Aytib o'tish joizki, IBL-94 kV tizimi BTN laridagi yuqori kuchlanishi 110 kV bo'lgan uch fazali transformatorlar umumiy quvvati 360 MVA (bu quvvat 27,5 kV tizimdagi yuqori kuchlanishi 110 kV bo'lgan transformatorlar umumiy quvvatining 49,3 % ini tashkil etadi), qolgan birlamchi kuchlanishlari $66,5+27,5=94$ kV bo'lgan bir fazali transformatorlarning umumiy quvvati 240 MVA ga teng;

- 27,5 kV kuchlanish tizimida uchastka bo'ylab 18 ta neytral qo'yilma va 8 ta seksiyalash postlari qurish kerak bo'ladi. Barcha (9 ta) tortuvchi nimstansiyalar uchun xizmat qiluvchi personallar to'la tarkibda bo'lishi talab etiladi. 9 ta tortuvchi nimstansiyaning elektr energiyasi bilan ta'minlovchi tashqi elektr ta'minoti tarmog'ini qurish uchun IBL-94 kV tizimidagiga nisbatan 1,76 marta ko'p mablag' talab etiladi.

- 27,5 kV kuchlanishli tortish elektr ta'minoti tizimini qurish uchun IBL-94 kV tizimiga nisbatan 1,04 marta ko'p mablag' sarflanadi. Transformatorlar po'lat o'zaklaridagi aktiv quvvat isrofi esa 1,36 martaga ko'p.

2. 2x25 kV kuchlanishli tizimda:

- yuqori kuchlanishi 110 kV bo'lgan oltita nimstansiya qurish kerak bo'ladi. Ulardagi transformatorlar va tortish tarmog'idagi avtotransformatorlar umumiy o'rnatilgan quvvati 1152 MVA ga teng, ya'ni IBL-94 kV tizimidagiga nisbatan 1,92 marta ko'p;

- oltita tortuvchi nimstansiyaning tashqi elektr ta'minoti tarmog'iga ulovchi chiqishlar qurish, ularning barchasida xizmat ko'rsatuvchi xodimlar to'la tarkibda bo'lishi va elektr energiyasini hisobga olish tizimini tashkil etish kerak bo'ladi;

- oltita tortuvchi nimstansiyalar ulanadigan tashqi elektr ta'minoti tarmog'ini qurishga IBL-94 kV tizimidagiga nisbatan 1,6 marta ko'p mablag' sarflanadi. Transformatorlar va avtotransformatorlar po'lat o'zaklarida isrof bo'ladigan aktiv quvvat isrofi IBL-94 kV tizimidagiga nisbatan 2,4 martaga ko'p.

- transformatorlardagi yillik energiya isrofi IBL-94 kV tizimidagiga nisbatan 2,61 marta ko'p.

Shuni aytib o'tish joizki, IBL-94 kV tizimi chiqish kuchlanishlari 27,5 kV va 66,5 kV bo'lgan maxsus transformatorlar ishlab chiqarilishini talab etadi.

Bosh (tayanch) tortuvchi nimstansiyalarida simmetriyalovchi transformatorlar o'rnatilgan tortish elektr ta'minoti tizimi elektr uzatish liniyalarining konfiguratsiyasi kam rivojlangan hududlardagi temir yo'l uchastkalarini elektrlashtirishda joriy etish maqsadga muvofiq hisoblanadi.

1.2.5. 15 kV kuchlanishli va $16\frac{2}{3}$ (25) Hz chastotali o'zgaruvchan tok tortish elektr ta'minot tizimi

Bu elektr tortish tizimining o'zgarmas tok elektr tortish tizimidan afzalligi 50 Hz chastotali o'zgaruvchan tok elektr tortish tizimi afzalligiga o'xshash: kontakt tarmog'idagi kuchlanishning nisbatan yuqoriligi hisobidan tortuvchi nimstansiyalar orasidagi masofani (40-60 kmgacha) uzaytirish va kontakt tarmog'i simi ko'ndalang kesimi yuzasini kamaytirish imkoniyati mavjudligi.

Past chastotali (ko'pgina chet el mamlakatlarida $16\frac{2}{3}$ va 25 Hz) bir fazali o'zgaruvchan tok elektr tortishda tortuvchi motorlar sifatida tortish xarakteristikalarini o'zgarmas tok motorlari tortish xarakteristikalariga yaqin bo'lgan kollektorli motorlardan foydalaniladi. Bu motorlar qismalaridagi kuchlanishni rostlash ham sanoat chastotali motorlardagi singari elektrovozlardagi transformator transformatsiya koeffitsiyentini o'zgartirish hisobiga amalga oshiriladi.

Kollektorli motorlar quvvat koeffitsiyenti kichik (0,8-0,88) bo'lib, elektr harakat tarkibini harakatga keltirish paytida undan ham kam (0,3-0,4). Buning natijasida butun tizim quvvat koeffitsiyenti nisbatan kichik (0,6) bo'ladi. Bundan tashqari, tortish tarmog'ining aloqa liniyasiga ta'siri sezilarli darajada yuqori va energiya rekuperatsiyasi nisbatan murakkab.

Past chastotali bir fazali o'zgaruvchan tok tortish tizimini elektr energiyasi bilan ta'minlashda quyidagi ikkita sxemadan foydalaniladi:

- 1) temir yo'l ehtiyoji uchun maxsus qurilgan past chastotali elektr stansiyasidan ta'minlash sxemasi;
- 2) tuman nimstansiyalarida o'rnatilgan past chastotali maxsus agregatlardan ta'minlash sxemasi.

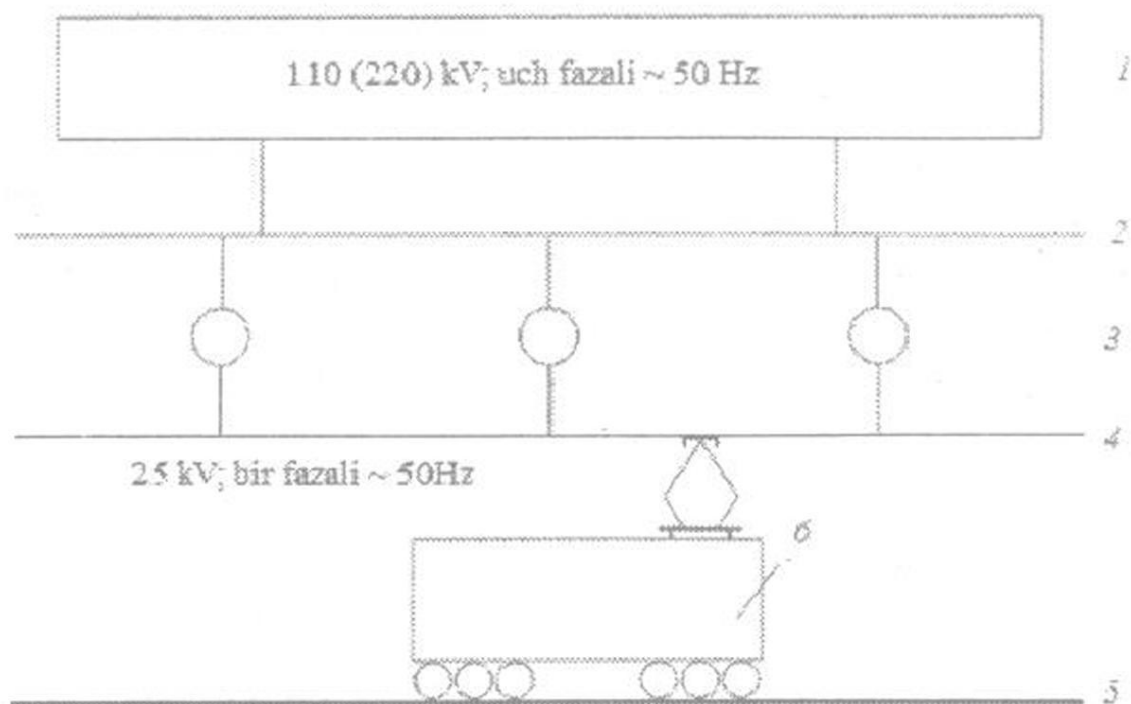
1.3. Tortuvchi nimstansiyalarni tashqi elektr ta'minoti tizimiga ulanish sxemasi

Elektr uskunalar tuzilishi qoidalariga ko'ra elektrlashgan temir yo'llar birinchi toifa iste'molchilari turkumiga kiradi, chunki ularni ish rejimidagi uzilishlar xalq xo'jaligi uchun katta zararga olib keladi. Bunday iste'molchilar uchun o'zaro bog'liq bo'lmagan ikkita elektr energiyasi manbayi mavjud bo'lishi kerak. Tuman nimstansiyalari, bitta tuman yoki tortuvchi nimstansiyaning boshqa-boshqa shinalari shunday manbalar turkumiga kiradi. Shunga ko'ra tortuvchi nimstansiyalar tashqi elektr ta'minoti tizimiga shunday ulanishi kerakki, tizimdagi bitta tuman nimstansiyasini yoki elektr uzatish liniyasini ishdan chiqishi tortish tarmog'idagi ko'pi bilan bitta tortuvchi nimstansiyaning elektr energiyasiz qolishiga (ish faoliyatini to'xtatishiga) olib kelsin. Bunga tortuvchi nimstansiyalarni tashqi elektr ta'minoti tizimiga ulashning ratsional sxemalarini tanlash yo'li bilan erishish mumkin.

Umumiy hollarda tortuvchi nimstansiyalar elektr ta'minoti sxemasi tuman elektr tarmoqlari konfiguratsiyasi (joylashish shakli)ga, elektr stansiyasi va nimstansiyalar quvvat zaxirasi va ularni kengaytirish imkoniyatlariga bog'liq bo'ladi. Bunda barcha holatlarda ham elektr ta'minoti ishonchliligini oshirish maqsadida tortuvchi nimstansiyalarni ikki tomonlama ta'minlash sxemasini qo'llashga harakat qilinadi. Buni amalga oshirish imkoniyati bo'lmagan hollarda esa tortuvchi nimstansiya bitta manbadan keluvchi ikkita alohida-alohida elektr uzatish liniyalari yoki ikkita zanjirli liniya orqali ta'minlanadi.

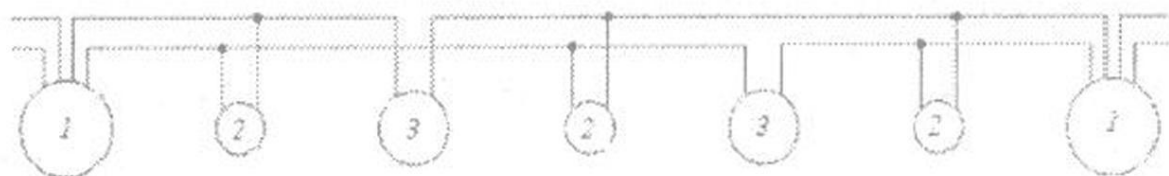
1.12- rasmda o'zgaruvchan tokda ishlaydigan elektrlashgan temir yo'llarni elektr energiyasi bilan ta'minlanish prinsipial sxemasi keltirilgan.

1.13- rasmda tortuvchi nimstansiyalarni ikkita alohida zanjirli elektr uzatish liniyasidan ikki tomonlama ta'minlash sxemasi keltirilgan. Unda 1- tayanch (kamida uchta yuqori kuchlanish liniyasi kirishiga ega bo'lgan) tortuvchi nimstansiya. Bu nimstansiya turli xil shikastlanishlardan avtomatik ravishda himoya qiluvchi yuqori kuchlanish kommutatsion apparatlari va qurilmalari majmuasi bilan jihozlangan; 2- oraliq ulanuvchi ("otpayachnaya") nimstansiya bo'lib, unda yuqori kuchlanishli ajratkichlar o'rnatilmaganligi sababli elektr ta'minlash liniyasining



1.12- rasm. O'zgaruvchan tokda ishlaydigan elektrlashgan temir yo'l uchastkasi elektr ta'minoti prinsipial sxemasi:

1 - tashqi energetik tizim; 2 - elektr uzatish liniyasi; 3 - tortuvchi nimstansiyalar; 4 - kontakt tarmog'i; 5 - relslar; 6 - elektrovoz.



1.13- rasm. Tortuvchi nimstansiyalarni ikkita alohida zanjirli elektr uzatish liniyasidan ta'minlash sxemasi

ikkala zanjiri shikastlanganda ham tizimda ko'pi bilan faqat bitta nimstansiya ish faoliyatini to'xtatishi mumkin. Yuqori kuchlanish ajratkichlari o'rnatilmaganligi sababli elektr ta'minoti tizimi nisbatan arzonlashadi; 3- oraliq tranzit nimstansiya bo'lib, u yuqori kuchlanish liniyalarini seksiyalash vazifasini bajaradi va ta'mirlashda hamda tizim shikastlanganda uni manbadan uzishda ishtirok etadi.

Tortish tarmog'i bitta zanjirli liniyadan ta'minlanganda oraliq ulanuvchi nimstansiya ishtirok etmaydi (ulanmaydi).

Elektrlashgan temir yo'llar elektr ta'minoti tizimida oraliq ulanuvchi va tranzit nimstansiyalar ketma-ketligi shunday

almashinib keladiki, bunda liniyada istalgan turdagi avariya yuz berganda (hatto ta'minlash liniyasining ikkala zanjiri shikastlanganda) ham tizimda ko'pi bilan faqat bitta nimstansiya ish faoliyatini to'xtatsin.

1.13-rasmda keltirilgan sxema tahlili shuni ko'rsatadiki, elektr uzatish liniyasi bitta zanjirini istalgan oraliq nimstansiyalar oralig'ida uzilishi tortish tarmog'idagi bironta nimstansiyaning elektr energiyasiz qoldirmaydi, chunki barcha oraliq nimstansiyalar liniyaning ikkinchi zanjiridan energiya bilan ta'minlanaveradi. Hattoki elektr uzatish liniyaning ikkala zanjirida avariya yuz berganda ham liniyaning shikastlangan uchastkasidagi faqat bitta oraliq ulanuvchi nimstansiya elektr energiyasiz qoladi.

O'zgaruvchan tok elektrlashgan temir yo'llar elektr ta'minoti tizimi 110 kV li tashqi energetik tizimdan ta'minlanganda tayanch tortuvchi nimstansiyalar orasida uchtdan ko'p bo'lmagan, 220 kV li tizimdan ta'minlanganda esa - beshtadan ko'p bo'lmagan oraliq nimstansiyalar ko'zda tutiladi.

1.4. Tortish tarmog'ini manba bilan ta'minlash va uni seksiyalash sxemalari

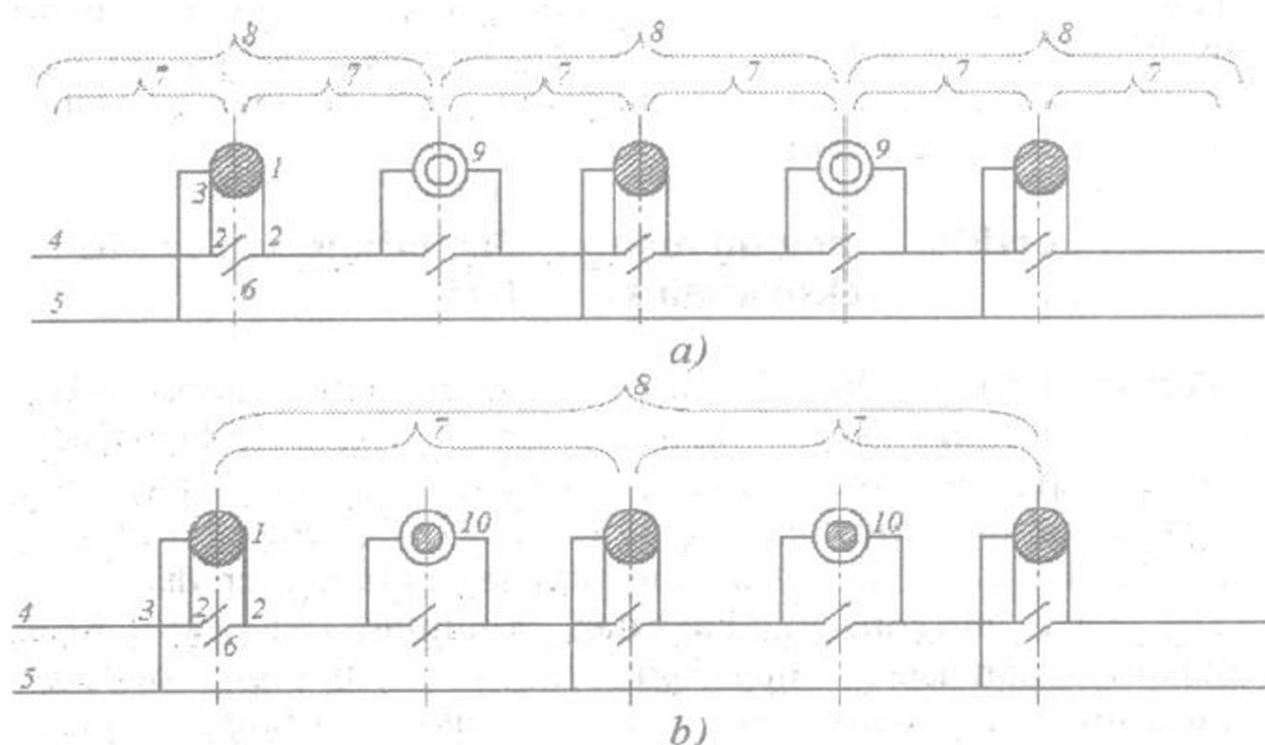
Tortish tarmog'ining ishonchli ishlashi uni manba bilan ta'minlash va seksiyalash (kontakt tarmog'ini alohida-alohida qismlarga ajratish) sxemalariga bog'liq. Kontakt tarmog'ini seksiyalash uning ayrim qismlari ta'mirlanishga muhtoj bo'lganda yoki shikastlanganda uni manbadan ajratish imkonini beradi.

Kontakt tarmog'ini manba bilan ta'minlash va seksiyalash sxemalarini tanlashda quyidagi omillar e'tiborga olinadi: yuklamaning nimstansiyalar va kontakt tarmog'i ayrim uchastkalari o'rtasida taqsimlanishi, qisqa tutashish tokining minimal qiymati, tortish tarmog'idagi kuchlanish yo'qolishi va boshqalar.

Kontakt tarmog'ini *bir tomonlama* (*a*) va *ikki tomonlama* energiya bilan ta'minlash sxemalari 1.14- rasm, *a* va *b* larda keltirilgan. Bir tomonlama ta'minlash (nimstansiyalar alohida-alohida ishlash) sxemasida yondosh nimstansiyalar orasidagi masofaning taxminan o'rtalarida kontakt tarmog'i izolatsion birikma yoki neytral qo'yilma yordamida izolatsiyalanadi (ikkita seksiyaga ajratiladi). Bunda har bir seksiya ta'minlovchi liniya (fider) orqali alohida nimstansiya bilan ta'minlanadi (1.14- rasm, *a*).

Bitta nimstansiyadan ta'minlanayotgan va undan izolatsion tugun (izolatsion birikma yoki neytral qo'yilma)gacha bo'lgan kontakt tarmog'ining qismi fider zona deb ataladi. Bitta nimstansiyaga birlashgan ikkala yondosh fider zona esa nimstansion zona deb ataladi.

Bir tomonlama ta'minlash sxemasining afzalliklari shundan iboratki, bu sxemada kontakt tarmog'ini himoyalash shartlari yaxshiroq va yondosh tortuvchi nimstansiyalar shinalaridagi kuchlanishlar bir-biridan ancha farq qilganda ham muvozanatlovchi toklar paydo bo'lmaydi, ya'ni qo'shimcha quvvat isrofi yuzaga kelmaydi. Asosiy kamchiligi - kontakt osmasiga sarf bo'ladigan mis miqdorining ko'pligi, chunki har bir yuklama faqat bitta nimstansiyadan energiya bilan ta'minlanadi.



1.14- rasm. Kontakt tarmog'ini bir tomonlama (a) va ikki tomonlama (b) energiya bilan ta'minlash sxemalari: 1 - tortuvchi nimstansiyalar; 2, 3 - mos ravishda ta'minlovchi va so'ruvchi liniya(fider)lar; 4 - kontakt tarmog'i; 5 - rels; 6 - seksiyalash qurilmasi; 7 - fider zonalar; 8 - nimstansion zonalar; 9 - normal ajratilgan va elektromotorli yuritmaga ega bo'lgan ajratgich; 10 - xuddi shunday, lekin normal ulangan ajratgich

Bu kamchilik ayniqsa poyezdlar harakati notekis bo'lgan bitta yo'lli uchastkalarda yaqqol seziladi. Bundan tashqari, tortuvchi nimstansiya va kontakt tarmog'ida energiya isrofi va kuchlanish yo'qolishi keskin ortadi. Shuning uchun ham bu sxema

elektrlashgan temir yo'llarning konsol uchastkalarida energetik tizim manbasini taqsimlash tugunlarida foydalaniladi.

Ikki tomonlama ta'minlash (nimstansiyalarning parallel ishlashi) sxemasida nimstansiyalar orasidagi uchastkada harakatlanayotgan poyezdlar ikkita nimstansiyadan fiderlar orqali energiya bilan ta'minlanadi (1.14- rasm, b). Bu sxemada kontakt tarmog'ining ishonchli ishlash imkoniyati oshadi, chunki shikastlanish natijasida birorta tortuvchi nimstansiya ishdan chiqqanda ham tortish tarmog'ini elektr energiyasi bilan ta'minlash ushbu fider zonadagi boshqa tortuvchi nimstansiya hisobidan amalga oshiriladi. Kontakt tarmog'i va relslardagi toklar miqdori nisbatan kichikligi hisobidan kontakt osmasiga ishlatiladigan mis miqdori, nimstansiya va tortish tarmog'idagi energiya isrofi va kuchlanish yo'qolishi hamda aloqa liniyasiga ta'siri va yer osti metal inshootlarning elektrokorroziyasi kamayadi. Yondosh nimstansiyalar orasidagi uchastkada harakatlanayotgan poyezd shu uchastkani bosib o'tish mobaynida energiyani bir tekis iste'mol qiladi, ya'ni kontakt tarmog'i vaqt bo'yicha bir tekis yuklangan bo'ladi. Bir tekis yuklamada esa energiya isrofi va kuchlanish yo'qolishi, kontakt osmalari simlari va nimstansiya qurilmalarining qizishi kamayadi.

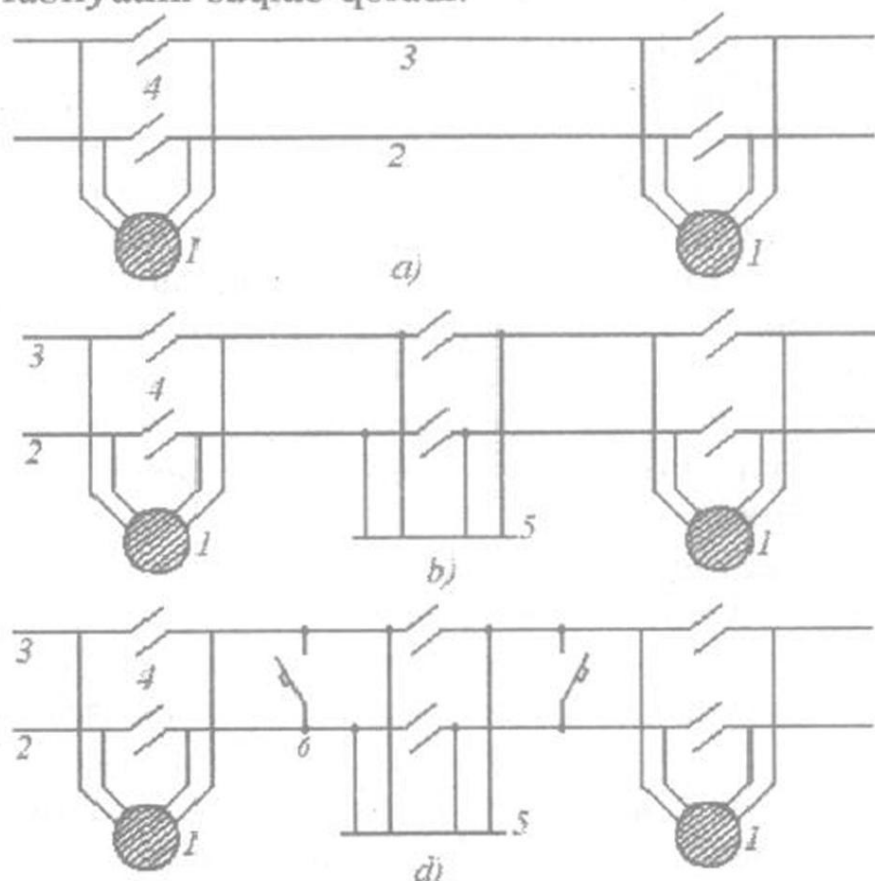
Tortish tarmog'ida nimstansiyalar parallel ishlashi ular shinalaridagi kuchlanishlar qiymatlari va fazalari jihatdan teng bo'lgandagina yuqorida qayd etilgan afzalliklar kuchga ega bo'ladi. Aks holda esa tortish tarmog'ida muvozanatlovchi toklar paydo bo'ladi. Bu toklar tarmoqda qo'shimcha ravishda energiya isrofi va kuchlanish yo'qolishini yuzaga keltiradi. Tortuvchi transformator kuchlanishi yuklama ostida avtonom rostlanganda va tortish tarmog'idagi bo'ylama kompensatsiya qurilmalari ta'sirida muvozanatlovchi toklar qiymati keskin ortadi. Shuning uchun ham nimstansiyalarni alohida yoki parallel ishlash sxemalarini tanlash uchun maxsus texnik-iqtisodiy hisoblashlar amalga oshirilishi lozim bo'ladi.

Ikkita yo'lli yoki ko'p yo'lli uchastkalar kontakt osmalari bir-biri bilan *o'zaro ulanmagan* (1.15- rasm, a), maxsus qurilma yordamida bitta nuqtada ulangan *tugunli sxema* (1.15- rasm, b) yoki bir nechta nuqtada yo'llarni *parallel ulash sxemasi* (1.15- rasm, v) ko'rinishlarida bo'lishi mumkin.

Tugunli sxemada (1.15- rasm, b) fider zonaning taxminan o'rtalarida seksiyalash posti joylashtiriladi. Bu postda ikkala yo'l kontakt osmalari uzgich va ajratgichlar orqali o'zaro ulanadi.

Kontakt tarmog'i shikastlanganda nimstansiyalar orasidagi to'liq uchastka emas, balki shikastlangan seksiya bilan post orasidagi uchastka ish jarayonidan chiqadi.

Yo'llar kontakt osmalarini parallel ulash sxemasida esa (1.15-rasm, *d*) seksiyalash postidan tashqari, yo'llarni parallel ulash posti joylashtiriladi. Bu post yo'llar kontakt osmalari bir nechta nuqtalarini o'zaro ulaydi. Bitta yo'l kontakt osmasi shikastlanganda parallel ulanish punkti uni avtomatik ravishda manbadan ajratadi va kontakt osmasining shikastlanmagan qismlari ish faoliyatini saqlab qoladi.



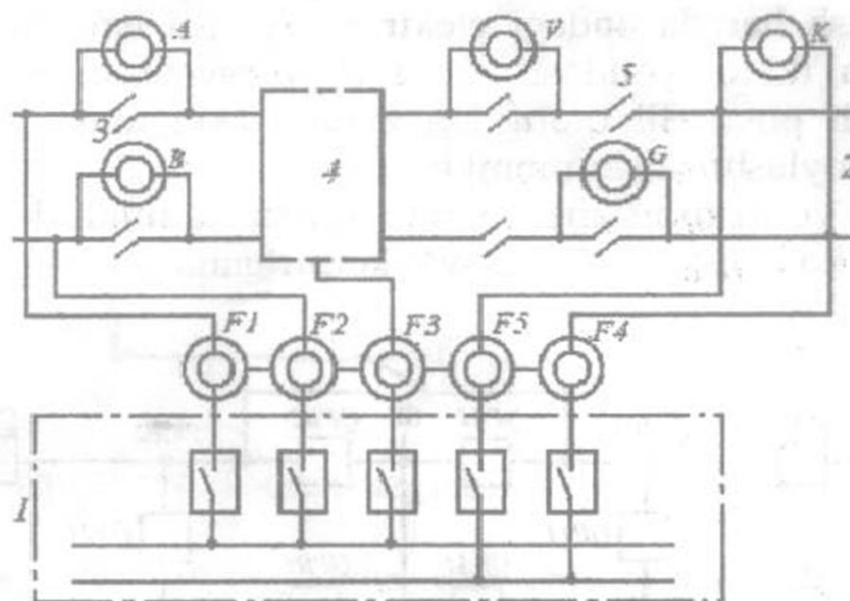
1.15- rasm. Ikkita yo'lli uchastka kontakt tarmog'ini manba bilan ta'minlash sxemalari:

a - alohida ta'minlash sxemasi; *b* - tugunli sxema; *d* - parallel ulanish sxemasi: 1 - tortuvchi nimstansiya; 2 - birinchi yo'l kontakt tarmog'i; 3 - ikkinchi yo'l kontakt tarmog'i; 4 - seksiyalash qurilmasi; 5 - seksiyalash posti; 6 - yo'llar kontakt tarmog'ini parallel ulash punkti

1.15- rasm, *a* da nimstansiyalar orasidagi uchastkada pastda (2) 1-yo'l fider zonasini, yuqorida esa (3) 2-yo'l fider zonasini tashkil etadi. 1.15- rasm, *b* va *d* da ikkala yo'l kontakt tarmog'i bitta fider zonani tashkil etadi. Seksiyalash posti ajratgichlari ajratilganda bitta fider zona bir necha fider zonaga ajratiladi, masalan, postning

barcha ajratkichlari ajratilganda bitta fider zona to'rtta fider zonaga ajraladi.

Ko'p yo'lli va ikkita yo'lli uchastka yondosh yo'llari kontakt tarmog'i ko'ndalang simlar yordamida o'zaro ulanganda yuklamalar notekisligini kamaytiradi. Bunda tarmoqdagi energiya isrofi va kuchlanish yo'qolishi kamayadi va bu kamayish quyidagi omillarga bog'liq bo'ladi: -birinchi va ikkinchi yo'llardagi poyezdlar iste'mol qilayotgan energiyalar nisbatiga (ayniqsa rekuperatsiya paytida); -yo'lining o'tkazish qobiliyatidan foydalanish darajasiga; -poyezdlar turli rusumligiga; -poyezd iste'mol qilayotgan tokning o'zgarish xarakteriga; -ko'ndalang ulanishlar soniga; -ikkala yo'l kontakt tarmog'i simlari qarshiliklarining nisbatiga. Bundan tashqari, bunday ulanishlar energiyani rekuperatsiya qilish jarayoni sharoitlarini yaxshilaydi. O'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkalarida kontakt tarmog'i nimstansiyaga unda joylashgan moyli uzgich va kontakt tarmog'i tayanchidagi ajratgich orqali ulanadi (1.16- rasm).



1.16- rasm. Ikkita yo'lli bir fazali o'zgaruvchan tok uchastkasida nimstansiyani kontakt tarmog'iga ulanish sxemasi:

1 - nimstansiya; 2 - peregon kontakt tarmog'i; 3 - izolatsion birikma; 4 - stansiya kontakt tarmog'i; 5 - neytral qo'yilma; F1, F2, F4, F5 - peregon ajratgichlari; F3 - stansiya ajratgichi; A, B, V, G - bo'ylama ajratgichlar; K - ko'ndalang ajratgich

Sxemada fiderlardan biri (1.16- rasimga qarang!) shikastlanganda foydalaniladigan bo'ylama va ko'ndalang

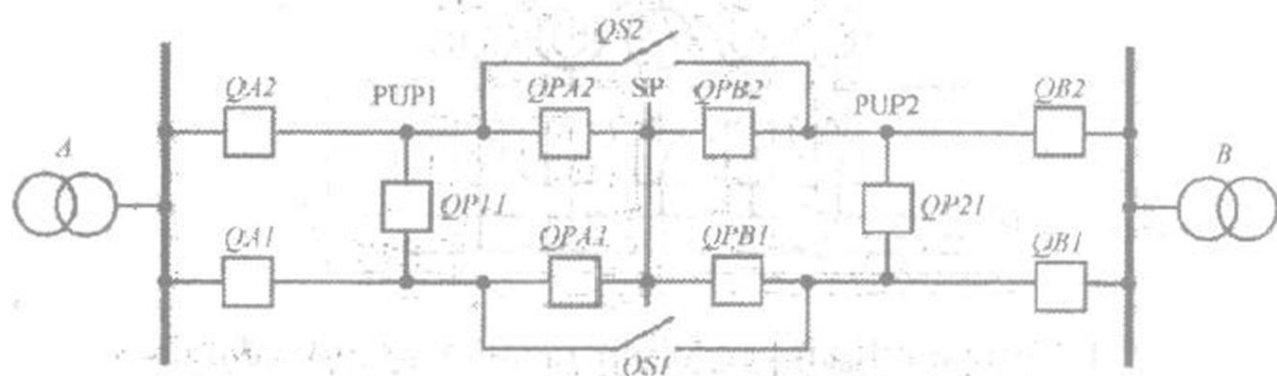
ajratkichlar ko'zda tutiladi. Agar kontakt tarmog'i seksiyalari turli fazalardan ta'minlanayotgan bo'lsa, u holda nimstansiya yaqinida neytral qo'yilma o'rnatiladi.

1.5. Normal va avariya rejimlarining xususiyatlari

O'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkalarida tortuvchi nimstansiyalararo masofa 40-60 km, kuchaytiruvchi va ekranlovchi simlar bilan ta'minlangan o'zgaruvchan tok tortish tarmog'ida esa bu masofa 80 km gachani tashkil etadi. 2x25 kV tortish tizimida u 100 km gacha uzaytirilishi mumkin. Normal rejimda ishlayotgan kontakt tarmog'i fideridagi yuklama, qisqa tutashish rejimidagi fider toki, tortuvchi nimstansiyalararo masofaga bog'liq bo'ladi.

Tortish tarmog'idagi nimstansiyalararo zona ikki tomonlama elektr energiyasi bilan ta'minlanganda uning taxminan o'rtalarida seksiyalash posti o'rnatiladi. Poyezdlar harakat o'lchamlari katta bo'lgan davrlarda kontakt tarmog'i kuchlanishi miqdorini mo'tadillash hamda undagi elektr energiyasi isrofini kamaytirish maqsadida ikkita yondosh *A* va *B* tortuvchi nimstansiyalar va seksiyalash posti *SP* oralig'ida zarurat bo'lganda parallel ulash punktlari joylashtirilishi mumkin.

Ikkita yo'lli nimstansiyalararo zonani ta'minlash sxemasining yana bitta ko'rinishi 1.17- rasmda keltirilgan.



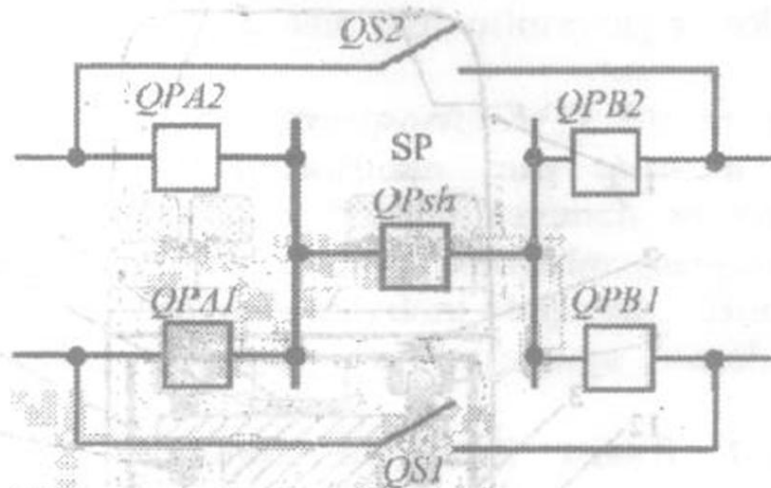
1.17- rasm. Ikkita yo'lli nimstansiyalararo zonani ta'minlash sxemasi

Seksiyalash posti va parallel ulash punktlari ishlab turgan (undagi barcha uzgichlar ulangan va bo'ylama ajratkichlar ajratilgan) holatda nimstansiyalararo zona parallel ulanish

sxemasida ishlaydi. Agar sxemadagi parallel ulash punktlari uzgichlari $QP11$ va $QP21$ uzilsa, u holda zona tugunli sxemada, seksiyalash posti uzgichlari $QPA1$, $QPA2$, $QPB1$, $QPB2$ ham uzilgan hamda QSI va $QS2$ bo'ylama ajratkichlar ulangan bo'lsa, u holda zona kontakt osmalari o'zaro ulanmagan (alohida-alohida) sxemada ishlaydi.

Normal rejimda kontakt tarmog'idagi barcha uzgichlar ulangan holatda bo'ladi. Shuning bilan barcha ekspluatatsiya jarayonida u yoki bu uzgichlar tezkor ravishda (peregonda ta'mirlash ishlari olib borilganda yoki yuzaga kelgan qisqa tutashuvlar natijasida) uzilishi mumkin.

Tashqi elektr ta'minoti tizimi quvvati oqimini kontakt tarmog'i bo'ylab (muvozanatlovchi toklar hisobiga) oqish sezilarli darajada katta bo'lgan temir yo'l uchastkalarida shina ulagich-uzgichli seksiyalash postlari qo'llaniladi (1.18- rasm). Tortish elektr ta'minoti



1.18- rasm. Shina ulagich-uzgichli seksiyalash posti sxemasi

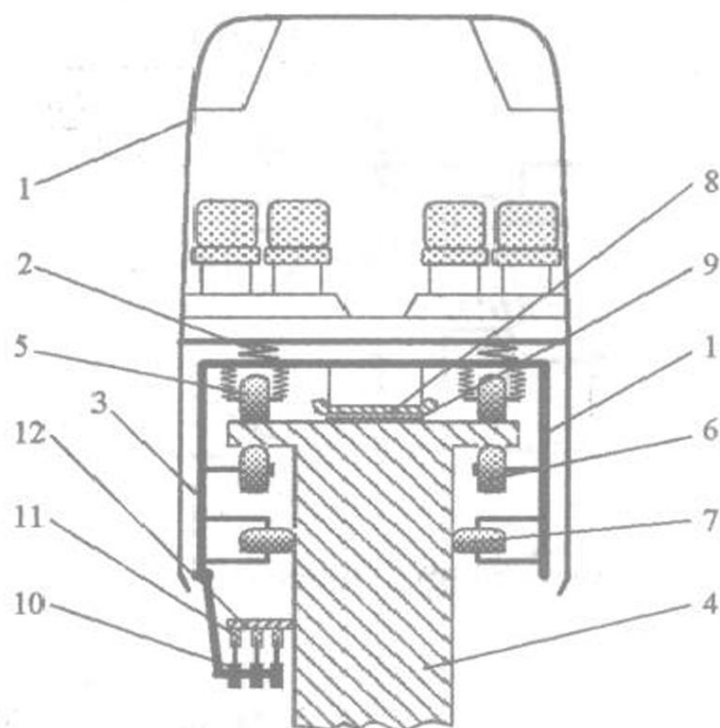
normal rejimda ishlaganda shina ulagichli-uzgich $QPsh$ uzilgan holatda bo'ladi. Bu holatda tarmoqda muvozanatlovchi toklar bo'lmaydi, natijada esa undagi energiya isrofi kamayadi. Bunda seksiyalash postining boshqa uzgichlari ulangan holatda bo'ladi, nimstansiyalararo zona ikkita qismga ajraladi va uning har bir qismi bitta nimstansiyadan energiya bilan ta'minlanadi. Yondosh yo'llar kontakt tarmoqlaridagi energiya isrofi va kuchlanish yo'qolishini kamaytirish maqsadida ular seksiyalash postida $QPA1$, $QPA2$, va $QPB1$, $QPB2$ uzgichlar yordamida ulangan. Bunday ta'minlash sxemasi bir tomonlama sirtmoqli ta'minlash sxemasi deb ataladi.

1.6. Monorels transporti elektr ta'minoti tizimi

Monorels transporti – bu shunday transport turiki, unda passajir yoki yuk vagonlar yerdan ma'lum bir balandlikda maxsus tayanchlarda o'rnatilgan monorels bo'ylab harakatlanadi. Hozirgi kunga kelib monorels transportining ikkita turi keng tarqalgan:

1) *g'ildirakli*; 2) *magnit osmali*.

G'ildirakli monorels transporti. Bu transportdan ko'pchilik rivojlangan mamlakatlar shaharlarida yo'lovchilarni tashish uchun foydalanilmoqda. Masalan, Rossiya Federatsiyasining poytaxti Moskva shahrida uzunligi 5 km bo'lgan monorels yo'l bo'ylab qatnov amalga oshirilmoqda. Unda qatnaydigan monorels transporti – poyezd 6 ta vagondan iborat bo'lib, har biri 24 yo'lovchiga mo'ljallangan. Uning tuzilishi quyidagicha (1.19-rasm): kuzov 1 ressor osti elementi 2 yordamida aravacha 3 da



1.19- rasm. Monorels transportini estakadada joylashish sxemasi

o'rnatilgan bo'lib, aravacha 3 estakada 4 ga tayanch g'ildiraklar 5 orqali tayanadi. 6 va 7 g'ildiraklar kuzovni gorizontaal va vertikal muvozanatini ta'minlashga xizmat qiladi. Harakat bo'ylama asinxron motor (BAM) 8 yordamida amalga oshiriladi, motor

chulg'amlari aravachada joylashtirilgan bo'lib, u estakadada mahkamlangan reaktiv shina 9 bilan o'zaro ta'sirda bo'ladi.

Harakat tarkibi kuch zanjiriga elektr energiyasi tok qabul qilgich 10 orqali beriladi. Elektr energiyasi tok qabul qilgich 10 dan estakadada kronshteyn 12 yordamida mahkamlangan tok o'tkazgich 11 orqali uzatiladi.

Bu sxemaning temir yo'l transporti elektr ta'minoti klassik sxemasidan farqi shundaki, harakatlanuvchi element vazifasini g'ildirak emas, balki bo'ylama elektr yuritma bajaradi. Bu yuritma g'ildiraklar 5 va estakada o'rtasidagi chayqalish ishqalanish koefitsiyenti qiymatidan qat'iy nazar samarali tortish va kerakli tezlanishni ta'minlaydi.

Ushbu monorels transporti tizimlarida harakat tezligi 60 km/soat gacha, ayrim hollarda tez yurar trassalarda 100 km/soat gacha yetadi.

Bitta tok qabul qilgichdagi kuchlanish 500 – 600 V, o'zgarmas yoki o'zgaruvchan toklarda iste'mol qilinayotgan tok esa 200 – 250 A ga yetadi.

Elektromagnit monorels transporti (EMT). Bu tur transportning an'anaviy temir yo'l transportidan farq qiluvchi o'ziga xos prinsipial xususiyati shundan iboratki, tayanch, yo'naltiruvchi va tortish kuchini amalga oshiruvchi g'ildiraklar mavjud bo'lmaydi, ularning vazifasini magnit maydoni bajaradi. Bunda harakat tarkibning titrashi, shovqin va harakatga qarshilik keskin kamayadi.

Elektromagnit monorels transporti tasnifi 1.20- rasmda keltirilgan.

EMT elektr ta'minoti tizimi BAM chulg'amlarini yo'l bo'ylab yoki ekipajda joylashganligiga qarab farq qiladi. Birinchi holatda bu tizim "uzun stator" deb nomlanadi va elektr energiyasini ekipajga uzatish uchun maxsus qurilmalar talab etiladi. Bunday sxema "Transrapid" (Germaniya), "ML" (Yaponiya) va boshqa tizimlarda amalga oshirilgan. Narxining qimmatligi va harakatni boshqarishning murakkabligi bu tizimning kamchiliklariga kiradi.

Agar BAM chulg'amlari ekipajda joylashtirilgan bo'lsa, u holda bunday tizim "kalta stator" deb nomlanadi. Bunday sxema "HSS" (Yaponiya) va "TEMP" (Rossiya) tizimlarida qo'llanilgan. Narxi nisbatan arzon bo'lsa-da, tok uzatish qurilmasiga bo'lgan ehtiyoj uning kamchiligi hisoblanadi.

Misol tariqasida Rossiya Federatsiyasida ishlab chiqarilgan "TEMP" rusumli EMT umumiy tuzilishini ko'rib chiqamiz (1.21-rasm).

EMP vagon kuzovi T-simon estakada 1 ni o'rab olgan aravacha 2 da o'rnatilgan, estakadada tayanch relslar 3 joylashtirilgan. Aravachaga o'tqazuvchi tayanchlar 4, kuzov 5, ressor osti elementlari 6 BAM aktiv qismi 7 mahkamlangan reaktiv shina 8 bilan o'zaro elektromagnit ta'sirda bo'ladi. 9 ferorelslar bilan elektromagnit 10 larning o'zaro elektromagnit ta'siri natijasida ekipajni havoda ushlab turuvchi "magnit yostiq" hosil bo'ladi.



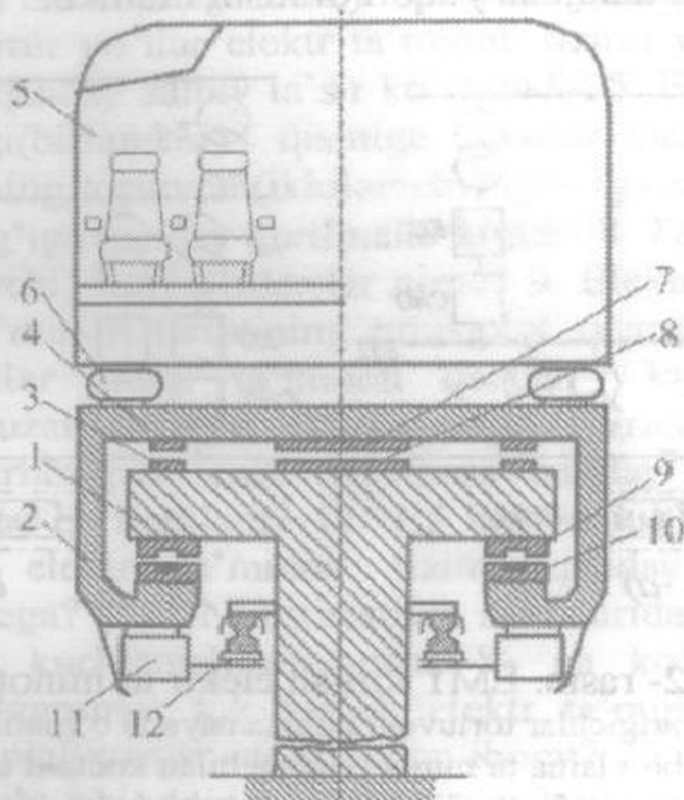
1.20- rasm. Elektromagnit monorels transporti tasnifi

Aravachaning pastki qismida tok qabul qilgich 11 mahkamlangan. Uning kontakt elementi 12 estakadada izolatorlar yordamida mahkamlangan kontakt relslari pastki yuzasidan tok uzatishni ta'minlaydi. Kuchlanish – 1500 V, tok turi – o'zgarmas.

Bo'ylama asinxron motorli elektromagnit monorels transporti elektr ta'minoti tizimi. Transport harakat tezligi 300 km/soat dan yuqori bo'lganda harakat qarshiligini yengish uchun BAM quvvati bir necha MW ga yetishi lozim. Shuning uchun elektr energiyasini ekipaj bortiga uzatish qurilmalariga yuqori talablar qo'yiladi.

Bunday hollarda tok qabul qilgich va qattiq kontakt tarmog'idan foydalanish eng maqsadga muvofiq hisoblanadi.

BAM yordamida hosil qilinishi mumkin bo'lgan tortish kuchining maksimal qiymati uning stator chulg'amiga nisbatan kichik kuchlanish berilganda bo'ladi. Bunda BAM uzatiladigan elektr energiyasi kuchlanishi 4000 V gacha, toki esa 8 kA gacha bo'ladi. Ta'minlash punktlarini o'zgartgichlar bilan birga har 0,1 km masofada o'rnatish lozim bo'ladi, buni esa amalga oshirish qiyin. Bunday elektr ta'minoti tizimini amalga oshirish katta miqdorda elektr energiyasi sarfiga olib keladi.



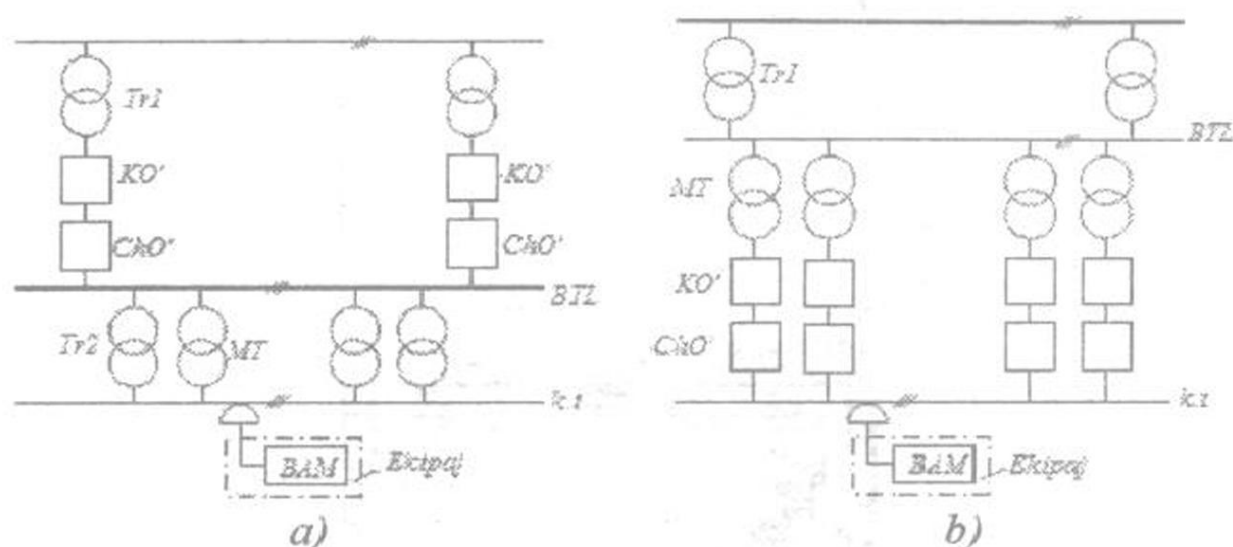
1.21- rasm. "TEMP" rusumli EMT umumiy tuzilishi

Elektr energiyasi ta'minoti punktlari zonasini kengaytirish maqsadida kuchaytiruvchi liniyalardan foydalanish zarurati tug'iladi. Ular ham faza simlari kesimi yuzasi cheklanganligi bois sezilarli samara bermaydi. Bunday paytda elektr energiyasini yuqori kuchlanishli bo'ylama ta'minlash liniyalari (BTL) orqali uzatish maqsadga muvofiq bo'ladi. Kontakt tarmog'i esa faqat tok uzatish funksiyasini bajaradi, xolos. Bo'ylama ta'minlash liniyasi bilan kontakt tarmog'i orasidagi bog'lanish moslovchi transformator yordamida amalga oshiriladi. O'zgartgichlarni elektr energiyasini energetik tizimdan poyezdgacha uzatish tizimining

qaysi joyida joylashganligiga qarab elektr ta'minoti tizimi konfiguratsiyasi turlicha bo'ladi.

1.22- rasmda EMT elektr ta'minoti tizimi variantlari keltirilgan.

1.22- rasm, *a* da kuchlanish o'zgartgichi (KO') va chastota o'zgartgichi (CHO') tortuvchi nimstansiyada o'rnatilgan. Kuchlanishi va chastotasi o'zgaradigan uch fazali tok energiyasi bo'ylama ta'minot liniyasi va moslovchi transformator (MT) orqali kontakt tarmog'iga uzatiladi. Bunda faza simlari kesimi yuzasini kamaytirish maqsadida bo'ylama ta'minot liniyasidagi kuchlanish miqdori yetarli darajada yuqori olinishi mumkin.



1.22- rasm. EMT tortish elektr ta'minoti sxemasi:

a – o'zgartgichlar tortuvchi nimstansiyada o'rnatilgan varianti; *b* – o'zgartgichlar bo'ylama ta'minot liniyasi bilan kontakt tarmog'i oralig'ida o'rnatilgan variant: KO', CHO' – mos ravishda kuchlanish va chastota o'zgartgichlari; BTL – bo'ylama ta'minot liniyasi; Tr1 – nimstansiya transformatori; MT – moslovchi transformator; kt – kontakt tarmog'i; BAM – bo'ylama asinxron motor

Ta'minlash liniyasi induktiv qarshiligini va undagi kuchlanish pasayishini kamaytirish maqsadida undan uzatilayotgan energiya chastotasini doimiy (50 Hz) holda saqlash maqsadga muvofiq. Buning uchun KO', CHO' va MT lar BTL va kontakt tarmog'i oralig'ida ketma-ket ulanadi (1.22- rasm, *b*). Bunda nimstansiya tuzilishi jihatdan soddalashadi, chunki unda faqat kuch transformatorlari qoladi. Bo'ylama ta'minot liniyasi zonasi birmuncha kengayadi. Ammo undagi o'zgartgichlar soni ortadi.

Yuqorida keltirilgan ikkita variant ham o'ziga xos afzallik va kamchiliklarga ega.

Nazorat savollari

1. Elektrlashgan temir yo'llar elektr ta'minoti tizimiga qanday qurilmalar kiradi? 2. Harakatlanuvchi tarkibni elektr energiyasi yordamida tortish (elektr tortish) avtonom (elektr energiyasi ishlab chiqaruvchi generatorlari lokomotiv-teplovvozda joylashgan) tortishga nisbatan qanday afzalliklarga ega? 3. Elektrlashgan temir yo'llar elektr ta'minotining asosiy vazifasi nimadan iborat? 4. Elektrlashgan temir yo'llar elektr ta'minoti tizimi yondosh liniya va inshootlarga qanday salbiy ta'sir ko'rsatadi? 5. Elektr ta'minoti tizimining tashqi(birlamchi) qismiga nimalar kiradi? 6. Elektr ta'minoti tizimining tortuvchi(ikkilamchi) qismiga nimalar kiradi? 7. Tortish tarmog'iga qanday qurilmalar kiradi? 8. Ta'minlovchi va so'ruvchi(qaytuvchi) liniya(fider)lar nima? 9. Elektrlashgan temir yo'llar elektr ta'minoti tizimining prinsipial sxemasini keltiring! 10. Temir yo'llar elektr ta'minoti qancha kuchlanishli va chastotali elektr uzatish liniyalaridan amalga oshiriladi? 11. Dunyo miqyosida elektrlashgan temir yo'llarda qanday tortish elektr ta'minoti tizimlari qo'llaniladi? 12. 1,5 kV va 3 kV kuchlanishli o'zgarmas tok elektr ta'minoti tizimi qanday afzallik va kamchiliklarga ega? 13. Nimstanstiya shinalaridagi kuchlanish odatda nominal kuchlanishdan necha % ga ko'p deb qabul qilinadi? 14. O'zgarmas tok tortish elektr ta'minoti tizimining o'ziga xos prinsipial xususiyati nimadan iborat? 15. O'zgaruvchan tok elektr tortish tizimining o'ziga xos prinsipial xususiyati nimadan iborat? 16. Kuchlanishi 27,5 kV va chastotasi 50 Hz bo'lgan o'zgaruvchan tok elektrlashgan temir yo'l uchastkasining prinsipial sxemasini keltiring! 17. Neytral qo'yilma qanday vazifani bajaradi? 18. 25 kV kuchlanishli va 50 Hz chastotali bir fazali o'zgaruvchan tok tortish elektr ta'minoti tizimi qanday muhim afzalliklarga va kamchiliklarga ega? 19. Nima sababdan tortuvchi nimstansiyalar tashqi elektr ta'minoti tizimiga majburiy ravishda parma sxemasi bo'yicha ulanadi? 20. Tortish tarmog'ida "Orqada qoluvchi faza" va "Ilgarilovchi faza" deganda nimalarni tushunasiz? 21. 2x25 kV kuchlanishli va 50 Hz chastotali o'zgaruvchan tok tortish elektr ta'minoti tizimining tuzilishi va o'ziga xos xususiyatlarini aytib bering! 22. 94 kV kuchlanishli ikkita simli bo'ylama liniyaga ega bo'lgan elektr ta'minoti (IBL -

94) tizimining tuzilishi va o'ziga xos xususiyatlarini aytib bering!

23. 94 kV kuchlanishli ikkita simli bo'ylama liniyaga ega bo'lgan elektr ta'minoti (IBL - 94) tizimini 25 kV kuchlanishli tortish elektr ta'minoti tizimi bilan o'zaro taqqoslang!

24. 94 kV kuchlanishli ikkita simli bo'ylama liniyaga ega bo'lgan elektr ta'minoti (IBL-94) tizimini 2x25 kV kuchlanishli tortish elektr ta'minoti tizimi bilan o'zaro taqqoslang!

25. 15 kV kuchlanishli va $16\frac{2}{3}$ (25) Hz chastotali o'zgaruvchan tok tortish elektr ta'minoti tizimining tuzilishi va o'ziga xos xususiyatlarini aytib bering!

26. Elektr uskunalar tuzilishi qoidalariga ko'ra elektrlashgan temir yo'llar qaysi toifa iste'molchilari turkumiga kiradi?

27. O'zgaruvchan tokda ishlaydigan elektrlashgan temir yo'llarni elektr energiyasi bilan ta'minlanish prinsipial sxemasini keltiring!

28. Tortuvchi nimstanstiyalarni ikkita alohida zanjirli elektr uzatish liniyasidan ta'minlash sxemasini keltiring va tushuntirib bering!

29. Tortuvchi nimstanstiyalar qanday turlarini bilasiz?

30. Kontakt tarmog'ini bir tomonlama va ikki tomonlama energiya bilan ta'minlash sxemalarini chizing va tushuntirib bering!

31. Fider zona, nimstansion zona va nimstanstiyalararo zona deganda nimalarni tushunasiz?

32. Ikkita yo'lli yoki ko'p yo'lli uchastkalar kontakt osmalari bir-biri bilan qanday sxemalar yordamida o'zaro ulanadi?

33. Seksiyalash postining tuzilishi va vazifasini ayting!

34. Ikkita yo'lli bir fazali o'zgaruvchan tok uchastkasida tortuvchi nimstansiyani kontakt tarmog'iga ulanish sxemasini chizing va uning ishlashini tushuntiring!

35. Kontakt tarmog'ida muvozanatlovchi toklarni paydo bo'lish sabablarini ayting!

36. Muvozanatlovchi toklar tortish elektr ta'minoti tizimining texnik-iqtisodiy parametrlariga qanday ta'sir ko'rsatadi?

37. Seksiyalash postlari va parallel ulanish punktlarining vazifalari va prinsipial sxemalaridagi o'xshashlik va farqlarni ayting!

38. Monorels transporti elektr ta'minoti tizimi haqida nimalarni bilasiz?

2- BOB. BIR FAZALI O'ZGARUVCHAN TOK TORTISH ELEKTR TARMOG'INI TA'MINLASH SXEMALARINING XUSUSIYATLARI

2.1. Tortish tarmog'ini chulg'amlari "yulduz-uchburchak" ulangan uch fazali transformatorlardan ta'minlash sxemalari

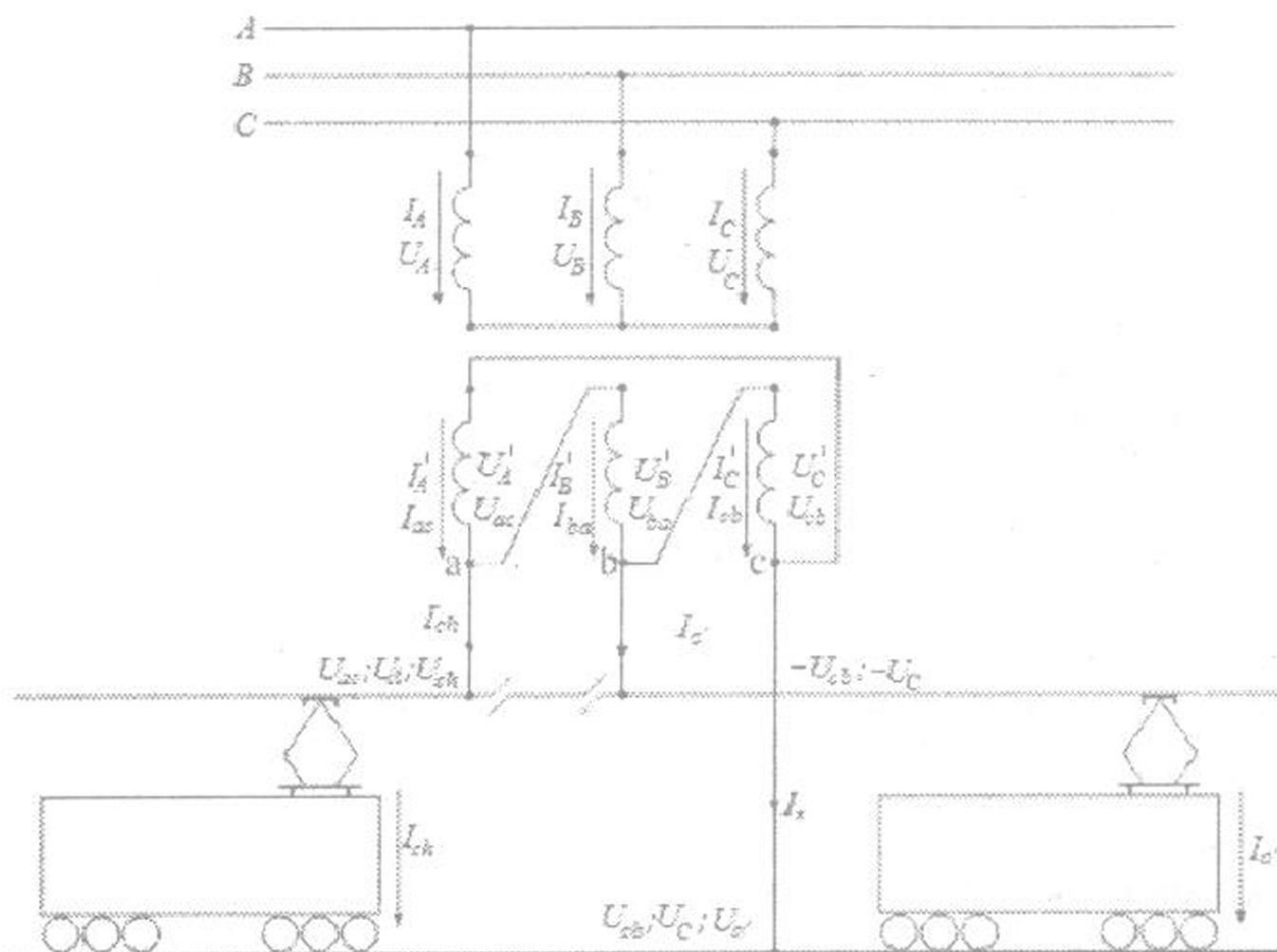
O'zgaruvchan tok tortuvchi nimstansiyalarda tortish yuklamalarini elektr energiyasi bilan ta'minlash uchun bir va uch fazali transformatorlar qo'llanilishi mumkin. Transformator rusumlari, ular chulg'amlarining ulanish sxemalari hamda transformatorlarni tashqi va tortish tarmoqlariga ulanish sxemalari bir-biri bilan uzviy bog'liq. Hozirgi kunda ko'pchilik o'zgaruvchan tok tortuvchi nimstansiyalarida uch fazali transformatorlar qo'llaniladi.

Elektrlashgan temir yo'llar elektr ta'minoti tizimida uch fazali uch chulg'amli "ТДТНТЭ" (uch fazali, moyli sovutkich tizimli, uch chulg'amli, kuchlanishi ish jarayoni paytida rostlanadigan, yashinga chidamli, elektr tortish uchun) rusumli transformator qo'llaniladi. Uning chulg'amlari "yulduz-yulduz-uchburchak" sxemasida ulangan. Quvvatlari esa 20, 31,5 va 40,5 MV·A. Birlamchi kuchlanishi 110 yoki 220 kV, tortishga mo'ljallangan ikkilamchi kuchlanishi 27,5 kV, notortuvchi iste'molchilarga mo'ljallangan ikkilamchi kuchlanishlari esa 38,5 va 11 kV.

Transformatorning notortuvchi iste'molchilarini ta'minlashga mo'ljallangan chulg'amlari chiqish kuchlanishlari 38,5 kV talab etilganda yulduz sxemada, 11(6,6) kV da esa — uchburchak sxemada ulanadi.

Tortish yuklamasini elektr energiyasi bilan ta'minlashda uch fazali ikki chulg'amli "ТДТ" va "ТДНТ" rusumli transformatorlar ham qo'llaniladi. Ularning chulg'amlari "yulduz-uchburchak" ($\frac{Y}{\Delta}-11$) sxemada ulanadi (11 soni talabaga "Elektromexanika" kursidan ma'lum bo'lgan chulg'amlarni ulanish guruhi raqamini bildiradi). Tortish chulg'amlarini "uchburchak" ulanishi transformator tashqi xarakteristikasini yassiroq ko'rinishda bo'lishini ta'minlaydi. "Uchburchak"ning bitta uchi relsga, qolgan ikkita uchlari esa kontakt tarmog'ining boshqa-boshqa seksiyalariga ulanadi.

Bir fazali o'zgaruvchan tok tortish tarmog'ini chulg'amlari "yulduz-uchburchak" ulangan uch fazali transformatoridan ta'minlanish sxemasi 2.1- rasmda keltirilgan.



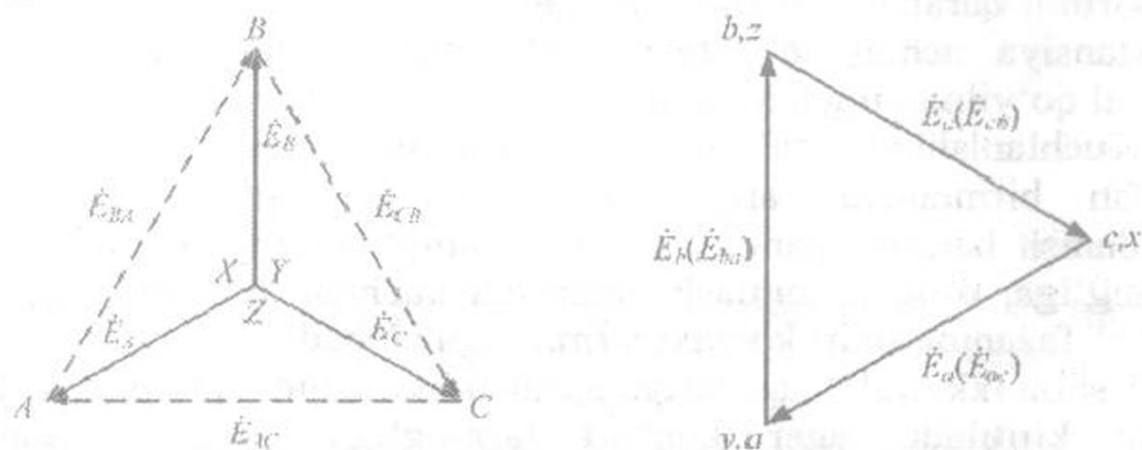
2.1- rasm. Bir fazali o'zgaruvchan tok tortish tarmog'ini chulg'amlari "yulduz-uchburchak" ulangan transformatoridan ta'minlanish sxemasi

Ko'rilayotgan nimstansiyada transformator birlamchi chulg'ami chiqishlari tashqi elektr ta'minoti tizimi(elektr uzatish liniya(EUL)lari)ga zavodda belgilangan markirovkaga mos ravishda, ya'ni transformator A faza chulg'ami elektr uzatish liniyasining A fazasiga, B faza –liniyaning B fazasiga, C faza esa – uning C fazasiga ulanadi.

Tortuvchi nimstansiyaning chap va o'ng ta'minlash yelkalari toklari mos ravishda I_{ch} va $I_{o'}$, so'ruvchi liniya toki esa I_r bilan belgilangan. Sxemada I_{ch} , $I_{o'}$ va I_r toklar yo'nalishlari transformator ikkilamchi chulg'amlari uch fazali generator sifatida qaralib, toklar undan yuklama (elektrovaz)larga yo'naladi, degan

nuqtayi nazardan kelib chiqib tanlangan. $\dot{I}_{ch}$, va $\dot{I}_o$ toklarning paydo bo'lishi transformator ikkilamchi chulg'amlaridan $\dot{I}_{ac}$, $\dot{I}_{ba}$, $\dot{I}_{cb}$ va birlamchi chulg'amlaridan $\dot{I}_A$, $\dot{I}_B$, $\dot{I}_C$ toklarni o'tishiga sabab bo'ladi.

2.2- rasmda transformator birlamchi va ikkilamchi chulg'amlari faza va liniya EYKlari vektor diagrammalari keltirilgan. Bu diagrammalar transformator birlamchi va ikkilamchi chulg'amlari bir xil (bir tomonga qarab) o'ralgan va ularning chiqishlari bir xil markirovkaga ega, deb qabul qilinib qurilgan.



2.2- rasm. Transformator birlamchi va ikkilamchi chulg'amlari uchun faza va liniya EYKlari vektor diagrammalari

Vektor diagrammadan ko'rinib turibdiki, transformator birlamchi va tortish chulg'amlari mos fazalari EYKlarining vektorlari orasidagi faza siljish burchagi $330^\circ(11 \times 30^\circ)$ ni tashkil etadi, ya'ni ko'rib chiqilayotgan transformator chulg'amlari 11-ulanish guruhiga ega.

Uch fazali transformatorlar o'rnatilgan istalgan o'zgaruvchan tok tortuvchi nimstansiyasida uch fazali tortuvchi transformatorlar ishlash shartlarining quyidagi xususiyatlarini inobatga olish kerak bo'ladi:

1. Respublikamiz elektrlashgan temir yo'llaridagi barcha o'zgaruvchan tok tortuvchi nimstansiyalarining 27,5 kV kuchlanishli tomonida relslarga "c" fazaning o'zi emas, balki "c" faza chulg'amining boshi ulangan. Bu bir xil holat emas. Chunki, uch fazali transformatorlardan uchta emas, balki nimstansiyadan chap va o'ng tomonda joylashgan ikkita bir fazali yuklama (elektrovoz) elektr energiyasi bilan ta'minlanadi.

2. Tortish tarmog'iga transformator ikkita fazasidan kuchlanish beriladi: tortuvchi nimstansiya uchun bu "ac" faza kuchlanishi U_{ac} (nimstansiya chap ta'minlash yelkasi kuchlanishi qo'shimcha ravishda U_{ch}) va "cb" faza kuchlanishi U_{cb} (nimstansiya o'ng ta'minlash yelkasi kuchlanishi qo'shimcha ravishda U_o) bilan belgilangan. Uch fazali transformator qaysi fazalari tortish tarmog'ining chap va o'ng ta'minlash yelkalariga berilayotganligini to'g'ri ajratish uchun qaysi faza chulg'aming boshi va oxiri ko'rilayotgan ta'minlash yelkasi (kontakt tarmog'i va relslarga yoki relslarga va kontakt tarmog'i)ga ulanganligiga e'tiborni qaratish lozim bo'ladi. Uchinchi (ko'rilayotgan nimstansiya uchun "b") faza kuchlanishi kontakt tarmog'idagi neytral qo'yilmaning ikkala uchiga ulangan bo'ladi.

Kuchlanishlarni ta'minlash yelkalariga berilish sharti bir-biridan birmuncha farq qiladi. Chap ta'minlash yelkasiga kuchlanish berilayotganda "a" faza chulg'aming boshi kontakt tarmog'iga, o'ng ta'minlash yelkasiga kuchlanish berilayotganda esa "c" fazaning oxiri kontakt tarmog'iga ulanadi.

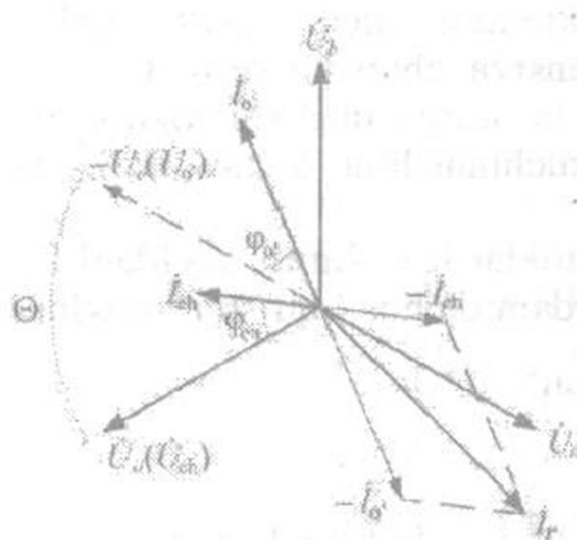
Ushbu ikki holatdagi farqni ajratish maqsadida quyidagi shartli qoida kiritiladi: agar kontakt tarmog'iga unga kuchlanish berayotgan faza chulg'aming boshi ulansa, unda ushbu ta'minlash yelkasining kuchlanishi "+", agar kontakt tarmog'iga uni kuchlanish bilan ta'minlayotgan faza chulg'aming oxiri ulansa, unda ushbu ta'minlash yelkasining kuchlanishi "-" ishora bilan ko'rsatiladi (2.1- rasmga qarang!).

3. Uch fazali transformatoridan ikkita bir fazali yuklama (ikkita ta'minlash yelkasi) elektr energiyasi bilan ta'minlanadi, ya'ni tortish tarmog'iga faqat ikkita faza (ko'rilayotgan tortuvchi nimstansiya uchun bu "a" va "c" fazalar)dan kuchlanish beriladi (2.1- rasmga qarang!). Shuning uchun ham uch fazali transformator va unga mos ravishda tashqi elektr ta'minoti tizimining EULsi nosimmetrik yuklama ostida bo'ladi. Bunda barcha fazalardagi toklar har xil bo'lib, ulardan bittasi kam yuklangan faza bo'ladi. Bu kuchlanishi tortish tarmog'iga bevosita ulanmagan (ko'rilayotgan nimstansiya uchun "b") fazasidir.

Shuni ta'kidlab o'tish joizki, tortuvchi nimstansiyalarda "c" faza chulg'aming boshi relslarga ulangan va chulg'amlari 11-ulanish guruhiga ega bo'lgan uch fazali transformatorlar o'rnatilganda eng kam yuklangan faza doimiy ravishda "b" faza

bo'lib qolaveradi. Bu holat tortuvchi nimstansiyalar guruhining parallel ishlashini tashkil etishda hisobga olinadi.

Uch fazali transformator 27,5 kV tomonidagi kuchlanishlar va toklar vektor diagrammasi 2.3- rasmda keltirilgan.



2.3- rasm. Uch fazali tortuvchi transformator 27,5 kV tomoni uchun kuchlanishlar va toklar vektor diagrammasi

Diagrammada transformator tortuvchi chulg'ami faza (liniya) kuchlanishlari va ta'minlash yelkalari toklari va ularga mos kuchlanishlar vektorlari keltirilgan. I_{ch} va I_o toklarning kuchlanishlar vektorlariga nisbatan joylashish o'rinlari tortish yuklamasining aktiv-induktiv xarakterdaligi hamda φ_{ch} va φ_o faza siljish burchaklarining qiymatlari bilan aniqlanadi. Ushbu faza siljish burchaklarining qiymatlari tortish tarmog'ining normal ish rejimida 30-45° oraliqda bo'ladi va ko'pincha hisoblashlarda uning o'rtacha qiymati 37° ga teng etib olinadi. So'ruvchi liniya toki vektori I_r ni Kirxgof birinchi qonuni bo'yicha tuzilgan $I_r = -(I_{ch} + I_o)$ tenglama asosida qurish mumkin (2.3- rasmda qarang!).

Elektrlashgan temir yo'l elektr ta'minoti tizimini loyihalash va undan foydalanishda ko'pincha I_r tok modulini aniqlash talab etiladi. Buning uchun 2.3- rasmdagi tomonlarining uzunliklari I_r , I_{ch} va I_o ga teng o'tmas burchakli hamda $\varphi_{ch} = \varphi_o$ bo'lgan uchburchak uchun kosinuslar teoremasiga ko'ra I_r tok quyidagicha topiladi:

$$I_r = \sqrt{I_{ch}^2 + I_{o'}^2 - 2I_{ch}I_{o'}\cos 120^\circ} = \sqrt{I_{ch}^2 + I_{o'}^2 + I_{ch}I_{o'}}.$$

Uch fazali transformator o'rnatilgan tortuvchi nimstansiya uchun ta'minlash yelkalari kuchlanishlari vektorlari orasidagi burchak 60° ga teng, ya'ni $\theta = 60^\circ$.

Tortish yuklamasi uch fazali tizimdan ta'minlanganda tortuvchi nimstansiya chap va o'ng tomonidagi tortish tarmog'i seksiyalari turli fazalarga ulanishi lozim. Shuning uchun ham bu seksiyalardagi kuchlanishlar o'zaro faza jihatdan bir-biriga mos tushmaydi.

Fazalardagi toklar ifodalarini quyidagi Kirxgof birinchi qonuni tenglamalari yordamida hosil qilish mumkin (2.1- rasmga qarang!):

$$a \text{ tugun uchun: } \dot{I}_{ac} = \dot{I}_{ba} + \dot{I}_{ch} \quad (2.1)$$

$$b \text{ tugun uchun: } \dot{I}_{ba} = \dot{I}_{cb} + \dot{I}_{o'} \quad (2.2)$$

$$c \text{ tugun uchun: } \dot{I}_{cb} = \dot{I}_{ac} + \dot{I}_r = \dot{I}_{ac} - \dot{I}_{ch} - \dot{I}_{o'} \quad (2.3)$$

$$\text{uchburchak ulangan zanjirda: } \dot{I}_{ac} + \dot{I}_{ba} + \dot{I}_{cb} = 0 \quad (2.4)$$

$$(2.4) \text{ tenglamadan: } \dot{I}_{ba} = -\dot{I}_{ac} - \dot{I}_{cb} \quad (2.5)$$

(2.5) ifodani (2.1) tenglamaga qo'yamiz:

$$\dot{I}_{ac} = -\dot{I}_{ac} - \dot{I}_{cb} + \dot{I}_{ch} \quad (2.6)$$

(2.3) ifodani (2.6) tenglamaga qo'yib, quyidagi tenglamani hosil qilamiz:

$$\dot{I}_{ac} = -\dot{I}_{ac} - \dot{I}_{ac} + \dot{I}_{ch} + \dot{I}_{o'} + \dot{I}_{ch},$$

$$\text{undan: } \dot{I}_{ac} = \frac{2}{3}\dot{I}_{ch} + \frac{1}{3}\dot{I}_{o'} \quad (2.7)$$

(2.7) ifodani (2.3) tenglamaga qo'yib, quyidagi ifodaga ega bo'lamiz:

$$\dot{I}_{cb} = -\frac{2}{3}\dot{I}_{o'} - \frac{1}{3}\dot{I}_{ch} \quad (2.8)$$

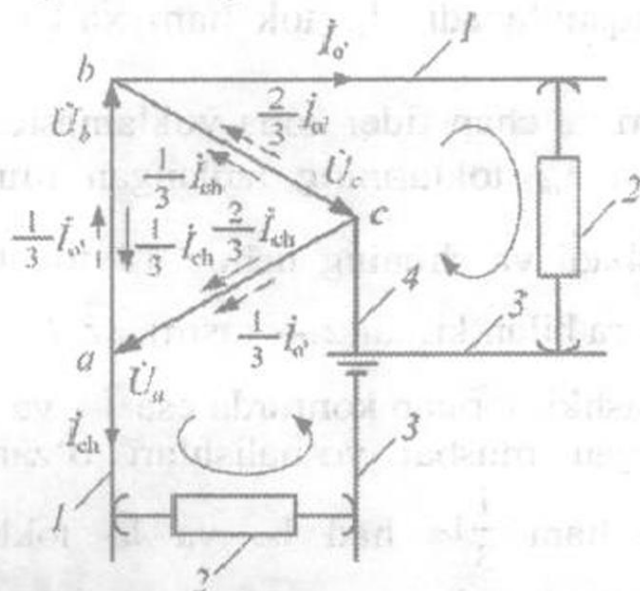
(2.7) va (2.8) ifodalarni (2.5) tenglamaga qo'yib, $\dot{I}_{ba}$ tok ifodasini topamiz:

$$\dot{I}_{ba} = -\frac{1}{3}\dot{I}_{ch} + \frac{1}{3}\dot{I}_{o'} \quad (2.9)$$

Transformator ikkilamchi va birlamchi chulg'amlaridagi toklarni ularning vektor diagrammasini qurib ham topish mumkin.

Tok va kuchlanishlar vektor diagrammasini qurishda fider zonalarining I_{ch} va I_o toklari transformator ikkilamchi chulg'amlari o'rtasida taqsimlanadi, deb qabul qilinadi. Fider zonalarini toklari deganda tortuvchi nimstansiyadan chap va o'ngga oqadigan toklar tushuniladi. Boshqacha qilib aytganda, transformator ikkilamchi chulg'amlari ikkala fider zonalarini ta'minlash ulushini topish kerak bo'ladi.

Tortuvchi nimstansiyalarni ta'minlash yelkalari toklarini transformator fazalari o'rtasida taqsimlanish xarakterini o'rganish maqsadida ulardagi kuchlanishlar va toklar vektor diagrammalarini quramiz. Shu maqsadda avval boshlab transformator tortish chulg'amidagi kuchlanishlar vektor diagrammasini quramiz va uni nimstansiya yuklamalarini ta'minlash yelkalarining shartli sxemasi bilan birlashtiramiz (2.4- rasm).



2.4- rasm. Tortuvchi nimstansiya ta'minlash yelkalari toklarini transformator fazalari o'rtasida taqsimlanishi: 1- kontakt tarmog'i; 2- elektrovozlar; 3- relslar

Agar transformator transformatsiya koeffitsiyenti birga teng, salt ish toki va chulg'amlar aktiv qarshiliklari nolga teng deb olinsa, u holda $U_A = U_{ax} = U_{ac}$, $U_B = U_{by} = U_{ba}$, $U_C = U_{ca} = U_{cb}$. Shuning uchun ham U_A , U_B , U_C va ularga mos ravishda teng bo'lgan U_{ac} , U_{ba} , U_{cb} kuchlanishlarni mos ravishda bittadan vektor bilan tasvirlash mumkin. I_{ch} tok vektori U_{ac} kuchlanish vektoridan φ_{ch} burchakka, I_o tok vektori esa $-U_{cb}$ kuchlanish vektoridan φ_o burchakka siljigan holda quriladi. $I'_A = I_{ac}$, $I'_B = I_{ba}$, va $I'_C = I_{cb}$ tok

vektorlari quyidagi mulohazalar asosida quriladi. Transformator chulg'amlari Y/Δ ulanganda va "uchburchak" ulangan ikkilamchi chulg'amlar hosil qilgan berk konturda nol ketma-ketlikli toklar mavjud bo'lmaganda har bir fazani boshqa faza bilan bog'lamasdan alohida-alohida ko'rib chiqish mumkin, ya'ni xuddi bir fazali transformator kabi o'rganish mumkin. Bu holatda transformator ikkilamchi tomoni fazalari o'rtasidagi yuklama taqsimlanishini faqat chulg'amlar qarshiliklari nisbati bilan aniqlash mumkin. I_{ch} tok o'tadigan chap fider zona U_{ac} kuchlanish bilan ta'minlanadi. Bu kuchlanish ax , by va cz chulg'amlarda generatsiyalanadi. ax chulg'am qarshiligi ketma-ket ulangan qolgan ikkita chulg'am qarshiligidan ikki marta kichik. Buning natijasida tok I_{ch} U_{ac} kuchlanish paydo bo'layotgan chulg'amlarda 2:1 nisbatda taqsimlanadi. $I_{o'}$ tok ham xuddi shunday nisbatda taqsimlanadi.

xa chulg'am va chap fider zona yuklamasidan tashkil bo'lgan konturda I_{ac} va I_{ch} toklarining tanlangan musbat yo'nalishlari o'zaro mos tushadi va shuning uchun I_{ac} tok tenglamasiga $\frac{2}{3}I_{ch}$ had musbat ishora bilan kiradi (2.4- rasm). cz , by va chap fider zona yuklamasidan tashkil topgan konturda esa I_{ba} va I_{cb} toklar bilan I_{ch} tokning tanlangan musbat yo'nalishlari o'zaro qarama-qarshi. Shuning uchun ham $\frac{1}{3}I_{ch}$ had I_{ba} va I_{cb} toklar tenglamalariga manfiy ishora bilan kiradi.

$I_{o'}$ tok U_{cb} kuchlanishga teng bo'lgan $U_{o'}$ kuchlanish bilan aniqlanadi. Bu kuchlanish cz va o'zaro ketma-ket ulangan by va ax chulg'amlarda hosil bo'ladi. c va b nuqtalar (2.1- va 2.4- rasmlarga qarang!) $U_{o'} = U_{cb}$ kuchlanishli ikkita energiya manbayining o'zaro parallel ulangan nuqtalari hisoblanadi. I_{cb} tok tarkibiga $I_{o'}$ tok $\frac{2}{3}I_{o'}$ qiymatda manfiy ishora bilan, I_{ac} va I_{ba} toklar tarkibiga esa $I_{o'}$ tok $\frac{1}{3}I_{o'}$ qiymatda manfiy ishora bilan kiradi.

(2.7) – (2.9) ifodalar universal hisoblanadi, ya'ni ular uch fazali transformator A , B , C birlamchi chulg'amlari elektr uzatish liniyasining mos A , B , C fazalariga ulangan istalgan o'zgaruvchan

tok tortuvchi nimstansiyalari uchun o'rinli bo'ladi (2.1- rasm). Transformator birlamchi chulg'amlari elektr uzatish liniyasiga boshqacha ketma-ketlikda, masalan, transformator A chulg'ami elektr uzatish liniyasining A fazasiga, B chulg'ami C fazasiga va C chulg'ami B fazasiga ulansa, (2.7) – (2.9) ifodalarda I_{ch} va I_o toklar o'rinlari almashadi, xolos.

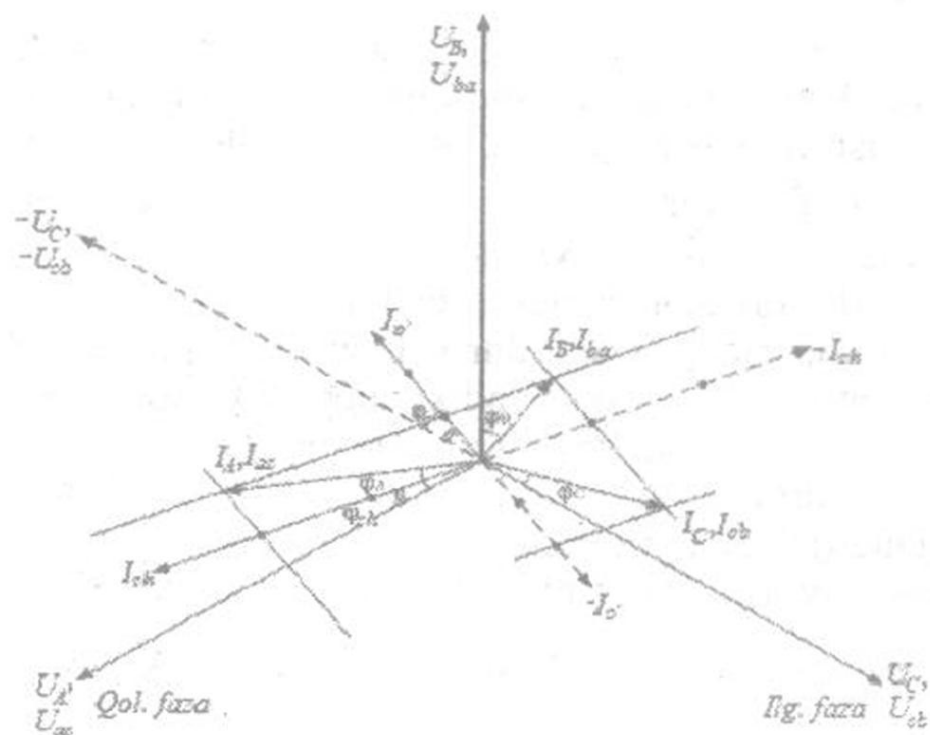
Tortuvchi nimstansiyalarni elektr uzatish liniyasiga istalgan ketma-ketlikda ulangan holatlar uchun hosil qilingan (2.7) – (2.9) ifodalar tahlili shuni ko'rsatadiki, quyidagi ikkita qoidaga rioya qilinsa, yuqoridagi istalgan holat uchun (2.7) – (2.9) ifodalarni bevosita (ta'minlash yelkalariga berilayotgan kuchlanishlar to'g'ri aniqlanganda) yozish mumkin:

1) ko'rilayotgan ta'minlash yelkasiga kuchlanishi berilayotgan transformator fazasida shu (chap yoki o'ng) yelka toki $\frac{2}{3}$ ulushda, transformatorning boshqa fazalarida esa ushbu tok $\frac{1}{3}$ ulushda bo'ladi;

2) kuchlanishi tortish tarmog'iga "+" ishora bilan berilayotgan transformator fazasi uchun tok ifodasi o'ng tomonidagi ikkala qo'shiluvchi ham "+" ishora bilan olinadi. Kuchlanishi tortish tarmog'iga "-" ishora bilan berilayotgan transformator fazasi uchun yozilgan tok ifodasi o'ng tomonidagi ikkala qo'shiluvchi ham "-" ishora bilan olinadi.

Yuqorida aytib o'tilganlar asosida I_{ac} , I_{ba} va I_{cb} toklar uchun (2.7)-(2.9) ifodalarni hosil qilamiz va ularni vektor diagrammada aks ettiramiz (2.5- rasm). Shuni qayd etish lozimki, yuqorida keltirilgan cheklashlar(transformatsiya koeffitsiyenti birga, salt ish toki va chulg'amlar aktiv qarshiliklari esa nolga teng ekanligi)ni hisobga olgan holda quyidagilarni yozish mumkin: $I_A = I'_A = I_{ac}$, $I_B = I'_B = I_{ba}$ va $I_C = I'_C = I_{cb}$.

2.5- va 2.1- rasmlardan ko'rinib turibdi, uchburchak ulangan fazalarning relslarga bevosita ulanmagan faza (B faza)si eng kam yuklangan faza hisoblanadi. Agar xususiy holda chap va o'ng fider zonalardan bittasida tok (I_{ch} yoki I_o)nolga teng bo'lsa, u holda ikkita faza eng kam yuklangan bo'lib qoladi. 2.5- rasmdagi vektor diagrammada U_A , U_B , U_C kuchlanishlar va ularga mos I_A , I_B , I_C toklar orasidagi faza siljish burchaklari φ_A , φ_B , φ_C ko'rsatilgan.



2.5- rasm. Uch fazali transformator faza toklarini aniqlash uchun qurilgan vektor diagramma

Shunga e'tiborni qaratish kerakki, vektor diagrammaga ko'ra $\varphi_A > \varphi_{ch}$ va $\varphi_C < \varphi_{o'}$, ya'ni eng ko'p yuklangan

A va C fazalarda hattoki $\varphi_{ch} = \varphi_{o'}$ bo'lganda ham φ_A va φ_C burchaklar bir-biridan farq qiladi. (2.7) va (2.8) tenglamalarga e'tibor berilsa, ular umumiy holda o'xshash. Diagrammadan ko'rinib turibdiki, I_{ac} tok tarkibiga kiruvchi $(-\frac{1}{3}I_{o'})$ tok vektori $U_{ch}(U_A)$ kuchlanish vektoridan orqada qoladi, I_{ab} tok tarkibiga kiruvchi $(-\frac{1}{3}I_{ch})$ tok vektori esa $U_{o'}(U_C)$ kuchlanish vektoridan oldinda bo'ladi. Bu holat transformator va ta'minlovchi liniyadagi kuchlanish yo'qolishiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi (kitobning keyingi boblarida bunga amin bo'lamiz). Ko'rib chiqilayotgan holatda eng ko'p yuklangan ishchi fazalar - A va C, kam yuklangan (ishsiz) faza esa B. Fazalar yuklanishini mumkin qadar tenglashtirish maqsadida ko'p va kam yuklangan fazalar ketma-ket almashtirib boriladi. Boshqacha qilib aytganda, ishsiz faza sifatida navbatma-navbat B, C, A, B olinsa, ishchi fazalar A va C, A va B, B va C bo'ladi (*parma sxemasi*) va hokazo. Har bir holatda bitta faza

ilgarilovchi boshqasi esa orqaga qoluvchi bo'ladi. Shuning uchun ham bitta ishchi fazada tok va kuchlanishlar orasidagi faza siljish burchagi mos yuklama burchagidan kichik, boshqa ishchi fazada esa aksincha, katta bo'ladi. Ishsiz fazadagi faza siljish burchagi "0" indeks bilan belgilanadi.

Yuklama va kuchlanish nosimmetriyasini kamaytirish maqsadida tortuvchi nimstansiya transformatorlarining eng ko'p yuklangan fazalari navbat bilan elektr uzatish liniyasining turli fazalariga ulanadi. Ulanish tartibi transformatorlarning ulanish sxemalariga va elektr uzatish liniyasining bir yoki ikki tomonlama ta'minlanish sxemasiga bog'liq. Ko'pchilik hollarda fazalar ulanishi ketma-ketligining almashishi elektrlashgan temir yo'l uchastkasining uzunligiga, uning energiya manbalariga nisbatan joylashishiga, tortuvchi nimstansiyalar soni va ularning aniq joylashish o'rnilariga bog'liq bo'ladi.

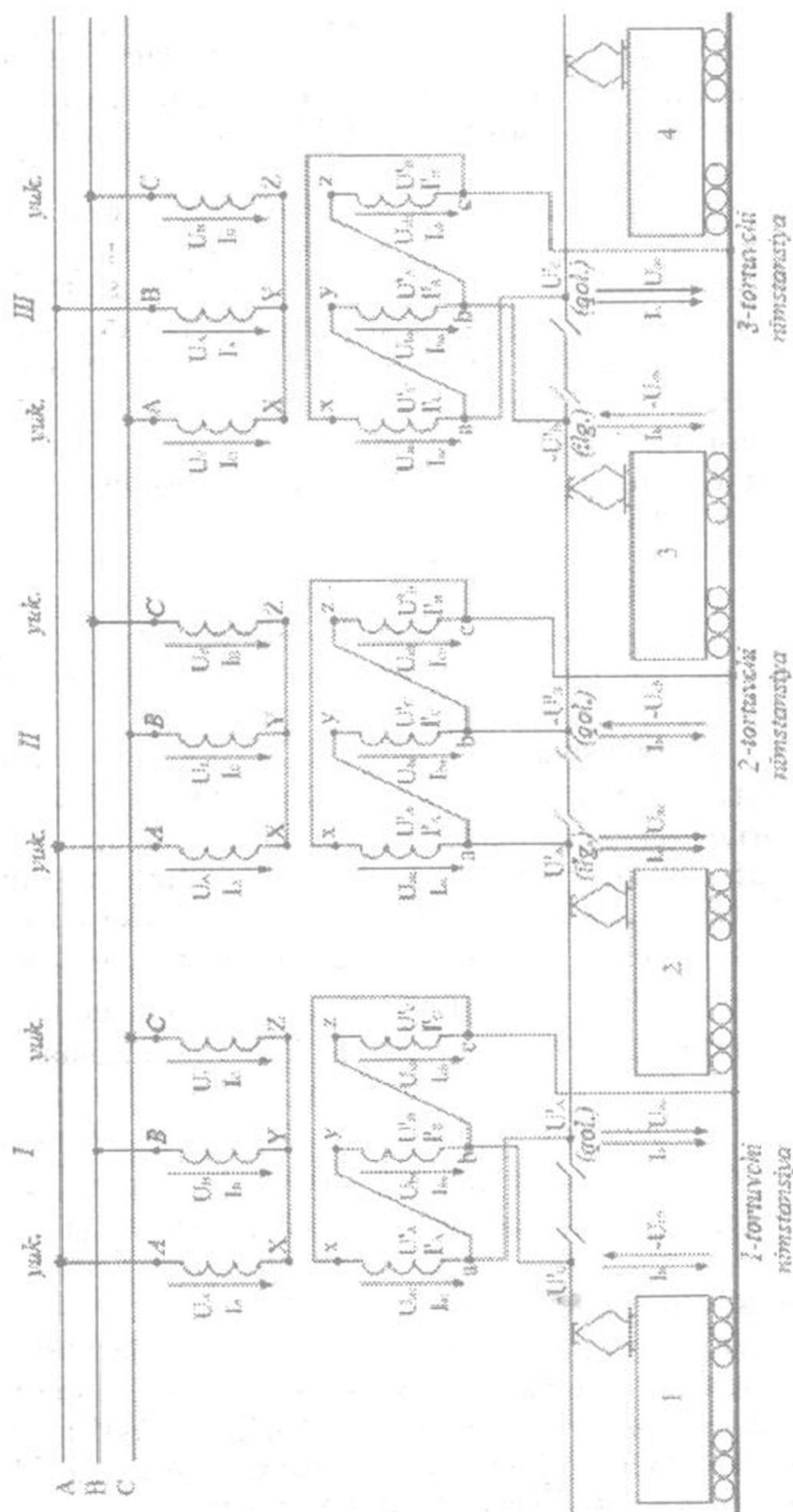
Uch fazali transformatorli tortuvchi nimstansiyalar guruhini elektr uzatish liniyasiga ulanish sxemalari nisbatan murakkabroq. Quyida ushbu sxemalarni ulanish usulini ko'rib chiqamiz (2.6-rasm).

1-tortuvchi nimstansiya(TN1)ning uch fazali transformatori A_T , B_T va C_T fazalari elektr uzatish liniyasining mos ravishda A , B va C fazalariga ulangan. Ushbu nimstansiya uchun vektor diagramma 2.5- rasmda keltirilgan vektor diagramma singari quriladi (2.7- rasm). Kuchlanish vektoridan tok vektori orqada qoluvchi faza A , ya'ni $\varphi_{ac} > \varphi_a$. Shuning uchun ham I_{ac} tok vektori qo'shni yelka toki I_b ta'sirida faza jihatdan orqada qoladi. Bu faza(A)da reaktiv quvvat iste'moli oshadi, kuchlanish esa kamayadi.

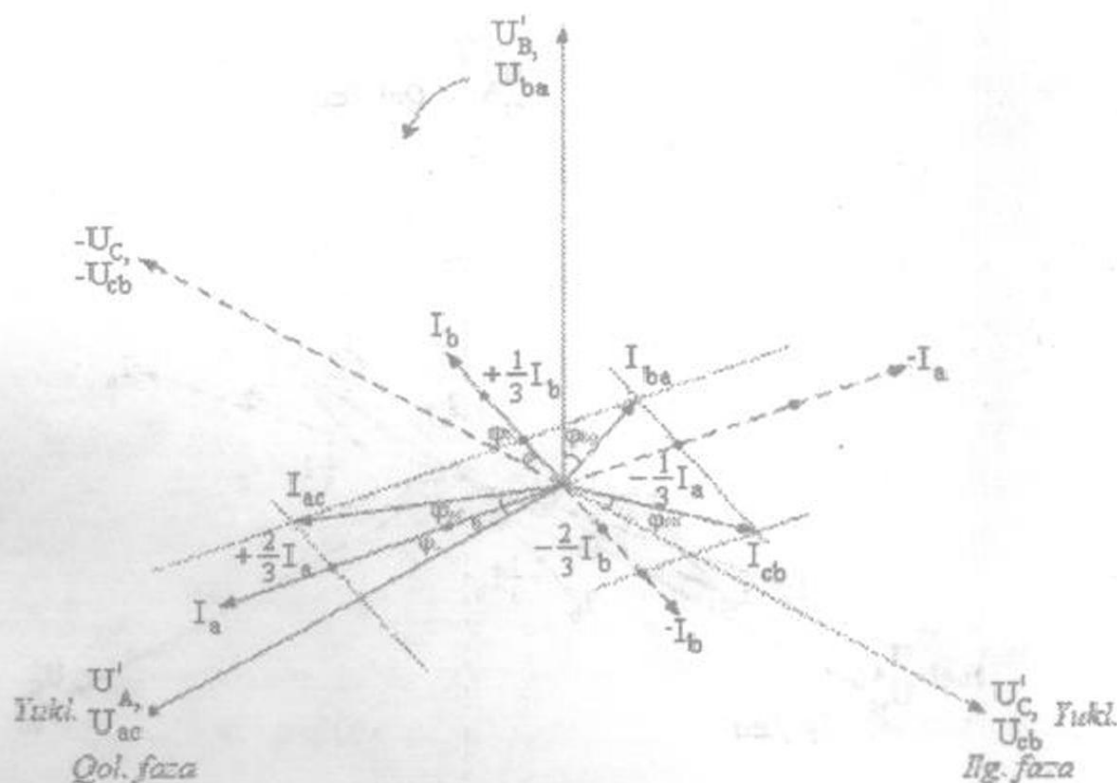
Faza jihatdan ilgarilovchi faza C da $\varphi_{cb} > \varphi_b$ bo'lib, I_a tok ta'sirida I_{cb} tok faza jihatdan mos kuchlanishidan ilgarilaydi. Bu faza(C)da reaktiv quvvat iste'moli kamayadi, kuchlanish esa oshadi.

TN1 da eng kam yuklangan faza – B faza.

TN2 da transformator B_T fazasi liniyaning C fazasiga, C_T fazasi esa liniyaning B fazasiga ulanadi (2.6- rasm). Sxemadagi barcha fider zonalar a va b nuqtalardan elektr energiyasi bilan ta'minlanadi. Birinchi nimstansiya ta'minlanish sxemasi tanlangandan so'ng keyingi nimstansiyalar uchun fazalarni



2.6 – rasm. Uch fazali transformatorli tortuvchi nimstansiyalar guruhini elektr uzatish liniyasiga ulanish sxemalari



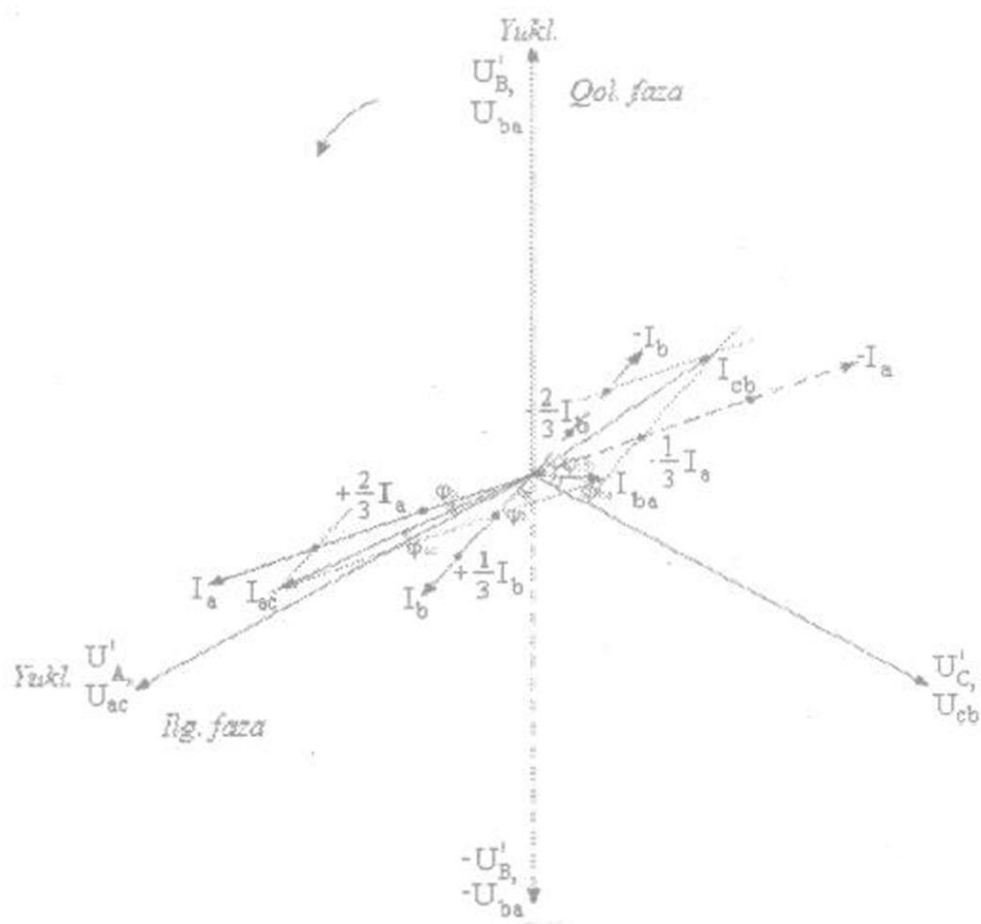
2.7- rasm. TN1 uchun kuchlanishlar va toklar vektor diagrammasi

tanlash ixtiyoriy emas, balki birinchi nimstansiyaning EULsiga ulanish sxemasidan kelib chiqqan holda amalga oshirilishi lozim bo'ladi.

TN2 uchun vektor diagramma ham 2.7-rasmdagi tartibda quriladi (2.8- rasm). TN2 da fazalar ketma-ketligi o'zgaradi. TN1 da u ABC ketma-ketlikda bo'lsa (I- rusumli nimstansiya), TN2 da ACB (II- rusumli nimstansiya). 2- nimstansiya eng kam yuklangan faza — C faza bo'ladi.

TN3 da fazalar ketma-ketligi CAB (III- rusumli nimstansiya) (2.6- rasm). Shuni aytib o'tish joizki, bu sxemada barcha toq fider zonalar a nuqtadan, barcha juft fider zonalar esa b nuqtadan elektr energiyasi oladi. TN3 uchun vektor diagramma 2.9- rasmda keltirilgan. Kontakt simlar va rels orasidagi kuchlanishlar juft uchastkalarda musbat, toq uchastkalarda esa manfiy bo'ladi, ya'ni ular elektr uzatish liniyasi mos faza kuchlanishi bilan faza jihatdan yoki mos, yoki qarama-qarshi bo'ladi.

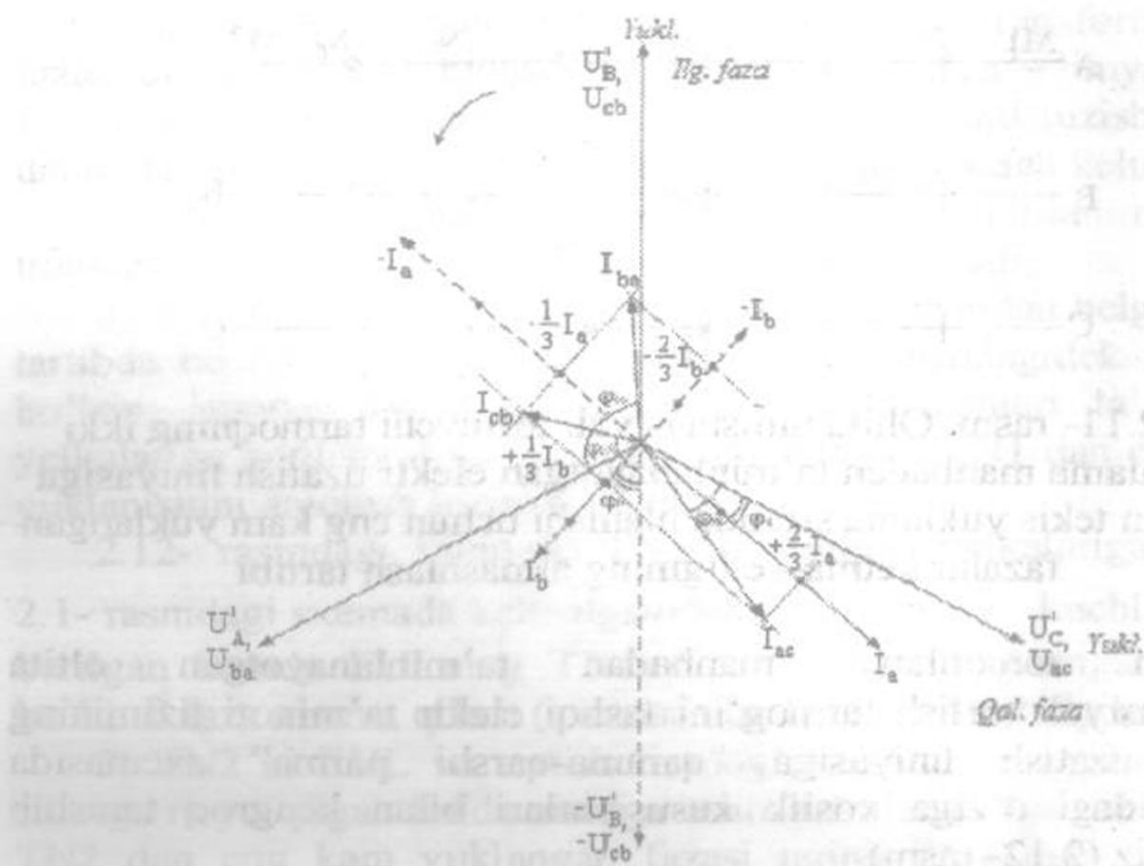
Tortish tarmog'i bir tomonlama manbaga ega bo'lgan elektr uzatish liniyasidan ta'minlanganda uch fazali tizim yuklamasi tekis taqsimlanishini amalga oshirish uchun nimstansiya eng ko'p



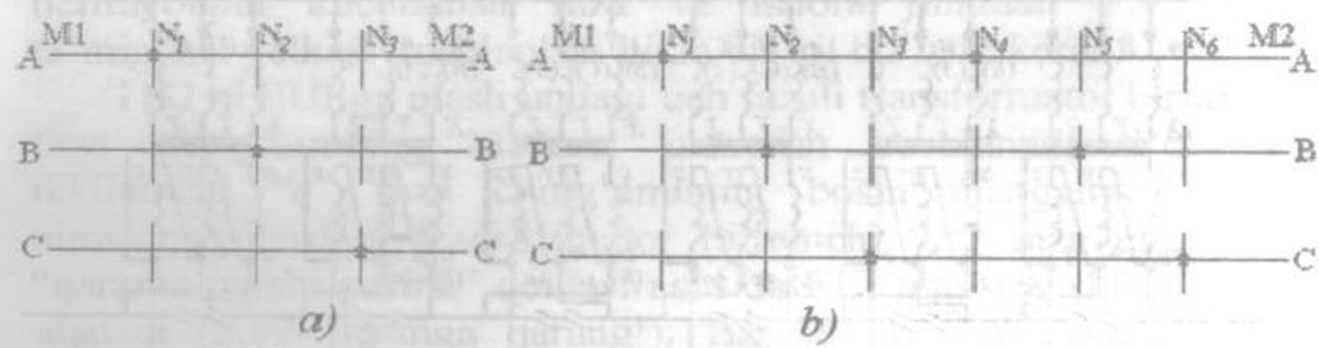
2.8- rasm. TN2 uchun kuchlanishlar va toklar vektor diagrammasi

yuklangan fazasi, yuqorida ko'rib chiqilganidek, navbat bilan liniyaning turli fazalarga ulanadi (Skott sxemasi bundan mustasno). Bu sikl har uchta yondosh nimstansiyalarda to'liq qaytariladi. Ushbu sikl bilan ishlaydigan har uch nimstansiya elektr uzatish liniyasi uchun tekis taqsimlangan yuklamani tashkil etadi.

Ikki tomonlama manba bilan ta'minlanadigan tortish tarmog'ida uchta nimstansiyadan tashkil topgan sikl yoki sikllarni o'z ichiga olgan sxema uch fazali elektr uzatish liniyasida yuklamani bir tekis taqsimlanishini amalga oshira olmaydi (2.10-rasm). 2.10- rasm, *a* va *b* dagi ikkala sxemada ham M1 manbaning *A* fazasi M2 manbaning *A* fazasiga nisbatan kam yuklangan va aksincha, M1 manbaning *C* fazasi M2 manbaning *C* fazasiga nisbatan ko'proq yuklangan (kam yuklangan faza yulduzcha bilan belgilangan). Uchta nimstansiyadan iborat sxemada har bir nimstansiya yuklamasi o'zaro teng bo'lganda ham uch fazali liniyada yuklama taqsimlanishi notekis bo'lib qolaveradi.



2.9- rasm. TN3 uchun kuchlanishlar va toklar vektor diagrammasi



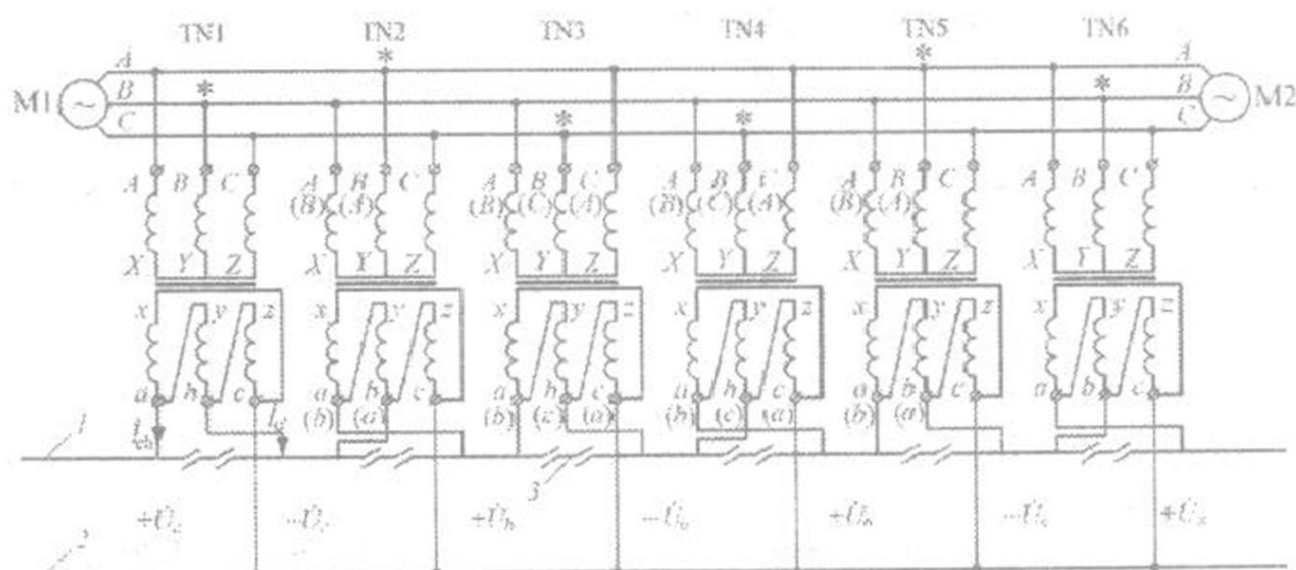
2.10- rasm. Uch (a) va olti (b) nimstansiyali tortish tarmoqlarida eng kam yuklangan liniya fazalari ketma-ketligining almashish tartibi: M1, M2 - manbalar

Oltita bir xil yuklangan nimstansiyadan tashkil topgan tortish tarmog'i uch fazali liniyaga bir tekis yuklanishi uchun eng kam yuklangan fazalar liniya bo'yicha uning markaziga nisbatan simmetrik ravishda ulangan bo'lishi lozim (2.11- rasm). Buning uchun 2.10- rasm, b dagi N4 va N6 nimstansiyalar ulanish sxemasini almashtirish yetarli bo'ladi. Bu sxema "qarama-qarshi parma" yoki "ikkilangan parma" sxemasi nomi bilan yuritiladi.



2.11- rasm. Oltita nimstansiyali tortuvchi tarmoqning ikki tomonlama manbadan ta'minlanayotgan elektr uzatish liniyasiga nisbatan tekis yuklama sifatida ulanishi uchun eng kam yuklangan fazalar ketma-ketligining almashlash tartibi

Ikki tomonlama manbadan ta'minlanayotgan oltita nimstansiyali tortish tarmog'ini tashqi elektr ta'minoti tizimining elektr uzatish liniyasiga "qarama-qarshi parma" sxemasida ulanishidagi o'ziga xoslik xususiyatlari bilan kengroq tanishib chiqamiz (2.12- rasm).



2.12- rasm. Ikki tomonlama ta'minlanayotgan uch fazali transformatorli o'zgaruvchan tok tortuvchi nimstansiyalar guruhini elektr uzatish liniyasi va tortish tarmog'iga ulanish sxemasi

Ushbu sxemada to'la sikl oltita nimstansiyani o'z ichiga oladi: oltitadan to'rttasida (ko'rilayotgan variantda bu TN2 – TN5 tortuvchi nimstansiyalar) uch fazali transformatorlar birlamchi chulg'amlarini elektr uzatish liniyasiga ulash chulg'amlar chiqishlarini zavodda belgilangan markirovkasiga (qisman yoki

to'liq) mos emas. Chunonchi, masalan, TN2 da transformator A fazasi elektr uzatish liniyasining B fazasiga, B faza – liniyaning A fazasiga ulanadi. "Qarama-qarshi parma" sxemasini tuzish yetarli darajada sodda va u quyidagi bosqichlarni bajarilishiga keltiriladi:

1) barcha (oltita) tortuvchi nimstansiyalarda relslarga transformator "c" fazasi chulg'aming boshi ulanadi;

2) TN1 ni EULga ulanishi ixtiyoriy yoki avvaldan belgilangan tartibda bo'lishi mumkin. Aytaylik, u 2.1- rasmdagidek ulangan bo'lsin. Bundan keyin qaysi fazalar kuchlanishlari ta'minlash yelkalariga berilishini va EULning qaysi fazasi TN1 dan eng kam yuklanishini aniqlash lozim bo'ladi.

2.12- rasmdagi sxemada TN1 ta'minlash yelkalariga, xuddi 2.1- rasmdagi sxemada keltirilganidek, $+U_a$ va $-U_c$ kuchlanishlar berilgan hamda EULning TN1 dan eng kam yuklangan fazasi bo'lib B faza xizmat qiladi (sxemada bu faza * bilan belgilangan).

3) TN2 ni EUL va tortish tarmog'iga ulanishi quyidagi ikki shartga rioya qilgan holda amalga oshiriladi: birinchisi – EULning TN2 dan eng kam yuklangan fazasi uning TN1 dan eng kam yuklangan fazasidan farq qilishi lozim; ikkinchisi – kontakt tarmog'ining TN1 va TN2 nimstansiyalararo zonasi ikki tomonlama ta'minlanishi uchun TN2 chap ta'minlash yelkasiga berilayotgan kuchlanish faza va ishora jihatdan TN1 o'ng ta'minlash yelkasi kuchlanishi bilan bir xil bo'lishi kerak.

TN2 ni EULga ulash undagi uch fazali transformator birlamchi faza chulg'aming bittasini ulashdan boshlanadi. Relslarga ikkilamchi "c" faza chulg'aming boshi ulanganda barcha nimstansiyalardagi transformator birlamchi "B" faza chulg'ami "qarama-qarshi parma" qoidasi asosida EULning tegishli fazasiga ulanadi (2.12- rasmga qarang!). Barcha nimstansiyalarda EUL uchun transformatorning ushbu fazasi eng kam yuklangan faza hisoblanadi. 2.12- rasmdagi sxemada EULning TN1 uchun eng kam yuklangan fazasi B faza, shuning uchun ham TN2 transformatori B fazasini liniyaning A yoki C fazasiga ulash kerak bo'ladi. Agar C fazasiga ulasak, u holda birinchi nimstansiyalararo zona kontakt tarmog'ini ikki tomonlama ta'minlash sxemasiga ko'ra C faza kuchlanishini berib bo'lmaydi, chunki, biz bilamizki, transformator eng kam yuklangan fazasi kuchlanishi tortish tarmog'iga berilmaydi. Shunday qilib, TN2 uchun transformator B fazasini liniyaning faqat A fazasiga ulash imkoniyati qoladi va bu faza EULning TN2 uchun eng kam yuklangan fazasi bo'lib qoladi

(2.12- rasmga qarang!). 2.12- rasmdagi sxemada TNlarda o'rnatilgan uch fazali transformator birlamchi chulg'amlari liniyaning qaysi fazasiga ulanganligi qavs ichida ko'rsatilgan.

Shundan keyin transformator "a" va "b" tortish chulg'amlaridan chiqayotgan kontakt tarmog'i fiderlarini ta'minlash yelkalariga ulash masalasini hal etish kerak bo'ladi. Ushbu fiderlardan birini TN2 chap ta'minlash yelkasiga birinchi nimstansiyalararo zonani ikki tomonlama elektr energiyasi bilan ta'minlash imkoniyatini saqlagan holda ulash kerak. Tanlashda adashmaslik uchun TN1 o'ng yelkasiga kuchlanish qanday ishora bilan berilayotganligiga e'tiborni qaratish kerak (2.12- rasmga qarang!). Sxemadan ko'rinib turibdiki, TN1 o'ng ta'minlash yelkasiga kuchlanish "-" ishora bilan berilgan, ya'ni kontakt tarmog'iga transformator ikkilamchi faza chulg'aming oxiri ulangan. Chulg'amlari Y/A-11 sxemada ulangan uch fazali transformator "c" faza chulg'aming oxiri relsga ulanganda kontakt tarmog'iga "-" ishorali kuchlanish doim transformator "b" chulg'ami chiqishidan, "+" ishorali kuchlanish esa uning "a" chulg'ami chiqishidan beriladi. Shuning uchun ham TN2 chap ta'minlash yelkasiga transformator "b" chiqishidan borayotgan fiderni ulash kerak bo'ladi. TN2 o'ng ta'minlash yelkasiga "a" chulg'am chiqishidan borayotgan fider ulanadi. TN2 dagi ulashlar undagi transformator birlamchi A va C fazalarni EULga ulanishi bilan yakunlanadi. Ular shunday ulanishi lozimki, bunda TN2 chap ta'minlash yelkasiga "c" faza kuchlanishi berilsin. Bu transformator birlamchi C faza chulg'amini EULning C fazasiga, A faza chulg'amini esa liniyaning B fazasiga ulash orqali amalga oshiriladi. Natijada TN2 o'ng ta'minlash yelkasiga $+U_b$ kuchlanish beriladi. Shuning bilan TN2 ni EULga va tortish tarmog'iga ulash yakunlanadi. TN2 ni ulash jarayonida undagi uch fazali transformator ikkita chiqishlari markirovkalari o'zgaradi. Transformatorlar ishlash nazariyasidan ma'lumki, bunday holatda, transformator chulg'amlarini ulanish guruhi teskarisiga almashadi, ya'ni TN2 dagi transformator chulg'amlari birinchi ulanish guruhiga ega bo'lib qoladi.

4) TN3 ni EUL va tortish tarmog'iga ulash TN2 ulashdagi ketma-ketlik asosida amalga oshiriladi. Transformator birlamchi B faza chulg'amini liniyaning qaysi fazasiga ulashni tanlashda u TN1 va TN2 dagidan farq qilishi lozimligidan kelib chiqish kerak bo'ladi. Bu albatta liniyaning C fazasidir (2.12- rasmga qarang!).

5) temir yo'l uchastkasidagi qolgan 3 ta tortuvchi nimstansiya EULga quyidagicha ulanadi: TN4 xuddi TN3 dek, TN5 - TN2 dek, TN6 esa - TN1 dek. "Qarama-qarshi(ikkilangan) parma" sxemasi asosida ulash nomi ham shundan kelib chiqqan. TN4, TN5, TN6 lar tortish tarmog'iga kontakt tarmog'ini ikki tomonlama ta'minlash imkoniyatini saqlagan holda ulanishi lozim (2.12-rasmga qarang!)

TNlar guruhini "qarama-qarshi (ikkilangan) parma" sxemada ulash quyidagi afzalliklarga ega: 1) tortish tarmog'i bo'yicha tizim fazalarining navbatma-navbat yuklanishi va bir nimstansiyadan keyingi nimstansiyaga o'tganda eng kam yuklangan fazaning almashib kelishi EULda elektrlashgan temir yo'l bir fazali yuklamasi hisobidan yuzaga keladigan toklar nosimmetriyasini kamaytiradi; 2) chulg'amlari $Y/\Delta-11$ sxemada ulangan bir xil rusumli uch fazali transformatorlardan foydalanish imkonini beradi; 3) bir xil rusumli 27,5 kV li taqsimlash qurilmalari(PY-27,5 kV)dan foydalanish imkoniyati vujudga keladi, chunki barcha TNlarda transformator "c" faza chulg'aming boshi relsga ulanadi.

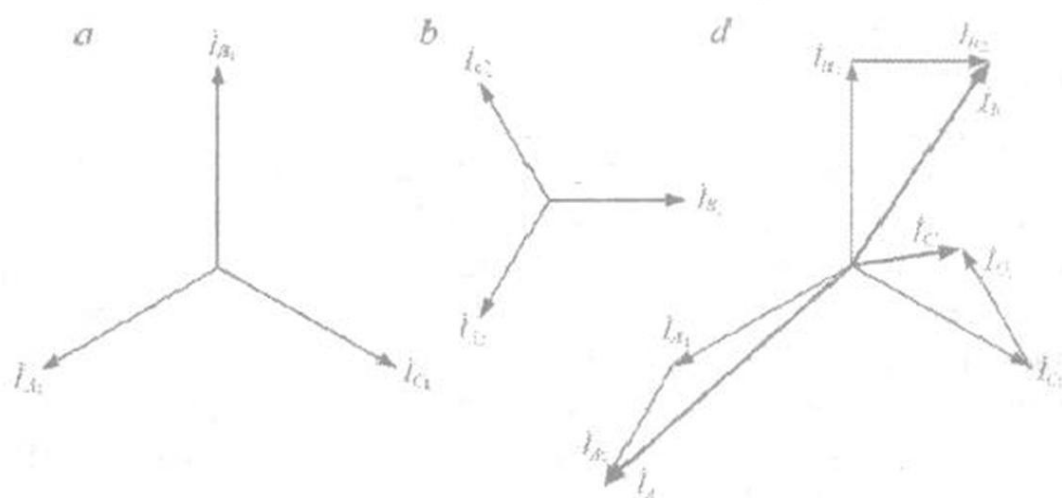
Endi "qarama-qarshi (ikkilangan) parma" sxemasi yordamida EULdagi toklar nosimmetriyasi qanday kamaytirilishini batafsilroq o'rganamiz. Masalani soddalashtirish maqsadida quyidagi cheklovlarni qabul qilamiz:

- TNlar orasidagi hamda elektr energiyasi manbalari M1 va M2 dan ularga mos bo'lgan chetdagi TN orasidagi masofalar bir xil;

- barcha TNlar ta'minlash yelkalaridagi toklar o'zaro teng, ya'ni $I_{ch} = I_o$.

Dastlab TN1 va TN2 (2.12- rasm) transformatorlari birlamchi faza chulg'amlari uchun kuchlanishlar, toklarning to'g'ri va teskari ketma-ketlikli simmetrik tashkil etuvchilari hamda fazalar natijaviy toklarining vektor diagrammalarini quramiz. Bu diagrammalarni qurishda bizga "Elektrotexnikaning nazariy asoslari" fanining "Uch fazali zanjirlar" bo'limidan ma'lum bo'lgan "har qanday nosimmetrik uch fazali toklar sistemasi to'g'ri, teskari va nol ketma-ketlikli simmetrik tashkil etuvchilarning geometrik yig'indisi ko'rinishida tasvirlanishi mumkin", degan tasavvurga amal qilinadi. Bir fazali tortish yuklamasi quvvatni bitta faza va nol simdan emas, balki ikkita fazadan olishi munosabati bilan ko'rilayotgan masalada nol ketma-ketlikli tashkil etuvchi

bo'lmaydi. 2.13- rasmda uch fazali nosimmetrik toklarning to'g'ri va teskari ketma-ketlikli simmetrik tashkil etuvchilari (2.13- rasm, a va b) hamda nosimmetrik yuklangan fazalar toklari (2.13-rasm, d) vektor diagrammalari keltirilgan. Nosimmetrik yuklangan



2.13- rasm. Fazalar toklari simmetrik tashkil etuvchilari va natijaviy nosimmetrik toklar vektor diagrammalari:

a – to'g'ri ketma-ketlikli toklar uchun; *b* – teskari ketma-ketlikli toklar uchun; *d* – nosimmetrik yuklangan fazalar uchun

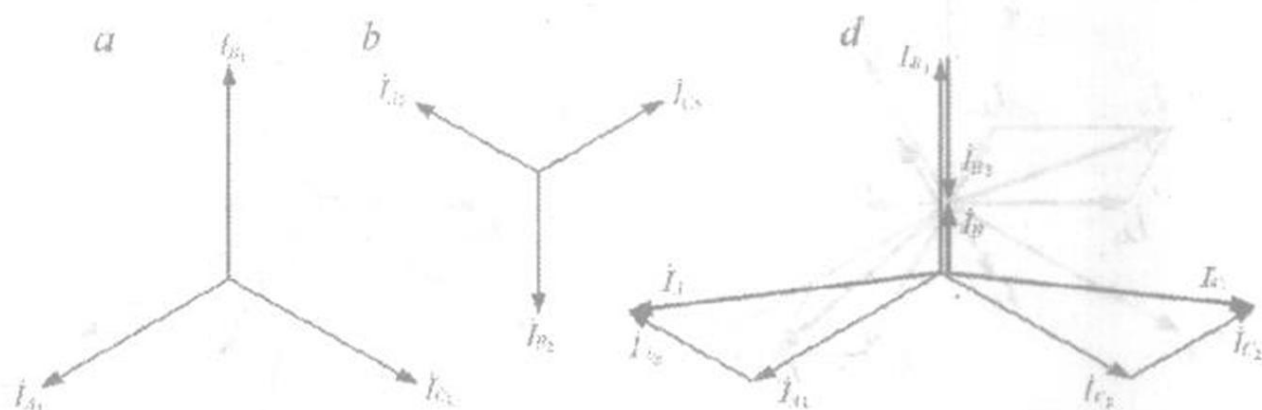
fazalar toklari tegishli faza toki to'g'ri va teskari ketma-ketlikli simmetrik tashkil etuvchilarning geometrik yig'indisi ko'rinishida hosil qilingan. Bunda to'g'ri va teskari ketma-ketlikli simmetrik tashkil etuvchilarning kompleks tekislikda o'zaro joylashishi turli-tuman bo'lishi mumkin.

2.12- rasmdagi TN1 ni ko'rib chiqaylik. Undagi transformator birlamchi chulg'amlari toklari I_A va I_C o'zaro teng. Chunki, bu toklar modul qiymatlari 2.4- rasmda keltirilgan sxema va vektor diagramma hamda (2.7) – (2.9) ifodalar asosida quriladigan vektor diagrammadan foydalanib aniqlangan qiymatlari

$$I_a = \frac{1}{3} \sqrt{4I_{ch}^2 + I_o'^2 + 2I_{ch}I_o'} = \frac{\sqrt{7}}{3} I \quad \text{va} \quad I_c = \frac{1}{3} \sqrt{4I_o'^2 + I_{ch}^2 + 2I_{ch}I_o'} = \frac{\sqrt{7}}{3} I$$

o'zaro teng bo'lib chiqadi (bu formulalarni keltirib chiqarilishi bilan keyinroq 4.3- paragrafda batafsil tanishamiz). I_B tok I_A va I_C toklarga nisbatan ancha kichik bo'ladi. Faza toklarining bunday munosabatiga eng kam yuklangan faza toki to'g'ri va teskari ketma-ketlikli tashkil etuvchilari vektorlarining aniq bir o'zaro

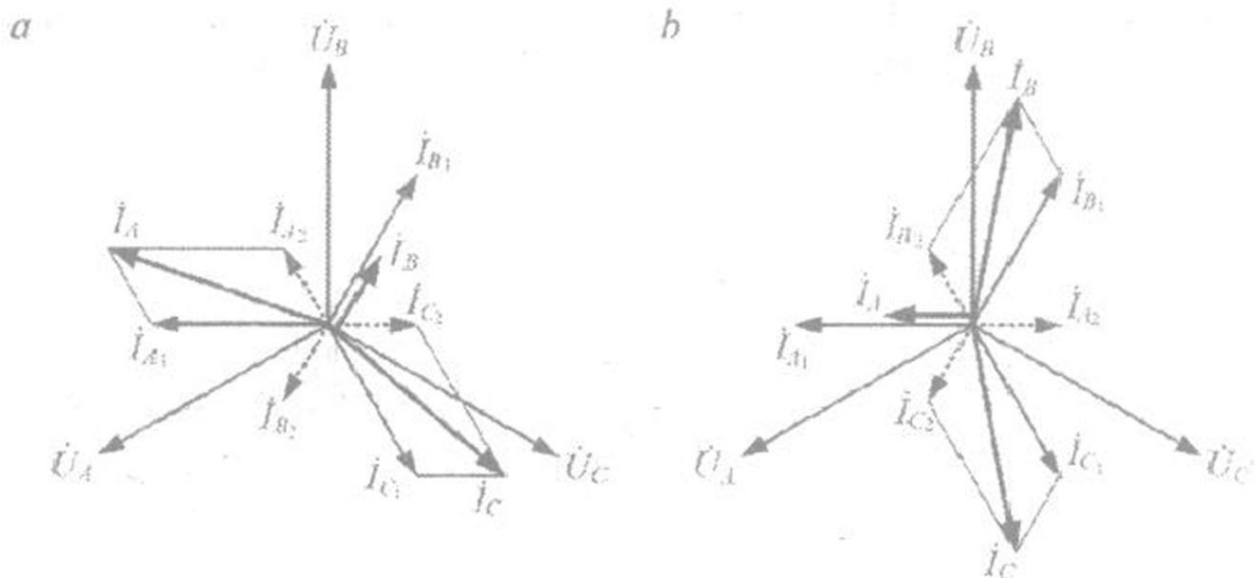
orientatsiyasi mos keladi. Bu faza toki tashkil etuvchilari faza jihatdan o'zaro qarama-qarshi joylashadi (2.14- rasm).



2.14-rasm. TN1 dan elektr uzatish liniyasida paydo bo'ladigan nosimmetrik toklar simmetrik tashkil etuvchilari va natijaviy nosimmetrik toklar vektor diagrammalari: *a* – to'g'ri ketma-ketlik; *b* – teskari ketma-ketlik; *d* – nosimmetrik yuklangan fazalar toklari

Nimstansiya ta'minlash yelkalari yuklamalari o'zaro teng bo'lganda transformator eng kam yuklangan fazasidagi tok to'g'ri va teskari ketma-ketlikli simmetrik tashkil etuvchilari vektorlari faza jihatdan o'zaro qarama-qarshi joylashganligini inobatga olib, TN1 va TN2 transformatorlari birlamchi chulg'amlari fazalari uchun kuchlanishlar va toklar hamda toklar to'g'ri va teskari ketma-ketlikli simmetrik tashkil etuvchilardan foydalanib qurilgan vektor diagrammalari 2.15- rasmda keltirilgan. Ko'rilayotgan nimstansiyalar uchun tokning to'g'ri ketma-ketlikli simmetrik tashkil etuvchilari vektorlari mos faza kuchlanishlariga nisbatan tortish yuklamasining aktiv-induktiv xarakterda(kuchlanish va tok vektorlari orasidagi faza siljish burchagi taxminan 30° olingan)ligini hisobga olib qurilgan.

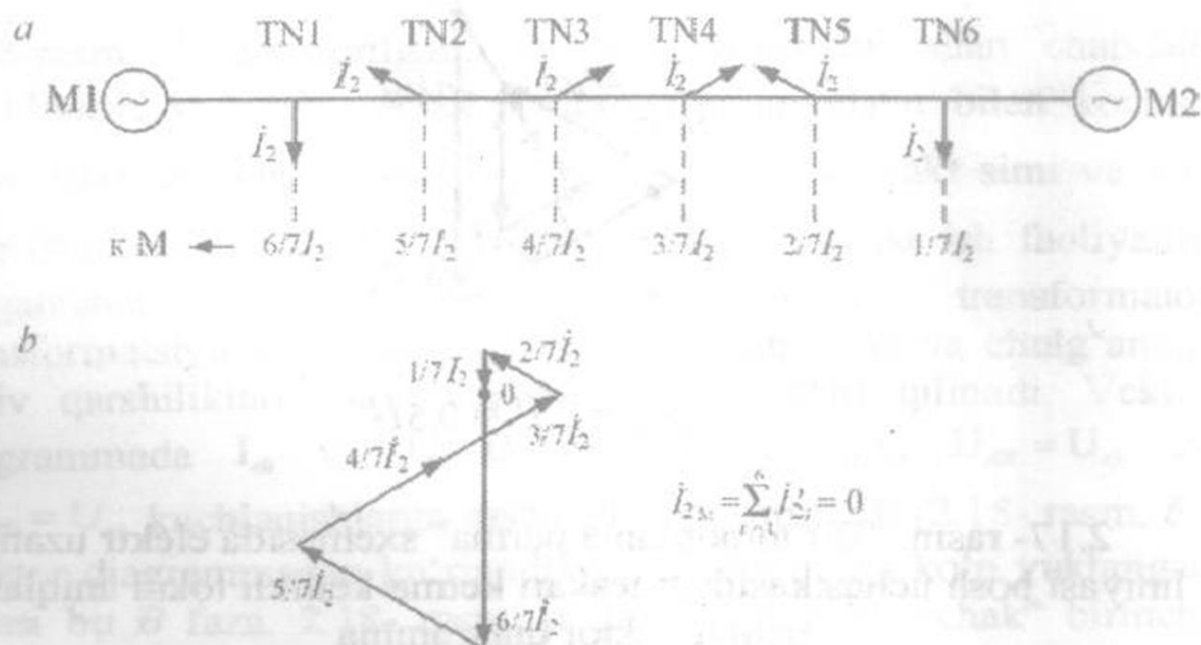
TN1 uchun eng kam yuklangan faza bu B faza (2.12- rasnga qarang!). Shuning uchun ham bu faza teskari ketma-ketlikli tashkil etuvchi tok vektori $\dot{I}_{B2}$ uning to'g'ri ketma-ketlikli tashkil etuvchi tok vektori $\dot{I}_{B1}$ ga qarama-qarshi yo'nalgan (2.15- rasm, a). TN2 uchun esa eng kam yuklangan faza bu A faza. Tortuvchi nimstansiyalardagi $\dot{I}_A$, $\dot{I}_B$, $\dot{I}_C$ faza toklari ular to'g'ri va teskari ketma-ketlikli simmetrik tashkil etuvchilarining geometrik yig'indisi ko'rinishida aniqlanadi.



2.15- rasm. Transformator birlamchi chulg'ami uchun toklar to'g'ri va teskari ketma-ketlikli simmetrik tashkil etuvchilari, natijaviy nosimmetrik toklar va simmetrik kuchlanishlar vektor diagrammalari: *a* – TN1 uchun; *b* – TN2 uchun

2.15- rasm, *a* va *b* da keltirilgan vektor diagrammalarni o'zaro taqqoslash shuni ko'rsatadiki, TN1 va TN2 ga o'tishda teskari ketma-ketlikli tashkil etuvchi toklar vektorlari fazalari soat mili harakati yo'nalishi bo'ylab 120° siljiydi. Xuddi shu holat TN2 dan TN3 ga o'tishda ham kuzatiladi. Ushbu holatdan foydalangan holda elektr uzatish liniyasi bitta fazasini "qarama-qarshi parma" sxemasida ulangan oltita tortuvchi nimstansiyadan yuklanish shartli sxemasini keltiramiz (2.16- rasm). Avval qabul qilingan cheklovlarni inobatga olganimizda teskari ketma-ketlikli tok I_2 barcha nimstansiyalar uchun bir xil bo'ladi.

2.16- rasm, *a* da tortuvchi nimstansiyalar uchun I_2 tok vektorini o'zaro joylashtirish TN4 ni elektr uzatish liniyasiga TN3 dek, TN5 ni – TN2 dek, TN6 ni – TN1 dek ulanish shartidan kelib chiqadi. Har bir nimstansiyaning I_2 toki elektr energiyasi manbalari M1 va M2 o'rtasida nimstansiyadan shu manbalargacha bo'lgan masofalarga teskari proporsional ravishda taqsimlanadi. Har bir nimstansiyadan I_2 tokning qancha qismi M1 manbaga to'g'ri kelishi 2.16- rasm, *a* dagi shartli sxema ostida ko'rsatilgan.

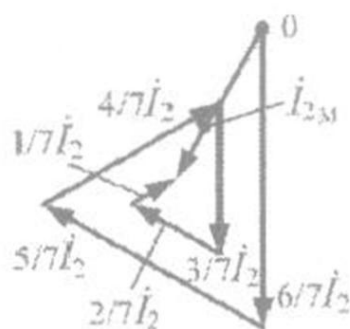


2.16- rasm. “Qarama-qarshi parma” sxemasida elektr uzatish liniyasi bosh uchastkasidagi teskari ketma-ketlikli tokni aniqlash uchun shartli sxema va vektor diagramma:

a – elektr uzatish liniyasi bitta fazasini teskari ketma-ketlikli toklar bilan yuklanish shartli sxemasi; *b* – teskari ketma-ketlikli tokni baholash uchun vektor diagramma

M1 manba bilan TN1 oraligʻidagi bosh uchastkada teskari ketma-ketlikli tok I_{2M} ni aniqlash uchun oltita tortuvchi nimstansiyadan M1 manbaga toʻgʻri keladigan tok I_{2M} barcha tashkil etuvchilarini (umumiy holda I_{2i}' deb belgilaymiz) geometrik qoʻshamiz (2.16- rasm, *b*). Bu diagrammada O nuqta vektorlar boshi. Qurilgan vektor diagrammadan koʻrinib turibdiki, qarayotgan uchastkada teskari ketma-ketlikli tok nolga teng. Bundan shunday xulosa kelib chiqadi: M1 manbaga yaqin boʻlgan bosh uchastkadagi elektr uzatish liniyasi fazalari yuklamalari simmetrik boʻladi va binobarin, elektr stansiyasi generatorlari ishiga tortuvchi nimstansiyalar hisobidan yuzaga keladigan teskari ketma-ketlikli tok tashkil etuvchisining taʼsiri boʻlmaydi.

Temir yoʻl uchastkasini ikki tomonlama taʼminlanish sxemasida uchta tortuvchi nimstansiyani oʻz ichiga oladigan (bir tomonlama taʼminlanish sxemasidek) toʻla siklda M1 manba bilan TN1 oraligʻidagi bosh uchastkada teskari ketma-ketlikli tok nolga teng boʻlmaydi (2.17- rasm).



$$I_{2M} = \sum_{i=1}^6 I'_{2i} = 0,5 I_2$$

2.17- rasm. “Bir tomonlama parma” sxemasida elektr uzatish liniyasi bosh uchastkasidagi teskari ketma-ketlikli tokni aniqlash uchun vektor diagramma

Ushbu rasmda keltirilgan vektor diagrammadan ko‘rinib turibdiki, $I_{2M} = 0,5 I_2$.

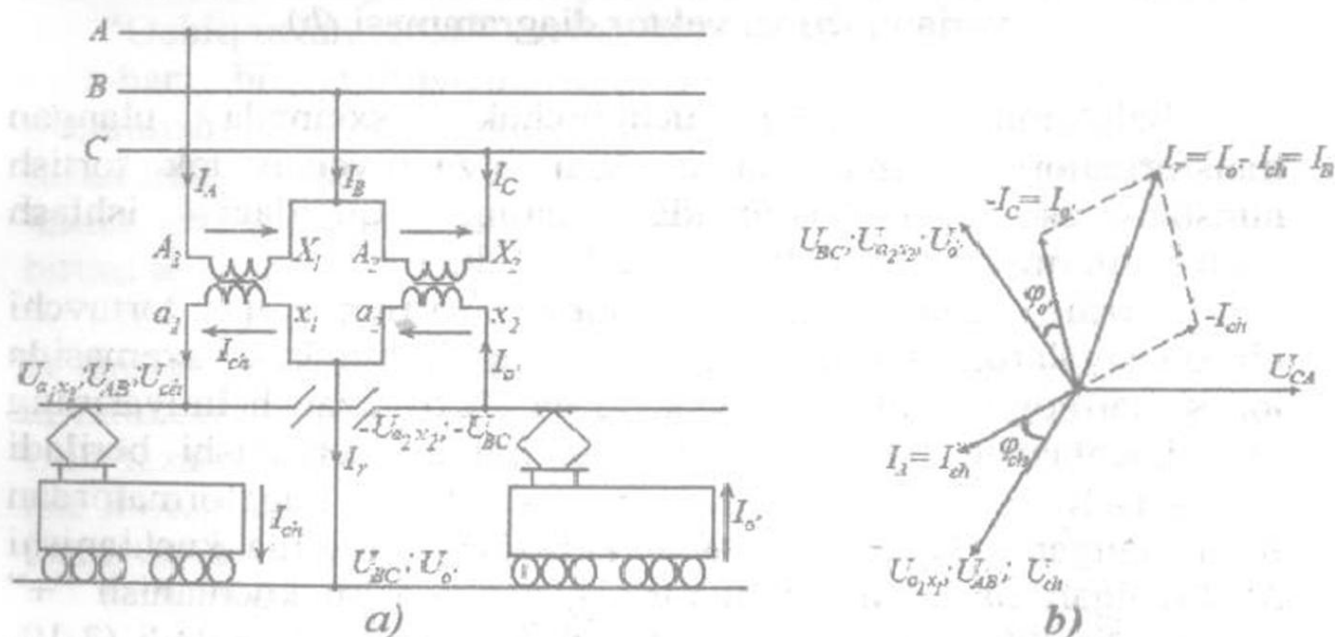
Shuni ta’kidlab o‘tish joizki, ushbu bobda ko‘rilayotgan barcha ta’minlash sxemalarida yuqorida qayd etilgan cheklovlar hisobga olingan. Aslida esa, TNlar yirik temir yo‘l stansiyalarida joylashtiriladi. Bundan tashqari, ularning yuklamalari va ta’minlash sxemalari har xil bo‘ladi. Buning oqibatida, hattoki har bir TN o‘rtacha yuklamasi ham bir-biridan farq qiladi. Bunday hollarda elektrlashgan temir yo‘ldagi TNlar soni uchga karrali (ikki tomonlama manba bilan ta’minlanayotgan uzatish liniyalarida oltita) bo‘lganda ham elektr uzatish liniyasi fazalari bir tekis yuklanmaydi.

2.2. Tortish tarmog‘ini chulg‘amlari “ochiq uchburchak” va “to‘la bo‘lmagan yulduz” ulangan transformatorlardan ta’minlash sxemalari

Ko‘p fazali sxemalar ichida eng sodda sxema bu transformator chulg‘amlarini “ochiq uchburchak” ulanish sxemasidir. Bu sxemada “ochiq uchburchak” ikkita bir fazali transformator chulg‘amlari yordamida yoki bitta uch sterjenli ikkita chulg‘amli transformator yordamida amalga oshirilishi mumkin.

Ikkita bir fazali transformator chulg‘amlari “ochiq uchburchak” ulangan tortish tarmog‘i elektr ta’minoti sxemasining birinchi varianti 2.18- rasm, a da, uning vektor diagrammasi esa

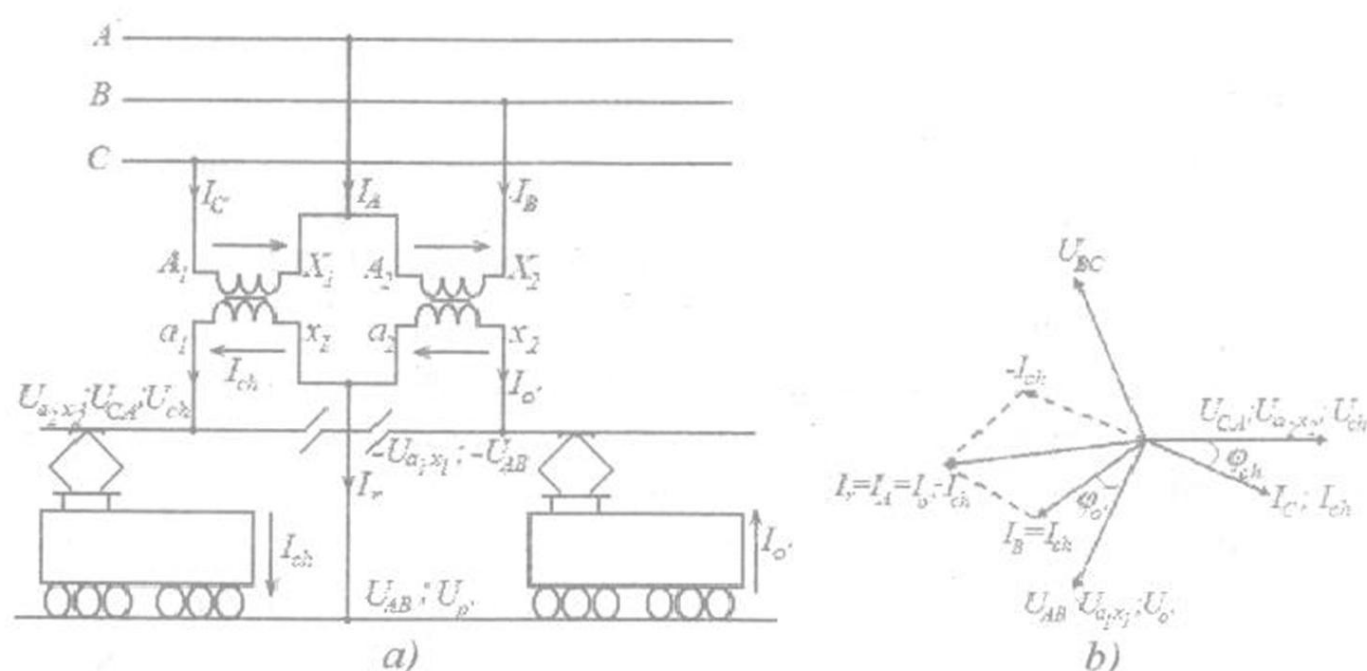
2.18-rasm, *b* da berilgan. Sxemada nimstansiyadan chapdagi kuchlanish $U_{a_1x_1} = U_{AB} = U_{ch}$, undan o'ngda relslar bilan kontakt simi orasidagi kuchlanish $U_{a_2x_2} = U_{BC} = U_{o'}$, kontakt simi va rels orasidagi kuchlanish esa $(-U_{a_1x_2}) = (-U_{BC})$. Sxema ish faoliyatini o'rganishni soddalashtirish maqsadida transformator transformatsiya koeffitsiyenti birga, salt ish toki va chulg'amlar aktiv qarshiliklari esa nolga teng, deb qabul qilinadi. Vektor diagrammada I_{ch} va $I_{o'}$ toklar mos ravishda $U_{AB} = U_{ch}$ va $U_{BC} = U_{o'}$ kuchlanishlarga nisbatan joylashtiriladi (2.18- rasm, *b*). Vektor diagrammadan ko'rinadiki, liniyaning eng ko'p yuklangan fazasi bu *B* faza. 2.18- rasm, *a* da "ochiq uchburchak" birinchi transformator birlamchi chulg'aming oxiri X_1 ikkinchi transformator birlamchi chulg'aming boshi A_2 bilan, birinchi transformator ikkilamchi chulg'aming oxiri x_1 ikkinchi transformator ikkilamchi chulg'aming boshi a_2 bilan mos ravishda ulangan holatda hosil qilingan.



2.18- rasm. Ikkita bir fazali transformator chulg'amlari "ochiq uchburchak" ulangan tortish tarmog'i elektr ta'minoti sxemasining birinchi varianti (a) va vektor diagrammasi (b)

Agar birinchi transformatorni liniyaga ulanish sxemasini saqlagan holda A_1 ni X_2 bilan va a_1 ni x_2 bilan hamda a_1x_2 nuqta

rels bilan ulansa (2.19- rasm, *a*), u holda *A* faza eng ko'p yuklangan faza vazifasini bajaradi (2.19- rasm, *b*).



2.19- rasm. Ikkita bir fazali transformator “ochiq uchburchak” ulangan tortish tarmog‘i elektr ta’minoti sxemasining ikkinchi varianti (*a*) va vektor diagrammasi (*b*)

Chulg‘amlari “ochiq uchburchak” sxemada ulangan transformatorlar o‘rnatilgan istalgan o‘zgaruvchan tok tortish nimstansiyasi ko‘rilayotganda uning quyidagi ishlash xususiyatlarini inobatga olish lozim bo‘ladi:

1) uch fazali transformatorlar o‘rnatilgan tortuvchi nimstansiyalardan farqli ravishda “ochiq uchburchak” sxemasida tortish tarmog‘i ta’minlash yelkalariga elektr uzatish liniyasining faza kuchlanishi emas, balki uning liniya kuchlanishi beriladi (2.19- rasm, *a* ga qarang!). Xuddi uch fazali transformatoridan foydalanilgan holatdagidek, agar kontakt tarmog‘iga kuchlanishi berilayotgan chulg‘am boshi ulansa, u holda bu kuchlanish “+” ishora, aks holda esa “-” manfiy ishora bilan ko‘rsatiladi (2.19- rasm, *a* ga qarang!);

2) “ochiq uchburchak” sxemasida ham elektr uzatish liniyasi fazalari nosimmetrik yuklanadi, ammo uch fazali transformatorli tortuvchi nimstansiyalardan farqli ravishda eng kam yuklangan faza emas, balki eng ko‘p yuklangan faza belgilab qo‘yiladi. Chunki ushbu faza bir fazali transformatorlar birlamchi

chulg'amlari uchun umumiy bo'ladi. Ko'rilayotgan nimstansiya uchun bu faza A fazadir (2.19- rasm, a ga qarang!).

Tortuvchi nimstansiyalarda "ochiq uchburchak" sxemasini qo'llanilishi uch fazali transformatorlardan foydalanilganga nisbatan ma'lum afzallik va kamchiliklarga ega. Afzalliklariga quyidagilar kiradi:

- transformator quvvatlaridan to'laroq foydalaniladi, chunki transformator faqat o'zining ta'minlash yelkasi uchun ishlaydi. Uch fazali transformator esa nimstansiya ikkala ta'minlash yelkasini ta'minlaydi, transformator fazalari toklari turlicha qiymatda, bitta fazasi juda kam yuklanadi. Uch fazali transformator quvvati eng ko'p yuklangan faza toki bo'yicha hisoblanadi;

- kuchlanishni nimstansiya ta'minlash yelkalari bo'yicha mustaqil rostlash imkoniyati mavjud, chunki ta'minlash yelkasi kuchlanishi shu yelka toki bilan aniqlanadi. Uch fazali transformatorlardan foydalanilganda esa istalgan ta'minlash yelkasidagi kuchlanish ikkala yelkadagi toklarga bog'liq bo'ladi. Shuning uchun ham kuchlanishni rostlash transformator uchala faza transformatsiya koeffitsiyentini o'zgartirib amalga oshiriladi.

"Ochiq uchburchak" sxemasining kamchiliklari:

- har bir tortuvchi nimstansiyada uchta transformator o'rnatilishi talab etiladi, chunki ulardan bittasi zaxirada turadi. Uch fazali transformatorlardan foydalanilganda tortuvchi nimstansiyada ikkita uch fazali transformator o'rnatilishi talab etiladi, chunki bittasi doim zaxirada turadi.

- notortuvchi iste'molchilarni elektr energiyasi bilan ta'minlashda ma'lum qiyinchiliklar yuzaga keladi. Ularni ta'minlash uchun qo'shimcha uch fazali transformator o'rnatiladi. Uch fazali transformatorli tortuvchi nimstansiyalarda notortuvchi iste'molchilarni elektr energiyasi bilan ta'minlash uchun, odatda, tortuvchi transformator uchinchi chulg'ami ishlatiladi.

O'zgaruvchan tok tortuvchi nimstansiyalarida "ochiq uchburchak" sxemasidan foydalanilganda va agar ular tashqi elektr ta'minoti tizimi uzatish liniyasiga bir xil tartibda ulansa, u holda xuddi uch fazali transformatorli tortuvchi nimstansiyalardagidek toklar keskin nosimmetriyasi yuzaga keladi. Shuning uchun ham tashqi elektr ta'minoti tizimidagi toklar nosimmetriyasini kamaytirish maqsadida chulg'amlari "ochiq uchburchak" sxemada ulangan transformatorlar o'rnatilgan tortuvchi nimstansiyalar

guruhi elektr uzatish liniyasiga "qarama-qarshi parma" sxemasi bo'yicha ulanadi (2.20- rasm).

Bunda ulanish strukturasi bo'yicha uch fazali transformatorli tortuvchi nimstansiyalar bilan bir xil bo'lsa-da, quyidagi ayrim o'ziga xos xususiyatlarga ega:

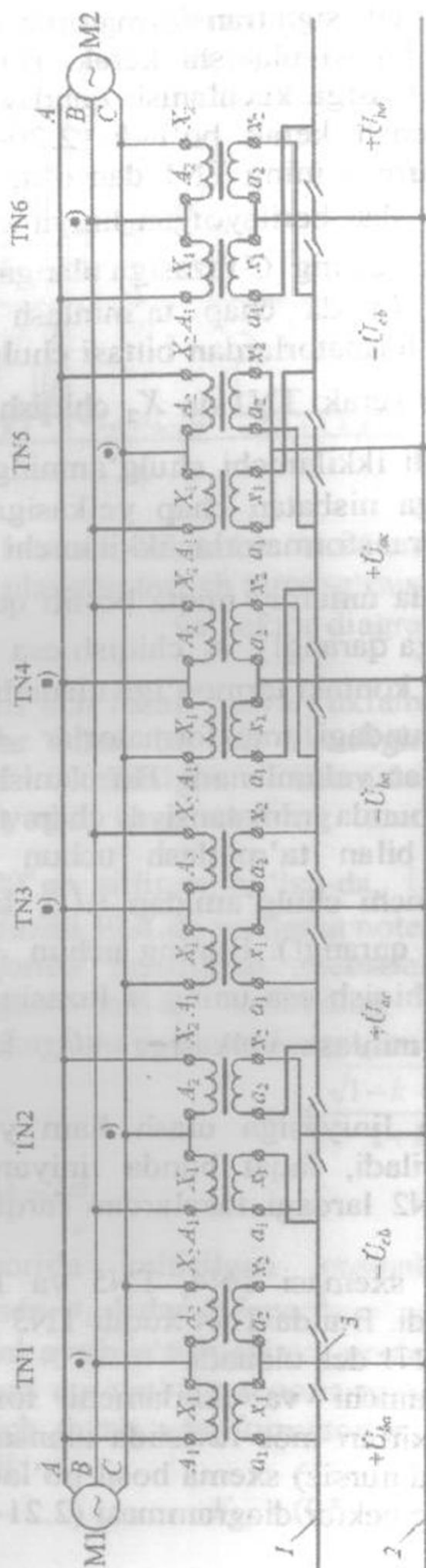
1) "qarama-qarshi parma" sxemasi tugallangan siklini tashkil etuvchi oltita tortuvchi nimstansiyada ham bir fazali transformatorlar birlamchi chulg'amlari bir-biri bilan, odatda, bir xil ulanadi. Xususan, 2.20- rasmda barcha nimstansiyalarda birinchi transformator chulg'aming oxiri X_1 ikkinchi transformator chulg'aming boshi A_2 bilan ulangan.

2) birinchi tortuvchi nimstansiya (TN1) elektr uzatish liniyasi va tortish tarmog'iga istalgancha yoki buyurtma asosida ulanadi. Aytaylik, TN1 2.19- rasm, a da keltirilgan sxema bo'yicha ulangan bo'lsin. Bundan keyin nimstansiya ta'minlash yelkalariga berilayotgan kuchlanishlar aniqlanadi: chap ta'minlash yelkasi uchun bu kuchlanish $+U_{ba}$, o'ng yelka uchun esa $-U_{cb}$; elektr uzatish liniyasining TN1 dan ko'p yuklangan fazasi bu B faza (2.20- rasm);

3) TN2 ni EULga ulash quyidagi ikkita shartni hisobga olgan holda amalga oshiriladi: birinchisi – liniyani TN2 dan ko'p yuklanadigan fazasi TN1 nikidan farq qilishi lozim; ikkinchisi – TN1 va TN2 lar oralig'idagi kontakt tarmog'ini ikki tomonlama ta'minotini amalga oshirish uchun TN2 chap ta'minlash yelkasiga TN1 o'ng ta'minlash yelkasiga beriladigan kuchlanish bilan bir xil bo'lgan kuchlanish berilishi lozim.

TN2 ni EULga ulash bir fazali transformatorlar umumiy nuqtasi X_1A_2 ni (2.20- rasm) liniyaning qaysi fazasiga ulashni tanlashdan boshlanadi. Bu faza ko'p yuklangan faza bo'ladi. Bu faza TN1 uchun tanlangan faza (B) dan farq qilishi lozim. Bu liniyaning A yoki C fazasi bo'lishi mumkin.

Ulardan qaysi birini tanlash uchun TN1 o'ng ta'minlash yelkasiga berilayotgan liniya kuchlanishi belgisi indeksida shu fazalardan qaysi birining simvoli ishtirok etayotganligiga e'tiborni qaratish kerak. 2.20- rasmdan ko'rinib turibdiki, bu C faza.



2.20- rasm. Ikki tomonlama ta'minlanayotgan temir yo'l uchastkasida chulg'amlari "ochiq uchburchak" ulangan bir fazali transformatorlar o'rnatilgan tortuvchi nimstansiyalar guruhini elektr uzatish liniyasi va tortish tarmog'iga "qarama-qarshi parma" sxemasi asosida ulanishi: 1 - kontakt tarmog'i; 2 - relslar; 3 - neytral qo'yilma

Bundan keyin TN2 chap yelkasiga transformatorlar ikkilamchi chulg'amlari chiqishlarining bittasi ulanishi kerak. Bu chiqishni aniqlash uchun TN1 o'ng yelkasiga kuchlanish qanday sharoitda berilayotganligiga e'tibor berish kerak bo'ladi. 2.20- rasmdan ko'rinib turibdiki, kontakt tarmog'ining TN1 dan o'ng yelkasiga ikkilamchi chulg'am oxiri x_2 dan berilayotgan liniya kuchlanishi ulangan. TN1 da X_2 chiqish EULning C fazasiga ulangan.

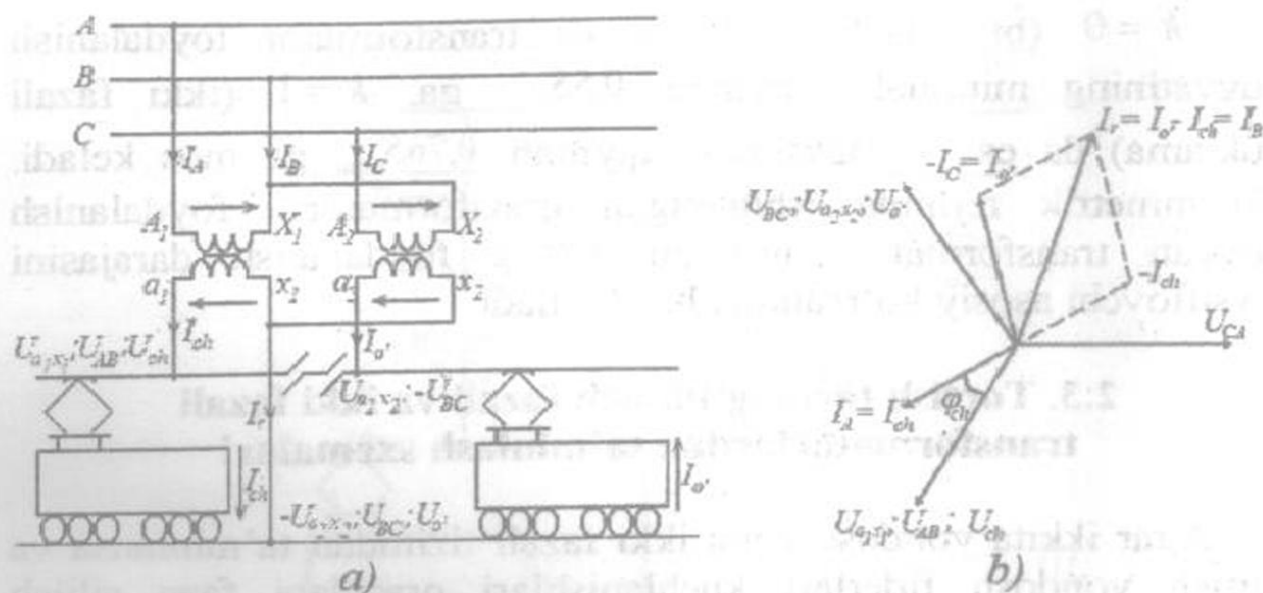
Shuning uchun ham TN2 da chap ta'minlash yelkasini ta'minlovchi kuchlanish transformatorlardan bittasi chulg'amining oxiri (x_1 yoki x_2) dan berilishi kerak. TN1 da X_2 chiqish EULning C fazasiga ulanganligi sababli ikkilamchi chulg'amning oxiri x_1 kontakt tarmog'ining TN2 ga nisbatan chap yelkasiga ulanadi. Bunday ulanishlardan keyin transformatorlar ikkilamchi tomonida a_1x_2 nuqta avtomatik ravishda umumiy nuqta bo'lib qoladi va u relslarga ulanadi (2.20- rasmga qarang!). a_2 chiqish esa TN2 o'ng ta'minlash yelkasi tomonidagi kontakt tarmog'iga ulanadi.

TN2 ni ulash jarayoni undagi transformatorlar A_1 va X_2 chiqishlarini EULga ulash bilan yakunlanadi. Bu ulanish shunday amalga oshirilishi kerakki, bunda nimstansiya chap ta'minlash yelkasini elektr energiyasi bilan ta'minlash uchun ajratilgan birinchi transformator ikkilamchi chulg'amidan $-U_{cb}$ kuchlanish berilishi lozim (2.20- rasmga qarang!). Buning uchun A_1 chiqish liniyasining B fazasiga, X_2 chiqish esa uning A fazasiga ulanishi kerak bo'ladi. TN2 o'ng ta'minlash yelkasiga $+U_{ac}$ kuchlanish beriladi.

4) TN3 ni elektr uzatish liniyasiga ulash ham yuqoridagi ketma-ketlikda amalga oshiriladi, faqat bunda liniyaning ko'p yuklangan fazasi TN1 va TN2 lardagi fazalardan farqli bo'lishi kerak.

5) "qarama-qarshi parma" sxemasi TN4, TN5 va TN6 larni EULga ulash bilan yakunlanadi. Bunda TN4 xuddi TN3 dek, TN5 - TN2 dek va nihoyat TN6 - TN1 dek ulanadi.

Agar transformator birlamchi va ikkilamchi tomonlarida chulg'amlar boshlari yoki oxirlari mos ravishda ulansa, u holda "to'la bo'lmagan yulduz" (bitta nursiz) sxema hosil bo'ladi. Ushbu sxema (2.21- rasm, a) va uning vektor diagrammasi (2.21- rasm, b)



2.21- rasm. Ikkita bir fazali transformator “to‘la bo‘lmagan yulduz” ulangan tortish tarmog‘ining elektr ta‘minoti sxemasi (a) va vektor diagrammasi (b)

tahlili uch fazali liniya yuklamasi 2.18- va 2.19- rasmlardagi yuklamalar bilan bir xil ekanligini ko‘rsatadi. 2.18- va 2.19- rasmlarda keltirilgan sxemalarda tortish tarmog‘ining nimstansiyadan chap va o‘ng tomondagi fiderlari kuchlanishlari o‘zaro 120° ga siljigan bo‘lsa-da, $I_{ch} = I_o$ va $\varphi_{ch} = \varphi_o$ bo‘lganda ham uch fazali EULda yuklama notekisligi saqlanib qoladi.

Yuqorida keltirilgan sxemalarda transformatorlar iste‘mol qilinayotgan toklar tizimining nosimmetriya koeffitsiyenti quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$\alpha_1 = \frac{\sqrt{1-k+k^2}}{1+k}, \quad (2.10)$$

bu yerda $k = \frac{I_{ch}}{I_o}$.

Yuqorida keltirilgan sxemalarda k 0 dan 1 gacha o‘zgarganda α_1 1 dan 0,5 gacha o‘zgaradi.

Shuni aytib o‘tish joizki, nosimmetrik rejimda transformator foydalanish quvvati (“располагаемая мощность”) ham kamayib ketadi. Uch fazali transformatorlar uchun bu quvvat quyidagicha aniqlanadi:

$$S_{foy} = (0,5 - 0,76) S_{nom}. \quad (2.11)$$

$k = 0$ (bir fazali yuklama) da transformator foydalanish quvvatining minimal qiymati $0,5S_{nom}$ ga, $k = 1$ (ikki fazali yuklama) da esa – maksimal qiymati $0,76S_{nom}$ ga mos keladi. Nosimmetrik rejimda ishlayotgan transformator foydalanish quvvati transformator chulg'amlarining foydalanish darajasini tavsiflovchi asosiy ko'rsatkich hisoblanadi.

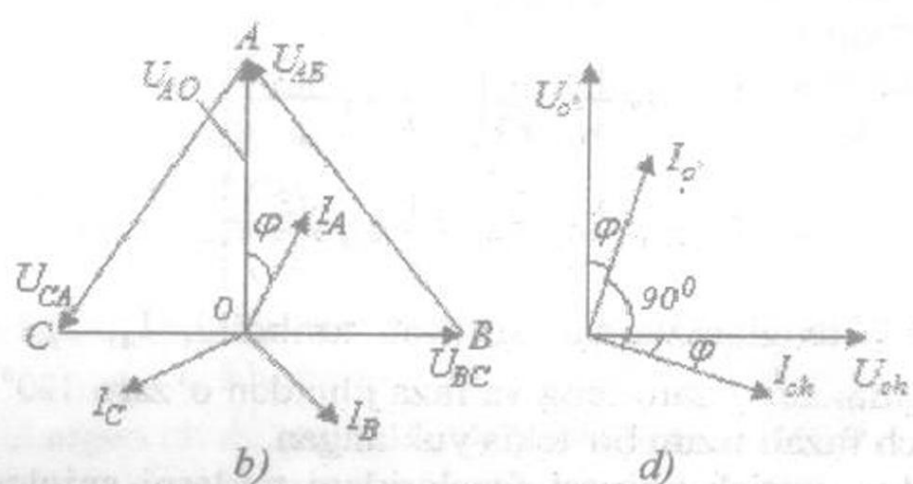
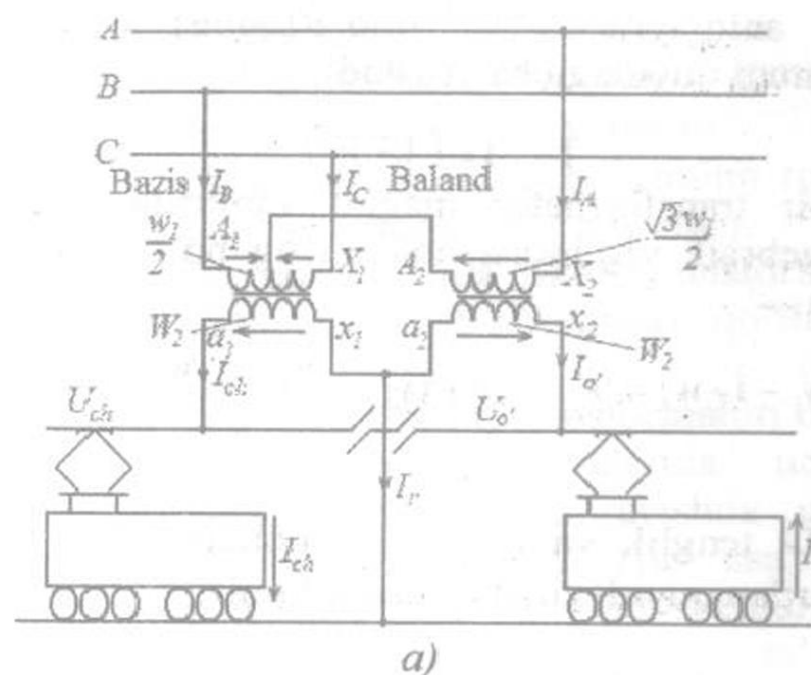
2.3. Tortish tarmog'ini uch fazali va ikki fazali transformatorlardan ta'minlash sxemalari

Agar ikkita yondosh zona ikki fazali tizimdan ta'minlansa va tortish yondosh fiderlari kuchlanishlari orasidagi faza siljish burchagi 90^0 tashkil qilsa, u holda $I_{ch} = I_o$ (teng yuklama) bo'lganda uch fazali tizimda tekis taqsimlangan yuklamani hosil qilish mumkin. Shu maqsadda turli maxsus transformatorlar qo'llaniladi. Ulardan eng ko'p tarqalgani *Skott* tomonidan taklif etilgan uch fazali va ikki fazali transformator (*Skott* transformatori)dir (2.22- rasm, a).

Skott transformator transformatsiya koeffitsiyentlari turlicha bo'lgan va chulg'amlari maxsus sxema bo'yicha ulangan ikkita bir fazali transformatoridan iborat. Chapda joylashgan "bazisli" deb nomlanuvchi transformator chulg'aming ikkala chiqishi va o'ngda joylashgan "Baland" deb nomlanuvchi transformator bitta chiqishi EUL simlariga ulanadi. O'ngdagi transformator chulg'aming oxiri chapdagi transformator chulg'aming o'rtasidagi chiqish nuqtasi bilan ulanadi. 2.22- rasm, b da keltirilgan kuchlanishlar topografik diagrammasidan o'ngdagi transformator birlamchi chulg'amidagi U_{AO} kuchlanish U_{BC} liniya

kuchlanishidan $\frac{\sqrt{3}}{2}$ marta katta, ya'ni $U_{AO} = \frac{\sqrt{3}}{2}U_{BC}$ ekanligi kelib

chiqadi. U_{AO} vektor uzunligi tomonlari U_{BA} , U_{AO} va U_{AC} vektorlar uzunliklariga teng bo'lgan teng tomonli uchburchak balandligiga teng. Shuning uchun ham o'ng tomondagi transformator "Baland" deb nomlangan. Tortish tarmog'ida nimstansiyadan chap va o'ngdagi fider zonalar kuchlanishlari teng hamda chap va o'ng transformatorlar transformatsiya koeffitsiyentlari qiymatlari har xil, ikkilamchi chulg'amlar soni esa bir xil.



2.22- rasm. Tortish tarmog'ini uch fazali va ikki fazali transformator yordamidagi ta'minlash sxemasi (Skott sxemasi) (a), transformator vektor diagrammasi (b) va fider zonalar uchun vektor diagramma (d)

Salt ish rejimida transformatorlar ikkilamchi tomonlaridagi kuchlanishlar qiymat jihatdan teng va faza jihatdan o'zaro 90° ga siljigan bo'ladi.

Nimstansiyadan chap va o'ngdagi yuklama qiymatlari teng ($I_{ch} = I_{o'}$), fazalari esa o'zaro 90° ga siljigan holatni ko'rib chiqamiz (2.22- rasm, a). Bu holatda tortuvchi nimstansiya ta'minlash yelkalari toklari ma'lum hamda $\dot{I}_{ch} = -j\dot{I}_{o'}$ va $\varphi_{ch} = \varphi_{o'}$ bo'lganda elektr uzatish liniyasi fazalaridagi I_A , I_B va I_C toklar

ifodalarini aniqlaymiz. "0" nuqta(tugun) uchun Kirxgofning birinchi qonuni quyidagicha yoziladi:

$$\dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 0. \quad (2.12)$$

Har bir transformator magnit zanjirida magnit yurituvchi kuchlar algebraik yig'indisi nolga teng bo'lishi(Kirxgof ikkinchi qonuni)dan:

$$\dot{I}_A \frac{\sqrt{3}}{2} w_1 - \dot{I}_o' w_2 = 0, \quad (2.13); \quad \dot{I}_B \frac{w_1}{2} - \dot{I}_C \frac{w_1}{2} - \dot{I}_{ch} w_2 = 0. \quad (2.14)$$

$\dot{I}_{ch} = -j \dot{I}_o'$ tenglik va (2.12) ni inobatga olib (2.13) - (2.14) tenglamalardan quyidagilarni hosil qilamiz:

$$\left. \begin{aligned} \dot{I}_A &= \dot{I}_o' \frac{w_2}{w_1} \frac{2}{\sqrt{3}}, \\ \dot{I}_B &= \dot{I}_o' \frac{w_2}{w_1} \frac{2}{\sqrt{3}} \left(-\frac{1}{2} - j \frac{\sqrt{3}}{2} \right), \\ \dot{I}_C &= \dot{I}_o' \frac{w_2}{w_1} \frac{2}{\sqrt{3}} \left(-\frac{1}{2} + j \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \end{aligned} \right\} \quad (2.15)$$

(2.15) tenglamalardan ko'rinib turibdiki, $\dot{I}_A$, $\dot{I}_B$ va $\dot{I}_C$ toklar modul jihatdan o'zaro teng va faza jihatdan o'zaro 120° ga siljigan, ya'ni uch fazali tizim bir tekis yuklangan.

Elektr uzatish liniyasi fazalaridagi toklarni aniqlash imkonini beradigan (2.15) ifodalar Skott sxemasida ishlayotgan va elektr uzatish liniyasiga turlicha sxemada ulangan istalgan tortuvchi nimstansiya uchun qo'llanilishi mumkin. Bunda faqat (2.15) dagi ifodalar chap tomonidagi toklar indeksida faza simvollari, o'ng tomonida esa $\dot{I}_{ch}$ va $\dot{I}_o'$ toklar o'rnilari almashishi mumkin.

Skott transformatori iste'mol qilinayotgan toklar tizimining nosimmetriya koeffitsiyenti quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$\alpha_I = \frac{1-k}{1+k}. \quad (2.16)$$

(2.16) formuladan ko'rinib turibdiki, Skott sxemasida k 0 dan 1 gacha o'zgarganda α_I 1 dan 0 gacha o'zgaradi. $k=1$ bo'lganda Skott transformatori simmetrik uch fazali tok iste'mol qiladi. Bu transformatorning foydalanish quvvati quyidagicha aniqlanadi:

$$S_{\text{fby}} = (0,5 - 1,0) S_{\text{nom}}. \quad (2.17)$$

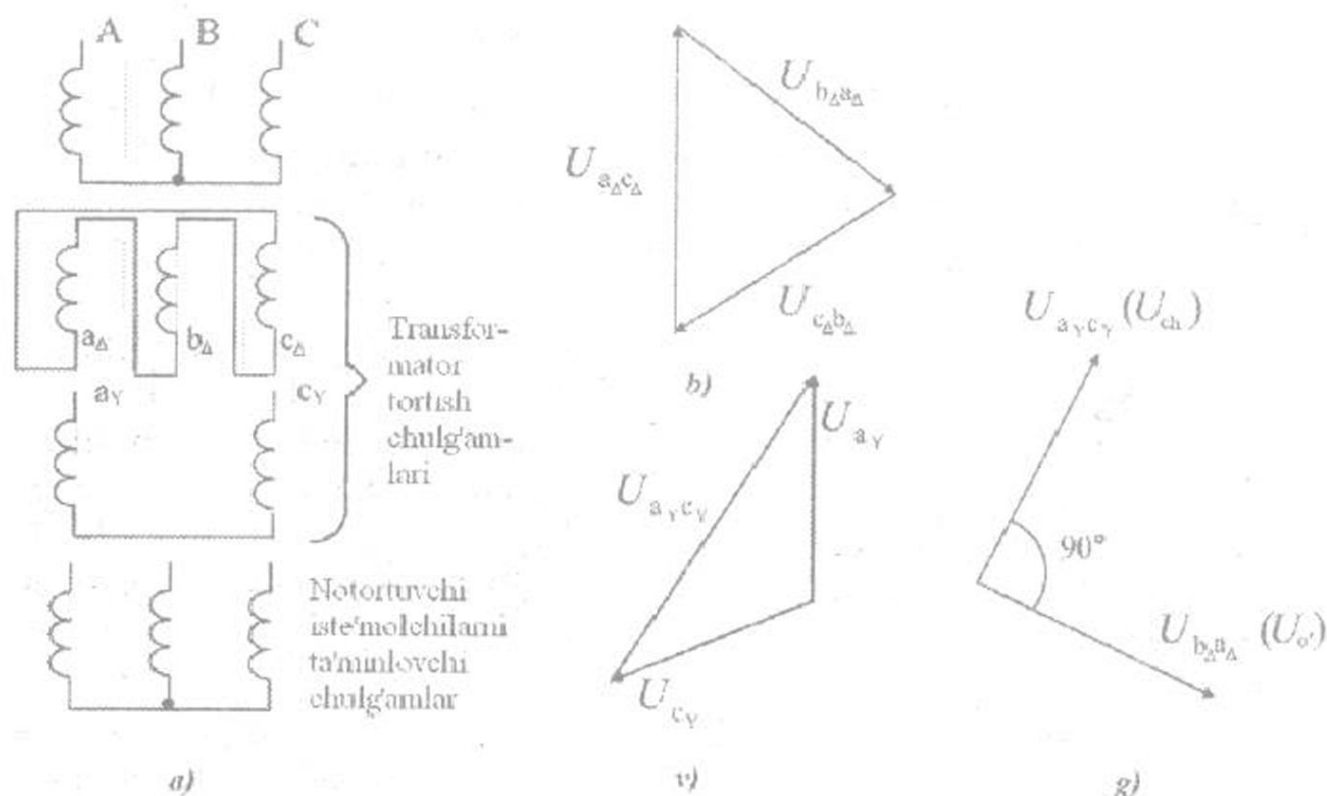
Oxirgi formuladan ko'rinib turibdiki, Skott transformatori chulg'amlarining foydalanish darajasi chulg'amlari " $Y/\Delta/Y(\Delta)$ " ulangan uch fazali transformatorlar chulg'amlarining foydalanish darajasidan yuqori bo'ladi ((2.11) formulaga qarang!).

So'nggi yillarda uzoq chet ellarda Skott transformatorining takomillashtirilgan varianti (Vudbridj sxemasi) qo'llanilmoqda (10- bobga qarang!).

Shuni ta'kidlab o'tish lozimki, Skott transformatori o'rnatilgan o'zgaruvchan tok tortuvchi nimstansiyalarida uch fazali iste'molchilarni ta'minlashda qo'shimcha ravishda uch fazali transformator o'rnatilishi talab etiladi. Bu esa tortuvchi nimstansiya xarajatlarini keskin ortishiga olib keladi. Shuning uchun ham uch fazali iste'molchilarni ham ta'minlashga mo'ljallangan tortuvchi nimstansiyalarda (Rossiya Federatsiyasi va respublikamiz elektrlashgan temir yo'l elektr ta'minoti tizimlarida) Skott transformatorini o'rnatish iqtisod jihatdan kutilgan samarani bermaydi. Ushbu kamchilikni bartaraf etish maqsadida Rossiya Federatsiyasida professor R.R. Mamoshin rahbarligida uch sterjenli uch-ikki fazali transformator ishlab chiqilgan (2.23-rasm).

Ikki fazali tortish yuklamasini elektr energiyasi bilan ta'minlash uchun uchburchak va to'la bo'lmagan yulduz sxemalarda ulangan chulg'amlardan foydalaniladi. Bunda $U_{aT}(U_{ch})$ va $U_{a\Delta}(U_o)$ vektorlar orasidagi faza siljish burchagi 90° ga teng

(Skott effekti) va bu holatda yuklamalar nosimmetrik bo'lganda yuqori simmetriyalovchi effekt ta'minlanadi. Bunday transformator iste'mol qilayotgan toklar tizimi nosimmetriya koeffitsiyenti (2.16) formula yordamida, transformatoridan foydalanish quvvati esa (2.17) formula yordamida aniqlanadi. Bunday transformatorning Skott transformatoriga nisbatan afzalligi shundaki, transformator bakida tortish va 10(35) kV kuchlanishli uch fazali notortuvchi iste'molchilarni ta'minlovchi chulg'amlari joylashtiriladi. Bu tortuvchi nimstansiya qurish xarajatlarini sezilarli darajada kamaytirish imkonini beradi.

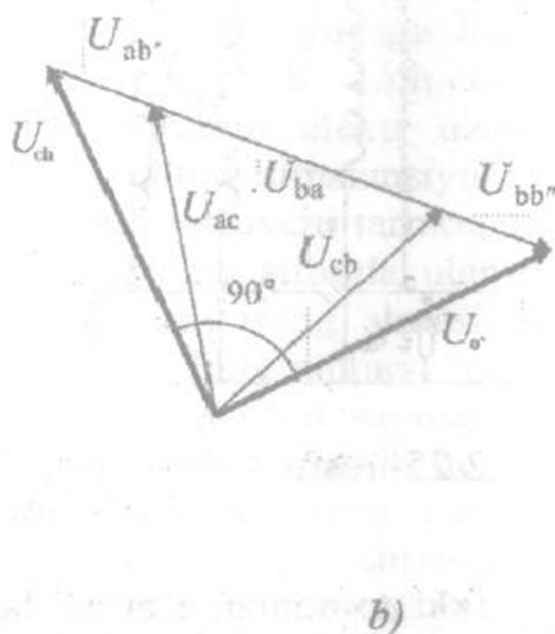
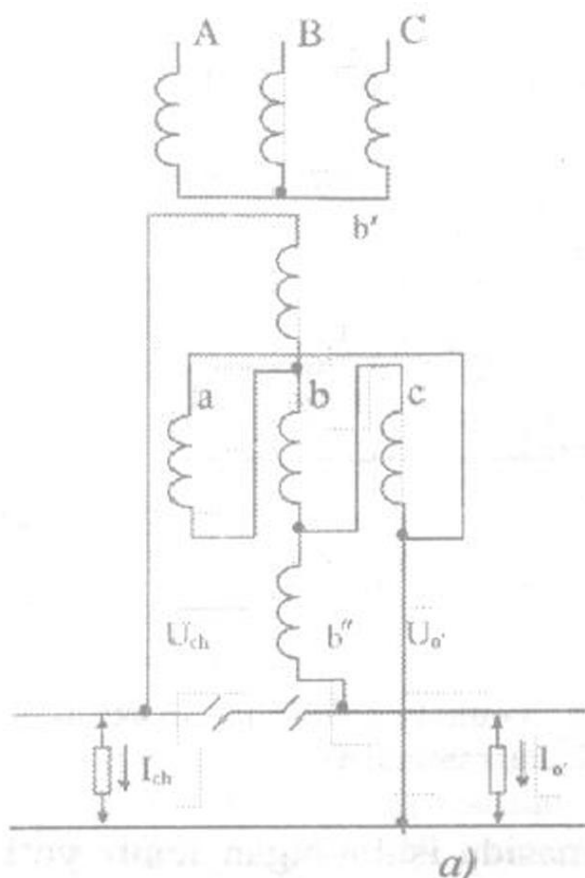


2.23- rasm. Uch sterjenli uch-ikki fazali transformator: *a* – chulgʻamlar ulanish sxemasi; *b* va *v* – ikkilamchi chulgʻamlar vektor diagrammalari; *g* – taʼminlash yelkalari kuchlanishlarining vektor diagrammasi

Uzoq chet ellarda ushbu yoʻnalishda olib borilgan tadqiqotlardan oʻzgaruvchan tok tortuvchi nimstansiyalarida oʻrnatish uchun ishlab chiqilgan Kyubner (2.24- rasm) va Leblan (2.25- rasm) transformatorlarini keltirib oʻtish mumkin.

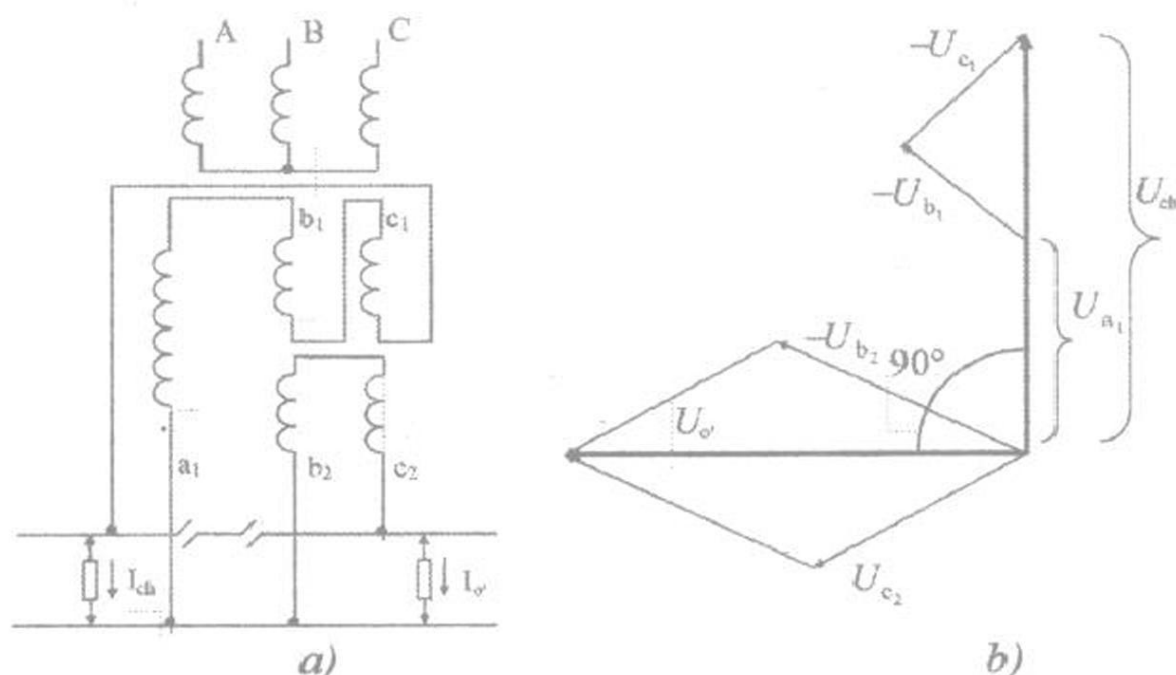
Kyubner va Leblan maxsus uch-ikki fazali transformatorlari ham uch sterjenli uch fazali transformatorlar boʻlib, ikkilamchi(tortuvchi) chulgʻamlari oʻzaro shunday ulanganki, natijada taʼminlash yelkalari kuchlanishlari vektorlari U_{ch} va $U_{o'}$ orasidagi faza siljish burchagi 90° ga teng (Skott effekti). Bu transformatorlarda ham ular isteʼmol qilayotgan toklar tizimi nosimmetriya koeffitsiyenti (2.16) formula yordamida, transformatoridan foydalanish quvvati esa (2.17) formula yordamida aniqlanadi.

Kyubner va Leblan transformatorlarida ham uch fazali notortuvchi isteʼmolchilarni taʼminlash uchun 10(35) kV kuchlanishli uch fazali chulgʻamlar joylashtirilgan.



2.24- rasm. Kyubner transformatori: chulg'amlar ulanish sxemasi;
b – kuchlanishlar vektor diagrammalari

Uch fazali tizim nosimmetrik yuklamasini energetik tizim va iste'molchilar ish rejimlariga ta'siri o'rganilganda kuchlanishlar nosimmetriyasi asosan elektr uzatish liniyalaridagi kuchlanish pasayishlari bilan aniqlanadi. Bu kuchlanish pasayishlari esa tortuvchi nimstansiyalarning joylashish o'rni va ularning yuklamalariga bog'liq bo'ladi. Tortuvchi nimstansiyalar liniyalarga qanday ketma-ketlikda ulanishidan qat'iy nazar har bir fazada bir xil kuchlanishlar pasayishiga erishib bo'lmaydi, chunki nosimmetrik yuklamalar elektr energiyasi manbalaridan har xil masofada joylashgan bo'ladi. Bu holatga amalda qo'llaniladigan tortuvchi nimstansiyalarni manba bilan ta'minlash sxemasi ham salbiy ta'sir ko'rsatadi (1.13- rasm). Chunki nimstansiyalarni navbati bilan liniyaning u yoki bu fazasiga ulash har bir alohida faza yuklama nosimmetriyasini oshirib yuboradi. Bundan tashqari, tortuvchi nimstansiyalar yuklamalari keng diapazonda doimiy ravishda o'zgarib turadi va nimstansiyalar yuklamalari umumiy holda bir-biriga teng bo'lmaydi.



2.25- rasm. Leblan transformatori: *a* - chulg'amlar ulanish sxemasi; *b* - kuchlanishlar vektor diagrammalari

Ikki tomonlama ta'minlash sxemasida ishlayotgan temir yo'l uchastkalarida Skott, Kyubner va Leblan transformatorlari o'rnatilgan yondosh nimstansiya elektr uzatish liniyasi va tortish tarmog'iga ulashda uning chap ta'minlash yelkasiga berilayotgan kuchlanish undan avvalgi nimstansiya o'ng ta'minlash yelkasiga berilayotgan kuchlanish bilan bir xil bo'lishi lozimligiga e'tibor berish kerak bo'ladi.

Umuman olganda, yuqorida ko'rib chiqilgan elektrlashgan temir yo'llar elektr ta'minoti sxemalari elektr uzatish liniyalarini bir tekis yuklanishi masalasini qisman hal qilsa-da, muammo to'laligicha hal bo'lmaydi. Shuning uchun ham nosimmetriya masalalari kitobning keyingi boblarida alohida o'rganiladi.

Nazorat savollari

1. O'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkalaridagi transformatorlar chulg'amlarining har xil ulanish sxemalariga qo'yiladigan asosiy talablarni ayting! 2. Transformator tortish chulg'amlari "yulduz-uchburchak-11" sxemada ulangan tortish tarmog'i ishlashini tushuntirib bering! 3. Nima sababdan transformator chulg'amlari "yulduz-uchburchak-11" ulangan sxema o'zgaruvchan tok elektrlashgan temir yo'llar elektr ta'minoti tizimida keng qo'llaniladi? 4. Nima sababdan transformator tortish chulg'amlari uchburchak sxemada ulanadi? 5.

Transformator tortish chulg'amlari "yulduz-uchburchak-11" sxemada ulanganda tortish chulg'amlaridagi faza toklarining fider toklari orqali ifodalarini keltirib chiqaring! 6. Transformator tortish chulg'amlari "yulduz-uchburchak-11" ulangan sxema uchun tok va kuchlanishlar vektor diagrammasini quring! 7. Tortish elektr ta'minoti tizimida nosimmetriyani yuzaga kelish sabablari va uning salbiy oqibatlarini ayting! 8. Uch fazali transformatorli tortuvchi nimstansiyalar guruhini elektr uzatish liniyasiga ulanish sxemalarini chizing! 9. Oltita nimstansiyali va ikki tomonlama manbadan ta'minlanayotgan tortuvchi tarmoqning elektr uzatish liniyasiga nisbatan tekis yuklama sifatida ulanishi uchun eng kam yuklangan fazalar ketma-ketligining almashlash tartibini keltiring! 10. Tortish tarmog'ini chulg'amlari "ochiq uchburchak" ulangan transformatorlardan ta'minlash sxemalarini chizing va ularning o'ziga xos xususiyatlarini tushuntirib bering! 11. Tortish tarmog'ini chulg'amlari "to'la bo'lmagan yulduz" ulangan transformatorlardan ta'minlash sxemalarini chizing va ularning o'ziga xos xususiyatlarini tushuntirib bering! 12. O'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkalarida iste'mol qilinayotgan toklar tizimining nosimmetriya koeffitsiyenti qanday formula yordamida aniqlanadi? 13. Transformatorning foydalanish quvvati deganda qanday quvvatni tushunasiz va u qanday aniqlanadi? 14. Skott sxemasi va uning o'ziga xos xususiyatlari nimalardan iborat? 15. Skott transformatori iste'mol qilayotgan toklar tizimining nosimmetriya koeffitsiyenti qanday formula yordamida aniqlanadi? 16. Skott transformatorining foydalanish quvvati qanday formula yordamida aniqlanadi? 17. Skott sxemasining afzalliklari va kamchiliklarini ayting! 18. Skott sxemasi yordamida simmetriyalovchi effekt (Skott effekti) qanday amalga oshiriladi? 19. Nima sababdan Rossiya Federastiyasi va respublikamiz elektrlashgan temir yo'l elektr ta'minoti tizimlarida Skott sxemasi kutilgan samarani bermaydi? 20. Rossiya Federastiyasida ishlab chiqilgan uch sterjenli uch fazali-ikki fazali transformator chulg'amlarining ulanish sxemasini, tok va kuchlanishlar vektor diagrammalarini chizib bering va o'ziga xos xususiyatlarini ayting! 21. Kyubner sxemasini chizing va o'ziga xos xususiyatlarini ayting! 22. Leblan sxemasini chizing va o'ziga xos xususiyatlarini ayting!

3- BOB. TORTISH ELEKTR TA'MINOTI TIZIMI ELEMENTLARINING ELEKTR PARAMETRLARI

Tortish elektr ta'minoti tizimi (tortuvchi nimstansiyalar, liniya qurilmalari, tortish tarmog'i) tarkibidagi elementlar aniq parametrlar va ko'rsatkichlar bilan tavsiflanadi hamda ular o'zaro bog'langan bo'lib, elektr xarakteristikalar ko'rinishida tasvirlanadi.

3.1. Tortish elektr ta'minoti tizimi elementlarining elektr xarakteristikalari

Tortuvchi nimstansiya qurilmalari (transformatorlar, to'g'rilagich agregatlari, filtr-kompensatsion elementlar) ning elektr xarakteristikalari tortish elektr ta'minoti tizimi foydali ish ko'effitsiyenti qiymatiga katta ta'sir ko'rsatadi. Shuning uchun ushbu qurilmalar elektr xarakteristikalariga qisman to'xtalamiz.

Tortuvchi nimstansiya transformatorlari, 1- bobda aytib o'tilganidek, tashqi elektr ta'minoti tizimidan olinayotgan elektr energiyasi yuqori kuchlanishini tortish tarmog'i, notortuvchi temir yo'l iste'molchilari, nimstansiyaning o'z ehtiyojlari, avtoblokirovka qurilmalari va temir yo'l atrofidagi notortuvchi iste'molchilar talab qiladigan qiymatlargacha pasaytirib berish uchun xizmat qiladi.

Transformator pasportida uning salt ish rejimidagi quvvat isrofi $P_{s.ish}$, kW qisqa tutashish rejimidagi quvvat isrofi $P_{q.t}$, kW va qisqa tutashish kuchlanishi $U_{q.t}$, % keltiriladi.

Transformator tekis yuklangandagi elektr energiyasi isrofi:

$$\Delta W = (P_{s.ish} + P_{q.t} \cdot k_{yu}^2) \cdot T, \text{ kW} \cdot \text{h}, \quad (3.1)$$

bu yerda T - transformator ishlash vaqti, soat; $k_{yu} = \frac{S_{or}}{S_{nom}}$ - yuklanish ko'effitsiyenti; S_{or} - transformator ishlash davomidagi o'rtacha quvvati, kV·A; S_{nom} - transformator nominal quvvati, kV·A.

Tortish tarmog'ida transformatorlar ko'pincha notekis yuklanadi. Bu rejimdagi elektr energiyasi isrofi:

$$\Delta W = (P_{s.ish} + P_{q.t} k_e^2) \cdot T, \quad (3.2)$$

bu yerda k_e -transformator notekis yuklanganligini tavsiflovchi koeffitsiyent (tortish tarmog'i uchun $k_e = 1,05 \div 1,10$).

Transformator qisqa tutashish kuchlanishi $U_{q.t}$ har bir ishlab chiqarilgan transformator uchun zavodda aniqlanadi.

Qisqa tutashish kuchlanishi transformator ikkilamchi chulg'amlaridan biri qisqa tutashtirilib, birlamchi kuchlanish noldan to qisqa tutashgan chulg'amdagi tok o'zining nominal qiymatiga erishguncha oshirilib aniqlanadi va nominal kuchlanishga nisbatan foizlarda baholanadi.

Transformator bitta fazasi induktiv qarishiligi:

$$X_T = \frac{U_{q.t} U_{nom}^2}{100 S_{nom}}, \Omega \quad (3.3)$$

bu yerda U_{nom} - transformator nominal kuchlanishi, kV.

To'g'rilagich agregati umumiy holda transformator, to'g'rilagich sxemasi, tok va kuchlanish shaklini silliqlovchi filtr, himoya va avtomatik rostlash qurilmalaridan tashkil topadi.

To'g'rilagichda to'g'rilangan kuchlanish o'rtacha qiymatini to'g'rilangan tok o'rtacha qiymatiga bog'liqligi uning tashqi xarakteristikasi deb ataladi, ya'ni: $U_d = f(I_d)$.

m-pulsli to'g'rilagich tashqi xarakteristikasi tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$U_{dm} = U_{do} \left[1 - \sin\left(\frac{\pi}{m}\right) U_{q.t} \frac{I_d}{I_{dnom}} \right] f(I_d), \quad (3.4)$$

bu yerda U_{do} - salt ish rejimidagi to'g'rilangan kuchlanish o'rtacha qiymati, kV; $\sin\left(\frac{\pi}{m}\right) = A$ - to'g'rilagich tashqi xarakteristikasi og'ish koeffitsiyenti, $m=6$ da $A=0,5$; $m=12$ da $A=0,26$; $m=24$ da $A=0,13$; I_{dnom} - to'g'rilangan tok nominal qiymati, A.

Ko'ppulsli to'g'rilagichlarda chiqish kuchlanishi miqdori nisbatan mo'tadil hisoblanadi. Bu muhim ko'rsatkich bo'lib, elektr harakat tarkibining tezligi bevosita tok qabul qilgichdagi kuchlanish miqdoriga bog'liq bo'ladi.

Tortuvchi nimstansiya shinalaridagi kuchlanish qiymati yuklama miqdoriga bog'liq va shuning uchun ham nimstansiya ish faoliyati uning tashqi xarakteristikasi bilan baholanadi.

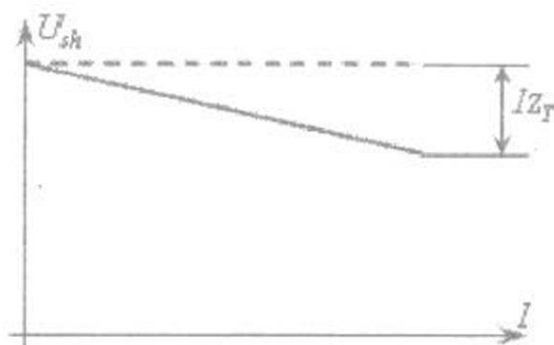
Bir fazali o'zgaruvchan tok nimstansiya shinalaridagi kuchlanish:

$$U_{sh} = U_{s,ish} - \Delta U_T = U_{s,ish} - I Z_T, \quad (3.5)$$

bu yerda $\Delta U_T = I Z_T$ - transformator Z_T qarshiligidagi kuchlanish pasayishi, kV; I - yuklama toki, A.

O'zgaruvchan tok tortuvchi nimstansiyasi tashqi xarakteristikasi 3.1- rasmda keltirilgan.

Uch fazali transformatorli o'zgaruvchan tok tortuvchi nimstansiyasida kuchlanish yo'qolishi har bir faza uchun alohida-alohida aniqlanadi. Bunda manba yelkalaridagi kuchlanish rejimi quyidagi xususiyatlarga ega:



3.1- rasm. Bir fazali transformatorli o'zgaruvchan tok tortuvchi nimstansiyasi tashqi xarakteristikasi

-fazasi orqada qoluvchi yelkadagi kuchlanish yo'qolishi qo'shni yelkadagi tok ta'sirida ortadi;

- fazasi ilgarilovchi yelkadagi kuchlanish yo'qolishi qo'shni yelka toki ta'sirida kamayadi.

Shunday qilib, ta'minlovchi manba ikkala yelkasidagi yuklama bir xil bo'lganda ham ulardagi kuchlanish har xil bo'ladi. Bu esa, avval ta'kidlanganidek, tarmoqda muvozanatlovchi toklar yuzaga kelishiga va natijada kontakt tarmog'ida qo'shimcha isroflar paydo bo'lishiga sabab bo'ladi hamda yelkalardagi kuchlanishlarni rostlash jarayonini qiyinlashtiradi.

Tortuvchi nimstansiya tortish elektr ta'minoti tizimining muhim qismlaridan biri hisoblanadi. Uning boshqa muhim qismiga tortish tarmog'i kiradi. O'z navbatida bu tarmoq ta'minlovchi va so'ruvchi fiderlar, kontakt tarmog'i, rels zanjiri hamda liniya (qurilma)laridan tashkil topadi. Rels zanjiri tortish toki o'tadigan berk zanjirning bir qismi hisoblanadi hamda avtoblokirovka ishi bajarilishini ta'minlaydi.

3.2. Tortish rels zanjirlari

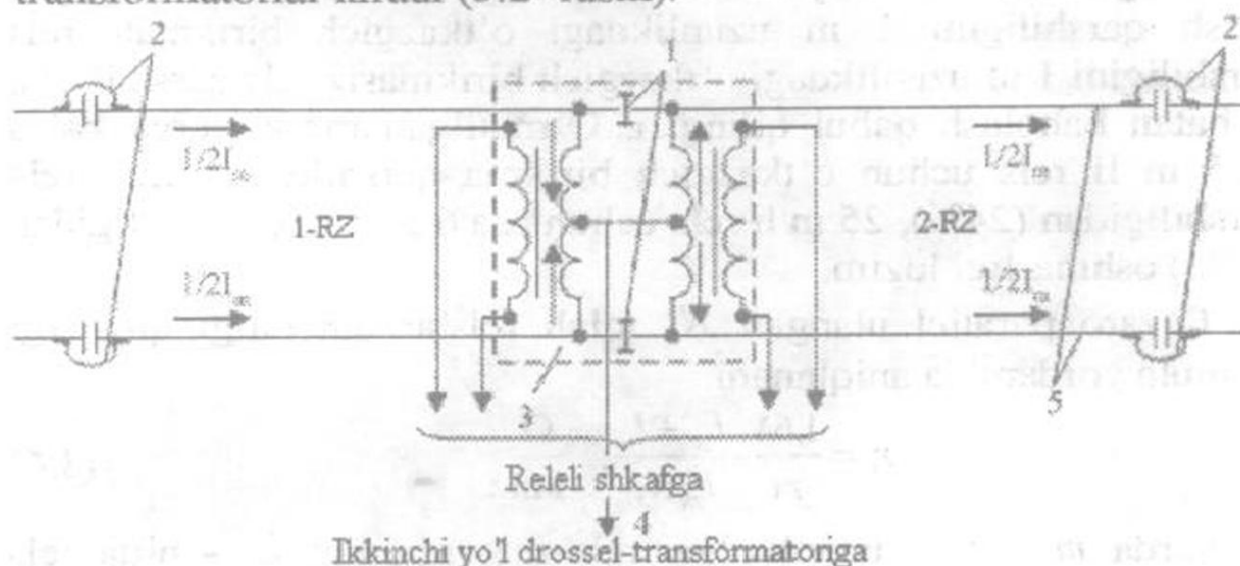
Aytib o'tganimizdek, relslar tortish tarmog'i zanjirining bir qismi hisoblanadi va undan tortish toki o'tadi. Avtoblokirovka rels zanjirining turiga qarab tortish toki relslarning bittasidan yoki ikkalasidan ham o'tishi mumkin.

Tortish rels zanjirida quyidagi parametrlar mumkin qadar kichik qiymatlarda bo'lishi talab etiladi:

- relslar qarshiliklari;
- relslarning yerga nisbatan potentsiallari;
- yer orqali birlashgan daydi toklar.

Bundan tashqari, tortish rels zanjiri avtoblokirovka zanjirlaridan ajratilgan bo'lishi lozim.

Rels zanjirining asosiy elementlariga relslar, ketma-ket joylashgan relslarni o'zaro ulovchi birikma, ularni o'zaro izolatsiyalovchi birikma, relsli yo'llarni o'zaro ulagich va drossel - transformatorlar kiradi (3.2- rasm).



3.2- rasm. Tortish rels zanjirining ikki tolali variantida rels tolalarining ulanish sxemasi: 1 - izolatsion birikma; 2 - o'tkazgich birikma; 3 - drossel-transformator; 4 - yo'llarni o'zaro ulagich; 5 - relslar; 1- 1- RZ, 2- RZ - 1- va 2- rels zanjirlari

Tortish rels zanjirlarining ikkita tolali variantida tortish va avtoblokirovka toklari bir vaqtning o'zida ikkala toladan o'tadi. Bunda o'zgarmas tokli temir yo'l uchastkalarida avtoblokirovka uchun 50 Hz yoki 25 Hz chastotali o'zgaruvchan kuchlanish, 50 Hz chastotali o'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkalarida - 25 Hz chastotali o'zgaruvchan kuchlanish manbalaridan foydalaniladi.

Temir yo'l uchastkalarining o'zaro parallel ulanishi yo'llararo ulagichlar yordamida amalga oshiriladi. Bu ulagichlar yo'l drossel – transformatorlari asosiy chulg'amlari seksiyalari o'rtalarini ulovchi simni ikkinchi yo'l drossel – transformatorlariga ulaydi. Shuni aytib o'tish joizki, yo'l drossel – transformatorlari izolatsion birikma bilan ajratilgan yondosh tortish rels zanjirlarini o'zaro induktiv bog'lab, ulardan tortish toki o'tishini ta'minlaydi.

Tortish rels zanjirining qarshiligi relslar qarshiligi va relslar tolalarini o'zaro ulovchi o'tkazgich birikma qarshiligidan tashkil topgan bo'ladi. Ulagich birikma qarshiligi keng diapazonda o'zgarishi mumkin. Uning qiymatiga birikmani relsga qotirish darajasi, birikma ishchi yuzasining holati, atrof-muhit sharoiti (ob-havo holati, namlik) katta ta'sir ko'rsatadi. Odatda, ulagich birikma yuzasi o'zgaras tok temir yo'l uchastkalari uchun 70 mm^2 , o'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkalari uchun esa 50 mm^2 bo'lgan elastik mis bo'lagi sifatida tayyorlanadi.

O'zgaras tok zanjirlarida o'tkazgich birikma hosil qilgan o'tish qarshiligini 1 m uzunlikdagi o'tkazgich birikmali rels qarshiligini 1 m uzunlikdagi o'tkazgich birikmasiz rels qarshiligiga nisbatan baholash qabul qilingan. O'rnatilgan me'yorlarga ko'ra 12,5 m li rels uchun o'tkazgich birikma qarshiligi 3 m li rels qarshiligidan (24%), 25 m li rels uchun esa 6 m li rels qarshiligidan (24%) oshmasligi lozim.

O'zaro parallel ulangan N_r tolali relslar qarshiligi quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

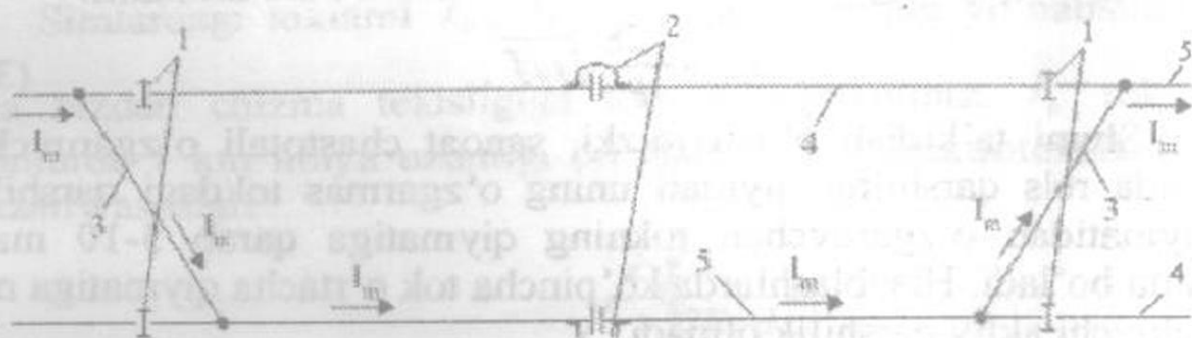
$$r_r = \frac{1,64}{m} \cdot \frac{l_{zv} + l_b}{l_{zv} N_r}, \quad \frac{\Omega}{\text{km}}, \quad (3.6)$$

bu yerda m - 1 m uzunlikdagi rels massasi, kg; l_{zv} - bitta rels zvenosi (ikkita paralel ulangan rels tolasi) uzunligi, m; l_b - ulagich birikma ekvivalent uzunligi, ya'ni qarshiligi ulagich birikma hosil qilgan qarshilikka teng bo'lgan rels uzunligi, m; N_r - rels tolalari soni.

Masalan, $l_{zv} = 12,5 \text{ m}$, $l_b = 2 \cdot 0,2 l_{zv}$ va $N_r = 2$ ga teng bo'lgan bitta temir yo'l zvenosining qarshiligi (3.6) ga ko'ra quyidagicha aniqlanadi:

$$r_r = \frac{1,64}{m} \cdot \frac{l_{zv} + l_b}{2 \cdot l_{zv}} = \frac{1,64}{m} \cdot \frac{12,5 + 2 \cdot 0,2 \cdot 12,5}{2 \cdot 12,5} \approx \frac{1,02}{m}, \quad \frac{\Omega}{\text{km}}. \quad (3.7)$$

Bitta tolali tortish rels sxemasi 3.3- rasmda keltirilgan. Bu sxemada tortish toki va avtoblokirovka toki zanjirlari relslar bo'ylab ajratiladi, ya'ni tortish relsli va avtoblokirovka relsi. Temir yo'lining har 300 m da tortish relslari 5 o'zaro relslararo o'tkazgich 3 yordamida ulanadi. Tortuvchi nimstansiyalar rels zanjirlariga so'ruvchi liniya yordamida ulanadi. So'ruvchi liniyalar izolatsiya (kabel)li yoki izolatsiyasiz (relsga ulanadigan qismi izolatsiyalangan) simlar ko'rinishida bo'ladi.



3.3- rasm. Bitta tolali tortish rels sxemasi:

1 – izolatsion birikma; 2 – o'tkazgich birikma; 3 – relslararo o'tkazgich;
4 – avtoblokirovka relsi; 5 – tortish relsi

O'tgan asrning 90- yillaridan boshlab temir yo'l avtomatikasi tizimida tonal rels zanjirlari qo'llanila boshlandi. Bunday rels zanjirlarining rels tolalarida izolatsion birikmalar mavjud emasligi bois liniya drossel-transformatorlari soni kamayib tortish rels zanjirlarining ishlash ishonchliligi ortadi.

O'zgaruvchan tok elektrlashgan temir yo'l uchastkalarida rels to'la qarshiligi aktiv va reaktiv (induktiv) tashkil etuvchilardan iborat bo'ladi. Rels tolalari ferromagnit material(po'lat)dan yasalganligi bois uning aktiv elektr qarshiligi undan o'tayotgan tok kattaligi va chastotasiga bog'liq bo'ladi.

Relslar aktiv qarshiligini Siklyerning quyidagi formulalari yordamida aniqlash mumkin:

$$r_{ra} = kr, \quad k = 1 + 0,8\beta^4, \quad \beta < 1; \quad k = 0,758 + \sqrt{1,343\beta^2 - 0,183}, \quad 1 \leq \beta \leq 3; \\ k = 0,758 + 1,159\beta, \quad \beta > 3;$$

$$\beta = 2 \cdot 10^{-2} \frac{S_p}{P} \sqrt{\frac{f}{\rho}} \mu, \quad (3.8)$$

bu yerda r_{ra} - relsning o'zgaruvchan tokdagi aktiv qarshiligi, Ω/km ; S - rels ko'ndalang kesimi yuzasi, sm^2 ; P - rels ko'ndalang

kesimi perimetri, sm; f - tok chastotasi, Hz; ρ - rels materiali(po'lat)ning solishtirma elektr qarshiligi, $\Omega \cdot m$; μ - rels materiali(po'lat)ning nisbiy magnit singdiruvchanligi. μ ning qiymati magnit maydoni kuchlanganligining rels yuzasidagi qiymatiga bog'liq bo'ladi va tajriba yo'li bilan qurilgan $\mu = f(H)$ grafiklardan olinadi. Bu yerda $H = \frac{I_r}{P}$, I_r - relsdan o'tayotgan tok.

r_{ra} ni quyidagi formula asosida hisoblash ham mumkin:

$$r_{ra} = \frac{0,28}{P} \sqrt{\mu \rho f} . \quad (3.9)$$

Shuni ta'kidlab o'tish joizki, sanoat chastotali o'zgaruvchan tokda rels qarshiligi qiymati uning o'zgarmas tokdagi qarshiligi qiymatidan o'zgaruvchan tokning qiymatiga qarab 5-10 marta katta bo'ladi. Hisoblashlarda ko'pincha tok o'rtacha qiymatiga mos keluvchi aktiv qarshilik olinadi.

Relslarning ichki induktiv qarshiligi uning aktiv qarshiligining 75% ini tashkil etadi, ya'ni:

$$x_r = 0,75 r_{ra} . \quad (3.10)$$

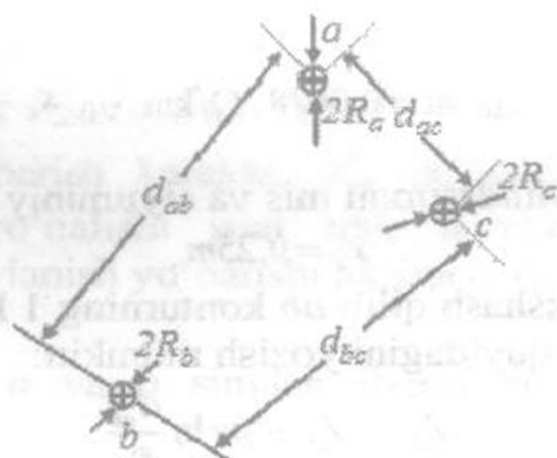
3.3. O'zgaruvchan tok tortish tarmog'i qarshiligini hisoblashning umumlashgan usuli

1. *Usulning mohiyati.* Tortish tarmog'i boshqa elektr uzatish liniyalaridan turli jinsli, ko'p sonli va o'zaro nosimmetrik joylashgan simlardan tashkil topganligi bilan farq qiladi. Hattoki, eng sodda ko'rinishdagi bir yo'lli uchastka tortish tarmog'i ham kontakt simi, uni ushlab turuvchi tros (keyingi o'rinlarda tros) va yer bilan elektr jihatdan kontaktda bo'lgan ikkita relsdan tashkil topgan. Bundan tashqari, kontakt osmasiga parallel ravishda kuchaytiruvchi va ekranlovchi simlar ham ulangan bo'lishi mumkin. Ikkita yo'lli uchastkada esa tortish tarmog'i oltita simdan va to'rtta relsdan iborat bo'ladi. Bunda tortuvchi tok bir qismi relsdan yerga o'tishi munosabati bilan undagi umumiy tok modul va faza jihatdan simlardagi toklardan farq qiladi. Bu holat va simlarning turli jinsli ekanligi tortish tarmog'i parametrlarini hisoblashni qiyinlashtiradi. Bunday sharoitda Pollyachek va Karson formulalaridan foydalanishga asoslangan odatdagi usullarni qo'llash murakkab matematik o'zgartirishlarni talab qiladi.

Shuning uchun ham quyida tarkibida istalgancha sondagi turli jinsli simlardan tashkil topgan tortish tarmog'ini hisoblashning umumiy usulini keltiramiz. Bu usul istalgan konturda tarmoqning barcha simlaridagi toklar hosil qiladigan EYKlarni hisobga olishga asoslangan.

Tortish tarmog'idagi kontakt simi a va chap rels b dan iborat konturni ko'rib chiqamiz. Tarmoqda bu konturdan tashqari c sim ham bo'lsin (3.4- rasm).

Simlardagi toklarni I_a, I_b, I_c bilan, ularning yo'nalishlarini esa bizdan chizma tekisligiga tomon belgilaymiz. I_a tok ab konturda 1 km liniya uzunligi bo'ylab bizga "Elektrotexnikaning nazariy asoslari"



3.4- rasm. Tortish tarmog'i qarshiligini hisoblash uchun chizma

kursidan ma'lum bo'lgan va quyidagi formula bilan aniqlanadigan ilashish magnet oqimini hosil qiladi:

$$\psi_{ab} = \frac{\mu_0 I_a \cdot 10^3}{2\pi} \int_{R_a}^{d_{ab}} \frac{d\rho}{\rho} + \psi_{ab,ich.} = \frac{\mu_0 I_a \cdot 10^3}{2\pi} \ln \frac{d_{ab}}{R_a} + \psi_{ab,ich.}, \quad \frac{V \cdot s}{km} \quad (3.11)$$

bu yerda $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$, $\frac{H}{m}$ - magnet doimiysi, ya'ni havoni absolyut magnet singdiruvchanligi; R_a - a simning radiusi; $\psi_{ab,ich.}$ - a sim ichki yuzasi orqali birlashgan ilashish magnet oqimi, $\frac{V \cdot s}{km}$;

$$R_a \leq \rho \leq d_{ab}.$$

O'z navbatida, ab konturda 1 km uzunlikda I_a tok hosil qilgan kuchlanish pasayishi:

$$\begin{aligned}\Delta \dot{U}_{ab} &= r_a \dot{I}_a + j\omega \left(\frac{\mu_0 \dot{I}_a \cdot 10^3}{2\pi} \ln \frac{d_{ab}}{R_a} + \psi_{ab,ich.} \right) = \\ &= (r_a + j2\omega \cdot 10^{-4} \ln \frac{d_{ab}}{R_a} + j\omega \frac{\psi_{ab,ich.}}{\dot{I}_a}) \dot{I}_a.\end{aligned}\quad (3.12)$$

Qulaylik uchun a sim qarshiligini quyidagicha belgilaymiz:

$$\underline{Z}_{ab} = \underline{Z}_a + jm \ln \frac{d_{ab}}{R_a}, \quad (3.13)$$

bu yerda $m = 2\omega \cdot 10^{-4} \Omega/\text{km}$; $\underline{Z}_a = r_a + jx_a$ - a simning to'la ichki qarshiligi.

$$\omega = 314 \text{ rad}^{-1} \quad \text{da} \quad m = 0,0628 \Omega/\text{km} \quad \text{va} \quad x_a = \omega \frac{\psi_{ab,ich.}}{\dot{I}_a}.$$

Ma'lumki, silindrsimon mis va alyuminiy simlar uchun

$$x_a = 0,25m. \quad (3.14)$$

(3.13) ga o'xshash qilib ab konturning 1 km uzunlikdagi b sim qarshiligi uchun quyidagini yozish mumkin:

$$\underline{Z}_{ba} = \underline{Z}_b + jm \ln \frac{d_{ab}}{R_b}. \quad (3.15)$$

Ta'kidlab o'tish lozimki, umumiy holda $\underline{Z}_{ab} \neq \underline{Z}_{ba}$. Ushbu qarshiliklar a va b simlar bir xil bo'lganda teng bo'ladi.

ab konturga c simdagi I_c tok ta'sirini ko'rib chiqamiz. Agar a va c simlardagi toklar yo'nalishlari bir xil deb olinsa, u holda ab konturning 1 km uzunligida I_c tok hosil qilgan kuchlanish pasayishini $\Delta U_{ab}^c = \Delta U_{cb} - \Delta U_{ca}$, (3.16) ko'rinishida yozish mumkin. (3.15) formulaga asoslanib quyidagilarni yozish mumkin:

$$\Delta U_{cb} = \left[\underline{Z}_c + jm \ln \left(\frac{d_{cb}}{R_c} \right) \right] \dot{I}_c, \quad (3.17), \quad \Delta U_{ca} = \left[\underline{Z}_c + jm \ln \left(\frac{d_{ac}}{R_c} \right) \right] \dot{I}_c. \quad (3.18)$$

(3.17) va (3.18) larni (3.16) ga qo'yib, quyidagini hosil qilamiz:

$$\Delta U_{ab}^c = jm \dot{I}_c \ln \left(\frac{d_{cb}}{d_{ac}} \right). \quad (3.19)$$

ab kontur va c sim va undan cheksiz uzoqlikda joylashgan simdan iborat bo'lgan kontur o'rtasidagi x_{ab}^c o'zaro induksiya qarshiligi tushunchasini kiritamiz:

$$x_{ab}^c = m \ln \left(\frac{d_{ab}}{d_{ac}} \right) \quad (3.20)$$

(3.20) ni hisobga olgan holda (2.19) formula quyidagicha yoziladi:

$$\Delta U_{ab}^c = j x_{ab}^c \dot{I}_c \quad (3.21)$$

Qisqa qilib aytganda, x_{ab}^c qarshilik c sim va ab kontur o'rtasidagi o'zaro qarshilik.

1 km uzunlikdagi liniya bo'ylab ab konturdagi umumiy kuchlanish pasayishi:

$$\Delta U_{ab}^c = Z_{ab} \dot{I}_a - Z_{ba} \dot{I}_b + j x_{ab}^c \dot{I}_c \quad (3.22)$$

Shunga e'tibor berish kerakki, x_{ab}^c ni aniqlaganimizda ab konturni aylanish yo'nalishi soat mili harakati yo'nalishida tanlangan edi, agar aylanish yo'nalishi aksiga o'zgartirilsa, u holda $x_{ba}^c = -x_{ab}^c$ bo'ladi.

Umumiy holda, a va b simdan iborat ab kontur va uni atrofidagi n ta $I_1, I_2, \dots, I_n$ tokli simlarni ko'rib chiqish mumkin. Unda (3.22) ifoda quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\Delta U_{ab}^c = Z_{ab} \dot{I}_a - Z_{ba} \dot{I}_b + j \sum_{i=1}^n x_{ab}^i \dot{I}_i \quad (3.23)$$

Yuqorida ko'rib chiqilgan hisoblash usulini kontakt tarmog'i simlarining turli xil soni va joylashishida qo'llash mumkin bo'ladi.

2. *Kontakt tarmog'i simlari o'rtasida toklar taqsimlanishi.* Kontakt simi va trosdan iborat bo'lgan kontakt tarmog'ini ko'rib chiqamiz. Bu tarmoqqa parallel joylashgan n ta simlardan mos ravishda $I_1, I_2, \dots, I_n$ toklar o'tayotgan bo'lsin. Bunda $I_t, I_k, I_{k,t}$ - mos ravishda tros, kontakt simi va kontakt tarmog'idan o'tayotgan toklar. "Tros - kontakt simi" konturi uchun (3.23) tenglamadan foydalanamiz. Bu konturda kuchlanish pasayishi nolga teng, chunki tros va kontakt simi teng koordinatlarida potensiallar o'zaro teng. Binobarin:

$$\underline{Z}_{tk} \dot{I}_t - \underline{Z}_{kt} \dot{I}_k + j \sum_{i=1}^n x_{ik}^i \dot{I}_i = 0, \quad (3.24)$$

bu yerda $\underline{Z}_{tk}$, $\underline{Z}_{kt}$ - “tros–kontakt simi” konturidaga mos ravishda tros va kontakt simi to‘la qarshiliklari; x_{ik}^i - “tros–kontakt simi” konturi va i - sim o‘rtasidagi o‘zaro induksiya qarshiligi.

(3.24) formulada yerdan o‘tayotgan toklarning “tros – kontakt simi” konturiga magnit ta’siri hisobga olinmagan, chunki toklar yerning chuqur qatlamlaridan o‘tganligi sababli bu ta’sir sezilarsiz darajada kam.

$\dot{I}_t + \dot{I}_k = \dot{I}_{k,t}$ (3.25) ni hisobga olib (3.24) formuladan quyidagilarni topamiz:

$$\dot{I}_t = \frac{\underline{Z}_{kt} \dot{I}_{k,t} - j \sum_{i=1}^n x_{ik}^i \dot{I}_i}{\underline{Z}_{tk} + \underline{Z}_{kt}}, \quad \dot{I}_k = \frac{\underline{Z}_{tk} \dot{I}_{k,t} - j \sum_{i=1}^n x_{ik}^i \dot{I}_i}{\underline{Z}_{tk} + \underline{Z}_{kt}}. \quad (3.26)$$

(3.26) formulalar suratlaridagi ikkinchi had nisbiy qiymati kichkina va shuning uchun uni inobatga olmaslik mumkin.

Ikkinchi had qiymatini baholab ko‘ramiz. Tros va kontakt simi orasidagi ekvivalent masofa tros osilishini inobatga olgan holda d_{kt} , i simni tros bilan oralig‘i d_{it} , kontakt simi bilan oralig‘i esa d_{ik} bo‘lsin. Agar $\underline{Z}_{tk}$, $\underline{Z}_{kt}$ va x_{ik}^i larni (3.13) va (3.20) formulalar orqali ifodalasak, u holda (3.26) formulalardagi birinchi formula suratidagi birinchi had quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$\left(\underline{Z}_k + jm \ln \frac{d_{kt}}{R_t} \right) \dot{I}_{k,t} - j \sum_{i=1}^n \dot{I}_i m \ln \left(\frac{d_{ik}}{d_{it}} \right). \quad (3.27)$$

Bu formula birinchi hadi qavs ichidagi ikkinchi hadi bilan formula oxirgi hadi ayirmasini tahlil qilamiz, ya’ni:

$$A = jm \left(\dot{I}_{kt} \ln \frac{d_{kt}}{R_t} - \sum_{i=1}^n \dot{I}_i \ln \left(\frac{d_{ik}}{d_{it}} \right) \right). \quad (3.28)$$

Tros bilan kontakt simi orasidagi ekvivalent masofa 1 m ga yaqin, ya’ni $d_{kt} = 1$ m, i sim bilan tros oralig‘i esa gorizonta o‘q bo‘ylab 3 m dan kam emas, ya’ni $d_{it} = 3$ m. Unda Pifagor teoremasidan $d_{ik} = \sqrt{d_{kt}^2 + d_{it}^2} = \sqrt{1^2 + 3^2} = \sqrt{10}$.

Bu holatda $\ln \frac{d_{ik}}{d_{ii}}$ ning absolyut qiymati $\ln \frac{d_{ik}}{d_{ii}} = \frac{\sqrt{10}}{3}$ da eng katta bo'ladi.

R_k va R_i $0,75 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ dan kichik bo'lganligi uchun $\ln \frac{d_{ki}}{R_k} > \ln \frac{10^2}{0,75} = 4,893$ va $\ln \frac{d_{ik}}{R_i} < \ln \frac{\sqrt{10}}{3} = 0,053$.

Agar i sim sifatida rels olinsa, u holda $d_{ik} = 6 \text{ m}$ va $d_{ii} = 7 \text{ m}$ deb qabul qilib, $\ln \frac{d_{ik}}{R_i} = -0,154$ ni hosil qilamiz. $\sum_{i=1}^n I_i \ln \left(\frac{d_{ik}}{d_{ii}} \right)$ ning eng katta absolyut qiymati $0,154 \sum_{i=1}^n I_i$ dan kichik bo'ladi.

Binobarin, ikkinchi had maksimal qiymati uchun quyidagiga ega bo'lamiz:

$$A = jm \left(4,893 I_{k,1} - 0,154 \sum_{i=1}^n I_i \right) \text{ yoki } A = j4,83m \left(I_{k,1} - 0,031 \sum_{i=1}^n I_i \right). \quad (3.29)$$

$\sum_{i=1}^n I_i$ kattalik amalda doim $I_{k,1}$ dan kichik bo'ladi. Haqiqatdan

ham bitta yo'lli temir yo'l uchastkasi uchun $\sum_{i=1}^n I_i$ tok relslardagi tokka, ikkita yo'lli uchastkasi uchun esa kontakt tarmog'i va relslardagi toklar farqiga teng. Shuning uchun ham (3.26) formulalardagi ikkinchi hadni bemalol tashlab yuborish mumkin.

Yuqorida keltirilgan asoslarga tayanib, (3.26) formulalarni quyidagicha yozishimiz mumkin:

$$I_i = \frac{Z_{ki}}{Z_{ik} + Z_{ki}} I_{k,1}, \quad I_k = \frac{Z_{ik}}{Z_{ik} + Z_{ki}} I_{k,1}, \quad (3.30)$$

bu yerdagi Z_{ki} va Z_{ik} larni (3.13) va (3.14) larga asoslanib quyidagicha yozishimiz mumkin:

$$Z_{ki} = r_k + jm(0,25 + \ln \frac{d_{ki}}{R_k}), \quad Z_{ik} = r_i + jm(0,25 + \ln \frac{d_{ik}}{R_i}). \quad (3.31)$$

(3.31) dagi 0,25 o'rniga $\ln \sqrt[4]{e} = \ln 1,28$ ni qo'yib, quyidagilarni hosil qilamiz:

$$Z_{ki} = r_k + jm \ln \frac{1,28 d_{ki}}{R_k}, \quad Z_{ik} = r_i + jm \ln \frac{1,28 d_{ik}}{R_i}. \quad (3.32)$$

(3.31) va (3.32) formulalar asosida tortish tarmog'i umumiy qarshiligini topish mumkin. Umumiy qarshilik esa tortish tarmog'idagi kuchlanish pasayishini aniqlash imkonini beradi.

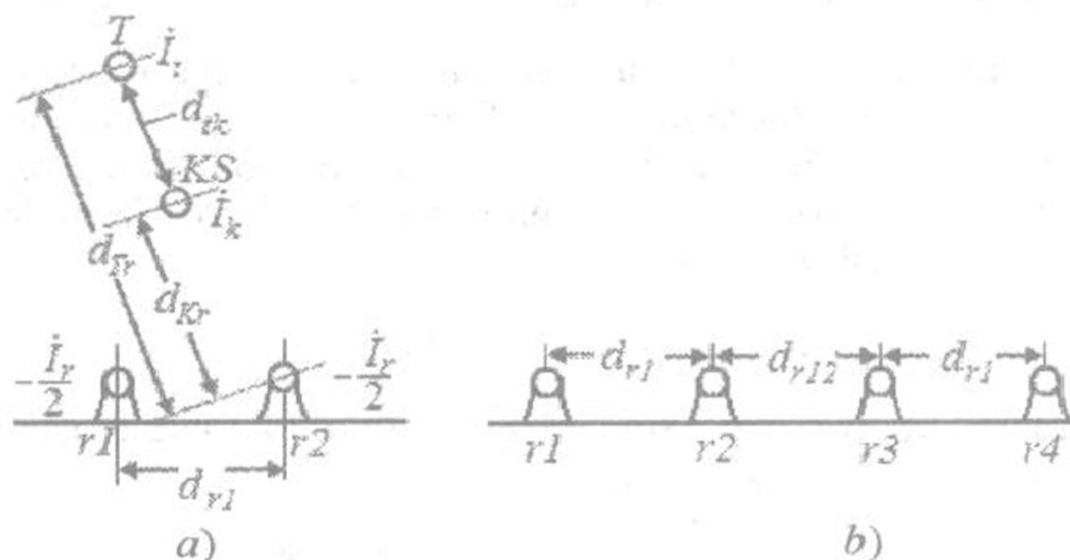
3. *Tortish tarmog'i qarshiligi.* Bitta yo'lli uchastka, ikkita yo'lli o'zaro bog'langan uchastka va ikkita yo'lli o'zaro bog'lanmagan uchastka tortish tarmog'i umumiy qarshiliklarini aniqlaymiz.

3.1. *Bitta yo'lli uchastka.* Tortish tarmog'i umumiy qarshiligini aniqlash uchun "kontakt simi – birinchi rels $r1$ " konturdagi kuchlanish pasayishini aniqlaymiz (3.5- rasm, a).

Buning uchun (3.23) formuladan foydalangan holda va toklarni rasmga ko'rsatilgan yo'nalishlarini hisobga olib Kirxgofning ikkinchi qonuni asosida quyidagi tenglamalarni yozamiz:

$$\Delta U_{kr1} = Z_{kr1} + Z_{r1k} \frac{I_{r1}}{2} + jx'_{kr1} I_t + jx''_{r1k} \frac{I_t}{2}, \quad (3.33)$$

bu yerda Z_{kr1} va Z_{r1k} - "kontakt simi - rels" konturidagi mos ravishda kontakt simi va bitta rels qarshiliklari; x'_{kr1} - tros va ko'rilayotgan kontur o'rtasidagi o'zaro induksiya qarshiligi; x''_{r1k} - ikkinchi rels $r2$ va ko'rilayotgan kontur o'rtasidagi o'zaro induksiya qarshiligi.



3.5- rasm. Bitta yo'lli uchastka tortish tarmog'i simlarining joylashish sxemasi (a) va relslarda toklar taqsimlanishini hisoblash uchun sxema (b): T-ushlab turuvchi tros; KS-kontakt simi; $r1, r2, r3, r4$ -relslar

(3.30) ga ko'ra $\dot{I}_k$ va $\dot{I}_r$ ifodalarni (3.33) ga qo'yib, quyidagini hosil qilamiz:

$$\Delta \dot{U}_{kr1} = \frac{\underline{Z}_{kr1} \underline{Z}_{rk} + j \underline{Z}_{rk} x_{kr1}^i}{\underline{Z}_{rk} + \underline{Z}_{kr}} \dot{I}_{k1} + \underline{Z}_{1r} \dot{I}_r, \quad (3.34)$$

bu yerda $\underline{Z}_{1rk} = 0,5(\underline{Z}_{r1k} + jx_{r1k}^{r2})$, (3.35) - bitta yo'lli uchastka "birinchi rels - kontakt simi" konturidagi relslar qarshiligi.

(3.13) formulaga ko'ra (3.5- rasm, a ga qarangi):

$$\underline{Z}_{r1k} = \underline{Z}_r + jm \ln \frac{d_{kr}}{R_r}, \quad (3.36)$$

bu yerda $\underline{Z}_r$ - rels to'la ichki qarshiligi $\underline{Z}_r = r_{ra} + jx_r = r_{ra} + j0,75r_{ra}$

bo'lganligi uchun $\underline{Z}_{r1k} = r_{ra} + j(0,75r_{ra} + m \ln(\frac{d_{kr}}{R_r}))$. (3.20) formulaga

asoslanib, x_{r1k}^{r2} va x_{kr1}^i lar uchun quyidagilarni yozamiz:

$x_{r1k}^{r2} = m \ln(\frac{d_{kr}}{R_{r1}})$; $x_{kr1}^i = m \ln(\frac{d_{kr}}{R_{rk}})$. Binobarin, bitta yo'lli relslar ekvivalent qarshiligi:

$$\underline{Z}_{1rk} = 0,5 \left[r_{ra} + j(0,75r_{ra} + m \ln(\frac{d_{kr}}{R_{rel}})) \right], \quad (3.37)$$

bu yerda $R_{rel} = \sqrt{R_r d_{r1}}$ - bitta yo'lli uchastka rels yo'liga ekvivalent bo'lgan shartli rels radiusi (3.5- rasm, a).

(3.13) formulaga asoslanib:

$$\underline{Z}_{kr1} = \underline{Z}_k + m \ln \frac{d_{kr}}{R_k}, \quad (3.38)$$

bu yerda R_k - yuzasi kontakt simi ko'ndalang kesim yuzasiga teng bo'lgan doira radiusi; $\underline{Z}_k$ - kontakt simi ichki qarshiligi.

Agar kontakt simi aktiv qarshiligi r_k bo'lsa, u holda (3.14) ni hisobga olib: $\underline{Z}_k = r_k + j0,25m$. Unda $0,25 = \ln \sqrt[4]{e} = \ln 1,28$ ekanligini inobatga olib:

$$\underline{Z}_{kr1} = r_k + jm \ln \frac{1,28 d_{kr}}{R_k}. \quad (3.39)$$

$\Delta \dot{U}_{kr1}$ ni endi quyidagicha yozish mumkin:

$$\Delta \dot{U}_{kr1} = \underline{Z}_{kr1} \dot{I}_{k1} + \underline{Z}_{1r} \dot{I}_r. \quad (3.40)$$

Bitta yo'lli uchastka kontakt tarmog'ining ekvivalent qarshiligi:

$$\underline{Z}_{1k,l} = \frac{\underline{Z}_{kr1} \underline{Z}_l^k + j \underline{Z}_{kl} x_{kr1}^l}{\underline{Z}_{kl} + \underline{Z}_{lk}} \quad (3.41)$$

$\underline{Z}_{1k,l}$ va $\underline{Z}_{lr}$ larni bilgan holda bitta yo'lli uchastka tortish tarmog'i umumiy qarshiligini topish mumkin. (3.40) tenglama ikki tomonini $\dot{I}_{k,l}$ ga bo'lib, tortish tarmog'i umumiy qarshiligining quyidagi ifodasini hosil qilamiz:

$$\frac{\Delta U_{kr1}}{\dot{I}_{k,l}} = \underline{Z}_{10} = \underline{Z}_{1k,l} + \frac{\dot{I}_r}{\dot{I}_{k,l}} \underline{Z}_{lr} = \underline{Z}_{1k,l} + \underline{v} \underline{Z}_{lr}, \quad (3.42)$$

bu yerda $\underline{v} = \frac{\dot{I}_r}{\dot{I}_{k,l}}$.

3.2. Ikkita yo'lli uchastka. Bunday uchastkada o'zaro induktiv bog'lanish ta'sirida relslardagi toklar notekis taqsimlanadi. Bu taqsimlanishga kontakt tarmog'i simlaridagi toklar ham, relslardagi toklar ham ta'sir ko'rsatadi. Kontakt tarmog'i toklaridan hosil bo'lgan va rels hosil qilgan konturni kesib o'tadigan magnit oqimlari relslar toklari hosil qilgan magnit oqimlaridan kichik va uni hisobga olmaslik mumkin. Relslardagi toklar taqsimlanishini 3.6- rasmdagi sxema tahlilidan aniqlash mumkin.

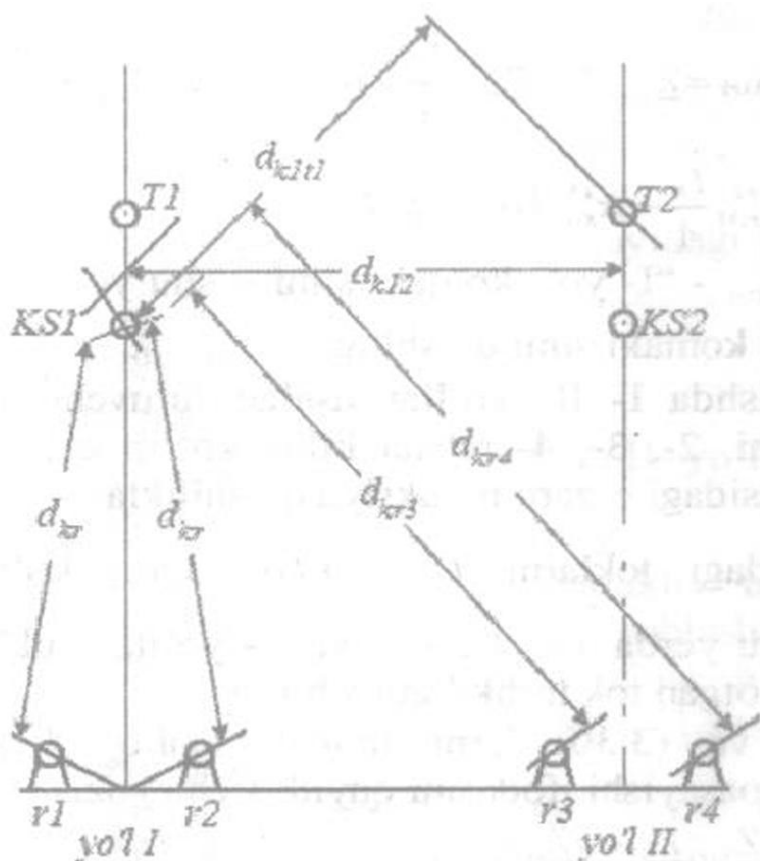
Simmetriya shartlariga ko'ra r_1 , r_4 va r_2 , r_3 relslardagi toklar juftligi teng. Binobarin, $2(\dot{I}_{r1} + \dot{I}_{r2}) = \dot{I}_r$, bu yerda $\dot{I}_r$ - relslardagi toklar yig'indisi.

r_1 va r_2 relslardan tashkil topgan kontur uchun $\dot{I}_3 = \dot{I}_2$ va $\dot{I}_4 = \dot{I}_1$ larni hisobga olib, quyidagini yozish mumkin:

$$\underline{Z}_{r1r2} \dot{I}_1 - \underline{Z}_{r2r1} \dot{I}_2 - jx_{r1r2}^{r3} \dot{I}_2 - jx_{r1r2}^{r4} \dot{I}_1 = 0 \quad (3.43)$$

bu yerda $\underline{Z}_{r1r2} = \underline{Z}_{r2r1} = \underline{Z}_r + jm \ln \frac{d_{r1}}{R_r}$ - r_1 va r_2 relslardan tashkil topgan konturdagi r_1 (r_2) rels qarshiliklari;

x_{r1r2}^{r3} - r_3 rels va r_1 , r_2 relslardan tashkil topgan kontur o'rtasidagi o'zaro induktiv qarshilik; x_{r1r2}^{r4} - r_4 rels va o'sha kontur o'rtasidagi o'zaro induktiv qarshilik.



3.6- rasm. Ikkita yo'li uchastka tortish tarmog'i simlarining joylashish sxemasi

(3.43) tenglamadagi noma'lumlarni guruhlarga ajratamiz:

$$(Z_{r1r2} - jx_{r1r2}^4)I_1 - (Z_{r2r1} + jx_{r2r1}^3)I_2 = 0 \text{ yoki } \frac{I_1}{I_2} = \frac{(Z_{r2r1} + jx_{r2r1}^3)}{(Z_{r1r2} - jx_{r1r2}^4)}. \quad (3.44)$$

(3.44) formula yordamida bajarilgan hisoblashlar alohida relslardagi toklar taqsimlanishi ularning o'rtacha qiymati $I_r/4$ dan modul bo'yicha 5 – 6% ga, argument bo'yicha esa 2 – 2,5% ga farq qilishini ko'rsatadi. Bu og'ishlarning tortish tarmog'i natijaviy qarshiligi qiymatiga ta'siri kam va shuning uchun ham relslardagi toklar taqsimlanishini bir tekis, deb hisoblash mumkin.

Uchastka bitta yo'li tortish tarmog'idagi kuchlanish pasayishini shu uchastkada joylashgan yuklamalar tokleri orqali yoki boshqa yo'ldagi yuklamani ta'siriga ko'ra aniqlash mumkin. Bunda I- va II- yo'llar kontakt tarmog'idagi toklar o'zaro teng emas (yo'llarni alohida ishlaydi yoki tugunli sxema), deb hisoblaymiz.

I- yo'l kontakt simi va shu yo'l tashqi (chap) relsidan tashkil topgan konturni ko'rib chiqamiz (3.6- rasimga qarang!). Bu konturdagi kuchlanish pasayishi quyidagicha yozilishi mumkin:

$$\Delta U_{k1r1} = \underline{Z}_{k1r1} \dot{I}_{k1} + \underline{Z}_{r1k1} \frac{\dot{I}_r}{4} + jx_{k1r1}^{r1} \dot{I}_{r1} + jx_{r1k1}^{r2} \frac{\dot{I}_r}{4} + jx_{r1k1}^{r3} \frac{\dot{I}_r}{4} +$$

$$+ jx_{r1k1}^{r4} \frac{\dot{I}_r}{4} + jx_{k1r1}^{k2} \dot{I}_{k2} + jx_{k1r1}^{r2} \dot{I}_{r2},$$
(3.45)

bu yerda $\underline{Z}_{k1r1}$ - "I- yo'l kontakt simi - shu yo'l tashqi(chap) rels" konturidagi kontakt simi qarshiligi; x_{k1r1}^{r1} , x_{k1r1}^{r2} , x_{k1r1}^{k2} , x_{k1r1}^{r2} , x_{k1r1}^{r3} , x_{k1r1}^{r4} - mos ravishda I- II- yo'llar ushlab turuvchi troslari, II- yo'l kontakt simi, 2-, 3-, 4- relslar bilan ko'rib chiqilayotgan kontur (k1r1) o'rtasidagi o'zaro induksiya qarshiliklari.

Relslardagi toklarni $I_r = I_{r1} + I_{r2}$ (3.46) ko'rinishda yozish mumkin. Bu yerda I_{r1} , I_{r2} - I- va II- yo'llar yuklamalaridan rels orqali o'tayotgan tok tashkil etuvchilari.

(3.46) va (3.30) larni inobatga olib "k1r1" konturdagi kuchlanish pasayishi ifodasini quyidagicha yozish mumkin:

$$\Delta U_{k1r1} = \frac{\underline{Z}_{k1r1} \underline{Z}_{rk} + j \underline{Z}_{rk} x_{k1r1}^{r1}}{\underline{Z}_{rk} + \underline{Z}_{rk}} \dot{I}_{k1} +$$

$$+ 0,25(\underline{Z}_{r1k1} + jx_{r1k1}^{r2} + jx_{r1k1}^{r3} + jx_{r1k1}^{r4}) \dot{I}_r + j \frac{\underline{Z}_{rk} x_{k1r1}^{k2} + \underline{Z}_{rk} x_{k1r1}^{r2}}{\underline{Z}_{rk} + \underline{Z}_{rk}} \dot{I}_{k2}.$$
(3.47)

(3.20) formulaga ko'ra:

$$x_{k1r1}^{k2} = m \ln \frac{d_{r1k2}}{d_{k1r2}}; \quad x_{k1r1}^{r2} = m \ln \frac{d_{r1r2}}{d_{k1r2}}.$$
(3.48)

(3.47) formula ikkinchi hadini (3.13), (3.48) va (3.10) formulalarni inobatga olgan holda o'zgartirib, ikkita yo'lli relslar uchun keltirilgan qarshilik ifodasini hosil qilamiz:

$$\underline{Z}_{2rk} = 0,25 \left\{ r_{ra} + j \left[0,75 r_{ra} + m \left(\ln \frac{d_{kr}}{R_r} + \ln \frac{d_{kr}}{d_{r1}} + \ln \frac{d_{kr3}}{d_{r1} + d_{r12}} + \ln \frac{d_{kr4}}{2d_{r1} + d_{r12}} \right) \right] \right\} =$$

$$= 0,25 \left\{ r_{ra} + j \left[0,75 r_{ra} + m \ln \frac{d_{kr}^2 d_{kr3} d_{kr4}}{R_r d_{r1} (d_{r1} + d_{r12}) (2d_{r1} + d_{r12})} \right] \right\}. \quad (3.49)$$

Quyidagi belgilashlarni kiritamiz (3.5- rasm, b va 3.6- rasmga qarang!):

$R_{rE2} = \sqrt[4]{R_r d_{r1} (d_{r1} + d_{r12}) (2d_{r1} + d_{r12})}$ - ikkita yo'lli uchastka relsining ekvivalent radiusi;

$d_{rk1(o'r)} = \sqrt[4]{d_{kr}^2 d_{kr3} d_{kr4}}$ - I- yo'l kontakt simi va relslari orasidagi o'rtacha geometrik masofa.

Yuqoridagi belgilashlarni inobatga olib (3.49) formulani quyidagicha yozamiz:

$$Z_{2rk} = 0,25 \left[r_{ra} + j(0,75r_{ra} + 4m \ln \frac{d_{rk}(o'r)}{R_{rB2}}) \right] \quad (3.50)$$

(3.50) ni inobatga olsak (3.47) formula quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\Delta U_{k1r1} = Z_{1k1} \dot{I}_{k1} + Z_{2rk} \dot{I}_r + Z_{k12} \dot{I}_{k12}, \quad (3.51)$$

bu yerda $Z_{k12} = j \frac{Z_{ik} x_{k1r1}^{k2} + Z_{ik} x_{k1r1}^{r2}}{Z_{ik} + Z_{kr}}$, (3.52) - I- va II- yo'llar kontakt

tarmoqlari o'rtasidagi o'zaro induksiya qarshiligi.

Ikkala yo'l simlari orasidagi o'zaro induktiv bog'lanishni hisobga olish zarurati ko'pchilik sxemalarni hisoblashda ortiqcha qiyinchiliklarni yuzaga keltiradi. Shuning uchun ham quyida yo'llarni induktiv jihatdan to'la ajratish imkoniyati ko'rsatilgan.

(3.51) formulada induktiv bog'lanish $Z_{k12} \dot{I}_{k12}$ had bilan baholanadi. $\dot{I}_{k12}$ tokni $\dot{I}_r = \nu(\dot{I}_{k1} + \dot{I}_{k12})$ formuladan $\dot{I}_{k12}$ ni topib, uni (3.51) formulaga qo'yamiz va ayrim almashtirishlardan keyin quyidagini hosil qilamiz:

$$\Delta U_{k1r1} = Z_{1k1} \dot{I}_{k1} + Z_{2rk} \dot{I}_r, \quad (3.53)$$

bu yerda $Z_{1k1} = Z_{1k1} - Z_{k12}$; $Z_{2rk} = Z_{2rk} + Z_{k12}/\nu$, (2.54) - mos ravishda ikkita yo'lli uchastka bitta yo'li kontakt tarmog'i va relslarning ekvivalent qarshiliklari.

(3.53) formulada yondosh yo'l kontakt tarmog'ining toki $\dot{I}_{k12}$ qatnashmaydi. $\dot{I}_{k12}$ tokning hisoblanayotgan kontakt tarmog'i ishiga ta'siri ekvivalent qarshiliklarda hisobga olinadi. Natijada hisoblashlarda kontakt tarmoqlari o'rtasidagi o'zaro induktiv bog'lanish bevosita hisobga olinmaydi.

Agar turli yo'llar simlari o'zaro parallel ulangan bo'lsa, u holda $\dot{I}_{k1} = \dot{I}_{k12} = 0,5 \dot{I}_{k1}$ va $\dot{I}_{r1} = \dot{I}_{r2} = 0,5 \dot{I}_r$. Bu yerda $\dot{I}_{k1}$ va $\dot{I}_r$ - kontakt tarmog'i va relslardagi umumiy (yig'indi) toklar. Bu holatda (3.51) formula quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$\Delta U_{k1r1} = 0,5(Z_{1k1} + Z_{k12}) \dot{I}_{k1} + Z_{2rk} \dot{I}_r. \quad (3.55)$$

Binobarin, o'zaro parallel ulangan ikkita yo'l kontakt tarmog'ining ekvivalent qarshiligi:

$$\underline{Z}_{2k,se} = 0,5(\underline{Z}_{1k,t} + \underline{Z}_{k1,2}). \quad (3.56)$$

(3.55) formuladagi $\underline{Z}_{2rk}$ qarshilik (3.50) yordamida aniqlanadi.

O'zaro parallel ishlayotgan ikkita yo'lli uchastka tortish tarmog'ining umumiy qarshiligi:

$$\underline{Z}_{02} = \underline{Z}_{2k,se} + \underline{Z}_{2rk}. \quad (3.57)$$

Tortish tarmog'i umumiy qarshiligini kontakt tarmog'i va relslar qarshiliklariga ajratish hisoblashlarda kontakt tarmog'i va relslar parametrlariga tizim ish jarayonida bo'ladigan ta'sirlarni alohida-alohida o'rganish imkonini beradi. Aslini olganda, (3.40) va (3.55) formulalardagi qarshiliklarni ikkitaga ajratish shartli bo'lib, $\underline{Z}_{k,t}$ va $\underline{Z}_r$ qarshiliklar tashkil etuvchilarida kontakt simi va relslar orasidagi masofa ishtirok etadi.

Qarshiliklarni ikkita bo'lakka ajratish ayniqsa kontakt tarmog'i va relslardagi aktiv va reaktiv quvvat isroflarini hisoblashda qulaylik tug'diradi. Buning uchun, albatta, har bir kompleks qarshilikni aktiv va reaktiv tashkil etuvchilarga ajratish lozim bo'ladi.

3.3. Kuchaytiruvchi simli kontakt tarmog'i qarshiligi. Elektrlashgan temir yo'llarning yuklama miqdori katta bo'lgan uchastkalari elektr ta'minoti tizimini kuchaytirish maqsadida kontakt tarmog'i osma kuchaytiruvchi sim bilan ta'minlanadi. Bu holatda o'zaro induktiv bog'langan konturlar soni (ayniqsa ikkita yo'lli uchastkalarda) ortadi. Bunday kontakt tarmog'i qarshiligini hisoblash ancha murakkablashadi.

Hisoblashlarni soddalashtirish maqsadida kuchaytiruvchi simdagi tok va uning atrofidagi magnit maydoni relslardagi toklar taqsimotiga ta'sir etmaydi, deb qabul qilinadi. Bu esa rels yo'li qarshiligini avvalgicha topish imkonini beradi. Asosiy masala esa kontakt simi, ushlab turuvchi tros va kuchaytiruvchi simlardan tashkil topgan kontakt tarmog'i qarshiligini hisoblash formulasini topishdan iborat bo'lib qoladi.

Agar bu simlar o'rtasidagi toklar taqsimotiga boshqa simlar (relslar va yondosh yo'l kontakt simlari)dagi toklarning ta'siri hisobga olinmasa, u holda ko'rilayotgan yo'l uchun quyidagi tenglamalar sistemasini yozish mumkin:

$$\left. \begin{aligned} \dot{I}_t + \dot{I}_k + \dot{I}_{kuch.} &= \dot{I}_{k.t}, \\ \underline{Z}_{tk} \dot{I}_t - \underline{Z}_{kt} \dot{I}_k + jx_{tk}^{kuch.} \dot{I}_{kuch.} &= 0, \\ jx_{kuch.k}^t - \underline{Z}_{k.kuch.} \dot{I}_k + \underline{Z}_{kuch.k} \dot{I}_{kuch.} &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (3.58)$$

bu yerda $\dot{I}_{kuch.}$ - kuchaytiruvchi simdagi tok; $\underline{Z}_{k.kuch.}$, $\underline{Z}_{kuch.k}$ - “kontakt simi - kuchaytiruvchi sim” konturidagi mos ravishda kontakt simi va kuchaytiruvchi sim qarshiliklari;

$x_{tk}^{kuch.}$ - “ushlab turuvchi tros - kontakt simi” konturi va kuchaytiruvchi sim o‘rtasidagi o‘zaro induksiya qarshiligi;

$x_{kuch.k}^t$ - “kuchaytiruvchi sim - kontakt simi” konturi va ushlab turuvchi tros o‘rtasidagi o‘zaro induksiya qarshiligi.

(3.58) tenglamalar sistemasini $\dot{I}_t$, $\dot{I}_k$ va $\dot{I}_{kuch.}$ toklarga nisbatan yechib, quyidagilarni hosil qilamiz:

$$\left. \begin{aligned} \dot{I}_t &= \left(\underline{Z}_{kt} \underline{Z}_{kuch.k} - j \underline{Z}_{k.kuch.} x_{tk}^{kuch.} \right) \frac{\dot{I}_{k.t}}{\underline{\gamma}}, \\ \dot{I}_k &= \left(\underline{Z}_{tk} \underline{Z}_{kuch.k} + x_{kuch.k}^t x_{tk}^{kuch.} \right) \frac{\dot{I}_{k.t}}{\underline{\gamma}}, \\ \dot{I}_{kuch.} &= \left(\underline{Z}_{tk} \underline{Z}_{kuch.k} j \underline{Z}_{kt} x_{kuch.k}^t \right) \frac{\dot{I}_{k.t}}{\underline{\gamma}}. \end{aligned} \right\} \quad (3.59)$$

bu yerda $\underline{\gamma} = (\underline{Z}_{kuch.k} - jx_{kuch.t}^t)(\underline{Z}_{k.kuch.} + \underline{Z}_{kt}) + (\underline{Z}_{tk} - jx_{tk}^{kuch.})(\underline{Z}_{k.kuch.} + jx_{kuch.k}^t)$.

“Kontakt simi - 1- yo‘l relsi” konturida kontakt tarmog‘i simlaridagi toklar hosil qilgan kuchlanish pasayishi:

$$\Delta \dot{U}_{k.t} = \underline{Z}_{k1r1} \dot{I}_{k1} + jx_{k1r1}^{t1} \dot{I}_t + jx_{k1r1}^{kuch.1} \dot{I}_{kuch.} \quad (3.60)$$

Kuchaytiruvchi simga ega bo‘lgan kontakt tarmog‘i qarshiligi:

$$\underline{Z}_{1kt.kuch.} = \frac{\Delta \dot{U}_{k.t}}{\dot{I}_{k.t}} \quad (3.61)$$

(3.60) formuladagi toklar o‘rniga ularning (3.59) sistemadagi ifodalarini qo‘yib, quyidagini hosil qilamiz:

$$\begin{aligned} \underline{Z}_{1kt.kuch.} &= \frac{\Delta \dot{U}_{k.t}}{\dot{I}_{k.t}} = \left[\underline{Z}_{k1r1} (\underline{Z}_{tk} \underline{Z}_{kuch.k} + x_{kuch.k}^t x_{tk}^{kuch.}) + \right. \\ &\quad \left. jx_{k1r1}^{t1} (\underline{Z}_{kt} \underline{Z}_{kuch.t} - j \underline{Z}_{k.kuch.} x_{tk}^{kuch.}) + jx_{k1r1}^{kuch.} (\underline{Z}_{tk} \underline{Z}_{k.kuch.} - j \underline{Z}_{kt} x_{kuch.k}^t) \right] / \underline{\gamma}. \end{aligned} \quad (3.62)$$

(3.62) formula ko‘rilayotgan yo‘l kontakt tarmog‘i qarshiligini yondosh kontakt tarmog‘i simlaridagi toklarni ko‘rilayotgan yo‘lning “kontakt simi - rels” konturidagi kuchlanish pasayishiga induktiv ta‘sirini hisobga olmagan holda topish imkonini beradi.

Agar bu ta‘sir hisobga olinsa, u holda ko‘rilayotgan konturda quyidagi qo‘shimcha kuchlanish pasayishini inobatga olish lozim bo‘ladi:

$$\Delta U_{k.kuch.12} = j \left(x_{k1r1}^{k2} \dot{I}_{k2} + x_{k1r1}^{r2} \dot{I}_{r2} + x_{k1r1}^{kuch.2} \dot{I}_{kuch.2} \right). \quad (3.63)$$

Bu o‘zaro ta‘sirga mos keluvchi o‘zaro induksiya qarshiligi:

$$\underline{Z}_{k.kuch.12} = \frac{j \left(x_{k1r1}^{k2} \dot{I}_{k2} + x_{k1r1}^{r2} \dot{I}_{k2} + x_{k1r1}^{kuch.2} \dot{I}_{kuch.2} \right)}{\dot{I}_{k12}}. \quad (3.64)$$

(3.64) formulaga $\dot{I}_{k2}$, $\dot{I}_{r2}$ va $\dot{I}_{kuch.2}$ toklarning (3.59) sistemadagi ifodalarini qo‘yib, quyidagini hosil qilamiz:

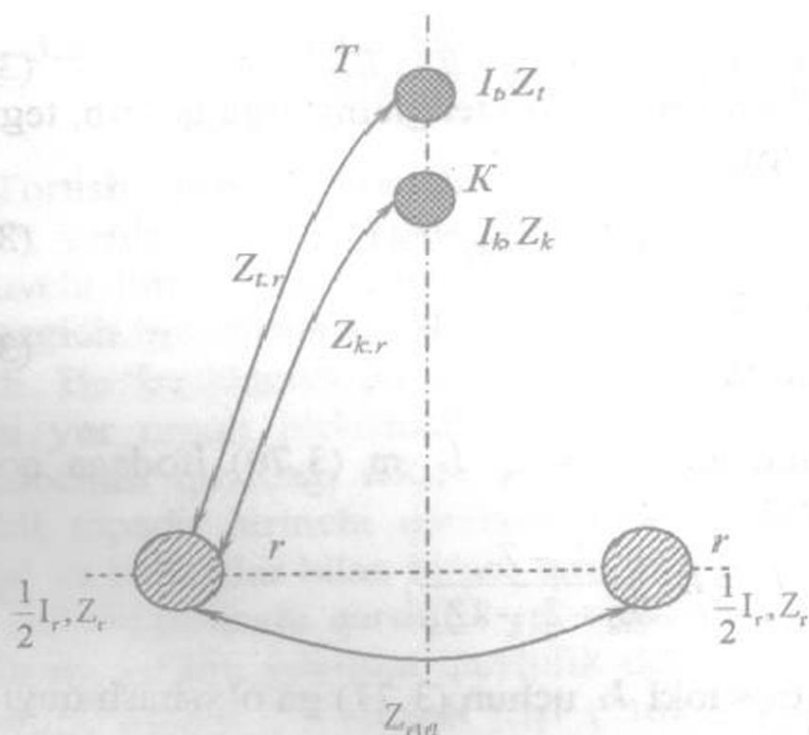
$$\underline{Z}_{k.kuch.12} = \frac{\Delta U_{k.kuch.12}}{\dot{I}_{k12}} = j \left[x_{k1l} \left(\underline{Z}_{tk} \underline{Z}_{kuch.k} + x_{kuch.k}^t x_{tk}^{kuch.} \right) + \right. \\ \left. + x_{k1r1}^{r2} \left(\underline{Z}_{kr} \underline{Z}_{kuch.k} - j \underline{Z}_{k.kuch} x_{tk}^{kuch.} \right) + x_{k1p1}^{kuch.2} \left(\underline{Z}_{tk} \underline{Z}_{k.kuch.} - j \underline{Z}_{kr} x_{kuch.k}^t \right) \right] / \gamma. \quad (3.65)$$

(3.62) va (3.65) formulalar I- va II- yo‘llar kontakt tarmoqlari o‘rtasidagi induktiv bog‘lanishni induktiv jihatdan ajratgan holda zanjirni hisoblash imkonini beradi.

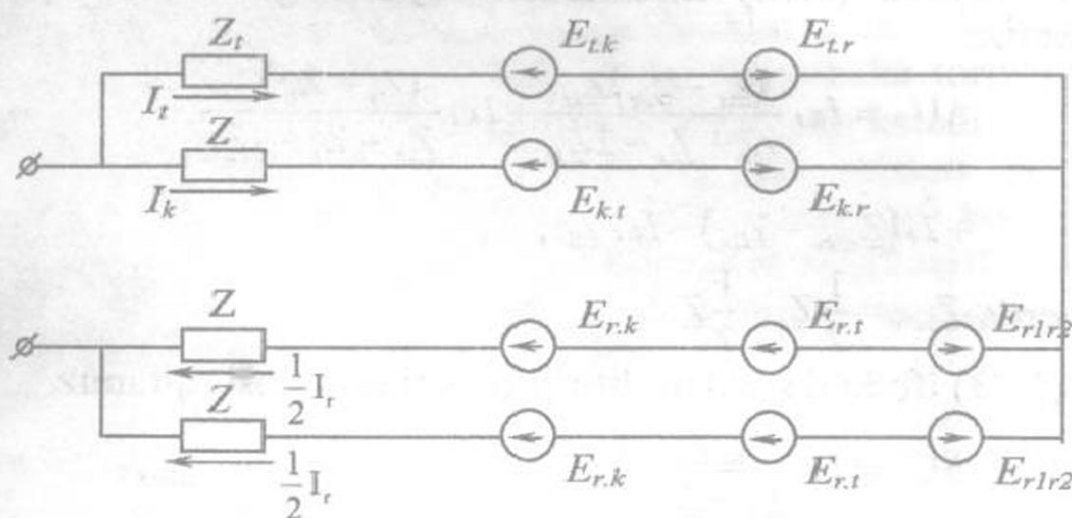
3.4. O‘zgaruvchan tok tortish tarmog‘i ekvivalent qarshiligini uning soddalashgan almashlash sxemasi yordamida aniqlash

O‘zgaruvchan tok tortish tarmog‘i ekvivalent qarshiligini bitta yo‘lli elektrlashgan temir yo‘l uchastkasi misolida aniqlaymiz (3.7-rasm). Uning soddalashgan almashlash sxemasi 3.8- rasmda keltirilgan. Unda $\underline{Z}_{kr} = \underline{Z}_{tr}$ deb hisoblaymiz. Unda:

$$\left. \begin{aligned} \dot{E}_{tr} &= \dot{I}_r \underline{Z}_{tr} = \dot{I}_r \underline{Z}_{kr}, & \dot{E}_{rt} &= \dot{I}_t \underline{Z}_{tr} = \dot{I}_t \underline{Z}_{kr}, \\ \dot{E}_{r1r2} &= \frac{1}{2} \dot{I}_r \underline{Z}_{r1r2}, & \dot{E}_{rk} &= \dot{I}_k \underline{Z}_{kr}, \\ \dot{E}_{kt} &= \dot{I}_t \underline{Z}_{kt}, & \dot{E}_{kr} &= \dot{I}_r \underline{Z}_{kr}, & \dot{E}_{tk} &= \dot{I}_k \underline{Z}_{t.k}. \end{aligned} \right\} \quad (3.66)$$



3.7- rasm. Tortish tarmog'i simlarining o'zaro joylashishi



3.8- rasm. Tortish tarmog'i ekvivalent qarshiligini aniqlash uchun uning soddalashgan almashlash sxemasi

“Ushlab turuvchi tros - rels” konturidagi EYKlar algebraik yig'indisi Kirxgof ikkinchi qonuniga ko'ra 1 km uzunlikdagi konturda kuchlanish pasayishiga teng, ya'ni (3.8 - rasm):

$$\Delta U_{tr} = -E_{tk} + E_{tr} - E_{r1r2} + E_{rt} + E_{rk}. \quad (3.67)$$

“Kontakt simi - rels” konturida esa:

$$\Delta U_{kr} = -E_{kr} + E_{kr} - E_{r1r2} + E_{rt} + E_{rk}. \quad (3.68)$$

(3.66) ifodalarni (3.67) va (3.68) tenglamalarga qo'yib, tegishli almashtirishlardan so'ng:

$$\dot{I}_t(\underline{Z}_t - \underline{Z}_{kt}) = \dot{I}_k(\underline{Z}_k - \underline{Z}_{kt}) \quad (3.69)$$

$$\text{yoki } \frac{\dot{I}_k}{\dot{I}_t} = \frac{\underline{Z}_t - \underline{Z}_{kt}}{\underline{Z}_k - \underline{Z}_{kt}} \quad (3.70)$$

$\dot{I}_{k,t} = \dot{I}_k + \dot{I}_t$ tenglamadan $\dot{I}_t = \dot{I}_{k,t} - \dot{I}_k$ ni (3.70) ifodaga qo'yib quyidagini hosil qilamiz:

$$\dot{I}_k = \dot{I}_{k,t} \frac{\underline{Z}_t - \underline{Z}_{kt}}{\underline{Z}_k + \underline{Z}_t - 2\underline{Z}_{kt}}. \quad (3.71)$$

Ushlab turuvchi tros toki $\dot{I}_t$ uchun (3.71) ga o'xshash quyidagi ifodani yozish mumkin:

$$\dot{I}_t = \dot{I}_{k,t} \frac{\underline{Z}_k - \underline{Z}_{kt}}{\underline{Z}_k + \underline{Z}_t - 2\underline{Z}_{kt}}. \quad (3.72)$$

(3.71) va (3.72) ifodalardan foydalangan holda quyidagini yozamiz:

$$\begin{aligned} \Delta \dot{U}_0 = & \dot{I}_{k,t} \frac{(\underline{Z}_t - \underline{Z}_{kt})\underline{Z}_{kt}}{\underline{Z}_k + \underline{Z}_t - 2\underline{Z}_{kt}} + \dot{I}_{k,t} \frac{(\underline{Z}_t - \underline{Z}_{kt})\underline{Z}_k}{\underline{Z}_k + \underline{Z}_t - 2\underline{Z}_{kt}} + \\ & + \dot{I}_r(\underline{Z}_{rekv} - \underline{Z}_{kr}) - \dot{I}_{k,t} \underline{Z}_{kr}, \end{aligned} \quad (3.73)$$

bu yerda $\underline{Z}_{rekv} = \frac{1}{2}\underline{Z}_r + \frac{1}{2}\underline{Z}_{r1r2}$.

(3.73) ifodani soddalashtirib quyidagini hosil qilamiz:

$$\Delta \dot{U}_0 = \dot{I}_{k,t} \frac{\underline{Z}_k \underline{Z}_t - \underline{Z}_{kt}^2}{\underline{Z}_k + \underline{Z}_t - 2\underline{Z}_{kt}} + \dot{I}_r(\underline{Z}_{rekv} - \underline{Z}_{kr}) - \dot{I}_{k,t} \underline{Z}_{kr}, \quad (3.74)$$

bu yerda $\underline{Z}_{kek} = \frac{\underline{Z}_k \underline{Z}_t - \underline{Z}_{kt}^2}{\underline{Z}_k + \underline{Z}_t - 2\underline{Z}_{kt}}$ - kontakt osmasi ekvivalent qarshiligi.

(3.74) dan tortish tarmog'ining 1 km uzunligiga to'g'ri keladigan to'la qarshiligini topamiz:

$$\underline{Z}_0 = \frac{\Delta \dot{U}_0}{\dot{I}_{k,t}} = \underline{Z}_{kek} - \underline{Z}_{kt} + \frac{\dot{I}_r}{\dot{I}_{k,t}}(\underline{Z}_{rekv} - \underline{Z}_{kr}). \quad (3.75)$$

(3.75) dan qisqa tutashish toki va kuchlanish pasayishini hisoblashda foydalaniladi.

3.5. O'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkalari relslarida potensial va toklar taqsimlanishi

Tortish tarmog'i kontakt osmasi va tortish relslaridan iborat bo'lib, yerdan izolatsiyalanmagan. Tortuvchi tok elektrovoz bilan so'ruvchi liniya (fider) oralig'idagi relslardan o'tganda relslar va o'tkazgich birikmalar qarshiliklarida kuchlanish pasayishini hosil qiladi. Bu kuchlanish pasayishlari ta'sirida tortuvchi tokning bir qismi yer orqali birlashadi. Zanjirning yer orqali birlashuvchi shoxobchasi quyidagi ikkita qarshilikni ketma – ket ulanishidan tashkil topadi: birinchi qarshilik rels bilan yer yuzi o'rtasidagi (shpal va ballastlar bilan birga) qarshilik bo'lib, u o'tish qarshiligi deb ataladi; ikkinchi qarshilik yer qatlamining tok o'tadigan qismi qarshiligi bo'lib, yoyilma qarshilik deb ataladi. Relslardan yerga tarmoqlanadigan tok sirqish toki ("ток утечки"), yer qatlamlari bo'ylab o'tadigan toklar esa daydi ("блуждающие") toklar deb ataladi.

Relslarni yerdan izolatsiyalanmaganligi shu narsaga olib keladiki, tortish tokining qaytish qismida relslar qarshiligiga parallel ulangan (o'tish va yoyilma qarshiliklar o'zaro ketma-ket ulangan) shoxobcha paydo bo'ladi va bu shoxobcha tortish toki qaytish qismi umumiy qarshiligini kamayishiga olib keladi.

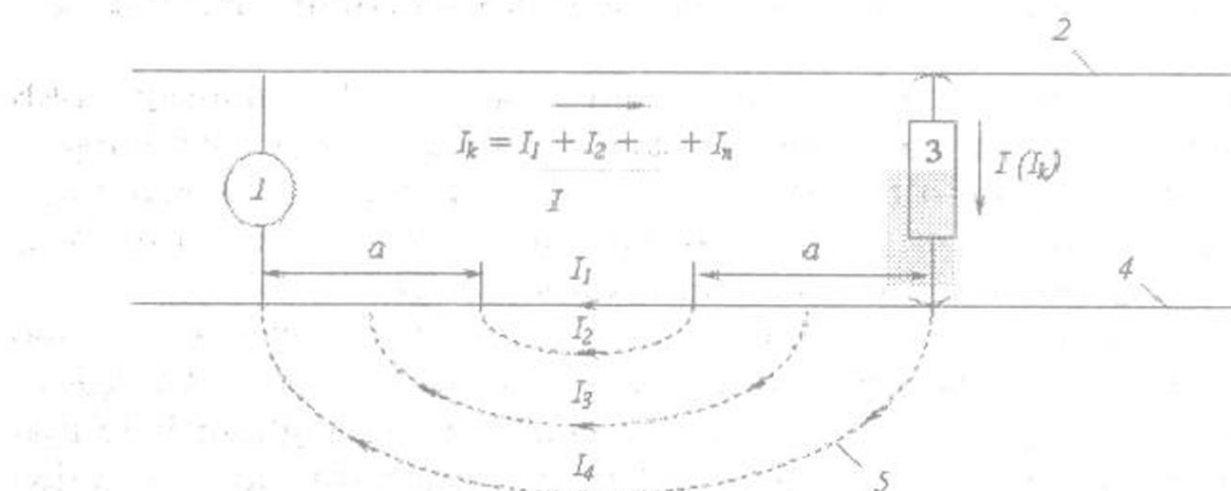
O'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkalari relslari bo'ylab tortish tokining taqsimlanish qonuniyati tortish tarmog'i konturlari orasida yuzaga keladigan o'zaro elektromagnit bog'lanish tufayli o'zgarmas tokning relslar bo'ylab taqsimlanishi qonuniyatidan birmuncha farq qiladi.

Tortish tokini relslar va yer bo'ylab o'tishining umumiy modeli 3.9- rasmda keltirilgan. Modelga binoan tortish tarmog'i bir-birini ichiga joylashtirilgan bir qancha konturlar majmuasidan iborat. Ushbu konturlarning geometrik o'lchamlari va binobarin, induktivliklari har xil hamda murakkab o'zaro induktiv bog'lanishga ega.

Kontakt tarmog'i toki I_k relslar va yer bo'ylab o'tayotgan toklar $I_1, I_2, \dots, I_n$ yig'indisiga teng. Shunday qilib, har bir konturning o'z toki mavjud, ya'ni $I_1, I_2, \dots, I_n$. Bunda berk konturlarning tortuvchi nimstansiya, kontakt tarmog'i va elektrovozdan tashkil topgan qismi umumiy, relslar va yerdan iborat ikkinchi qismi esa alohida – alohida. Masalan, I_2 tok o'tadigan kontur alohida qismi uzunligi $2a$ ga teng bo'lgan relslar

bo'lagi hamda o'tish va yoyilma qarshiliklaridan o'tadigan bo'lagi uzunligidan tashkil topgan bo'ladi.

O'zgaruvchan tok o'tayotgan o'tkazgich aktiv va reaktiv(xususan, induktiv) qarshiliklarga ega bo'ladi. O'tkazgich induktiv qarshiligi uni kesib o'tadigan magnit oqimi kattaligi va uning o'zgarish chastotasi(ichki induktiv qarshiligi)ga hamda o'tkazgich atrofida birlashadigan magnit oqimi kattaligi va o'zgarish chastotasi(tashqi induktiv qarshiligi)ga bog'liq bo'ladi. Tashqi induktiv qarshilik o'tkazgich ishtirok etayotgan kontur o'lchamlariga bog'liq: to'g'ri yo'nalishdagi tok o'tuvchi kontakt osmasi bilan qaytuvchi tok o'tadigan yer orasidagi masofa qancha katta bo'lsa, konturning induktivligi va binobarin, induktiv qarshiligi shuncha katta bo'ladi. Masalan, I_1 tok o'tadigan kontur induktivligi I_2 tok o'tadigan kontur induktivligidan kichik bo'ladi va hokazo (3.9- rasm).



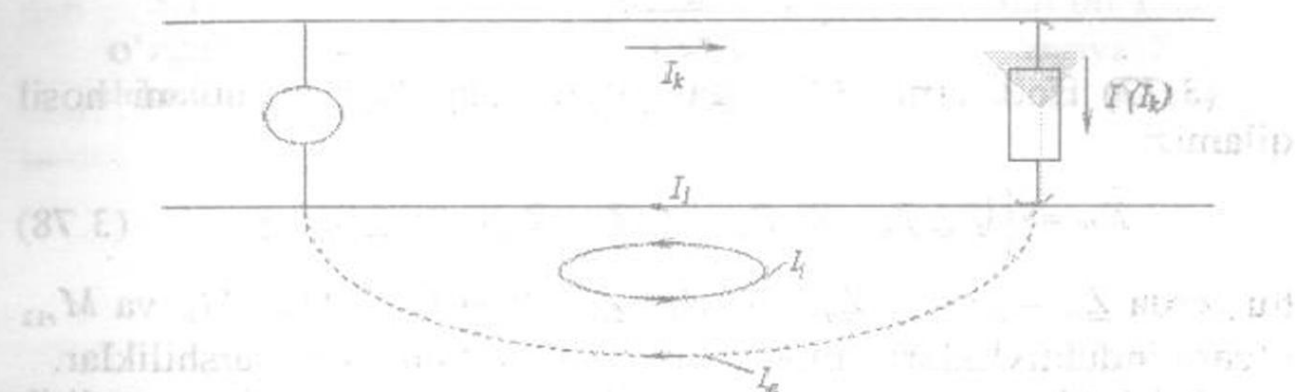
3.9- rasm. Tortish tokini relslar va yerdan o'tish modeli: 1- tortuvchi nimstansiya; 2- kontakt osmasi; 3- yuklama (elektrovoz); 4- relslar; 5- yer qatlamlaridan o'tayotgan daydi toklar

Konturlar induktivliklari har xil bo'lganligi sababli $I_1, I_2, \dots, I_n$ toklar bir – biridan faza jihatdan o'zaro siljigan bo'ladi. Shuning uchun ham yer yuzasidan chuqurlashib borgan sari uning qatlamlaridan o'tayotgan toklar zichligi kamayib boraveradi. Bu kamayish tezligi chastota ortishi bilan ($x = \omega L$ bo'lganligi uchun) ortib boradi. Masalan, sanoat chastotali tok yer bo'ylab bir necha kilometr chuqurlikkacha tarqalsa, tovush chastotali tok faqat bir necha yuz metr chuqurlikkacha tarqaladi.

Tortish tokini o'tish kartinasi tahlilini soddalashtirish maqsadida uni "kontakt osmasi - yer", "rels - yer" va "kontakt osmasi - rels" lardan tashkil topgan uchta konturli modelini ko'rib chiqamiz (3.10- rasm).

Birinchi kontur "kontakt osmasi - yer" ekvivalent kontur bo'lib undan $I_1, I_2, \dots, I_n$ toklar o'tadi. Ikkinchi kontur ("rels - yer") induksion tok konturi bo'lib, undan asosan I_k va I_w toklar atrofidagi o'zgaruvchan magnit maydoni yer qatlamida induksiya qilgan "uyurmaviy" toklar o'tadi. Uchinchi konturdan elektrovoz tortish tokining bir qismi va ikkinchi kontur "uyurmaviy" toklari birlashadi.

O'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkalarida tortish tokining relslardan o'tayotgan tashkil etuvchisi relslar bo'ylab o'zgarmas tokka nisbatan juda tez kamayadi. Bunga sabab shuki, relslarning to'la qarshiligi uning o'zgarmas tokdagi qarshiligidan ko'p marta



3.10- rasm. Tortish tokining relslar va yer bo'ylab o'tishining soddalashtirilgan modeli: I_l - induksion (uyurmaviy) tok; I_w - yerdan o'tayotgan tok

katta (bu nisbat relslarning nimstansiya va yuklama (elektrovoz) yaqinida ayniqsa katta qiymatga ega). Bundan tashqari, o'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkalarida fider zonalar uzunligi juda katta. Boshqacha qilib aytganda, nimstansiya bilan yuklama oralig'i nisbatan uzoq bo'lganda relslardan faqat "uyurmaviy" toklar o'tadi. Bunday hollarda relslardagi tokni kontakt osmasi tokiga proporsional, deb hisoblash mumkin.

O'zgaruvchan va o'zgarmas tok temir yo'l uchastkalari relslari bo'ylab potensial va toklarning o'zgarish qonuniyatini aniqlash uslubi bir xil. Faqat o'zgaruvchan tokda kontakt tarmog'i toki "rels - yer" konturida induksiya qilaydigan EYKni hisoblash jarayonini e'tiborga olish lozim bo'ladi.

Konturlar o'rtasidagi o'zaro induktivliklarni belgilab olamiz: "birinchi (chap) rels – yer" va "kontakt simi – yer" konturlari o'rtasidagi o'zaro induktivlik M_{kr} ; "ushlab turuvchi tros – yer" va "rels – yer" konturlar o'rtasidagi - M_{tr} ; "birinchi (chap) rels – yer" va "ikkinchi (o'ng) rels – yer" konturlari o'rtasidagi esa - M_{r12} .

Bitta yo'lli uchastka bitta relsidagi tok $0,5I_r$ ga teng. Shuning uchun 1 km uzunlikdagi "rels – yer" konturida hosil bo'lgan EYK:

$$\dot{E}_{re} = -j\omega \left(M_{kr} \dot{I}_k + M_{tr} \dot{I}_t + 0,5M_{r12} \dot{I}_r \right). \quad (3.76)$$

Bu ifodadagi $\dot{I}_k$ va $\dot{I}_t$ toklar kontakt tarmog'i toki $\dot{I}_{k,t}$ orqali quyidagicha yoziladi:

$$\left. \begin{aligned} \dot{I}_t &= \frac{\underline{Z}_{kt}}{\underline{Z}_{tk} + \underline{Z}_{kt}} \dot{I}_{k,t} \\ \dot{I}_k &= \frac{\underline{Z}_{tk}}{\underline{Z}_{tk} + \underline{Z}_{kt}} \dot{I}_{k,t} \end{aligned} \right\} \quad (3.77)$$

(3.77) ifodalarni (3.76) ga qo'yib, quyidagi formulani hosil qilamiz:

$$\dot{E}_{re} = - \left[(\underline{Z}_{kre} \underline{Z}_{tk} + \underline{Z}_{tre} \underline{Z}_{kt}) \dot{I}_{k,t} / (\underline{Z}_{tk} + \underline{Z}_{kt}) + 0,5 \underline{Z}_{r12e} \dot{I}_r \right], \quad (3.78)$$

bu yerda $\underline{Z}_{kre} = j\omega M_{kr}$; $\underline{Z}_{tre} = j\omega M_{tr}$; $\underline{Z}_{r12e} = j\omega M_{r12} - M_{kr}$, M_{tr} va M_{r12} o'zaro induktivliklarga mos keluvchi o'zaro induktiv qarshiliklar.

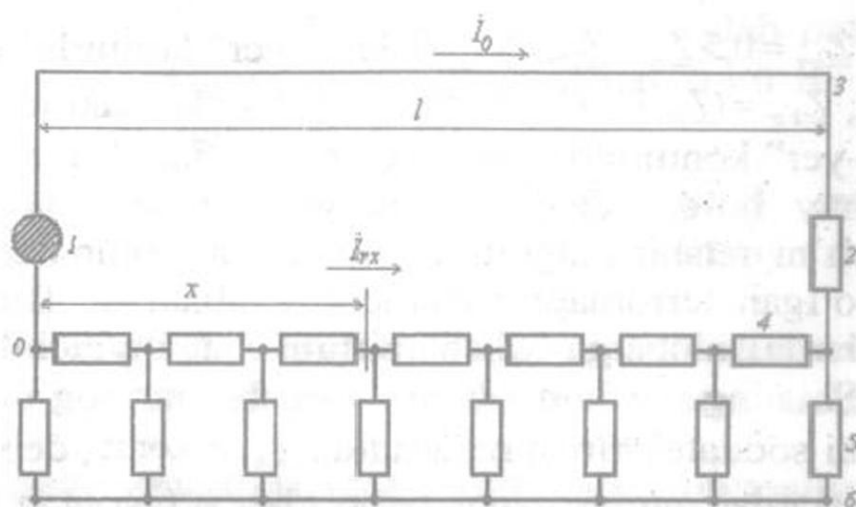
Relslardagi tok va potentsiallar taqsimlanishining analitik tenglamalarini bitta nimstansiya va bitta yuklama(elektrovov)ga ega bo'lgan bir fazali o'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkasi misolida aniqlaymiz (3.11- rasm). ox o'qi va tokning musbat yo'nalishi sxemada ko'rsatilgan.

Zanjirdagi potentsial φ_x va tok I_{rx} larni bir jinsli liniya (relslar) bo'ylab taqsimlanish qonuniyatlarini aniqlash maqsadida bir jinsli liniyaning dx uzunlikdagi bo'lagi uchun Kirxgof qonunlari asosida differensial tenglamalarni tuzamiz (3.12- rasm).

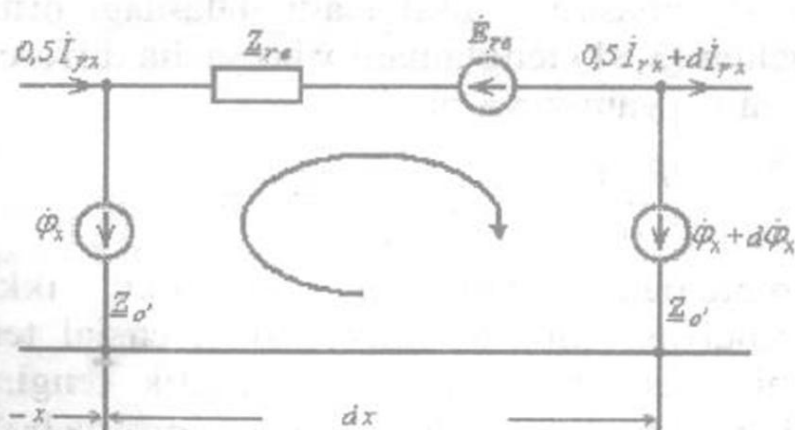
Zanjirdagi tugun uchun Kirxgof birinchi qonuni asosida quyidagi tenglamani tuzamiz:

$$0,5I_{rx} - \frac{\varphi_x}{\underline{Z}_o} dx - 0,5I_{rx} - dI_{rx} = 0 \text{ yoki } \frac{dI_{rx}}{dx} = -\frac{1}{\underline{Z}_o} \varphi_x, \quad (3.79)$$

bu yerda dI_{rx} - zanjirning uzunligi dx bo'lgan bo'lagidagi tok orttirmasi; $\dot{\varphi}_x$ - zanjir(rels)ning x koordinatali nuqtasidagi potentsiali; $\underline{Z}_{o'}$ - ikkita relsli yo'l o'tish qarshiligi.



3.11- rasm. Bitta nimstansiya va bitta yuklamali bir fazali o'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkasi: 1 – nimstansiya; 2 – elektrovoz; 3 – kontakt simi; 4 – relslar; 5 – o'tish qarshiligi; 6 – yer



3.12- rasm. Bir jinsli liniya (relslar)ning dx elementar uzunlikdagi bo'lagi

Zanjirning berk konturi uchun Kirxgofning ikkinchi qonuni asosida quyidagi tenglamani tuzamiz:

$$-\dot{\varphi}_x + \left(\underline{Z}_{re} 0,5 I_{rx} - E_{re} \right) dx + \dot{\varphi}_x + d\dot{\varphi}_x = 0$$

$$\text{yoki } \frac{d\dot{\varphi}_x}{dx} = - \left(\underline{Z}_{re} 0,5 I_{rx} - E_{re} \right), \quad (3.80)$$

bu yerda $d\dot{\varphi}_x$ - rels dx elementar uzunligidagi potentsial orttirmasi.

(3.80) tenglamadagi E_{re} o'rniga uning (3.78) ifodasini qo'yib, quyidagini hosil qilamiz:

$$\frac{d\varphi_x}{dx} = -\left(\underline{Z}_{ere} \dot{I}_{rx} + \underline{Z}_{k,tr} \dot{I}_{k,l}\right), \quad (3.81)$$

bu yerda $\underline{Z}_{ere} = 0,5(\underline{Z}_{re} + \underline{Z}_{12e})$ - "reklar - yer" konturining ekvivalent qarshiligi; $\underline{Z}_{k,tr} = (\underline{Z}_{kre}\underline{Z}_{tk} + \underline{Z}_{tre}\underline{Z}_{kt})/(\underline{Z}_{tk} + \underline{Z}_{kt})$ - "kontakt tarmog'i - yer" va "rels - yer" konturlari o'rtasidagi o'zaro induksiya qarshiligi.

Umumiy holda relslar qarshiligi ulardan o'tayotgan tokka bog'liq, ya'ni relslar magnit singdiruvchanligining qiymati tokka bog'liq bo'lgan ferromagnit element hisoblanadi. Bu bog'liqlikni hisoblashlarda inobatga olish birmuncha qiyinchiliklarga olib keladi. Shuning uchun ham tortish tarmog'i qarshiligini hisoblashni soddalashtirish maqsadida $\underline{Z}_{k,tr} = \text{const}$, deb hisoblanadi. Bunda relslardan uning uzunligi bo'ylab o'tayotgan tok o'rtacha qiymatiga mos keladigan μ qiymati olinadi va uni o'zgarmas deb qabul qilinadi.

(3.79) va (3.81) differensial tenglamalar ikki noma'lumli ikkita tenglamalar sistemasini tashkil etadi. Ulardagi bitta noma'lumni yo'qotish uchun (3.81) tenglamani x bo'yicha differensiallaymiz va unga (3.79) ni qo'yamiz, ya'ni;

$$\frac{d^2\varphi_x}{dx^2} = -\underline{Z}_{ere} \frac{d\dot{I}_{rx}}{dx} = \frac{\underline{Z}_{ere}}{\underline{Z}_o} \dot{\varphi}_x. \quad (3.82)$$

Oliy matematika kursidan ma'lumki, ikkinchi tartibli o'zgarmas koeffitsiyentli bir jinsli differensial tenglama (3.82) ning umumiy yechimi uning xarakteristik tenglamasi ildizlari haqiqiy va har xil bo'lganda quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$\varphi_x = \underline{A}e^{\gamma x} + \underline{B}e^{-\gamma x}, \quad (3.83)$$

bu yerda $\underline{A}$, $\underline{B}$ - integrallash doimiylari; $\gamma = \sqrt{\frac{\underline{Z}_{ere}}{\underline{Z}_o}}$ - elektromagnit to'liqinni zanjir bo'ylab tarqalish koeffitsiyenti, $1/\text{km}$.

(3.83) ni x bo'yicha differensiallab, uni (2.81)ga qo'yib, $\dot{I}_{rx}$ ni topamiz:

$$\dot{I}_{rx} = -\frac{1}{\underline{Z}_l} (\underline{A}e^{\gamma x} - \underline{B}e^{-\gamma x}) - \underline{n} \dot{I}_o, \quad (3.84)$$

bu yerda $\underline{Z}_t = \sqrt{\underline{Z}_{ere} \underline{Z}_{o'}}$ - zanjirning to'liq qarshiligi;
 $\underline{n} = \frac{\underline{Z}_{k,r}}{\underline{Z}_{ere}}; \dot{I}_o = \dot{I}_{k,r}$.

(3.83) va (3.84) tenglamalar umumiy hisoblanadi. Ulardan o'zgarmas tok temir yo'l uchastkasi relslari bo'ylab potensial va tok taqsimlanishi ifodalarini hosil qilish uchun $\omega = 0$ da $\underline{Z}_{ere} = R_{re}$, $\underline{Z}_{o'} = r_{o'}$ va $n = 0$ ekanligini hisobga olish kifoya.

(3.83) va (3.84) tenglamalardagi A va B integrallash doimiylari tizimning bir rejimi uchun chegaraviy shartlardan topiladi.

Chegaraviy shartlar qiymatlarini 3.13- rasmdagi sxema uchun ko'rib chiqamiz. Amalda keng tarqalgan holatga ko'ra $l_2 = \infty$, $l_3 = \infty$. 1-uchastka chegaralaridagi potensiallar qiymatlari φ_{o1} va φ_{e1} 2- va 3-uchastkalar chegaralaridagi potensiallar qiymatlariga mos ravishda teng:

$$\left. \begin{aligned} \varphi_{o1} &= \varphi_{o2}, \\ \varphi_{e1} &= \varphi_{o3}. \end{aligned} \right\} \quad (3.85)$$

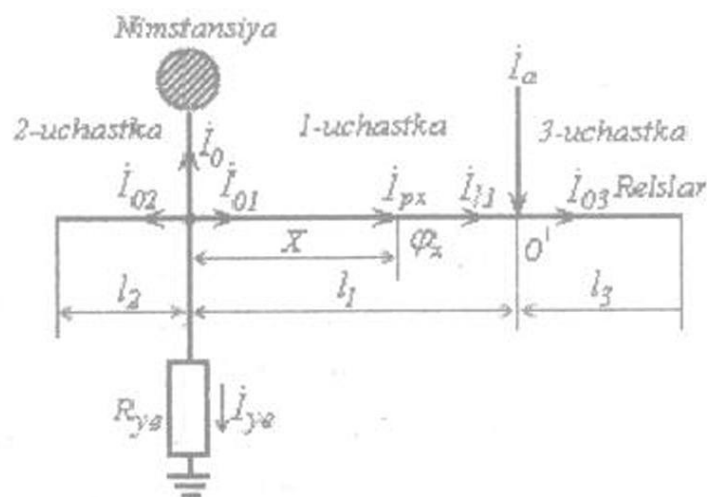
Ikki chetdagi (2- va 3-) uchastkalarda kontakt tarmog'idagi toklar va o'z navbatida relslarda o'zaro induksiya EYKlari nolga teng. Shuning uchun ham quyidagilarni yozish mumkin:

$$\left. \begin{aligned} \varphi_{o2} &= \dot{I}_{o2} \underline{Z}_t, \\ \varphi_{o3} &= \dot{I}_{o3} \underline{Z}_t. \end{aligned} \right\} \quad (3.86)$$

3.13- rasmdagi sxemada 0 va 0' tugunlardagi toklar algebraik yig'indilari mos ravishda nolga teng, ya'ni:

$$\left. \begin{aligned} -\dot{I}_{o1} - \dot{I}_{o2} - \dot{I}_o &= 0, \\ \dot{I}_n - \dot{I}_{o3} + \dot{I}_o &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (3.87)$$

bu yerda $\dot{I}_{o1}$, $\dot{I}_{o2}$ - 1- va 2- uchastkalar relslaridagi toklarning o tugundagi qiymatlari; $\dot{I}_{e1}$, $\dot{I}_{o3}$ - 1- va 3- uchastkalar relslaridagi toklarning o' tugundagi qiymatlari.



3.13- rasm. Bitta nimstansiya va bitta yuklamali o'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkasi sxemasi

Yerlangan qarshilik R_{ye} orqali o'tuvchi nimstansiya tokini so'ruvchi liniya potentsiali orqali quyidagi formula yordamida topilishi mumkin:

$$I_{ye} = \frac{\varphi_{o1}}{R_{ye}} \quad (3.88)$$

(3.85) – (3.88) tenglamalarga (3.83) va (3.84) tenglamalarning $x=0$ va $x=l_1$ koordinatalardagi qiymatlarini qo'yib va ularni $\underline{A}$ va $\underline{B}$ larga nisbatan birgalikda yechib, integrallash doimiylari ifodalarini aniqlaymiz:

$$\left. \begin{aligned} \underline{A} &= I_0(1-n) \frac{\underline{Z}_t}{2e^{\gamma l_1}}, \\ \underline{B} &= -I_0(1-n) \frac{\underline{Z}_t}{2} \frac{2R_{ye} + \underline{Z}_t e^{-\gamma l_1}}{2R_{ye} + \underline{Z}_t} \end{aligned} \right\} \quad (3.89)$$

(3.89) ifodalarni (3.83) va (3.84) tenglamalarga qo'yib, potentsial va toklarni relslar bo'ylab taqsimlanish formulalarini hosil qilamiz:

$$\varphi_x = -I_0(1-n) \frac{\underline{Z}_t}{2} \left(e^{-\gamma x} \frac{2R_{ye} + \underline{Z}_t e^{-\gamma l_1}}{2R_{ye} + \underline{Z}_t} - e^{-\gamma(l_1-x)} \right), \quad (3.90)$$

$$I_x = -\frac{I_0(1-n)}{2} \left(e^{-\gamma x} \frac{2R_{ye} + \underline{Z}_t e^{-\gamma l_1}}{2R_{ye} + \underline{Z}_t} + e^{-\gamma(l_1-x)} \right). \quad (3.91)$$

(3.90) va (3.91) larga o'xshash tenglamalarni boshqa dastlabki shartlar berilganda ham keltirib chiqarish mumkin. Ushbu yakuniy tenglamalarni elektrlashgan temir yo'llar elektr ta'minotiga oid adabiyotlardan olish mumkin.

3.6. Tortish tarmog'i tarkibiy va ekvivalent keltirilgan qarshiligi

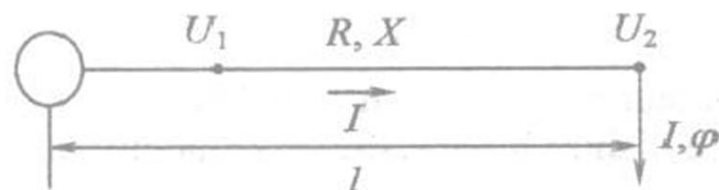
Tortish tarmog'i 1 km uzunlikdagi uchastkasi to'la kompleks qarshiligining shu uchastkadagi kompleks tokka ko'paytmasi tortish tarmog'i 1 km uzunlikdagi kuchlanish pasayishini tashkil etadi. Amalda esa iste'molchilar uchun kuchlanish pasayishi qiymatini emas, balki kuchlanish yo'qolishi qiymatini bilish muhimroq hisoblanadi. *Tortish tarmog'i uchastkasidagi kuchlanish yo'qolishi deb, shu uchastka boshi va oxiridagi kuchlanishlar modul qiymatlarining ayirmasiga aytiladi.* Boshqacha aytganda, kuchlanish pasayishi – nimstansiya va iste'molchi (elektrovoz) kuchlanishlarining geometrik ayirmasi, kuchlanish yo'qolishi esa shu kuchlanishlarning arifmetik ayirmasi.

Tortish tarmog'ining tarkibiy qarshiligi. Uzunligi l ga teng bo'lgan va yuklama(elektrovoz) oxirida joylashgan o'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkasini ko'rib chiqamiz (3.14- rasm).

Ushbu elektrlashgan temir yo'l uchastkasi kontakt tarmog'i boshidagi kuchlanish:

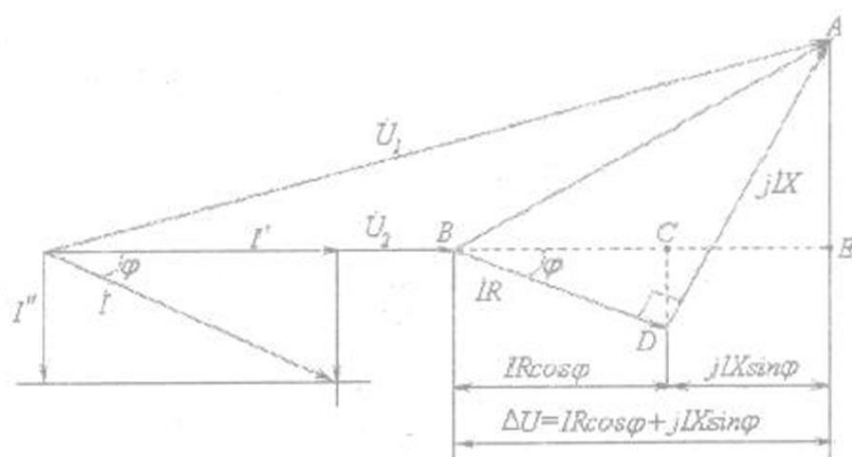
$$\dot{U}_1 = \dot{U}_2 + \dot{I}R + jIX, \quad (3.92)$$

bu yerda $\dot{U}_1$, $\dot{U}_2$ - uzunligi l ga teng bo'lgan uchastka boshi va oxiridagi kuchlanish; R , X - o'zgaruvchan tok zanjirining aktiv va reaktiv (induktiv) qarshiligi.



3.14- rasm. Bitta yuklamasi bo'lgan o'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkasi

Ko'rilayotgan elektrlashgan temir yo'l tortish tarmog'i uchastkasi uchun vektor diagramma 3.15- rasmda keltirilgan.



3.15- rasm. Bitta yuklamasi bo'lgan o'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkasi uchun vektor diagramma

Vektor diagrammada uchastkadagi kuchlanish pasayishi $\Delta U = U_1 - U_2$ BA kesma bilan tasvirlangan. $|\Delta U| = |\dot{U}_1| - |\dot{U}_2|$ kuchlanish yo'qolishi esa BE kesma bilan tasvirlangan. BD va DA vektorlarni kompleks tekislik musbat yarim o'qiga proeksiyalab, quyidagilarni yozish mumkin:

$$|BE| = |BD| + |CE|$$

$$\text{yoki } \Delta U = IR \cos \varphi + IX \sin \varphi = (R \cos \varphi + X \sin \varphi)I = ZI, \quad (3.93)$$

bu yerda $Z = R \cos \varphi + X \sin \varphi$ - *tarkibiy qarshilik* deb ataladi.

Tortish tarmog'i 1 km uzunligiga keltirilgan mos ravishda r va x ga teng bo'lgan aktiv va reaktiv qarshiliklari liniya bo'ylab o'zgarmas deb hisoblanadi, ya'ni: $R = rI$ va $X = xI$.

$$\text{Unda: } \Delta U = (r \cos \varphi + x \sin \varphi)I = ZI. \quad (3.94)$$

Elektrovozda to'g'rilagich qurilmasi bo'lgan tortish tarmog'i ekvivalent keltirilgan qarshiligi quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$Z' = R' + X' = 0,8R + 0,69X. \quad (3.95)$$

Bu formuladan to'g'rilangan kuchlanishli tortish tarmog'idagi kuchlanish yo'qolishini hisoblashda foydalaniladi.

Nazorat savollari

1. Tortish elektr ta'minoti tizimi asosiy elementlarining parametrlari va ko'rsatkichlariga nimalar kiradi? 2. Tortuvchi nimstanstiya transformatorlari qanday vazifalarni bajaradi? 3. Tortish tarmog'ida transformator tekis yuklangandagi elektr energiyasi isrofi qaysi formula yordamida aniqlanadi? 4. Tortish

tarmog'ida transformator notekis yuklangandagi elektr energiyasi isrofi qaysi formula yordamida aniqlanadi? 5. Bir fazali transformatorli o'zgaruvchan tok tortuvchi nimstanstiyasining tashqi xarakteristikasi qanday ko'rinishda bo'ladi? 6. Fazasi orqada qoluvchi yelkadagi kuchlanish yo'qolishi qo'shni yelkadagi tok ta'sirida qanday o'zgaradi? 7. Fazasi ilgarilovchi yelkadagi kuchlanish yo'qolishi qo'shni yelka toki ta'sirida qanday o'zgaradi? 8. Rels zanjirining asosiy elementlariga nimalar kiradi? 9. Drossel – transformator nima va u qanday vazifani bajaradi? 10. Tortish rels zanjirining ikki tolali variantida rels tolalarining ulanish sxemasini chizib bering! 11. O'zaro parallel ulangan N_r tolali relslar qarshiligi qanday formula yordamida aniqlanadi? 12. Ulagich birikma nima va uning qarshiligi qanday aniqlanadi? 13. Bitta tolali tortish rels sxemasini chizib bering! 14. Tonal rels zanjirlari nima va u qanday afzalliklarga ega? 15. O'zgaruvchan tok elektrlashgan temir yo'l uchastkalarida rels to'la qarshiligi qanday aniqlanadi? 16. Relslarning ichki induktiv qarshiligi uning aktiv qarshiligini necha foizini tashkil etadi? 17. O'zgaruvchan tok tortish tarmog'i qarshiligini hisoblashning umumlashgan usuli mohiyatini tushuntirib bering! 18. Bitta va ikkita yo'lli uchastka kontakt tarmog'ining ekvivalent qarshiligi formulalarini yozing! 19. Ikkita yo'lli kontakt tarmoqlari o'rtasidagi o'zaro induksiya qarshiligi ifodasini yozing! 20. O'zaro parallel ulangan ikkita yo'lli kontakt tarmog'ining ekvivalent qarshiligi ifodasini yozing! 21. O'zaro parallel ishlayotgan ikkita yo'lli uchastka tortish tarmog'ining umumiy qarshiligi formulasini yozing! 22. Kuchaytiruvchi simga ega bo'lgan kontakt tarmog'i qarshiligi ifodasini yozing! 23. Tortish tarmog'i ekvivalent qarshiligini aniqlash uchun uning soddalashgan almashlash sxemasini chizing! 24. Tortish tarmog'idagi sirqish toki nima? 25. Tortish tarmog'idagi daydi toklar nima? 26. Tortish tokini relslar va yerdan o'tish modelini keltiring! 27. Yer qatlamlaridan o'tayotgan toklar zichligining kamayib borishi nimalarga bog'liq? 28. Potensial va toklarni relslar bo'ylab taqsimlanish formulalarini yozing! 29. Tortish tarmog'i tarkibiy qarshiligi formulasini yozing! 30. Tortish tarmog'i ekvivalent keltirilgan qarshiligi formulasini yozing! 31. Tortish tarmog'idagi kuchlanish pasayishi deganda nimani tushunasiz? 32. Tortish tarmog'idagi kuchlanish yo'qolishi deganda nimani tushunasiz?

4- BOB. TORTISH ELEKTR TA'MINOTI TIZIMLARINI BERILGAN HARAKAT GRAFIKLARI BO'YICHA HISOBLASH

4.1. Umumiy ma'lumotlar

Elektr tortish tizimi turini to'g'ri tanlash, temir yo'llar elektr ta'minoti tizimini loyihalash va ulardan samarali foydalanish uchun uning elektr hisoblashlarini yuqori saviyada bajarishni talab etadi. Tizimni hisoblash natijasida quyidagi masalalar hal etilishi lozim: 1) tortuvchi nimstansiya quvvatini tanlash; 2) kontakt tarmog'i simlari kesimi yuzasini tanlash; 3) elektrlashgan temir yo'l uchastkasi o'tkazish qobiliyatini aniqlash va unga tegishli tuzatishlar kiritish; 4) qisqa tutashuv toklaridan himoyalash sxemalari va qurilmalarini tanlash; 5) tortish tarmog'ini ta'minlash sxemasi varianti va nimstansiyalar joylashish o'rni variantini tanlash; 6) yer osti inshootlarini daydi toklardan himoyalash sxemalarini tanlash; 7) yondosh liniyalarni elektromagnit ta'sirdan himoyalash usullarini tanlash; 8) tizimning texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarini baholash.

Elektr ta'minoti tizimining texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarini quyidagi uchta guruhga ajratish mumkin:

- tortish va notortuvchi yuklamalarni ta'minlash uchun qayta ishlanayotgan elektr energiyasi miqdori, tizimning asosiy elementlari(tortish tarmog'i va nimstansiya)dagi elektr energiyasi isroflari, rekuperatsiya jarayonida ishlab chiqarilayotgan elektr energiyasi;

- tortish va notortuvchi yuklamalar tomonidan iste'mol qilinayotgan elektr energiyasining sifat ko'rsatkichlari (tortish tarmog'i va nimstansiyalardagi elektr energiyasi isrofi, elektrovoz tok qabul qilgichidagi kuchlanishning amaldagi miqdori, bu kuchlanishning belgilangan miqdorini ta'minlash ishonchliligi va kuchlanishlar nosimmetriyasi);

- tortuvchi nimstansiyalar, parallel ulash punktlari, seksiyalash postlari fiderlaridagi maksimal ishchi toklar, tortuvchi nimstansiyalar maksimal effektiv toklar, relslarning yerga nisbatan potentsiallari, aloqa liniyalarida induksiyalangan kuchlanish va tok miqdorlari.

Tortish elektr ta'minoti tizimi ishlash shart – sharoitlariga ko'ra o'ziga xos quyidagi xususiyatlarga ega:

-elektr energiyasi manbayiga ulanadigan tortish yuklamalarining harakat koordinatalari, soni va miqdori uzluksiz ravishda o'zgarib turadi;

-o'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkalarida uch fazali transformatorlarga ulangan bir fazali tortish yuklamalari (elektrovozlar, elektropoyezdlar) tashqi uch fazali elektr ta'minoti tizimida nosimmetrik yuklama va kuchlanishlarni yuzaga keltiradi;

-tok va kuchlanishlarning nosinusoidal shaklga ega bo'lishi yuqori garmonikalar hisobidan qo'shimcha elektr energiyasi isrofiga olib keladi va yondosh liniyalarga elektromagnit ta'sirini kuchaytiradi.

Agar tortuvchi nimstansiya shinalari, fiderlar, kontakt tarmog'ining turli nuqtalari, relslar va elektrovozlar turli elektr kattaliklarini qayd etuvchi asboblardan bilan jihozlanganda edi, ular o'lchanayotgan kattaliklarni istalgan vaqtdagi qiymatlarini qayd etib borar edi. Bu qiymatlar o'zaro taqqoslanib, ma'lum bir vaqt oralig'i uchun ularning o'rtacha qiymatlari aniqlangan bo'lar edi. Tortish elektr ta'minoti tizimini analitik usullar yordamida hisoblash ham xuddi shunday tartibda olib boriladi. Bu tizimlarni hisoblashda qo'llaniladigan har qanday usul ikkita bosqichdan iborat bo'ladi. Uning birinchi bosqichida qo'yilgan masala har bir oniy vaqt momenti uchun yechiladi, ikkinchi bosqichda esa birinchi bosqich natijalariga ko'ra zaruriy o'rtacha qiymatlar aniqlanadi hamda oniy qiymatlar qatoridan hisoblashlar uchun muhim bo'lganlari tanlanadi.

Tortish elektr ta'minoti tizimi elektr parametrlarini hisoblashda dastlabki ma'lumot uchun elektrovozning tortish xarakteristikasi, ya'ni elektrovoz iste'mol qiladigan tokning u bosib o'tadigan yo'lga bog'liqligi olinadi.

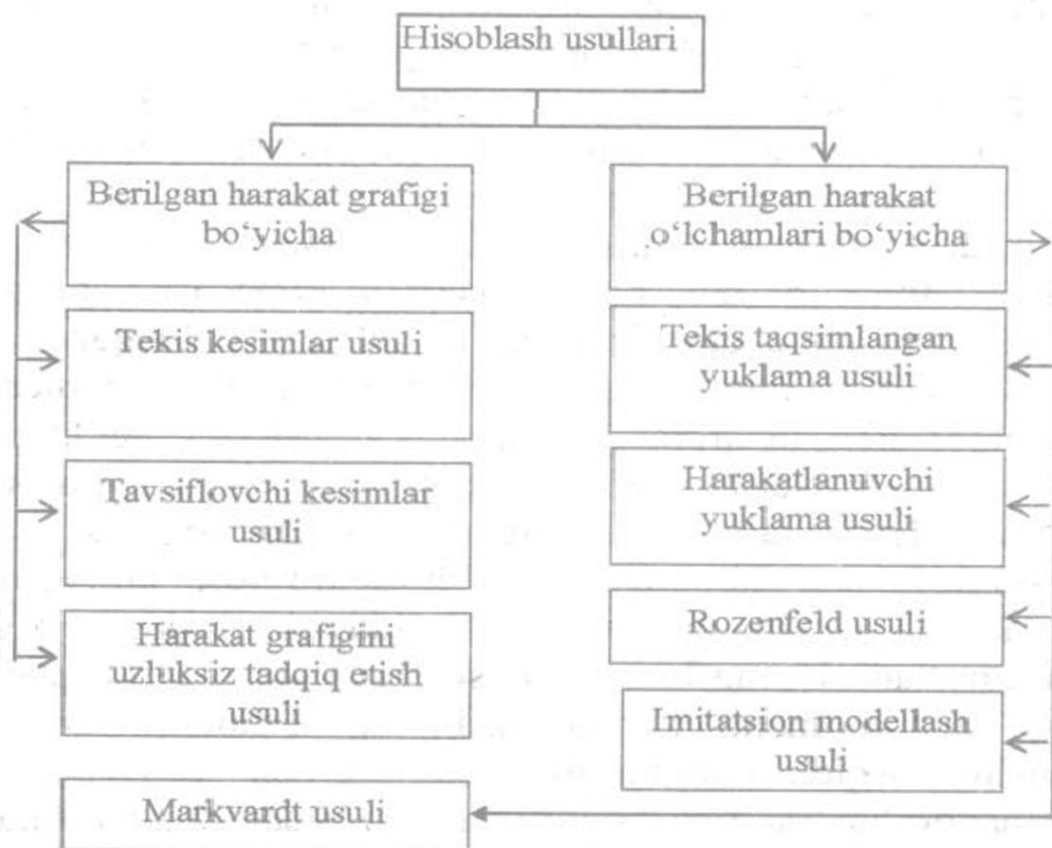
Tortish elektr ta'minoti tizimini hisoblash usullari tasnifi 4.1-rasmda keltirilgan. Unga ko'ra barcha usullar ikkita guruhga ajratiladi:

a) berilgan harakat grafigi bo'yicha hisoblash usuli; b) berilgan harakat o'lchamlari bo'yicha hisoblash usuli.

Berilgan harakat grafigidan foydalanishga asoslangan usul o'z navbatida tekis kesimlar usuli, tavsiflovchi kesimlar usuli va harakat grafigini uzluksiz tadqiq etish usullariga bo'linadi.

Berilgan harakat grafigi bo'yicha hisoblash usulida dastlabki ma'lumotlar sifatida poyezdlar toklari (tortish hisobining natijalari), tortish tarmog'ini ta'minlash sxemasi va poyezdlar

harakat grafigi olinadi. Misol tariqasida A va B nimstansiyalar orasidagi elektrlashgan temir yo'l uchastkasini ko'rib chiqamiz (4.2- rasm). Temir yo'l uchastkasining I- yo'ldan A nimstansiyadan B nimstansiya tomon 1, 3, 5, 7- sonli poyezdlar (harakat grafigi rasmda uzluksiz chiziqlar bilan ko'rsatilgan), II- yo'ldan esa B nimstansiyadan A

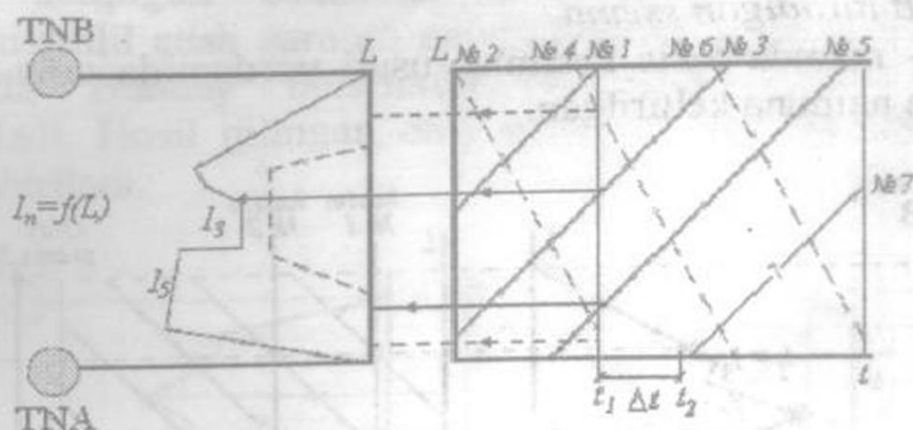


4.1- rasm. Tortish elektr ta'minoti tizimini hisoblash usullari tasnifi

nimstansiyaga tomon 2, 4, 5- sonli poyezdlar (harakat grafigi rasmda uzlukli chiziqlar bilan ko'rsatilgan) harakatlanmoqda. Ular iste'mol qiladigan tokning yo'l uzunligiga bog'liqlik grafigi $I = f(L)$ ham shu rasmda keltirilgan: uzluksiz chiziqli grafik 1, 3, 5, 7- son poyezdlar uchun, uzlukli chiziqli grafik esa 2, 4, 6- son poyezdlar uchun.

Vaqtning istalgan momenti uchun poyezdlar iste'mol qiladigan toklarni aniqlash mumkin. Masalan, t_1 vaqt momenti uchun I- yo'ldan 3- va 5- poyezdlar harakatlanayotganligini va ular mos ravishda I_3 va I_5 qiymatli toklar iste'mol qilayotganligini aniqlash mumkin. Bu paytda 1 – sonli poyezd fider zonadan chiqib

ketganligi bois u iste'mol qilayotgan tok $I_1 = 0$. II- yo'ldagi 2- va 4-sonli poyezdlar $t = t_1$ paytda iste'mol qilayotgan toklar ham $I_p = f(L)$ grafikka ko'ra nolga teng.



4.2- rasm. t_1 vaqt momenti uchun poyezdlar tokini aniqlash

Hisoblashning keyingi bosqichida I_3 va I_5 toklar, tortish tarmog'i elektr ta'minoti sxemasi hamda A va B tortuvchi nimstansiyalarning berilgan kuchlanishlariga asosan elektr ta'minoti tizimining elektr hisoblari bajariladi va yuklama hamda qurilmalarning izlanayotgan kattaliklari qiymatlari aniqlanadi.

Shunday qilib, tortish elektr ta'minoti tizimini berilgan harakat grafigi bo'yicha hisoblash usulining mohiyati shundan iboratki, unga ko'ra $t = t_1$ vaqt momentida harakatlanayotgan poyezdlar toklari aniqlanadi va ular asosida tizim elektr parametrlari hisoblanadi. Keyin esa $t = t_1 + \Delta t$ vaqt uchun shu jarayon qaytariladi va hokazo. Bunday hisoblashlar butun hisoblash vaqt oralig'i uchun bajariladi.

Δt vaqt qadami qanday tanlanishiga qarab bu usul quyidagi usullarga bo'linadi:

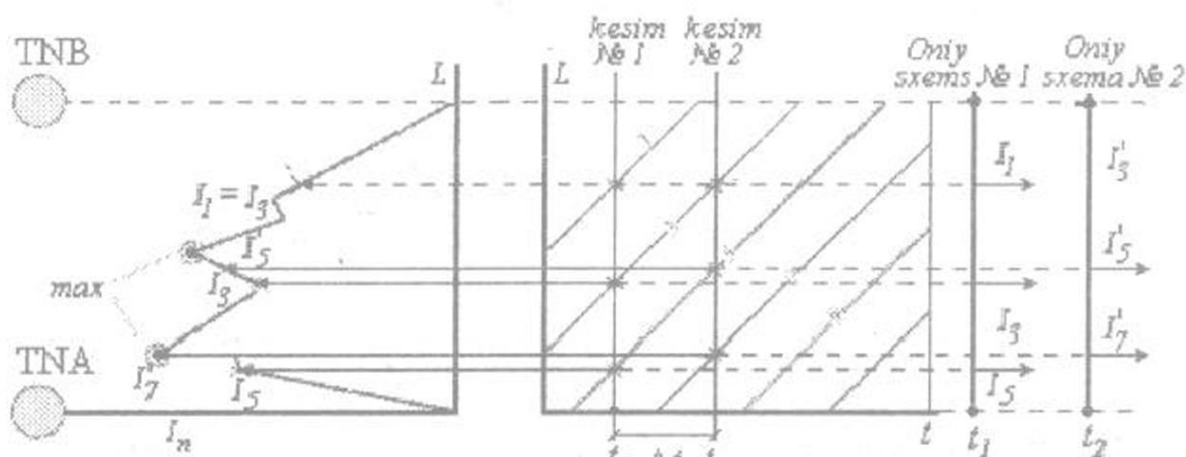
- 1) tekis kesimlar usuli;
- 2) tavsiflovchi kesimlar usuli;
- 3) harakat grafigini uzluksiz tadqiq etish usuli.

Poyezdlar harakat grafigini tekis kesimlarga ajratish usuli. Bu usulga ko'ra poyezdlar harakat grafigi vaqt bo'yicha teng oraliqli kesimlarga ajratiladi. Bu vaqt oralig'i diskretlash oralig'i deb ataladi. Grafikdagi har bir kesimga mos keluvchi *oniy sxemalar* chiziladi hamda ular uchun fider tokining vaqtga bog'liqligi

$I_f = f(t)$ va kuchlanish yo'qolishining vaqtga bog'liqligi va boshqa zaruriy bog'lanishlar topiladi.

Oniy sxema – bu ko'rilayotgan vaqt mobaynida poyezdlarning uchastkadagi joylashish o'rni va ular iste'mol qilayotgan toklarni ko'rsatib turadigan sxema.

4.3- rasmda tekis kesimlar usuli yordamida oniy sxemalarni tuzishga namuna keltirilgan.



4.3- rasm. Tekis kesimlar usuli yordamida oniy sxemalarni tuzishga namuna

Ushbu usul quyidagi afzalliklarga ega:

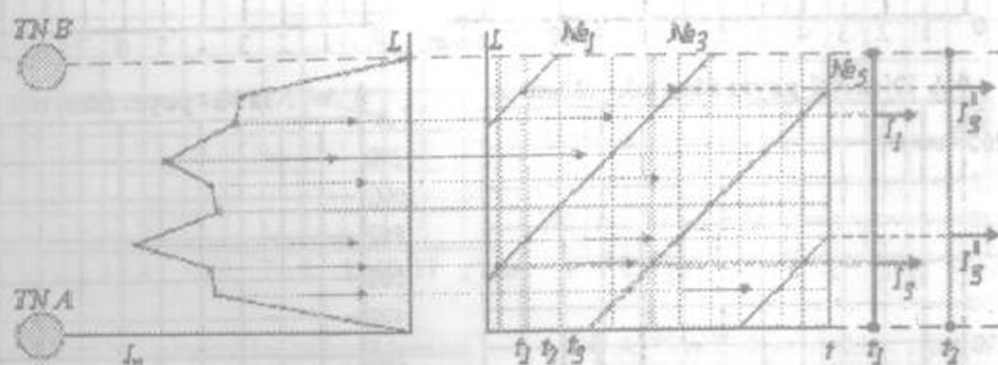
-hisoblash sodda, $I_r = f(L)$ va $L = f(t)$ grafiklarni qaysi nuqtalaridan kesim o'tkazish kerak, deb mulohaza qilishga hojat yo'q: kesimlar teng vaqt oralig'i bilan o'tkaziladi. Aniqlikni oshirish uchun diskretlash vaqti oralig'ini qisqartirish kifoya;

-usul zamonaviy kompyuter texnologiyasidan unumli foydalanish imkonini beradi.

Usulning kamchiligi sifatida Δt diskretlash vaqti nisbatan kattaroq olinganda hisoblash aniqligi pasayishi mumkin, chunki $t = t_1$ va $t = t_1 + \Delta t$ vaqt oralig'ida yuklama tokining kritik (katta) qiymatlari to'g'ri kelib qolishi mumkin.

Poyezdlar harakat grafigini tavsiflovchi kesimlarga ajratish usuli. Bu usulga ko'ra tavsiflovchi kesimlar sifatida poyezd toki grafigining tok qiymatlari eng katta bo'lgan nuqtalari olinadi. Bu nuqtalardan harakat grafigining mos nuqtalariga o'tiladi va shu nuqtalardan kesimlar o'tkaziladi (4.4- rasm). Shunday qilib, bu usulda poyezd toklari grafigi atroflicha tahlil etilib, undagi tavsiflovchi kesimlar olinadi.

Harakat grafigidagi kesimlar katta iste'mol toklari orqali o'tganligi bois oniy sxemalarni tuzishda tokning kritik qiymatlarini chetlab o'tish ehtimoli keskin pasayadi va bu o'z navbatida hisoblash aniqligini oshishiga olib keladi. Poyezd toklari grafiklarini tahlil etish zarurati mavjudligi bu usulning kamchiligi hisoblanadi. Bunday holatlarda ular bitta oniy sxemaga birlashtiriladi. Hosil qilingan oniy sxemalar asosida hisoblashlar amalga oshiriladi.



4.4- rasm. Tavsiflovchi kesimlar usuli yordamida oniy sxemalarni tuzishga namuna

Harakat grafigini uzluksiz tadqiq etish usuli. Bu usul fider toki grafigini oniy sxemalarni tuzmasdan qurish imkonini beradi. Bunda tortuvchi nimstansiyalar yuklamalarini vaqtga bog'liqlik grafiklari quriladi. 4.5- rasmda bir tomonlama ta'minlanayotgan temir yo'l uchastkasini hisoblashda harakat grafigini uzluksiz tadqiq etish usulini qo'llash ko'rsatilgan.

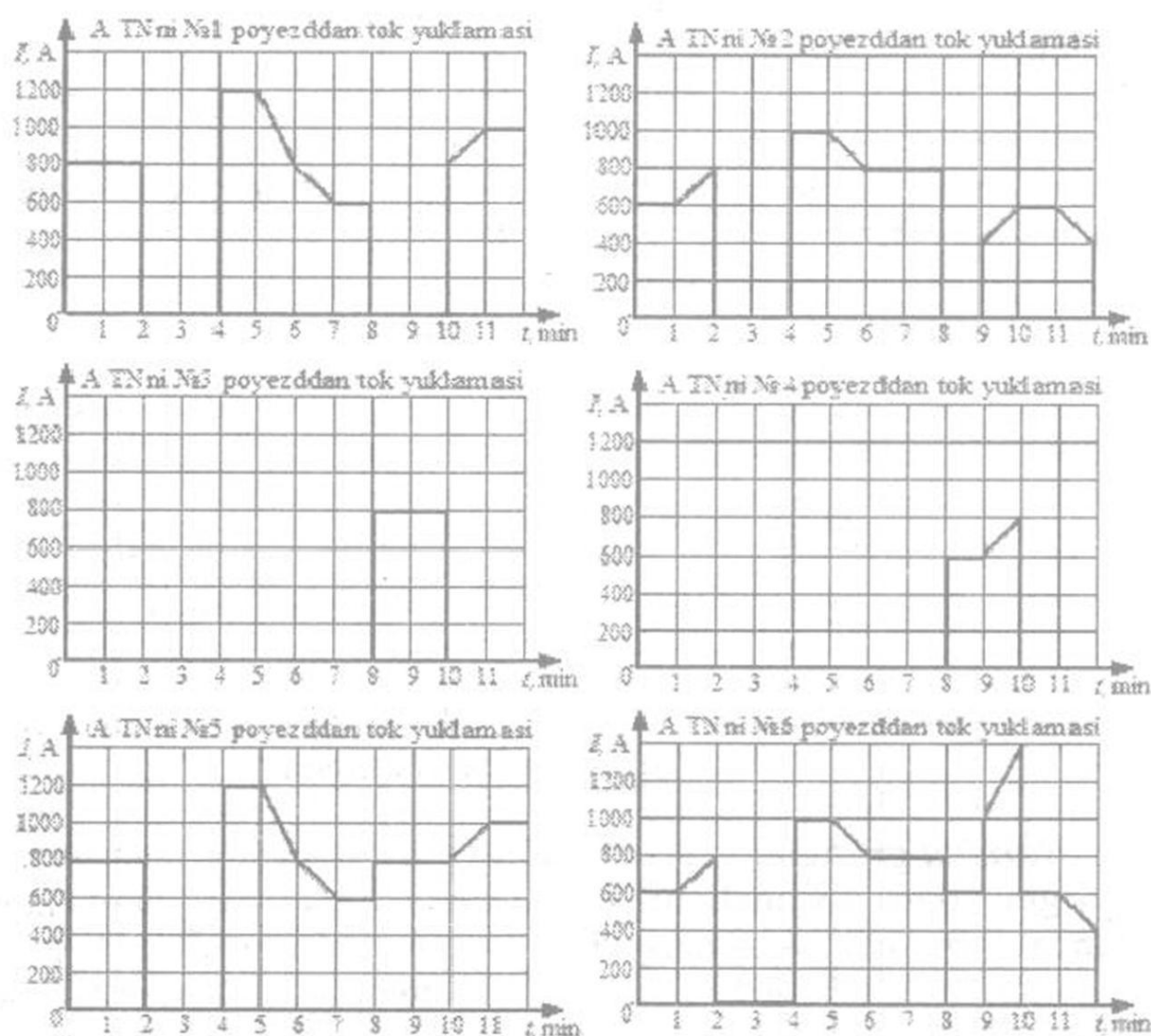
Foydalanish soddaligi va yuqori aniqlik bu usulning afzalligi hisoblanadi. Tortuvchi nimstansiya tokini aniqlashda analitik ifodalardan yoki ikkita uchburchakning o'xshashlik alomatidan foydalanish mumkin. 4.6- rasmda o'xshash uchburchaklar alomatlaridan foydalanib tortuvchi nimstansiya tokini aniqlash

ko'rsatilgan. Rasmdagi $\Delta BRO \approx \Delta FMO$. Undan $\frac{BR}{RO} = \frac{FM}{MO}$ va

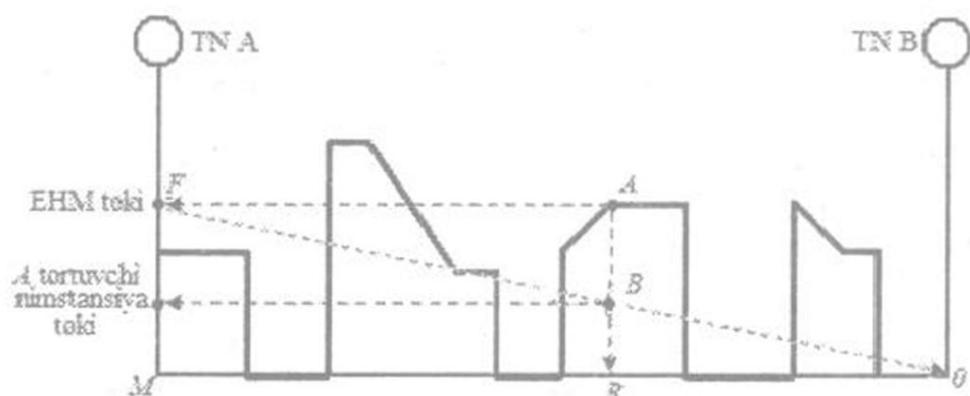
$$BR = RO \frac{FM}{MO}.$$

Shuni ta'kidlab o'tish joizki, agar tekis kesimlar usulida diskretlash oralig'i juda kichik ($\Delta t \rightarrow 0$) olinsa, u holda hisoblash aniqligi harakat grafigini uzluksiz tadqiq etish usuli aniqligiga yaqin bo'ladi.

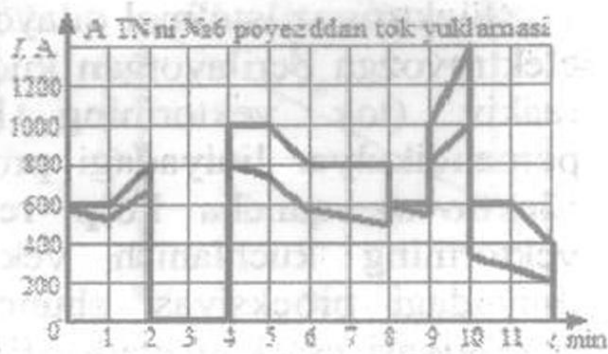
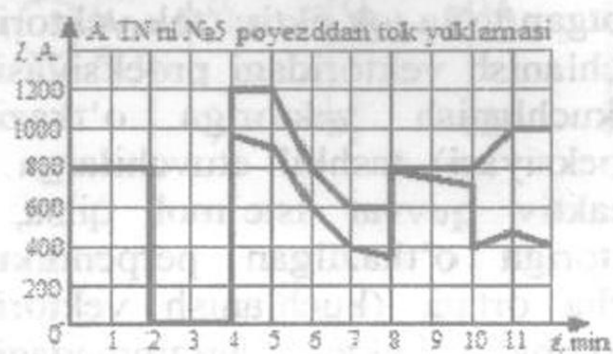
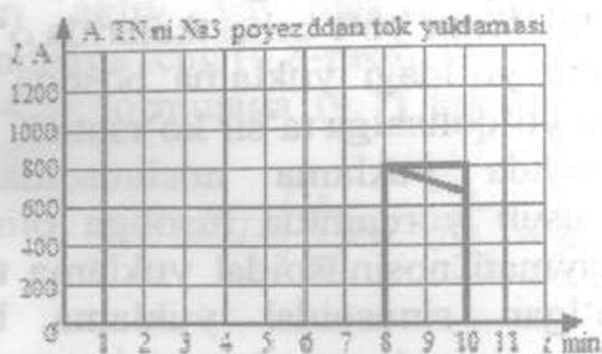
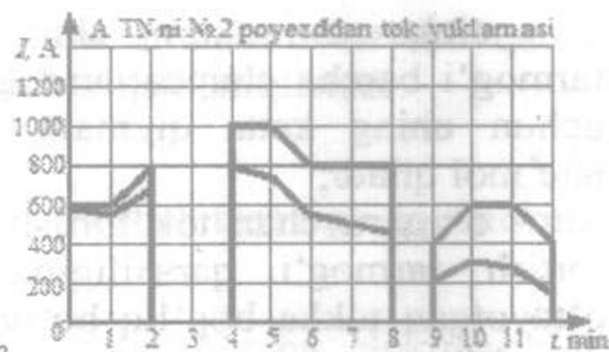
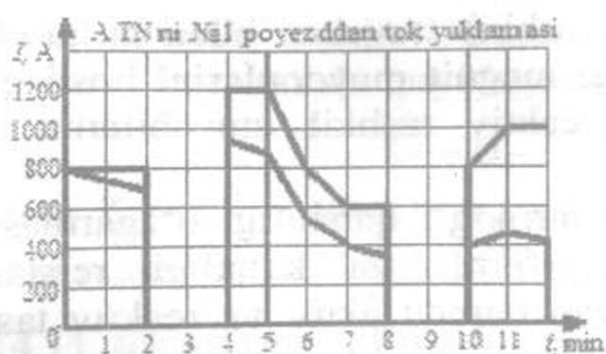
4.7- rasmda ko'rilayotgan usulni ikki tomonlama ta'minlovchi sxemaga ega bo'lgan uchastka uchun qo'llash ko'rsatilgan.



4.5- rasm. Bir tomonlama ta'minlanayotgan temir yo'l uchastkasini hisoblashda harakat grafigini uzluksiz tadqiq etish usulini qo'llash



4.6- rasm. Tortuvchi nimstansiya tokini uchburchaklar o'xshashligidan foydalanib topish



4.7- rasm. Harakat grafigini uzluksiz tadqiq etish usulini ikki tomonlama ta'minlanish sxemasiga ega bo'lgan uchastka uchun qo'llash

4.2. O'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkalari uchun oniy sxemalarni hisoblash

O'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkalari uchun oniy sxemalarni hisoblash o'zgarmas tok temir yo'l uchastkalari uchun oniy sxemalarni hisoblashga nisbatan ancha murakkab. Chunki:

- ta'minlash zonasida quvvat koeffitsiyentlari turlicha bo'lgan bir necha yuklama harakatlanishi mumkin;
- to'g'rilagich agregatlariga ega bo'lgan o'zgaruvchan tok elektrovozlari nosinusoidal tok iste'mol qiladi va elektrovozdagi tortish kuchi bu tok birinchi (asosiy) garmonikasi aktiv tashkil etuvchisiga proporsional;

- elektrovoz tokning aktiv tashkil etuvchisi bilan birga elektr tarmog'i barcha elementlaridagi magnit maydonlarini hosil qilish uchun uning katta qiymatli reaktiv tashkil etuvchilarini ham iste'mol qiladi;

- o'zgaruvchan tok tortish tarmog'i qarshiligi o'zgarmas tok tortish tarmog'i qarshiligidan farqli va kattaligi relslardan o'tayotgan tokka bog'liq bo'lgan hamda aktiv va reaktiv tashkil etuvchilarga ega bo'lgan kompleks qarshilikka ega;

- ko'p yo'lli o'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkalarida o'zaro induksiya hodisasiga ko'ra bitta yo'ldagi yuklama boshqa yo'l kontakt tarmog'idagi kuchlanish yo'qolishiga ta'sir ko'rsatadi.

Oniy sxemalarni hisoblashda yuklama nosinusoidalligi, odatda, ekvivalent sinusoida usuli yordamida hisobga olinadi, ya'ni yuklama ta'sir etuvchi qiymati nosinusoidal yuklama ta'sir etuvchi qiymatiga teng bo'lgan sinusoidal yuklama bilan almashtiriladi.

Elektrovoz iste'mol qilayotgan to'la tok aktiv (tok vektorining elektrovozga berilayotgan kuchlanish vektoridagi proeksiyasi) va reaktiv (tok vektorining kuchlanish vektoriga o'tkazilgan perpendikulyar liniyadagi proeksiyasi) tashkil etuvchilarga ega. Elektrovoz qancha ko'p reaktiv quvvat iste'mol qilsa, tok vektorining kuchlanish vektoriga o'tkazilgan perpendikulyar liniyadagi proeksiyasi shuncha ortadi (kuchlanish vektoridagi proeksiyasi esa kamayadi). Binobarin, vektor diagrammadagi tok va kuchlanish orasidagi faza siljish burchagi aktiv quvvat sarfini ko'rsatadi va oniy sxemani hisoblashni ushbu faza siljish burchagini inobatga olgan holda amalga oshirish lozim bo'ladi.

Odatda, hisoblashlarda barcha elektrovozlar uchun tok va kuchlanish vektorlari orasidagi faza siljish burchagining o'rtacha qiymati 37° ga teng deb olinadi. Bu burchak quvvat koeffitsiyentining 0,8 qiymatiga mos keladi.

Bir tomonlama ta'minlash sxemasi (4.8- rasm, a). k - elektrovoz toki: $I_k = I_{ka} - jI_{kr}$.

Tortuvchi nimstansiya toki:

$$I_A = \sum_{k=1}^n I_{ka} - j \sum_{k=1}^n I_{kr}. \quad (4.1)$$

Elektrovozlar toklarining aktiv va reaktiv tashkil etuvchilari nimstansiya kuchlanish vektori U ga nisbatan aniqlanadi. I_A tok I_1

uchastka bo'ylab o'tadi. Demak, birinchi elektrovoz tok qabul qilgichining kuchlanishi quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

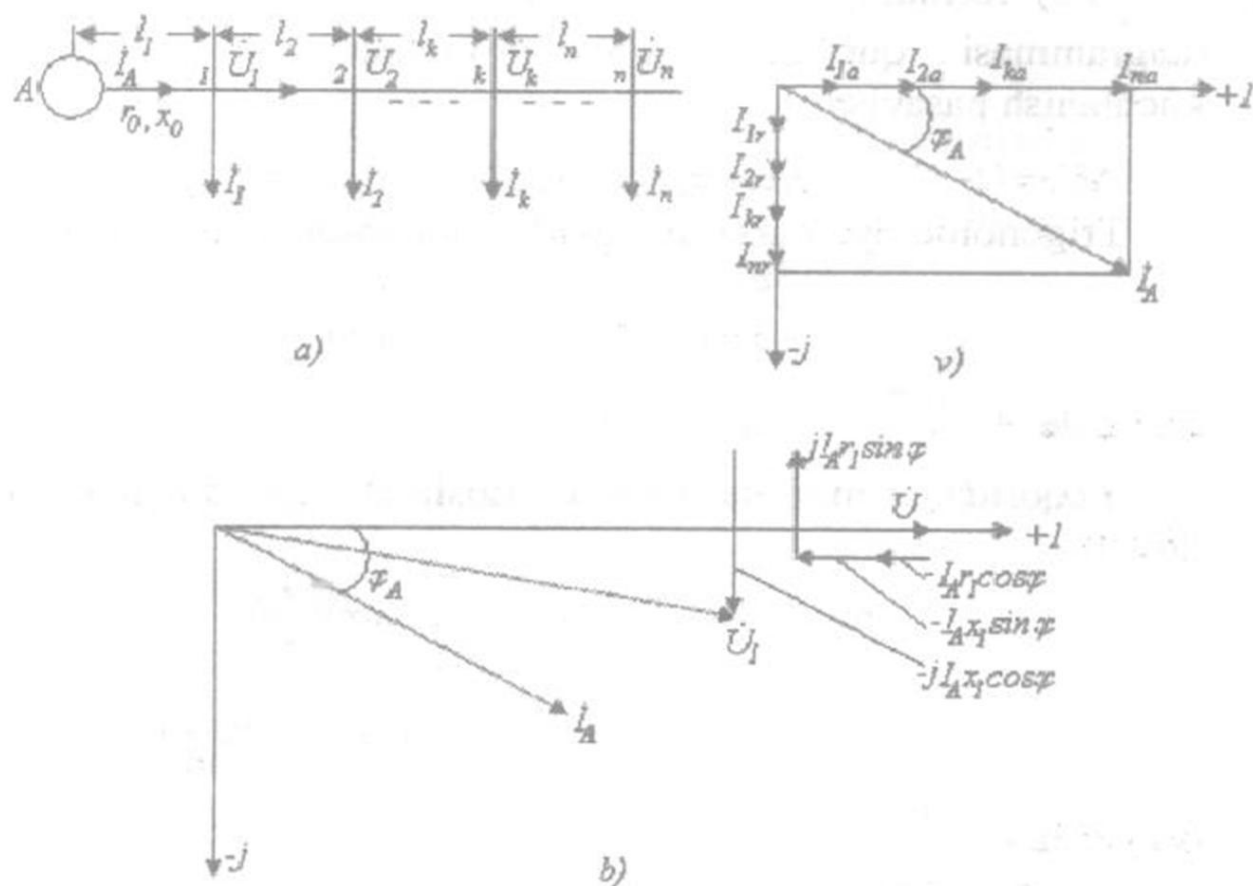
$$\dot{U}_1 = \dot{U} - \dot{I}_A Z_1, \quad (4.2)$$

bu yerda $Z_1 = (r_0 + jx_0)l_1 = r_1 + jx_1$; r_0 , x_0 - tortish tarmog'i solishtirma aktiv va reaktiv qarshiliklari, Ω/km .

(4.1) formulaga ko'ra $\dot{I}_A$ tok vektori barcha elektrovozlar toklari aktiv va reaktiv tashkil etuvchilarining geometrik yig'indisiga teng (4.8-rasm, v).

(4.2) formulaga (4.1) tok ifodasini qo'yib, quyidagini hosil qilamiz:

$$\dot{U}_1 = \dot{U} - \left(\sum_{k=1}^n \dot{I}_{ka} - j \sum_{k=1}^n \dot{I}_{kr} \right) (r_1 + jx_1). \quad (4.3)$$



4.8- rasm. Bir tomonlama ta'minlash sxemali uchastka oniy sxemasidagi kuchlanish yo'qolishini hisoblashga doir:

a – bir tomonlama ta'minlash sxemasi; v – toklar vektor diagrammasi; b – kuchlanishlar vektor diagrammasi

4.8- rasm, v dagi vektor diagrammadan foydalanib, (4.2) formulani quyidagicha o'zgartiramiz:

$$\dot{U}_1 = \dot{U} - r_1 \sum_{k=1}^n \dot{I}_k \cos \varphi_k - x_1 \sum_{k=1}^n \dot{I}_k \sin \varphi_k + j \left(r_1 \sum_{k=1}^n \dot{I}_k \sin \varphi_k - x_1 \sum_{k=1}^n \dot{I}_k \cos \varphi_k \right). \quad (4.4)$$

$$\sum_{k=1}^n \dot{I}_k \cos \varphi_k = \dot{I}_A \cos \varphi_A \quad \text{va} \quad \sum_{k=1}^n \dot{I}_k \sin \varphi_k = \dot{I}_A \sin \varphi_A,$$

$$\dot{I}_A = \sqrt{\left(\sum_{k=1}^n \dot{I}_A \cos \varphi_A \right)^2 + \left(\sum_{k=1}^n \dot{I}_A \sin \varphi_A \right)^2} \quad \text{ekanligini (4.8- rasm, v)}$$

hisobga olib, quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$\dot{U}_1 = \dot{U} - r_1 \dot{I}_A \cos \varphi_A - x_1 \dot{I}_A \sin \varphi_A + j \left(r_1 \dot{I}_A \sin \varphi_A - x_1 \dot{I}_A \cos \varphi_A \right). \quad (4.5)$$

(4.5) formula asosida 4.8- rasm, b da kuchlanishlar vektor diagrammasi qurilgan. (4.5) formuladan l_1 uchastkadagi kuchlanish pasayishi:

$$\Delta \dot{U}_1 = \dot{U} - \dot{U}_1 = \dot{I}_A (r_1 \cos \varphi_A - x_1 \sin \varphi_A) + j \dot{I}_A (r_1 \sin \varphi_A - x_1 \cos \varphi_A). \quad (4.6)$$

Trigonometriya kursidan quyidagi munosabatlar ma'lum:

$$a \sin \varphi - b \cos \varphi = A \sin(\varphi - \psi),$$

$$a \sin \varphi + b \cos \varphi = A \sin(\varphi + \psi)$$

bu yerda $A = \sqrt{a^2 + b^2}$ va $\psi = \arctg \frac{b}{a}$.

Yuqoridagi munosabatlarga asoslanib quyidagilarni hosil qilamiz:

$$r \cos \varphi_A + x_1 \sin \varphi_A = Z_1 \sin(\varphi_A + \arctg \frac{r_1}{x_1}),$$

$$-(r \sin \varphi_A - x_1 \cos \varphi_A) = -Z_1 \sin(\varphi_A - \arctg \frac{x_1}{r_1}).$$

bu yerda $Z_1 = \sqrt{r_1^2 + x_1^2}$.

Aytib o'tish joizki, tortish tarmoqlarida r_1/x_1 nisbat 0,46 - 0,333 chegaralarda, x_1/r_1 nisbat esa 2,16 - 3,0 chegaralarda o'zgaradi. O'z navbatida $\arctg \frac{r_1}{x_1}$ qiymat $22^{\circ}42' - 28^{\circ}28'$

chegaralarda, $\arctg \frac{x_1}{r_1}$ esa $65^{\circ}10' - 71^{\circ}15'$ chegaralarda o'zgaradi.

Ularning o'rtacha qiymatlari: $\arctg \frac{r_1}{x_1} = 27^{\circ}10'$ va $\arctg \frac{x_1}{r_1} = 67^{\circ}$.

$\varphi_A = 37^{\circ}$ deb qabul qilib, (4.6) formulani quyidagicha yozamiz:

$$\Delta U_1 = I_A Z_1 \sin(37^{\circ} + 27^{\circ}10') - j I_A Z_1 \sin(37^{\circ} - 67^{\circ}) = 0,9 I_A Z_1 + j 0,5 I_A Z_1. \quad (4.7)$$

Birinchi elektrovoz tok qabul qilgichidagi kuchlanish vektori:

$$\dot{U}_1 = \dot{U} - \Delta \dot{U}_1 = \dot{U} - 0,9 I_A Z_1 - j 0,5 I_A Z_1. \quad (4.8)$$

Ko'pincha $\dot{U}_1$ kuchlanish modulini aniqlashda (4.1) va (4.8) formulalardagi mavhum tashkil etuvchilar hisobga olinmaydi.

U holda:

$$\Delta U_1 = 0,9 I_A Z_1, \quad U_1 = U - 0,9 I_A Z_1. \quad (4.9)$$

(4.9) formula yordamidagi hisoblashlar shuni ko'rsatadiki, ΔU_1 ni aniqlashning eng katta xatoligi 8 – 9% dan oshmaydi, $\dot{U}_1$ kuchlanishni aniqlashda esa – 2% dan oshmaydi.

I_2 uchastkadagi tok $\dot{I}_P = \dot{I}_A - \dot{I}_1$. Unda ikkinchi elektrovoz tok qabul qilgichidagi kuchlanish:

$$U_2 = U_1 - 0,9 I_P Z_2 = U - 0,9 I_A Z_1 - 0,9 I_1 Z_2. \quad (4.10)$$

Xuddi shuningdek, istalgan elektrovoz tok qabul qilgichidagi kuchlanishni aniqlash mumkin. n -elektrovoz tok qabul qilgichidagi kuchlanish:

$$U_n = U_1 - 0,9 \sum_{j=1}^n I_j Z_j, \quad (4.11)$$

bu yerda I_j va Z_j - j - uchastka tortish tarmog'i toki va to'la qarshiligi; $0,9 \sum_{j=1}^n I_j Z_j$ - n - elektrovozgacha bo'lgan uchastkadagi kuchlanish yo'qolishi.

Ikki tomonlama ta'minlash sxemasi (4.9- rasm). Dastlabki berilgan ma'lumotlar: poyezdlar toklari, ularning aktiv va reaktiv tashkil etuvchilari, poyezdlarni fider zonada joylashishi, kontakt osmasi kesimi yuzasi va relslar rusumi.

Agar nimstansiyalar yuklamalarini hisoblashni poyezdlar toklari aktiv va reaktiv tashkil etuvchilari uchun olib borilsa, u

holda ustma – ustlash usulidan foydalangan holda A nimstansiya tokining aktiv va reaktiv tashkil etuvchilari uchun quyidagilarni hosil qilamiz:

$$I_{Aa} = \frac{1}{l} \sum_{k=1}^n I_{ka} l_{kB}, \quad I_{Ar} = \frac{1}{l} \sum_{k=1}^n I_{kr} l_{kB}. \quad (4.12)$$

To'la tok esa:

$$I_A = I_{Aa} - jI_{Ar}. \quad (4.13)$$

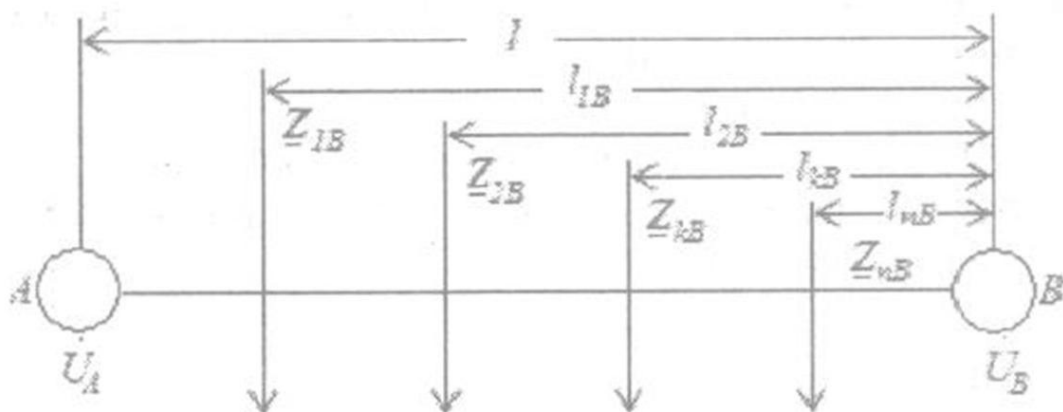
$I_{ka} = I_k \cos \varphi_k$ va $I_{kr} = I_k \sin \varphi_k$ hamda yuklamalar quvvat koeffitsiyentlari $\cos \varphi$ o'zaro teng bo'lganda (4.13) formulani quyidagicha yozish mumkin:

$$I_A = (\cos \varphi - j \sin \varphi) \frac{1}{l} \sum_{k=1}^n I_k l_k. \quad (4.14)$$

B nimstansiya toki poyezdlar toklari yig'indisidan A nimstansiya toki farqi ko'rinishda aniqlanadi.

i - elektrovozgacha bo'lgan kuchlanish yo'qolishi (4.11) formulaga o'xshash ko'rinishda topiladi:

$$\Delta U_i = \frac{0,9(l-l_1)}{l} \sum_{k=1}^n I_k Z_k + \frac{0,9l_1}{l} \sum_{k=1}^n I_k (Z - Z_k). \quad (4.15)$$



4.9- rasm. Ikki tomonlama ta'minlanuvchi uchastka oniy sxemasini hisoblashga doir

Agar A va B nimstansiyalar shinalaridagi kuchlanishlar modullari va (yoki) fazalari bo'yicha har xil bo'lsa, u holda zanjirda $I_M = (\dot{U}_A - \dot{U}_B) / Z$ muvozanatlovchi tok paydo bo'ladi va nimstansiyalar toklari yangi qiymatlarini topish uchun I_M tokni B

nimstansiya tokidan geometrik ayirib A nimstansiya tokiga geometrik qo'shish kerak bo'ladi.

Yuqorida keltirilgan hisoblash formulalari temir yo'llar kontakt osmalari alohida – alohida ta'minlanayotgan holat uchun hosil qilindi. Parallel ulanish punktli tugun sxemali kontakt osmalari uchun hisoblash formulalari ancha murakkab va shuning uchun ushbu kitobda ularga to'xtalmaymiz.

Bir tomonlama energiya bilan ta'minlanayotgan yuklamalarda mustaqil shoxobchalar soni zonadagi yuklamalar soniga teng (bitta yo'lli uchastkalarda). Har bir N - uchastkadagi tok ko'rilayotgan oniy sxemadagi elektrovozlarni bitta shoxobchadan iste'mol qilayotgan toklarining yig'indisiga teng.

Bunday tarmoqdagi quvvat isrofi:

$$\Delta P_E = 10^{-3} \sum_{N=1}^n I_N^2 r_N, \quad (4.16)$$

bu yerda N – zonadagi $N-1$ va N yondosh elektrovozlarda joylashgan tortish tarmog'i uchastkasining raqami.

Ikki tomonlama ta'minlash sxemasi (4.9- rasm) uchun quvvat isrofini kuchlanish yo'qolishi orqali aniqlash mumkin. Bunda hisoblash ketma – ketligi quyidagicha: nimstansiyalar toklarini bilgan holda quvvatlar aktiv va reaktiv tashkil etuvchilari hamda barcha shoxobchalar toklari modullari bo'yicha ajralish nuqtasini osonlikcha aniqlash mumkin. Shundan keyin natijaviy quvvat isrofi (4.16) formula yordamida hisoblanadi.

Masala. Bitta yo'lli uchastkada $\dot{I}_1 = \dot{I}_2 = \dot{I}_3 = 200e^{-j37^\circ}$ A yuklamali poyezdlar A nimstansiyadan elektr energiya bilan ta'minlanadi (4.8-rasm). A nimstansiya bilan birinchi poyezd va poyezdlararo masofa 8 km dan. Tortish tarmog'i ПБСМ- 95+МФ-100 osma ko'rinishda yasalgan, relslar Р65. Nimstansiya shinasidagi kuchlanish 27,5 kV. Kuchlanish pasayishi, yo'qolishi va barcha poyezdlar tok qabul qilgichlaridagi kuchlanish aniq va taqribiy formulalar yordamida aniqlansin hamda tortish tarmog'idagi quvvat isrofi topilsin va natijalar o'zaro taqqoslansin.

Yechish. Tortish tarmog'ining $A-1$, $1-2$, $2-3$ uchastkalaridagi toklar:

$$\dot{I}_{A-1} = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_3 = 3 \cdot 200e^{-j37^\circ} = 600e^{-j37^\circ} \text{ A};$$

$$\dot{I}_{1-2} = \dot{I}_2 + \dot{I}_3 = 400e^{-j37^\circ} \text{ A};$$

$$I_{2-3} = I_3 = 200e^{-j37^\circ} \text{ A.}$$

Berilgan tortish tarmog'i uchun $Z_0 = (0,23 + j0,47) \Omega/\text{km}$.
Tortish tarmog'i A-1, 1-2, 2-3 uchastkalari qarshiliklari:

$$Z_u = Z_0 l_u = (0,23 + j0,47) \cdot 8 = (1,84 + j3,76) \Omega$$

bu yerda l_u - uchastka uzunligi, km.

1- poyezdgacha kuchlanish pasayishi (4.6) formulaga ko'ra:

$$\begin{aligned} \Delta U_1 &= 600(1,84 \cos 37^\circ + 3,76 \sin 37^\circ) + j600(3,76 \cos 37^\circ - 1,84 \sin 37^\circ) = \\ &= 2237 + j1142e^{j36^\circ 50'} \text{ V} \end{aligned}$$

1- poyezdgacha kuchlanish pasayishi (4.7) formulaga ko'ra:

$$\Delta U_1 = 0,9 \cdot 600 \sqrt{1,84^2 + 3,76^2} + j0,5 \cdot 600 \sqrt{1,84^2 + 3,76^2} = 2241 + j1245 = 2564e^{j28^\circ 35'} \text{ V}$$

(4.6) va (4.7) formulalar bo'yicha aniqlangan kuchlanish pasayishlari modul qiymatlari o'rtasidagi farq:

$$\frac{2564 - 2512}{2564} \cdot 100\% = 2\%.$$

1- poyezd tok qabul qilgichidagi kuchlanish (4.5) formulaga ko'ra:

$$U_1 = 27500 - 2237 - j1142 = 25263 - j1142 = 25282e^{-j2^\circ 35'} \text{ V.}$$

Xuddi shu kattalikni (4.8) formulaga ko'ra:

$$U_1 = 27500 - 2241 - j1245 = 25259 - j1245 = 25291e^{-j2^\circ 50'} \text{ V.}$$

(4.5) va (4.8) formulalar yordamida hisoblangan kuchlanishlar pasayish farqi:

$$\frac{25291 - 25285}{25291} \cdot 100\% = 0,02\%.$$

Kuchlanish yo'qolishi va 1- elektrovoz tok qabul qilgichidagi kuchlanish taqribiy qiymati (4.9) formulaga ko'ra:

$$\Delta U_1 = 0,9 \cdot 600 \sqrt{1,84^2 + 3,76^2} = 2241 \text{ V,}$$

$$U_1 = 27500 - 2241 = 25259 \text{ V.}$$

Bu kattaliklarni hisoblash xatoliklari mos ravishda:

$$\frac{2512 - 2241}{2512} \cdot 100\% = 2,8\%; \quad \frac{25285 - 25259}{25285} \cdot 100\% = 0,1\%.$$

Hisoblash mobaynida shunga amin bo'lish mumkinki, 2- va 3- elektrovozlargacha kuchlanishlar pasayishi, yo'qolishi, ular tok qabul qilgichlaridagi kuchlanishlarini hisoblash xatoliklari ham juda kichik qiymatlarda bo'ladi. Keyingi poyezdlargacha bo'lgan

kuchlanishlar pasayishlarini hisoblashda ular oldingi poyezdlar kuchlanishlar pasayishlari bilan geometrik yig'indini tashkil etishini yodda tutish lozim bo'ladi.

4.3. Transformator chulg'amlaridagi toklar. O'zgaruvchan tok tortuvchi nimstansiyalar shinalaridagi kuchlanish

1. *Transformator chulg'amlaridagi toklar.* Nimstansiya yondosh fider zonalar yoki yelkalaridagi kuchlanish uch fazali tizim bitta fazasi kuchlanishi bilan faza jihatdan mos tushadi. Bunda fider zonalar kuchlanishlari faza jihatdan o'zaro 120° ga siljigan. Ilgarilovchi fazani I rim raqami bilan, orqada qoluvchi fazani – II raqam bilan, yuklanmagan fazani esa – III raqam bilan belgilaymiz. Shunday qilib, Y/Δ - 11 sxemali transformatorlarda I faza turli nimstansiyalarda navbati bilan ("parma" sxemasi asosida) tashqi uch fazali tizimning goh u, goh bu fazasiga mos tushadi.

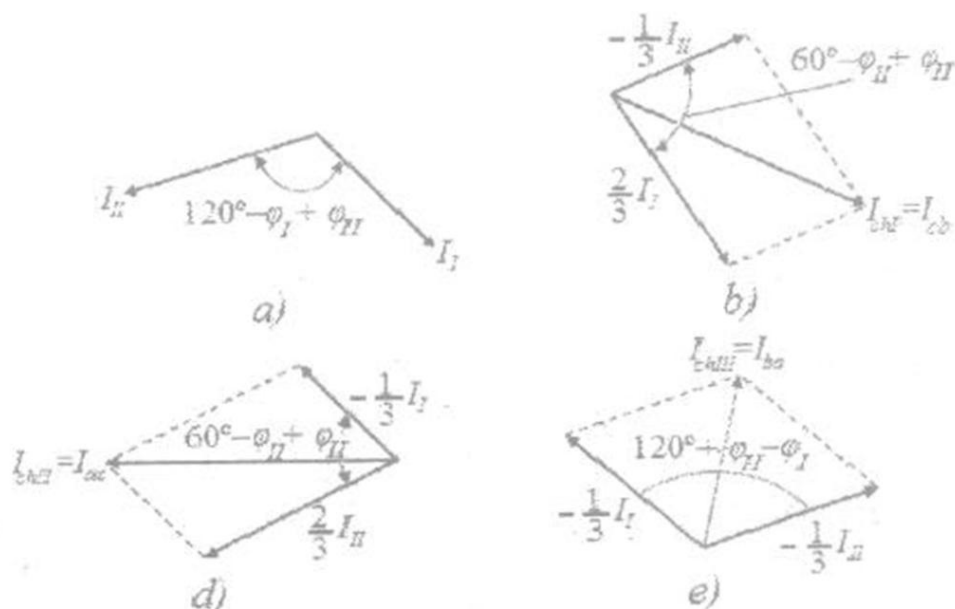
Fazalar chulg'amlari yuklamalari 2- bobda keltirilgan ketma-ketlikda aniqlanadi va quyidagilarga teng:

$$\dot{I}_{chI} = \frac{2}{3}\dot{I}_I - \frac{1}{3}\dot{I}_{II}; \quad \dot{I}_{chII} = \frac{2}{3}\dot{I}_{II} - \frac{1}{3}\dot{I}_I; \quad \dot{I}_{chIII} = -\frac{1}{3}\dot{I}_I - \frac{1}{3}\dot{I}_{II}. \quad (4.17)$$

4.10- rasm, *a* da keltirilgan vektor diagrammadan $\dot{I}_I(I_{o'ng})$ va $\dot{I}_{II}(I_{chap})$ vektorlar orasidagi burchakni aniqlash mumkin. Bu burchakni bilgan holda $\dot{I}_{chI}$, $\dot{I}_{chII}$ va $\dot{I}_{chIII}$ toklar modullarini topish mumkin. Bu toklarni aniqlash uchun vektor diagrammalar 4.10- rasm, *b, d, e* larda keltirilgan.

Berilgan vektor diagrammalar asosida quyidagilarni yozish mumkin:

$$\left. \begin{aligned} I_{chI}^2 &= \frac{1}{9} \left[4I_I^2 + I_{II}^2 + 4I_I I_{II} \cos(60^\circ - \varphi_{II} + \varphi_I) \right]; \\ I_{chII}^2 &= \frac{1}{9} \left[4I_{II}^2 + I_I^2 + 4I_I I_{II} \cos(60^\circ - \varphi_{II} + \varphi_I) \right]; \\ I_{chIII}^2 &= \frac{1}{9} \left[I_I^2 + I_{II}^2 + 2I_I I_{II} \cos(120^\circ + \varphi_{II} - \varphi_I) \right] \end{aligned} \right\} \quad (4.18)$$



4.10- rasmi. Transformator chulg'amlari toklarining vektor diagrammalari: *a* – nimstansiya yelkalari yoki fider zonalari yuklamalari vektor diagrammasi; *b, d, e* – transformator *I, II* va *III* – fazalari chulg'amlari toklarini aniqlash uchun vektor diagrammalar

Murakkab burchaklar kosinuslarini ochib va $I_I \cos \varphi_I = I'_I$; $I_I \sin \varphi_I = I''_I$; $I_{II} \cos \varphi_{II} = I'_II$; $I_{II} \sin \varphi_{II} = I''_II$ belgilashlar kiritib hamda $\cos 60^\circ = -\cos 120^\circ = 0,5$; $\sin 60^\circ = \sin 120^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$ ekanligini inobatga olib, (4.18) ni quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$\left. \begin{aligned} I_{chl}^2 &= \frac{1}{9} (4I_I^2 + I_{II}^2 + 2I'_I I'_{II} + 2I''_I I''_{II} + 2\sqrt{3} I'_I I''_{II} - 2\sqrt{3} I''_I I'_{II}); \\ I_{chl}^2 &= \frac{1}{9} (4I_{II}^2 + I_I^2 + 2I'_I I'_{II} + 2I''_I I''_{II} + 2\sqrt{3} I'_I I''_{II} - 2\sqrt{3} I''_I I'_{II}); \\ I_{chl}^2 &= \frac{1}{9} (I_I^2 + I_{II}^2 - I'_I I'_{II} - I''_I I''_{II} - \sqrt{3} I'_I I''_{II} + \sqrt{3} I''_I I'_{II}). \end{aligned} \right\} \quad (4.19)$$

Agar φ_I va φ_{II} o'zgaras va o'zaro teng bo'lsa, u holda (4.19) quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\left. \begin{aligned} I_{chl}^2 &= \frac{1}{9}(4I_I^2 + I_{II}^2 + 2I_I I_{II}); \\ I_{chlI}^2 &= \frac{1}{9}(4I_{II}^2 + I_I^2 + 2I_I I_{II}); \\ I_{chlII}^2 &= \frac{1}{9}(I_I^2 + I_{II}^2 - I_I I_{II}). \end{aligned} \right\} \quad (4.20)$$

Nimstansiya yelkalarining I_I va I_{II} yuklamalari qiymatlari berilgan oniy sxema uchun yuqorida keltirib o'tilgan tartibda aniqlanishi mumkin.

2. *O'zgaruvchan tok tortuvchi nimstansiyalari shinalaridagi kuchlanish.* Ushbu kuchlanish tashqi elektr ta'minoti tizimi va nimstansiya transformatorlaridagi kuchlanishlar yo'qolishlari asosida aniqlanadi. Transformatorlardagi kuchlanish yo'qolishlari umumiy holda har xil fazalarda turlicha bo'lgan nimstansiya yuklamalari va ularning quvvat koeffitsiyentlariga bog'liq bo'ladi. Kuchlanishlar yo'qolishlarini aniqlashni elektrlashgan temir yo'llar elektr ta'minoti tizimlarida eng keng qo'llaniladigan Y/Δ sxemada ulangan uch fazali transformatorli tortuvchi nimstansiya misolida ko'rib chiqamiz. Ushbu holat uchun almashlash sxemasi va unga mos vektor diagramma 4.11-rasm, a va b larda keltirilgan.

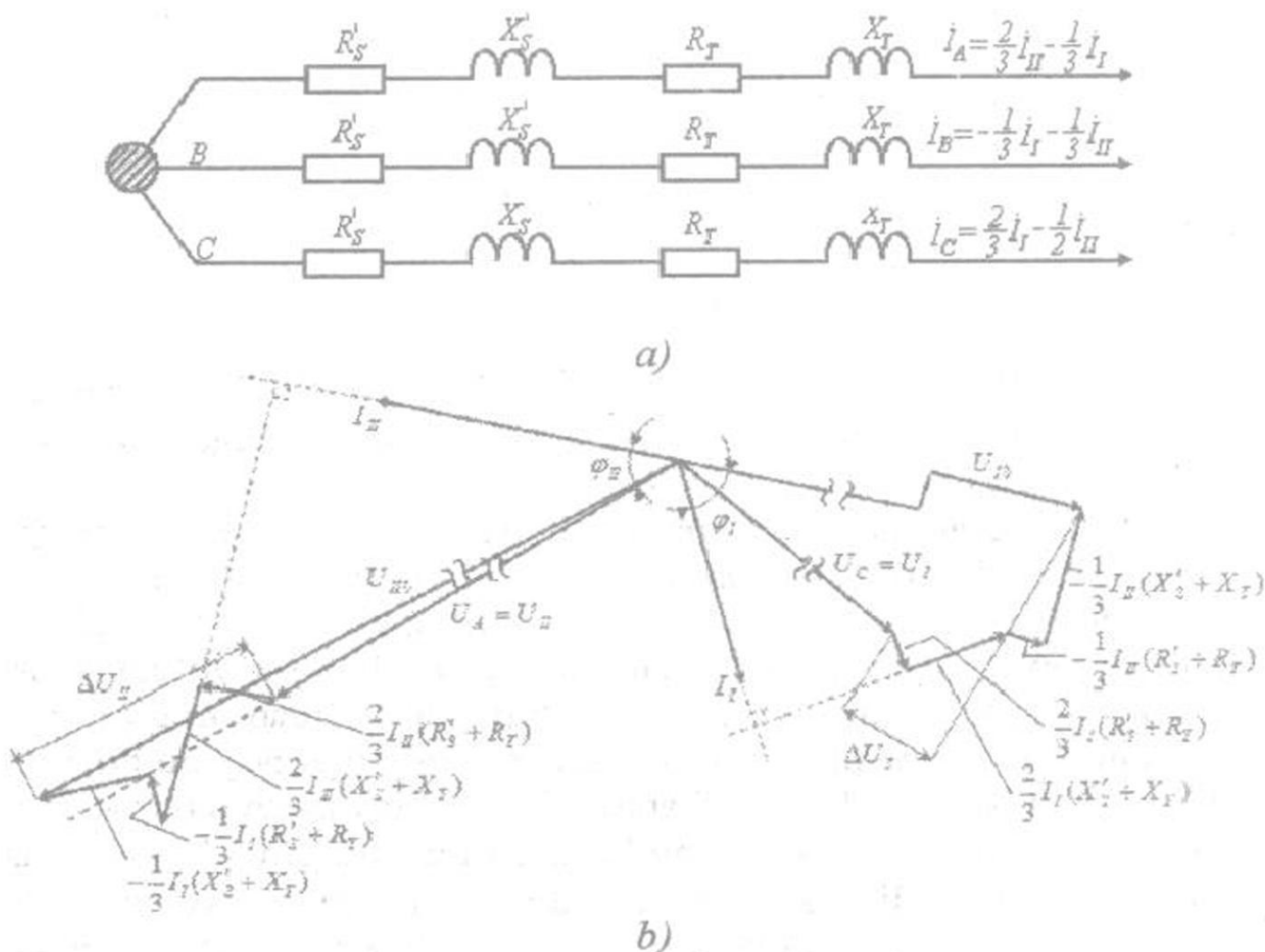
Fazalardagi toklar avval (2-bobda) aniqlanganidek:

$$\dot{I}_a = \dot{I}_A = \frac{2}{3}\dot{I}_{II} - \frac{1}{3}\dot{I}_I; \quad \dot{I}_c = \dot{I}_C = \frac{2}{3}\dot{I}_I - \frac{1}{3}\dot{I}_{II}. \quad (4.21)$$

Tortish elektr ta'minoti tizimiga nisbatan cheksiz katta quvvatga ega bo'lgan tashqi elektr ta'minoti shinalaridan transformator ikkilamchi chulg'ami chiqish shinalarigacha bo'lgan kuchlanish yo'qolishi vektor diagrammaga ko'ra ilgarilovchi I faza uchun quyidagi ifodaga teng bo'ladi:

$$\begin{aligned} \Delta U_I = \Delta U_C &= \frac{2}{3}I_I(R'_S + R'_T)\cos\varphi_I + \frac{2}{3}I_I(X'_S + X'_T)\sin\varphi_I - \\ &- \frac{1}{3}I_{II}(R'_S + R'_T)\cos(120^\circ + \varphi_{II}) - \frac{1}{3}I_{II}(X'_S + X'_T)\sin(120^\circ + \varphi_{II}), \end{aligned} \quad (4.22)$$

bu yerda R'_S , X'_S - tortuvchi nimstansiya ikkilamchi tomoni kuchlanishiga keltirilgan tashqi elektr ta'minoti tizimi bitta fazasi aktiv va reaktiv qarshiliklari;



4.11- rasm. Y/Δ sxemada ulangan uch fazali transformatorli tortuvchi nimstansiya shinalaridagi kuchlanish yo'qolishini aniqlashga oid almashlash sxema (a) va vektor diagramma (b)

R_T , X_T - tortuvchi nimstansiya ikkilamchi tomoni kuchlanishiga keltirilgan tortuvchi nimstansiya transformatorlari bitta fazasi aktiv va reaktiv qarshiliklari.

Agar

$$\cos(120^\circ + \varphi_{II}) = \cos 120^\circ \cos \varphi_{II} - \sin 120^\circ \sin \varphi_{II} = -\frac{\sqrt{3}}{2} \cos \varphi_{II} - \frac{1}{2} \sin \varphi_{II} \text{ va}$$

$$\sin(120^\circ + \varphi_{II}) = \sin 120^\circ \cos \varphi_{II} + \cos 120^\circ \sin \varphi_{II} = \frac{1}{2} \cos \varphi_{II} - \frac{\sqrt{3}}{2} \sin \varphi_{II}$$

ekanligini inobatga olsa hamda $I_I \cos \varphi_I = I'_I$; $I_I \sin \varphi_I = I''_I$; $I_{II} \cos \varphi_{II} = I'_I$; $I_{II} \sin \varphi_{II} = I''_I$ bilan belgilasak, u holda (4.22) tenglama quyidagi ko'rinishlarda yozilishi mumkin:

$$\Delta U_I = \Delta U_C = \frac{2}{3} I'_I (R'_S + R'_T) + \frac{2}{3} I''_I (X'_S + X'_T) + \frac{1}{3} \left(\frac{1}{2} I'_I + \frac{\sqrt{3}}{2} I''_I \right) (R'_S + R'_T) - \frac{1}{3} \left(\frac{\sqrt{3}}{2} I'_I - \frac{1}{2} I''_I \right) (X'_S + X'_T); \quad (4.23)$$

$$\Delta U_I = \Delta U_C = \frac{1}{6} \left[(4I'_I + I'_I + \sqrt{3}I''_I) (R'_S + R'_T) + (4I''_I - \sqrt{3}I'_I + I''_I) (X'_S + X'_T) \right].$$

Agar aktiv qarshilik hisobga olinmasa, ya'ni $R=0$ bo'lsa, u holda:

$$\Delta U_I = \Delta U_C = \frac{1}{6} (4I''_I - \sqrt{3}I'_I + I''_I) (X'_S + X'_T). \quad (4.24)$$

Xuddi shunga o'xshash, orqada qoluvchi II faza uchun:

$$\Delta U_{II} = \Delta U_A = \frac{2}{3} I''_{II} (R'_S + R'_T) \cos \varphi_{II} + \frac{2}{3} I'_{II} (X'_S + X'_T) \sin \varphi_{II} - \frac{1}{3} I'_I (R'_S + R'_T) \cos(240^\circ + \varphi_I) - \frac{1}{3} I'_I (X'_S + X'_T) \sin(240^\circ + \varphi_I). \quad (4.25)$$

(4.22) formulada bajarilgan almashtirishlarni amalga oshirsak:

$$\Delta U_{II} = \Delta U_A = \frac{2}{3} I''_{II} (R'_S + R'_T) + \frac{2}{3} I'_{II} (X'_S + X'_T) + \frac{1}{3} \left(\frac{1}{2} I'_I - \frac{\sqrt{3}}{2} I''_I \right) (R'_S + R'_T) + \frac{1}{3} \left(\frac{\sqrt{3}}{2} I'_I + \frac{1}{2} I''_I \right) (X'_S + X'_T); \quad (4.26)$$

$$\Delta U_{II} = \Delta U_A = \frac{1}{6} \left[(4I''_{II} + I'_{II} - \sqrt{3}I'_I) (R'_S + R'_T) + (4I'_{II} + \sqrt{3}I'_I + I''_{II}) (X'_S + X'_T) \right]$$

$R=0$ holat uchun:

$$\Delta U_{II} = \Delta U_A = \frac{1}{6} (4I''_{II} + \sqrt{3}I'_I + I'_{II}) (X'_S + X'_T). \quad (4.27)$$

Nimstansiya shinalaridagi kuchlanishlar quyidagicha aniqlanadi:

$$U_I = U_{I0} - \Delta U_I, \quad U_{II} = U_{II0} - \Delta U_{II}, \quad (4.28)$$

bu yerda U_{I0} , U_{II0} - salt ish rejimida nimstansiya shinalaridagi kuchlanishlar.

(4.24) va (4.27) formulalardan ko'rinib turibdiki, yondosh fider zona toki hisobidan ilgarilovchi fider I dagi kuchlanish yo'qolishi kamayadi, orqada qoluvchi fazasi II dagi kuchlanish yo'qolishi esa ortadi. Shuning uchun ham ilgarilovchi fazada kuchlanish normal kuchlanishdan yuqori, orqada qoluvchi fazada esa past. Aytib o'tish joizki, agar "ochiq uchburchak" sxemasida kuchlanish yo'qolishiga yondosh faza yuklamasining ta'siri faqat tashqi elektr ta'minoti tizimi induktiv qarshiligidagi kuchlanish

yo'qolishi hisobiga yuzaga kelsa, Y/Δ sxemasida ushbu ta'sir tortuvchi nimstansiya transformatori chulg'amidagi kuchlanish yo'qolishi hisobiga ham yuzaga keladi.

Nominal kuchlanishga keltirilmagan va keltirilgan qarshiliklar mos ravishda quyidagicha aniqlanadi:

$$X_s = \frac{U_n^2}{S_{q.t.}} = \frac{3U_{f1}^2}{S_{q.t.}}, \quad (4.29); \quad X'_s = X_s \frac{U_{nom}^2}{U_{f1}^2} = 3 \frac{U_{nom}^2}{S_{q.t.}} 10^3, \quad (4.30)$$

bu yerda U_n - birlamchi liniya kuchlanishi; X_s - tortuvchi nimstansiya birlamchi tomoni shinasigacha bo'lgan tashqi elektr ta'minoti tizimi induktiv qarshiligi; $S_{q.t.}$ - birlamchi kuchlanish shinalaridagi uch fazali qisqa tutashish quvvati; U_{f1} - birlamchi faza kuchlanishi; U_{nom} - tortuvchi nimstansiya nominal kuchlanishi - transformator salt ish kuchlanishi bo'lib, 27,5 kV ga teng.

Agar parallel ulangan uch fazali transformatorlar to'la quvvati S_{nom} va uning mis simlaridagi umumiy quvvat isrofi ΔP_m bo'lsa, u holda:

$$R_T = 3 \frac{\Delta P_m U_{nom}^2}{S_{nom}^2} 10^3, \quad (4.31)$$

$$X_T = 3 \frac{u_{q.t.}}{100} \cdot \frac{U_{nom}^2}{S_{nom}} 10^3, \quad (4.32)$$

bu yerda $u_{q.t.}$ - transformatorlar qisqa tutashish kuchlanishi, %.

Yuqorida keltirilgan (4.24) va (4.27) formulalarda har bir fider zona uchun kuchlanish yo'qolishi ikkita: "o'zining" zonasi yuklamasidan va yondosh zona yuklamasidan yuzaga kelgan tashkil etuvchilarning yig'indisi ko'rinishida berilgan. Bu yuklamalar o'zaro 60° ga siljigan. Buning oqibatida ko'rilayotgan zonagacha bo'lgan kuchlanish pasayishining tashkil etuvchilari ham xuddi shuncha burchakka o'zaro siljigan bo'ladi. Shuning uchun ham ushbu kuchlanish pasayishlarining ko'rilayotgan fider zona kuchlanishi vektoriga proeksiyasi har xil burchak sinuslariga ko'paytirish natijasida hosil qilinadi. Ushbu proeksiyalar kuchlanish yo'qolishlarini tavsiflaydi.

To'g'rilagich sxemali elektrovozlar qo'llanilganda masala biroz boshqacha ko'rinishda bo'ladi. Agar to'g'rilangan tok shakli ideal tekislangan, deb hisoblansa, u holda tok qiymati faqat kommutatsiya paytida o'zgaradi. Avvalo aytib o'tish lozimki,

elektrovozda tokni to'g'rilash jarayonlari vaqt bo'yicha bir – biriga mos kelmaydi.

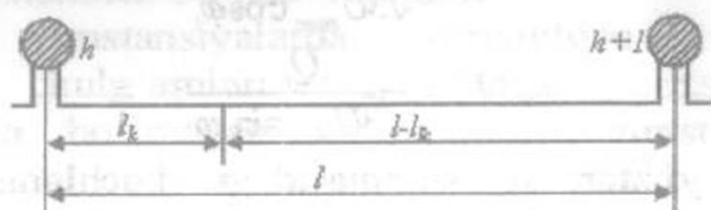
To'g'rilangan kuchlanish o'zining toki hisobidan kamayadi, yondosh fider zona toki hisobidan esa oshadi yoki qo'shimcha ravishda kamayadi:

$$\text{ilgarilovchi faza } I \text{ uchun: } \Delta U_{I-} = Z_- \left(\frac{2}{3} I_{I-} - \frac{1}{3} I_{II-} \right), \quad (4.33)$$

$$\text{orqada qoluvchi faza } II \text{ uchun: } \Delta U_{II-} = Z_- \left(\frac{2}{3} I_{II-} + \frac{1}{3} I_{I-} \right), \quad (4.34)$$

bu yerda $Z_- = 0,8(R'_s + R'_T) + 0,69(X'_s + X'_T)$ - tashqi elektr ta'minoti tizimi va tortuvchi transformatorlar keltirilgan qarshiligi.

(4.33) va (4.34) formulalar yordamida ko'rib chiqilayotgan fider zonani ta'minlayotgan tortuvchi nimstansiyalardagi kuchlanish yo'qolishlari hisobidan istalgan poyezdgacha, masalan, k - poyezdgacha yuzaga keladigan kuchlanish yo'qolishini aniqlashimiz mumkin (4.12- rasm).



4.12- rasm. O'zgaruvchan temir yo'l uchastkasidagi kuchlanish yo'qolishini hisoblashga doir sxema

Aytaylik, ko'rib chiqilayotgan fider zona h va $(h+1)$ tortuvchi nimstansiyalardan ta'minlanayotgan bo'lsin. Unda h va $(h+1)$ nimstansiyalardagi kuchlanish yo'qolishi hisobidan k - yuklamagacha yuzaga keladigan kuchlanish yo'qolishi:

$$\Delta U_k = \frac{l-l_k}{l} \Delta U_h + \frac{l_k}{l} \Delta U_{h+1}, \quad (4.35)$$

bu yerda ΔU_h , ΔU_{h+1} - mos ravishda h va $(h+1)$ nimstansiyalardagi kuchlanish yo'qolishlari.

Notortuvchi uch fazali yuklama ham tortuvchi nimstansiya shinalaridagi kuchlanishga ta'sir ko'rsatadi. Bu yuklama "ikkita sim-rels (ISR)" tizimi orqali transformator tortuvchi chulg'amidan ta'minlanishi mumkin. Bu holatda tortish yuklamasiga uch fazali simmetrik yuklama qo'shiladi. Agar bu yuklama aktiv quvvati P_D , reaktiv quvvati $Q_D = P_D \tan \varphi_D$ (bu yerda φ_D - kuchlanish va tok

orasidagi faza siljish burchagi) bo'lsa, u holda tokning aktiv va reaktiv tashkil etuvchilari mos ravishda quyidagi formulalar yordamida aniqlanadi:

$$I_D' = \frac{P_D}{\sqrt{3}U_{nom} \cos \varphi_D}, \quad (4.36)$$

$$I_D'' = \frac{Q_D}{\sqrt{3}U_{nom} \sin \varphi_D}. \quad (4.37)$$

Tokning yuqorida keltirilgan tashkil etuvchilari tortish yuklamasi faza toklarining aktiv va reaktiv tashkil etuvchilari ifodalariga mos ravishda qo'shilishi lozim.

Tuman yuklamalarini ta'minlashda uch fazali transformatorlar qo'llanilganda tortish va ISR yuklamalariga tuman simmetrik yuklamalari ham qo'shiladi. Ushbu yuklama tokining tashkil etuvchilari (4.36) va (4.37) formulalarga o'xshash bo'lgan quyidagi formulalar yordamida aniqlanadi:

$$I_t' = \frac{P_t}{\sqrt{3}U_{nom} \cos \varphi_t}, \quad (4.38)$$

$$I_t'' = \frac{Q_t}{\sqrt{3}U_{nom} \sin \varphi_t}, \quad (4.39)$$

Tortish yuklamasi shinalaridagi kuchlanish kamayishini aniqlash maqsadida (4.18) – (4.24) formulalar yordamida tortish yuklamasi va ISR hisobidan yuzaga keladigan kuchlanish yo'qolishlari hisoblanadi. Bunda $R_T = R_1 + R_2$ va $X_T = X_1 + X_2$, bu yerda R_1 , X_1 - birlamchi chulg'am aktiv va reaktiv qarshiliklari; R_2 , X_2 - tortish chulg'amining aktiv va reaktiv qarshiliklari. Tuman yuklamasini hisobga olishda faqat R_1 va X_1 qarshiliklar inobatga olinadi. Tuman yuklamasi shinasigacha bo'lgan transformator chulg'amlaridagi kuchlanish yo'qolishini aniqlashda tortish yuklamasidan yuzaga keladigan kuchlanish yo'qolishini faqat birlamchi chulg'am qarshiliklari R_1 va X_1 da hisobga olinadi, tuman yuklamasidan yuzaga keladigan kuchlanish yo'qolishini esa birlamchi chulg'am va tuman yuklamasi qarshiliklarida hisobga olinadi, ya'ni $R_r = R_1 + R_3$ va $X_r = X_1 + X_3$, bu yerda R_3 , X_3 - tuman yuklamasi aktiv va reaktiv qarshiliklari. Ikkala holatda ham tizimning R_s va X_s qarshiliklari o'zgarishsiz qoladi.

4.4. Tortuvchi nimstansiyalarni tortish tarmog'iga parallel ishlashining xususiyatlari

Umumiy holatda yondosh tortuvchi nimstansiyalar shinalaridagi kuchlanishlar bir xil bo'lmaydi va buning oqibatida tortish tarmog'ida, odatda, muvozanatlovchi toklar paydo bo'ladi.

O'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkalarida paydo bo'ladigan muvozanatlovchi toklar yondosh tortuvchi nimstansiyalar shinalaridagi kuchlanishlarni modul va faza jihatdan farqi va tortish tarmog'i qarshiligi bilan aniqlanadi. Tortuvchi nimstansiyalar shinalaridagi kuchlanishlar bir xil bo'lmasligi ularni ta'minlovchi EULdagi kuchlanishlar yo'qolishlari hamda tortuvchi nimstansiyalar transformatorlaridagi kuchlanish yo'qolishlarini har xil qiymatdaligi bilan izohlanadi. Ayrim holatlarda muvozanatlovchi toklar yoki boshqacha qilib aytganda tortish tarmog'i bo'ylab tranzit quvvat zonada yuklama bo'lmaganda katta energiya isrofiga va nimstansiyalar o'rtasidagi yuklamani qayta taqsimlanishiga sababchi bo'lishi mumkin.

Tortuvchi nimstansiyalarda o'rnatilgan uch fazali transformatorlar chulg'amlari Y/Δ ulangan, nimstansiyalararo zonada yuklama bo'lmagan va yondosh nimstansiyalardagi transformatorlar transformatsiya koeffitsiyentlari bir xil bo'lgan tortish tarmog'ida paydo bo'ladigan muvozanatlovchi toklarni aniqlash usulini ko'rib chiqamiz (4.13- rasm).

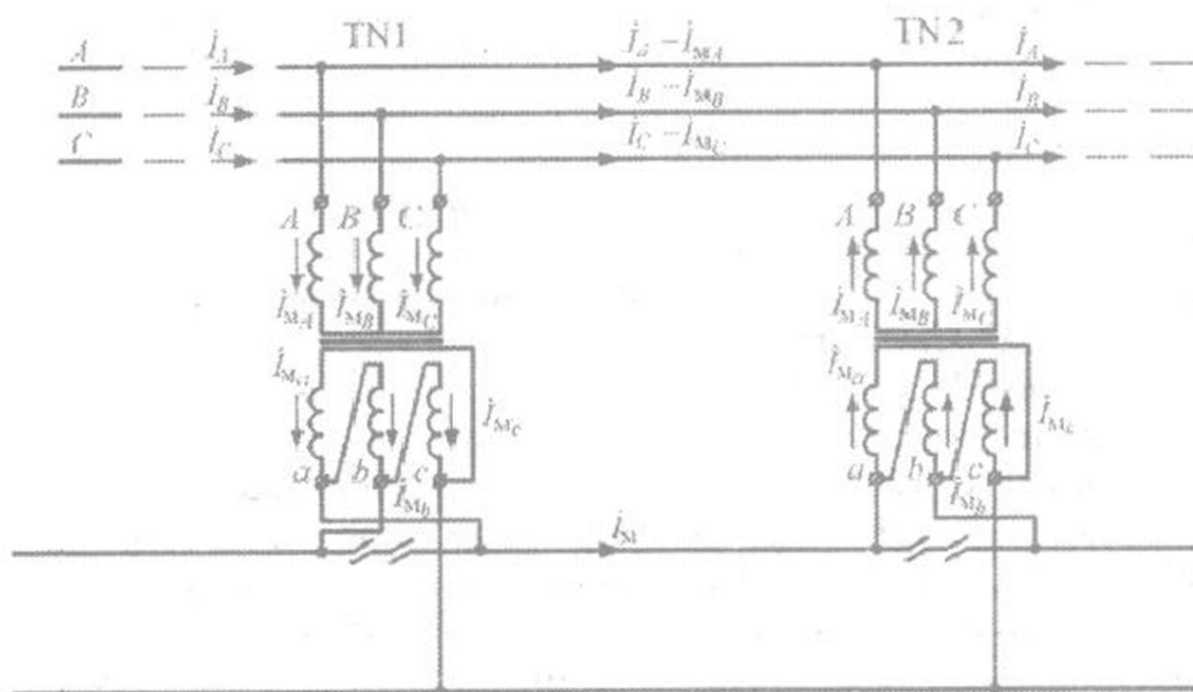
Nosimmetrik yuklamada ishlayotgan transformator har bir fazasi boshqa fazalardagi o'zgarishlarga bog'liq emas, deb hisoblaymiz, ya'ni bir fazali transformator sifatida qabul qilamiz.

Elektr uzatish liniyasining 1- tortuvchi nimstansiya (TN1) gacha bo'lgan qismidagi va 2- tortuvchi nimstansiya (TN2) dan keyingi qismidagi toklarni I_A , I_B va I_C lar bilan belgilaymiz. Elektr uzatish liniyasidan TN1 dagi transformator birlamchi chulg'amlariga yo'nalgan va TN2 dagi transformator birlamchi chulg'amlaridan elektr uzatish liniyasiga qaytayotgan toklarni I_{MA} , I_{MB} va I_{MC} lar bilan belgilaymiz.

EULning nimstansiyalar orasidagi qismi bitta fazasi qarshiligini Z_L , kontakt osmalari o'zaro parallel ulangan barcha yo'llar tortish tarmog'i qarshiligini esa Z_{TT} bilan belgilaymiz.

Transformator a va b , c tortish chulg'amlarida muvozanatlovchi tok 2.1- paragrafda keltirilgan nisbatda, ya'ni $I_{Ma} : I_{Mc,b} = 2:1$ nisbatda taqsimlanadi.

Agar tortish tarmog'i bo'ylab I_M tok o'tayotgan bo'lsa, u holda transformator ikkilamchi (tortuvchi) tomonidagi a fazada $i_{Ma} = \frac{2}{3} I_M$, birlamchi tomon A fazasida $i_{MA} = \frac{2}{3} \cdot \frac{I_M}{k_T}$, elektr uzatish liniyasining nimstansiyalararo qismidagi A fazasida esa tok $I_A = \frac{2}{3} \cdot \frac{I_M}{k_T}$ larga teng bo'ladi, bu yerda k_T - tortuvchi nimstansiya transformatorining transformatsiya koeffitsiyenti.



4.13- rasm. Tortuvchi nimstansiyalarda o'rnatilgan uch fazali transformatorlar chulg'amlari Y/Δ ulangan tortish tarmog'idagi muvozanatlovchi tokni birlashish sxemasi

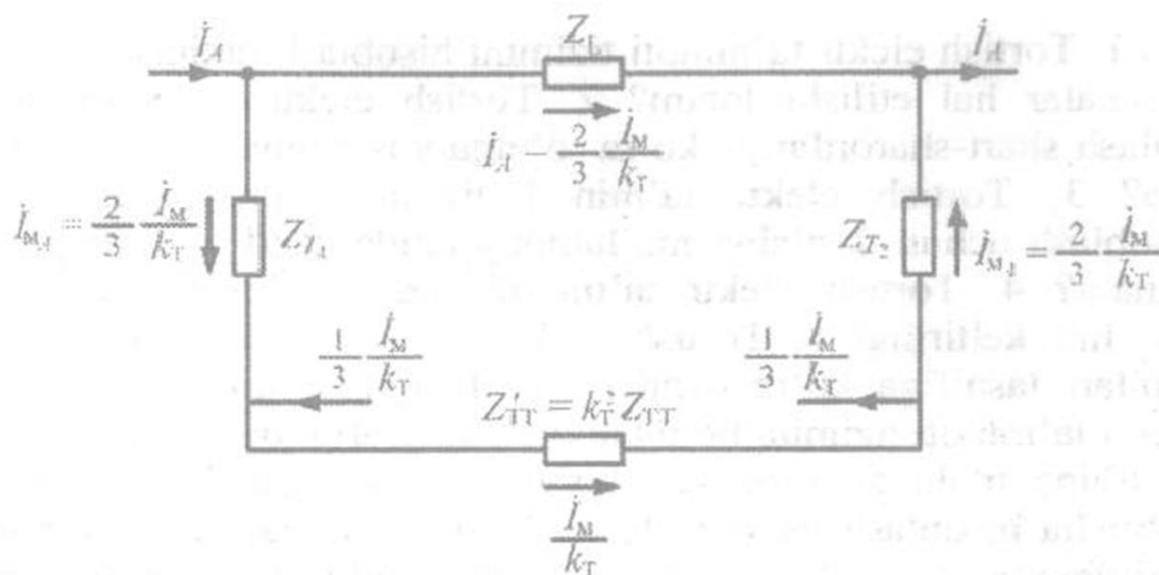
4.14- rasmda TN1 va TN2 lardagi transformatorlar hamda EUL A fazasi uchun almashlash sxemasi keltirilgan. Bu sxemalardagi barcha qarshiliklar va toklar elektr uzatish liniyasi kuchlanishiga keltirilgan.

Ushbu sxemada: Z_{T1} , Z_{T2} TN1 va TN2 lardagi transformatorlar fazasi keltirilgan qarshiliklari; $Z'_{TT} = k_T^2 Z_{TT}$ tortish tarmog'ining keltirilgan qarshiligi.

Toki tarmog'i toki to'raligicha a fazadan o'tmasligi va biz bitta A faza konturini ko'rib chiqayotganligimiz bois, 4.14- rasmda I_M tokning $1/3$ qismi boshqa fazalarga shoxobchalanayotganligi ko'rsatilgan.

4.14- rasmdagi almashlash sxemasi berk konturidagi kuchlanish pasayishi uchun Kirxgof 2- qonuni asosida quyidagi tenglamani yozishimiz mumkin:

$$\left(\dot{I}_A - \frac{2}{3} \cdot \frac{\dot{I}_M}{k_T} \right) Z_L - \frac{2}{3} \cdot \frac{\dot{I}_M}{k_T} (Z_{T1} + Z_{T2}) - \frac{\dot{I}_M}{k_T} Z'_{TT} = 0 \quad (4.40)$$



4.14- rasm. I_M tokni aniqlash uchun almashlash sxema

(4.40) dan $\dot{I}_M$ tok ifodasini topamiz:

$$\dot{I}_M = \frac{Z_L k_T}{\frac{2}{3} (Z_L + Z_{T1} + Z_{T2}) + Z'_{TT}} \dot{I}_A \quad (4.41)$$

Shunday qilib, tortish tarmog'idagi muvozanatlovchi tok birlamchi va ikkilamchi zanjir parametrlariga va $\dot{I}_A$ tokka bog'liq. $\dot{I}_A$ tok parallel shoxobchalarga ularning qarshiligi qiymatlariga mos ravishda taqsimlanadi. (4.40) tenglikdan quyidagi munosabatni hosil qilish mumkin:

$$\frac{\dot{I}_A - \dot{I}_{MA}}{\dot{I}_{MA}} = \frac{Z_{T1} + Z_{T2} + \frac{3}{2}Z'_{TT}}{Z_I} = \frac{Z_M}{Z_L} \quad (4.42)$$

bu yerda $Z_M = Z_{T1} + Z_{T2} + \frac{3}{2}Z'_{TT}$.

Bir necha elektrlashgan temir yo'llardagi muvozanatlovchi toklar qiymatlarini baholash shuni ko'rsatadiki, uning qiymati 100-120 A gacha etadi. Shuning uchun ham ayrim holatlarda elektrlashgan temir yo'llardan foydalanish tajribasi kontakt tarmog'ini bir tomonlama ta'minlash sxemasiga o'tish samarali ekanligi isbotladi.

Nazorat savollari

1. Tortish elektr ta'minoti tizimini hisoblash natijasida qanday masalalar hal etilishi lozim? 2. Tortish elektr ta'minoti tizimi ishlash shart-sharoitlariga ko'ra o'ziga xos qanday xususiyatlarga ega? 3. Tortish elektr ta'minoti tizimi elektr parametrlarini hisoblash uchun dastlabki ma'lumot sifatida qanday xarakteristika olinadi? 4. Tortish elektr ta'minoti tizimini hisoblash usullari tasnifini keltiring! 5. Tortish elektr ta'minoti tizimini hisoblash usullari tasnifiga ko'ra qanday guruhlariga ajratiladi? 6. Tortish elektr ta'minoti tizimini berilgan harakat grafigi bo'yicha hisoblash usulining mohiyati nimadan iborat? 7. Berilgan harakat grafigi bo'yicha hisoblash usulida dastlabki ma'lumotlar sifatida qanday ma'lumotlar olinadi? 8. Tekis kesimlar usulini tushuntirib bering! 9. Tavsiflovchi kesimlar usulining o'ziga xos xususiyatlarini ayting! 10. Oniy sxema va uning vazifasi nima? 11. Harakat grafigini uzluksiz tadqiq etish usulining mohiyatini tushuntirib bering! 12. Harakat grafigini uzluksiz tadqiq etish usuli nima? 13. Bir tomonlama ta'minlanayotgan bitta yo'lli uchastka oniy sxemasi qanday hisoblanadi? 14. Ikki tomonlama ta'minlanayotgan bitta yo'lli uchastka oniy sxemasi qanday hisoblanadi? 15. Ikki tomonlama ta'minlanayotgan ikkita yo'lli uchastka oniy sxemasi qanday hisoblanadi? 16. Transformator tortish chulg'amlaridagi toklarni aniqlash formulalarini yozing! 17. Y/Δ sxemada ulangan uch fazali transformatorli tortuvchi nimstansiya shinalaridagi kuchlanish yo'qolishini aniqlashga oid almashlash sxema va vektor diagrammani chizing! 18. Y/Δ sxemada ulangan uch fazali transformatorli tortuvchi nimstansiya shinalaridagi kuchlanish

yo'qolishini aniqlashga oid formulalarni yozing! 19. Y/Δ sxemada ulangan uch fazali transformatorli tortuvchi nimstansiya shinalaridagi kuchlanish qanday formulalar yordamida aniqlanadi? 20. Tortuvchi nimstansiya birlamchi tomoni shinasigacha bo'lgan tashqi elektr ta'minoti tizimi induktiv qarshiligini tortuvchi nimstansiya nominal kuchlanishiga keltirilgan qiymati qanday formula asosida topiladi? 21. Tashqi elektr ta'minoti tizimi va tortuvchi transformatorlar keltirilgan to'la qarshiligi formulasini yozing!

5- BOB. TORTISH ELEKTR TA'MINOTI TIZIMLARINI BERILGAN HARAKAT O'LCHAMLARI BO'YICHA HISOBLASH

5.1. Umumiy ma'lumotlar

Tortish elektr ta'minoti tizimini poyezdlar harakatining o'rtacha o'lchamlari bo'yicha hisoblash usullari o'zgarmas va o'zgaruvchan tok tortish tarmoqlarini hisoblashda qo'llaniladi. Bu usullar yordamida quyidagi hisobiy kattaliklar o'rtacha qiymatlarini hisoblab topish mumkin: nimstansiya yoki ta'minlovchi liniya yuklama toklari; poyezdni uchastka bo'ylab harakati vaqtidagi ungacha bo'lgan kuchlanish yo'qolishi; ikki tomonlama ta'minlanayotgan uchastka tok bo'linish nuqtasigacha yoki bir tomonlama ta'minlanayotgan uchastka oxirgi nuqtasigacha bo'lgan kuchlanish yo'qolishi; poyezdni alohida peregon bo'ylab yurish vaqtidagi yoki shu peregonida tok iste'mol qilayotgan paytda ungacha bo'lgan kuchlanish yo'qolishlari; tortish va kontakt tarmog'idagi aktiv quvvat isrofi va nimstansiya hamda ta'minlovchi liniya yuklama tokining effektiv qiymati. Bundan tashqari, o'zgaruvchan tok elektr tortishda tortish tarmog'idagi reaktiv quvvat isrofi va tortuvchi nimstansiya shinalaridagi quvvat koeffitsiyenti.

Poyezdlar harakatining o'rtacha o'lchamlari bo'yicha hisoblash usullari orasida birinchilardan bo'lib tekis taqsimlangan yuklama usuli taklif etilgan.

Tekis taqsimlangan yuklama usuli. Usulning mohiyati: qiymati o'zgaruvchan va harakatlanuvchi yuklama tekis taqsimlangan yuklama bilan almashtiriladi. Uchastka uzunligi bo'yicha tekis taqsimlangan yuklamaning qiymati uchastka bo'yicha energiya sarfi o'zgarmasligidan kelib chiqadi. Bunda poyezd toki uning o'rtacha qiymatiga teng qilib olinganligi sababli hisoblanayotgan kattaliklarning qisqa vaqtli maksimum va minimumlarini aniqlash imkoni bo'lmaydi, hisoblash natijalari esa har doim pasaygan holda chiqadi. Shuning bilan birga bu usul tezkor hisoblash talab qilingan holatlarda ancha samarali hisoblanadi.

Harakatlanuvchi yuklama usuli. Usulning mohiyati: yuklamalar harakatlanadi va tarqoq emas, balki yig'iq holda, barcha poyezdlar parallel grafik bo'yicha harakatlanadi, ya'ni bir xil tezlikda va poyezdlararo oraliqda, poyezdlar toklari ularning

o'rtacha qiymatlariga teng hamda poyezdlar bir xil rusumli deb qabul qilinadi. Poyezdlar toklarining o'zgarishi va ular orasidagi masofalar turlicha bo'lishi hisobga olinmasligi sababli kattaliklarni hisoblash natijalari ularning haqiqiy qiymatlaridan ancha kam bo'lib chiqadi. Bu kamchilikni bartaraf etish maqsadida hisoblash formulalariga tuzatuvchi koeffitsiyent kiritilsa-da, hisoblash formulalari murakkabligi bois ushbu usul ham kam qo'llaniladi.

Rozenfeld usuli. Usulning mohiyati: Rozenfeld o'zining usulida birinchilardan bo'lib poyezdlar toklari va ular orasidagi masofa o'zgarishini hisobga oladi. Fider zonadagi poyezdlar soni o'zgarmaydi va ularning o'rtacha soniga teng. Poyezdlarning bir – biriga nisbatan joylashishi istalgancha qabul qilinadi. Bu holatda kuchlanish pasayishi va yo'qolishi ancha ortiqcha chiqadi. Shuning uchun ham bu usulni tortish tarmog'i rejimlari kattaliklarining maksimal qiymatlarini aniqlashda qo'llab bo'lmaydi. Shu bilan birga ta'kidlab o'tish lozimki, bu usulda birinchi marta ehtimollar nazariyasi qo'llanilgan.

Bu usulning asosiy munosabatlari tarkibiga kiruvchi ayrim kattaliklar poyezdlarni uchastka bo'ylab o'zaro joylashishi va ular iste'mol qilayotgan toklar mos ravishda bir-birlariga bog'liq emas va shu mulohaza asosida yuqorida qayd etib o'tilgan ayrim kattaliklar o'zlarining o'rtacha qiymatlariga teng deb qabul qilinadi.

Imitatsion modellash usuli. Usulning mohiyati: kompyuter texnologiyasi yordamida poyezdlar harakat grafigini modellashtirish mumkin. Bu grafik tasodifiy jarayon sifatida oniy sxemalar to'plamidan tashkil topadi.

Poyezdlar harakati grafigini shakllantirishda poyezdlararo oraliq belgilangan minimal qiymatdan kam bo'lmasligi, sutka davomidagi poyezdlar soni esa uning o'rnatilgan soniga teng bo'lishi lozim. Ushbu shartlar bajarilganda turli harakat grafigini modellashtirib, elektr ta'minoti tizimi parametrlarini, nimstansiya quvvatini, kontakt tarmog'i simlarining umumiy kesimi yuzasini aniqlash mumkin hamda poyezdlarni istalgan variantdagi o'tkazish qobiliyatida elektr ta'minoti tizimi ishonchliligini tekshirish mumkin bo'ladi. Shuning uchun ham bunday hisoblashlar yangi uchastkalarni loyihalash, foydalanilayotgan uchastkalarni rekonstruksiyalash va kundalik foydalanishda qo'llaniladi.

Imitatsion modellash usuli haqiqiy jarayonni taqriban tiklovchi sonli va mantiqiy amallar ketma-ketligini ishlab chiqishdan iborat.

Shuning uchun ham ushbu usul quyidagi o'ziga xos xususiyatlarga ega:

1) istalgan murakkablik darajasidagi masalani yechish imkoniyati mavjudligi;

2) real eksperimentlar o'rniga kompyuter yordamida imitatsion modelda eksperimentlar o'tkazish imkoniyati mavjudligi;

3) poyezdlar harakati grafigini shakllantirishda tasodifiy son va jarayonlardan foydalanish imkoniyati mavjudligi.

Markvardt usuli. Usulning mohiyati: usulning xususiyati shundan iboratki, u fider zonadagi poyezdlar soni o'zgarishini hisobga oladi. Bu usulda dastlabki ma'lumotlar sifatida quyidagilar beriladi: 1) poyezdlar toklari; 2) fider zonadagi poyezdlar maksimal soni. Bunda ta'minlash sxemasi, nimstansiyalar orasidagi masofa va sutkalik poyezdlar soni o'zgarmas bo'ladi.

Fider zonadagi poyezdlar taqsimlanishining binominal qonuniyati:

$$n = \frac{t}{\theta}, \quad (5.1)$$

bu yerda θ - poyezdlararo oraliq vaqti, min.

Poyezdlar harakati grafigidagi tolalar soni:

$$N_0 = \frac{T}{\theta}, \quad (5.2)$$

bu yerda $T=24$ soat – bir sutka miqdori. Hisoblash poyezdlar harakati grafigiga mos ravishda olib boriladi (5.1- rasm).

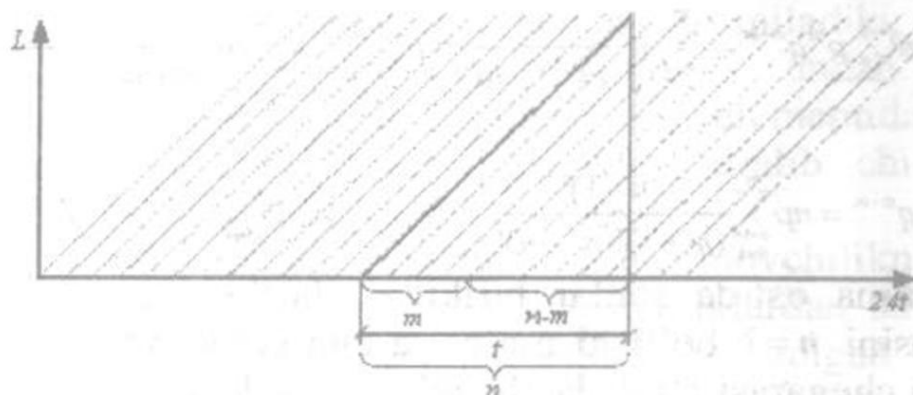
Uchastkaning o'tkazish qobiliyati N_0 - bu nimstansiyalararo zona orqali minimal poyezdlararo oraliq θ_{min} bilan o'tadigan poyezdlarning eng katta soni. Agar poyezdlarning berilgan soni $N=1$ bo'lsa, u holda nimstansiyalararo zonaga chiqayotgan

poyezdni grafikning berilgan tolasiga tushish ehtimoli $\frac{1}{N_0}$ bilan aniqlanadi. 5.1- rasmdagi uzluksiz liniyalar poyezdlar harakati grafigining poyezdlar bilan band bo'lgan tolalari, uzlukli liniyalar esa – bo'sh tolalar.

Binominal qonuniyatning xususiyati – grafikdagi navbatdagi tolani band bo'lish ehtimoli undan oldingi tolaning band bo'lgan yoki bo'lmaganligiga bog'liq emasligigadir. Unda m ta tolalarning band bo'lishi ehtimolini topish uchun bitta liniya bandligi ehtimoligini ko'paytirish zarur bo'ladi va bunda ko'paytuvchilar soni m ga teng bo'ladi, ya'ni:

$$\frac{N}{N_0} \cdot \frac{N}{N_0} \cdots \frac{N}{N_0} = \left(\frac{N}{N_0} \right)^m = p^m, \quad (5.3)$$

bu yerda p^m - poyezdlar harakati grafigi tolalarining bandlik ehtimoli.



5.1- rasm. Poyezdlar harakati grafigi:

t – poyezdni nimstansiyalararo zona bo'yicha yurish vaqti; n – fider zonadagi poyezdlar sonining maksimal qiymati; m – fider zonadagi poyezdlarning amaldagi soni

Endi grafik tolasini bo'shlik (band bo'lmaslik) ehtimolini aniqlaymiz. Buning uchun bo'sh tolalar soni $N_0 - N$ ni tolalar umumiy soniga nisbatini ko'rib chiqamiz.

$n - m$ tolalar bo'shlik ehtimolini aniqlaymiz:

$$\left(\frac{N_0 - N}{N_0} \right)^{n-m} = q^{n-m}, \quad (5.4)$$

bu yerda q^{n-m} – $(n - m)$ tolalarning bo'shlik ehtimoli.

Endi aynan m tolalar band va $(n - m)$ tolalar bo'sh bo'lsin. Shu paytgacha m tolalar ketma-ket band bo'lish ehtimolini aniqlagan edik. Aslini olganda tolalar qanday tartibda joylashishi hisoblashlarda ahamiyatsiz. Fider zonada poyezdlar soni m o'zgarmas bo'lganda poyezdlarni o'tkazish variantlari soni C_n^m ga teng. Uchastka stansiyalararo zonasidagi poyezdlar soni m ga tenglikning natijaviy ehtimoli quyidagicha aniqlanadi:

$$p(m) = C_n^m p^m q^{n-m}. \quad (5.5)$$

Poyezdlar taqsimlanishining gipergeometrik qonuniyati ham mavjud. Bu qonuniyat aniqroq bo'lsa-da, hisoblash nuqtayi nazaridan ancha murakkabroq. Shuning uchun ham binominal

taqsimlanish qonuniyatidan kelib chiqqan holda fider zonadagi poyezdlar o'rtacha sonini topamiz:

$$\bar{m} = \sum_{m=1}^n mp(m). \quad (5.6)$$

Binominal taqsimlanish qonuniyatidan:

$$\bar{m} = \sum_{m=1}^n m C_n^m p^m q^{n-m} = \sum_{m=1}^n m \cdot \frac{n!}{m!(n-m)!} \cdot p^m q^{n-m} = \sum_{m=1}^n m \cdot \frac{n(n-1)!}{m(m-1)!(n-m)!} \cdot p^m q^{n-m} \cdot x. \quad (5.7)$$

$$xp^1 p^{m-1} q^{n-m} = np \sum_{m=1}^n \frac{(n-1)!}{(m-1)!(n-m)!} \cdot p^{m-1} q^{n-m} = np \sum_{m=1}^n C_{n-1}^{m-1} p^{m-1} q^{n-m}.$$

Summa ostida sonlar birikmasi bo'lganligi sababli yig'indi chegarasini $n=1$ bo'lishi ma'noga ega emas, shuning uchun ham yig'indi chegarasi $n=2$ dan boshlab olinadi, ya'ni:

$$\bar{m} = np \sum_{m=2}^n C_{n-1}^{m-1} p^{m-1} q^{n-m} = np \sum_{m=2}^n p(m-1), \quad (5.8)$$

bu yerda $\sum_{m=2}^n p(m-1) = 1$ - hodisalarning to'liq guruhi. Unda:

$$\bar{m} = np = n \frac{N}{N_0}. \quad (5.9)$$

Shunday qilib, binominal taqsimlanish qonuniyatiga ko'ra fider zonadagi poyezdlarning o'rtacha soni fider zonadagi poyezdlar eng katta soniga va poyezdlar harakati grafigidagi poyezdlarning dastlabki berilgan soniga bog'liq bo'ladi.

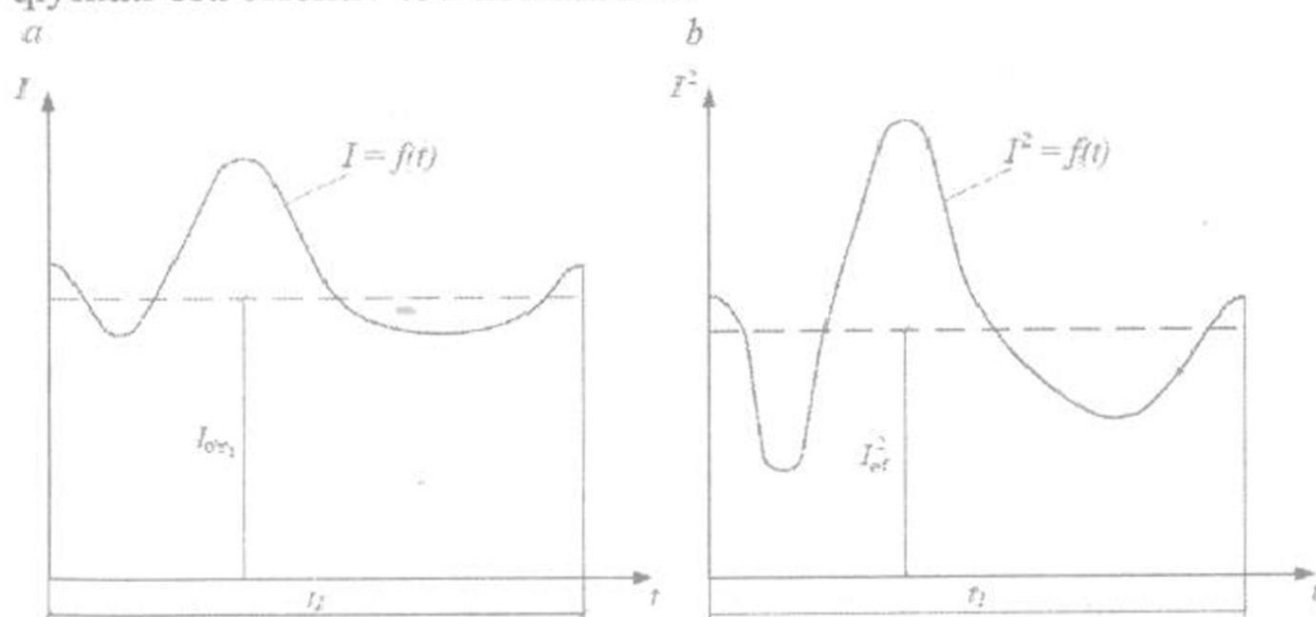
5.2. Poyezdlar toklarining sonli xarakteristiklari

Elektrlashgan temir yo'llardan foydalanishda nimstansiyalar va tortuvchi nimstansiyalar fiderlari toklari to'g'risida ma'lumotga ega bo'lish muhim ahamiyatga ega. Bu toklarni aniqlashda dastlabki ma'lumot vazifasini poyezdlar iste'mol qiladigan va muntazam o'zgarib turuvchi toklar o'taydi. Bu toklar quyidagi ikkita sonli xarakteristika bilan baholanadi: qaralayotgan fider zona bo'ylab harakatlanayotgan poyezdlar iste'mol qilayotgan toklarning o'rtacha va effektiv (o'rtacha kvadratik) qiymatlari.

Umumiy holda tokning vaqt bo'yicha o'zgarish egri chizig'i uning o'rtacha va effektiv qiymatlari bilan tavsiflanishi mumkin. Tokning o'rtacha qiymati uning vaqt bo'yicha o'zgarish egri chizig'i chegaralab turgan yuzani shu yuza asosiga nisbati bilan

aniqlanadi (5.2- rasm, *a*). Effektiv tok I_{ef} ni aniqlash uchun ko‘rilayotgan tok egri chizig‘i ordinatasi kvadratga oshiriladi (5.2- rasm, *b*). Effektiv tok kvadrati I_{ef}^2 hosil qilingan egri chiziq bilan chegaralangan yuza kattaligini uning asosiga nisbati bilan aniqlanadi. Fizik nuqtayi nazardan effektiv (o‘rtacha kvadratik) tok deganda tokning shunday hisobiy qiymati tushiniladiki, bu tok zanjirning u yoki bu elementidan o‘tganda undan ajralib chiqadigan issiqlik miqdori zanjirning shu elementidan vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchi haqiqiy tok o‘tganda ajralib chiqadigan issiqlik miqdoriga teng bo‘ladi.

Yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan tushunmovchilikni oldini olish maqsadida shuni aytish lozimki, qarshiliklardan sinusoidal o‘zgaruvchan tok o‘tganda undan ajralib chiqadigan issiqlik miqdoriga ekvivalent miqdorda issiqlik ajratadigan o‘zgarmas tok qiymati, sizga “Elektrotexnikaning nazariy asoslari” kursidan ma’lum bo‘lgan, o‘zgaruvchan tokning ta’sir etuvchi qiymati deb ataladi. Qarshiliklardan ta’sir etuvchi qiymati o‘zgaradigan o‘zgaruvchan tok o‘tganda undan ajralib chiqadigan issiqlik miqdoriga ekvivalent miqdorda issiqlik ajratadigan o‘zgarmas tok qiymati esa effektiv tok deb ataladi.



5.2- rasm. Tok egri chizig‘i xarakteristikallari o‘rtacha (*a*) va effektiv qiymatlari (*b*) ni aniqlashga oid grafiklar

Effektiv va o‘rtacha toklar o‘zaro quyidagi munosabat bilan bog‘langan:

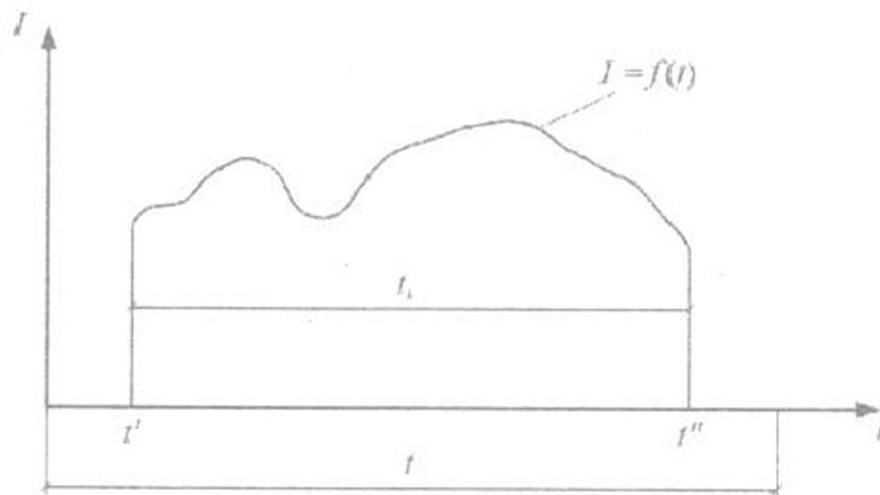
$$I_{ef} = k_{ef} I_{o'r} \quad (5.10)$$

bu yerda k_{ef} - tok egri chizig'ining effektivlik koeffitsiyenti, $k_{ef} \geq 1$ (tok egri chizig'i vaqt bo'yicha qancha notekis bo'lsa, k_{ef} koeffitsiyent shunchalik katta bo'ladi).

Elektrlashgan temir yo'l uchastkasida elektr energiyasi rekuperatsiya qilinmayotgan va qilinayotgan holatlar uchun poyezdlar toklari sonli xarakteristikalarini aniqlashni ko'rib chiqamiz.

Rekuperatsiya bo'lmaganda poyezdlar toklari sonli xarakteristikalarini aniqlash. Poyezdlar toklari sonli xarakteristikalarini tortish hisobi natijalaridan hosil qilingan $I = f(t)$ va $t = f(l)$ egri chiziqlari asosida yoki poyezdlarni zona bo'ylab to'la yurish vaqti va ularni tok iste'mol qilib yurgan vaqti mobaynida tortish uchun sarf bo'layotgan elektr energiyasi miqdoridan aniqlash mumkin.

Poyezd tokining vaqt bo'yicha o'zgarish funksiyasi (5.3- rasm) ma'lum bo'lganda poyezdning ta'minlash zonasi bo'ylab tok iste'mol qilib harakatlanayotgan paytidagi o'rtacha toki quyidagicha aniqlanadi:



5.3- rasm. Poyezd toki o'rtacha va effektiv qiymatlarini aniqlashga doir $I = f(t)$ grafik

$$I_T = \frac{1}{t_T} \int_{t'}^{t''} f(t) dt \quad \text{yoki} \quad I_T = \frac{W}{t_T U}, \quad (5.11)$$

bu yerda t_T - poyezdni fider zona bo'ylab tok iste'mol qilib harakatlanayotgan vaqti; W - poyezdni tortish uchun sarf bo'layotgan elektr energiyasi; U - elektrovoz tok qabul qilgichidagi hisobiy kuchlanish.

Poyezdni fider zona bo'ylab to'la yurish (uni tok iste'mol qilib va qilmay harakatlanayotgan) vaqtidagi o'rtacha toki:

$$I = \frac{1}{t} \int_{t'}^t f(t) dt \quad \text{yoki} \quad I = \frac{W}{tU}, \quad (5.12)$$

bu yerda t - poyezdni fider zona bo'ylab to'la yurish vaqti.

(5.11) va (5.12) ifodalardagi integrallar o'zaro teng (5.3-rasmga qarang!), shuning uchun

$$I_T t_T = It, \quad (5.13). \quad \text{Bundan} \quad I_T = \frac{t}{t_T} I = \alpha I = \frac{\alpha W}{Ut}, \quad (5.14)$$

bu yerda $\alpha = \frac{t}{t_T}$.

Tok effektiv qiymatining kvadrati t_T va t vaqlar mobaynidagi qiymatlari mos ravishda quyidagicha aniqlanadi:

$$I_{eff}^2 = \frac{1}{t_T} \int_{t'}^t f^2(t) dt \quad \text{va} \quad I^2 = \frac{1}{t} \int_{t'}^t f^2(t) dt. \quad (5.15)$$

(5.15) ifodalardagi integrallar o'zaro tengligidan

$$I_{eff}^2 = \frac{t_T}{t} I^2 = \frac{1}{\alpha} I^2. \quad (5.16)$$

$\frac{I_{eff}}{I} = k_{ef}$ deb belgilab va (5.14) ni inobatga olib, I_{eff}^2 uchun quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$I_{eff}^2 = k_{ef}^2 \frac{I^2}{\alpha} = k_{ef}^2 \alpha I^2 = k_{ef}^2 \alpha \frac{W^2}{U^2 t^2} = k_{efp}^2 \frac{W^2}{U^2 t^2}, \quad (5.17)$$

bu yerda k_{ef} - poyezd toki egri chizig'ining shakl koeffitsiyenti yoki samaradorlik koeffitsiyenti; $k_{efp}^2 = k_{ef}^2 \alpha$ - poyezd toki samaradorlik koeffitsiyenti.

Agar k_{ef} poyezd tok iste'mol qilib harakatlanayotgan vaqt oralig'ida iste'mol qilinayotgan tok notekislik darajasini tavsiflasa, k_{efp} - poyezd fider zona bo'ylab to'la yurish (tok iste'molisiz poyezdning o'z inersiyasi bilan va tormoz rejimlari bilan birga) vaqti mobaynida iste'mol qilinayotgan tok notekisligini tavsiflaydi.

k_{ef} qiymati juda qisqa diapazonda o'zgaradi va odatda $k_{ef}^2 = 1,0 - 1,1$ bo'ladi. Bunda k_{ef} ning katta qiymatlari yo'l profili keskin o'zgaradigan uchastkalarda yoki poyezdni to'xtashlar soni katta bo'lgan holatlarga to'g'ri keladi. Ko'pincha $k_{ef}^2 = 1,08$, deb qabul qilinadi.

Rekuperatsiya bo'lganda poyezdlar toklari soni xarakteristikalarini aniqlash. Elektr energiyasi rekuperatsiyasida poyezd toki sonli xarakteristikalarini aniqlash rekuperatsiyasiz rejimdagiga nisbatan farq qiladi. Poyezdni fider zona bo'ylab yurish vaqtida rekuperatsiya jarayoni mavjud bo'lgan holat uchun poyezd toki egri chizig'i berilgan bo'lsin (5.4- rasm, a). Ushbu rasmda tortish va rekuperatsiya rejimlari alohida-alohida vaqt oraliqlarida ko'rsatilgan.

Poyezd toki sonli xarakteristikalarini aniqlash uchun uning dastlabki egri chizig'ini o'zgartiramiz. Buning uchun tortish rejimi vaqt oraliqlarini alohida bitta oraliqda, rekuperatsiya rejimi vaqt oraliqlarini alohida boshqa bitta oraliqda joylashtiramiz (5.4- rasm, b). Bunda tortish va rekuperatsiya rejimlari uchun o'rtacha toklar mos ravishda quyidagicha aniqlanadi.

$$I_T = \frac{I_{T1}t_{T1} + I_{T2}t_{T2}}{t_{T1} + t_{T2}} \quad \text{va} \quad I_r = \frac{I_{r1}t_{r1} + I_{r2}t_{r2}}{t_{r1} + t_{r2}}. \quad (5.18)$$

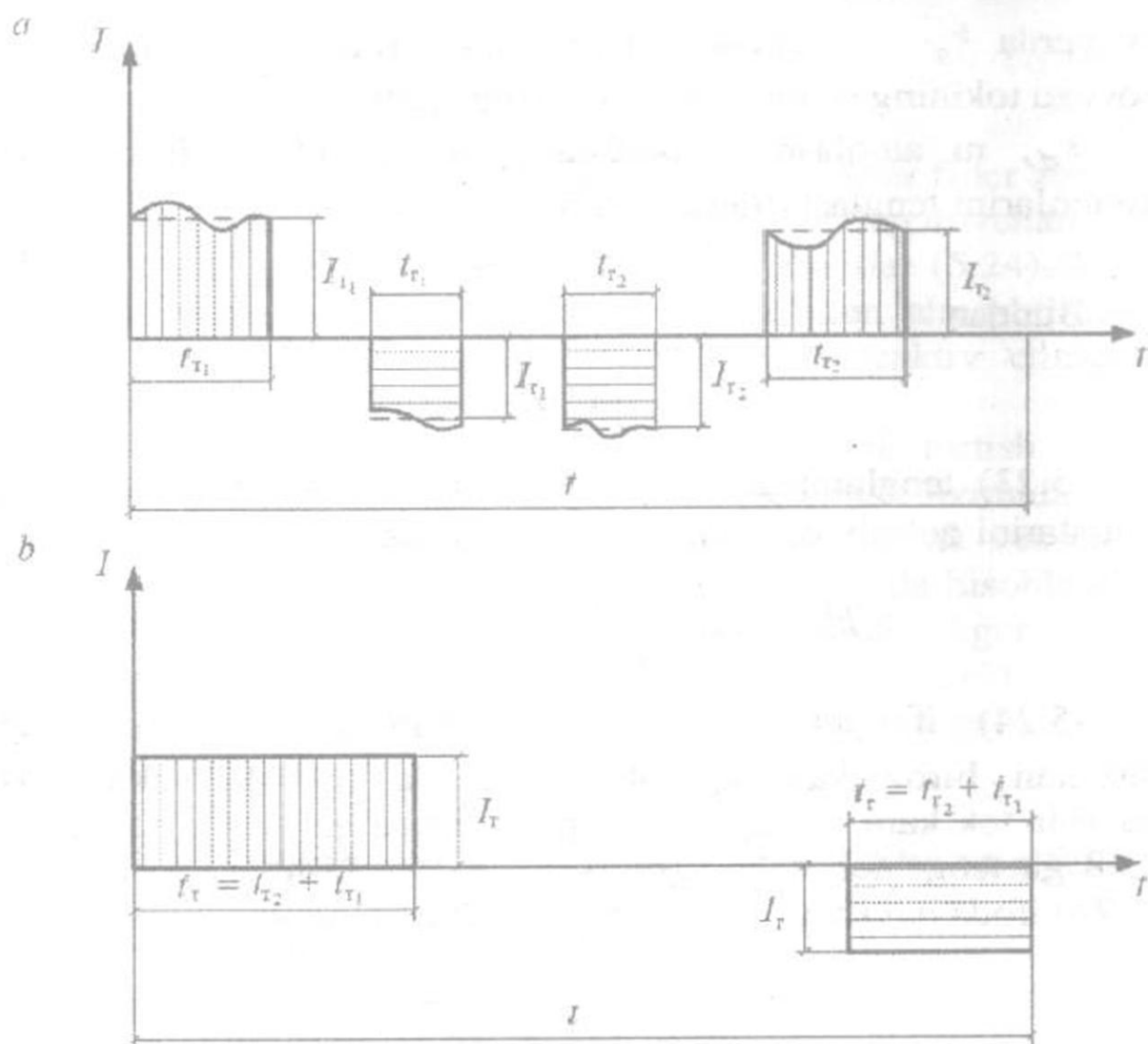
Poyezdni fider zona bo'ylab yurish vaqtida iste'mol qilayotgan tokining rekuperatsiya rejimini hisobga olgan holdagi o'rtacha qiymati:

$$I = \frac{I_T t_T - I_r t_r}{t}. \quad (5.19)$$

Poyezd effektiv tokini aniqlashda rekuperatsiya rejimidagi tok kvadratinin ordinatasi ishorasi tortish rejimidagi tok kvadratinin ordinatasi ishorasi bilan bir xil bo'ladi. Shuning uchun (5.17) ga ko'ra quyidagi ifodani yozishimiz mumkin:

$$I_{ef}^2 = k_{ef}^2 \alpha I_1^2, \quad (5.20)$$

bu yerda $\alpha = t/(t_T + t_r)$; $I_1 = (I_T t_T + I_r t_r)/t$.



5.4- rasm. Rekuperatsiya jarayoni mavjud bo'lgan temir yo'l uchastkasi uchun poyezdlar toklari sonli xarakteristikalarini aniqlashga doir poyezd toki egri chiziqlari:

a – poyezd tokining dastlabki egri chizig'i; b – poyezd tokining o'zgartirilgan egri chizig'i; I_{T1} , I_{T2} - tortish rejimida harakatlanayotgan poyezd alohida t_{T1} , t_{T2} vaqt oraliqlari uchun poyezd tokining o'rtacha qiymatlari; I_{r1} , I_{r2} - rekuperatsiya rejimida harakatlanayotgan poyezd t_{r1} , t_{r2} vaqt oraliqlari uchun tokning xuddi shunday qiymatlari

I_{ef}^2 qiymat xuddi rekuperatsiyasiz rejimdagi kabi poyezdni fider zona bo'ylab to'la yurish vaqti mobaynidagi o'rtacha toki I orqali aniqlangani ma'qul.

Rekuperatsiya rejimi hisobga olinadigan holat uchun xuddi (5.17) ga o'xshash quyidagi ifodani yozamiz:

$$I_{ef}^2 = k_{ef,r}^2 I^2, \quad (5.21)$$

bu yerda $k_{ef,r}$ - rekuperatsiya rejimi mavjud bo'lgan holat uchun poyezd tokining samaradorlik koeffitsiyenti.

$k_{ef,r}$ ni aniqlash maqsadida (5.20) va (5.21) ifodalar o'ng tomonlarini tenglashtiramiz, ya'ni:

$$k_{ef}^2 \alpha I_1^2 = k_{ef,r}^2 I^2. \quad (5.22)$$

Bundan

$$k_{ef,r}^2 = k_{ef}^2 \alpha \left(\frac{I_1}{I} \right)^2. \quad (5.23)$$

(5.23) tenglamaga I , I_1 va α larning yuqorida aniqlangan ifodalarini qo'yib, quyidagini hosil qilamiz:

$$k_{ef,r}^2 = k_{ef}^2 \left(\frac{I_T t_T + I_r t_r}{I_T t_T - I_r t_r} \right)^2 \cdot \frac{t}{(t_T + t_r)}. \quad (5.24)$$

(5.24) ifodada k_{ef}^2 qiymati rekuperatsiyasiz rejimdagi nisbatan biroz kamroq rol o'ynasa-da (chunki rekuperatsiya davrida tok kam o'zgaradi), uning o'rtacha qiymati hisoblashlarda 1,08 ga teng, deb qabul qilinish mumkin. Ushbuni hisobga olib, (5.24) ifoda quyidagi ko'rinishda yozilishi mumkin:

$$k_{ef,r}^2 = 1,08 \left(\frac{I_T t_T + I_r t_r}{I_T t_T - I_r t_r} \right)^2 \cdot \frac{t}{(t_T + t_r)}. \quad (5.25)$$

I_T va I_r toklarning (5.12) tenglama orqali quyidagi ifodalarni yozish mumkin:

$$I_T = \frac{W_T}{U_T t_T} \quad \text{va} \quad I_r = \frac{W_r}{U_r t_r}, \quad (5.26)$$

bu yerda W_T va W_r - mos ravishda tortish rejimda iste'mol qilinayotgan va rekuperatsiya rejimda tortish tarmog'iga qaytarilayotgan elektr energiyalar (bular tortish hisobidan olinadi); U_T va U_r - mos ravishda tortish va rekuperatsiya rejimlaridagi elektrovoz tok qabul qilgichidagi o'rtacha hisobiy kuchlanishlar. Odatda bu kuchlanish o'zaro teng va nominal kuchlanishga teng deb qabul qilinadi.

Yuqoridagilarni inobatga olib, (5.25) ifodani quyidagi ko'rinishda yozishimiz mumkin:

$$k_{ef,r}^2 = 1,08 \left(\frac{W_T + W_r}{W_T - W_r} \right)^2 \cdot \frac{t}{t_T + t_r}. \quad (5.27)$$

Agar rekuperatsiya bo'lmasa, ya'ni $W_r = 0$ va $t_r = 0$ bo'lsa, u holda $k_{ef,r}^2 = k_{ef,p}^2 = k_{ef}^2 \alpha$ bo'ladi.

Hosil qilingan (5.24), (5.25) va (5.26) formulalar fider zonalar uchun ham, peregonlar uchun ham o'rinli. O'zgaruvchan tok reaktiv tashkil etuvchisi bo'yicha hisoblashlarda (5.24)-(5.26) formulalardagi manfiy ishora musbat ishora bilan almashtiriladi, chunki elektrovoz rekuperatsiya rejimda ham reaktiv energiya iste'mol qiladi.

Yuqorida keltirilgan formulalar o'zgarmas tok tortish tizimi uchun keltirib chiqarilgan. O'zgaruvchan tok tortish tizimida agar elektrovozlar tok qabul qilgichidagi kuchlanish va tok vektorlari orasidagi faza siljish burchaklari teng bo'lsa, u holda hisoblashlar elektrovozlar to'la toklari bo'yicha olib boriladi. Agar ushbu burchaklar har xil bo'lsa, u holda hisoblashlar elektrovozlar toklarining aktiv va reaktiv tashkil etuvchilari uchun alohida-alohida olib boriladi.

5.3. Tortuvchi nimstansiyalar fiderlari o'rtacha va effektiv toklarini aniqlash

Tortuvchi nimstansiyalar fiderlari tortish elektr ta'minoti tizimining asosiy elementlari hisoblanadi. Ulardagi toklar sonli xarakteristikalarini bilish poyezdlarni tortishda fiderlar bo'yicha sarf bo'layotgan elektr energiyasini aniqlash va kontakt osmasini qizishga tekshirish hamda tortuvchi nimstansiya o'rtacha va effektiv toklarini aniqlash imkonini beradi.

Quyidagi eng umumiy holatni ko'rib chiqamiz: ko'rilayotgan zonada turli xil rusum poyezdlar harakatlanmoqda, shartli peregonlar uzunliklari har xil, shartli peregonlarda harakatlanayotgan poyezdlar iste'mol qilayotgan toklar egri chiziqlari har xil, peregonlardagi poyezdlar harakat o'lchamlari turlicha. O'zgaruvchan tok uchastkalari uchun barcha elektrovozlar quvvat koeffitsiyentlari teng va o'zgarmas, deb qabul qilamiz.

Tortuvchi nimstansiyalar fider toklari o'rtacha va effektiv qiymatlarini aniqlashda qo'llaniladigan ehtimollar nazariyasidan quyidagi ikkita qoidani keltiramiz:

1) o'zaro bog'liq yoki bog'liq bo'lmagan bir nechta tasodifiy kattaliklar yig'indisining matematik kutilishi ular matematik kutilishlarining yig'indisiga teng, ya'ni:

$$(\overline{x+y}) = \bar{x} + \bar{y}, \quad (5.28),$$

bu yerda x va y - tasodifiy kattaliklar; simvollar ustidagi chiziqlar tasodifiy kattaliklar kutilishlari belgilari;

2) o'zaro bog'liq bo'lmagan bir nechta tasodifiy kattaliklar yig'indisi kvadratining matematik kutilishi ular matematik kutilishlari yig'indisining kvadratiga ushbu kattaliklar kvadratlari matematik kutilishlarining yig'indisidan shu kattaliklar matematik kutilishlari kvadratlarining yig'indisini ayirmasiga qo'shilganiga teng, ya'ni:

$$(\overline{x+y})^2 = (\bar{x} + \bar{y})^2 + \left[(\overline{x^2} + \overline{y^2}) - (\bar{x}^2 + \bar{y}^2) \right]. \quad (5.29)$$

Bir tomonlama ta'minlanayotgan fider zonadan bir sutka T muddat mobaynida N ta poyezd o'tayotgan holatni ko'rib chiqamiz. Ushbu zonada tortuvchi nimstansiya TN dan ta'minlanayotgan shartli peregonlar soni n (5.5- rasm). Ushbu rasmda fider zonada biror t vaqt momentida 1- , k - va n - shartli peregonlarda iste'mol qilayotgan toklari mos ravishda I_{1t} , I_{kt} va I_{nt} bo'lgan poyezdlar joylashganligi shartli ravishda ko'rsatilgan, k - shartli peregon uchun poyezdni to'la yurish t_{1k} va tok iste'mol qilib yurish t_{1kt} vaqtlari ko'rsatilgan holatdagi poyezd toki egri chizig'i keltirilgan. Ordinatalari poyezd tok kvadratiga teng bo'lgan grafik uzlukli chiziq bilan keltirilgan. Xuddi shunday chiziq va ma'lumotlar N - poyezd uchun ham keltirilgan.

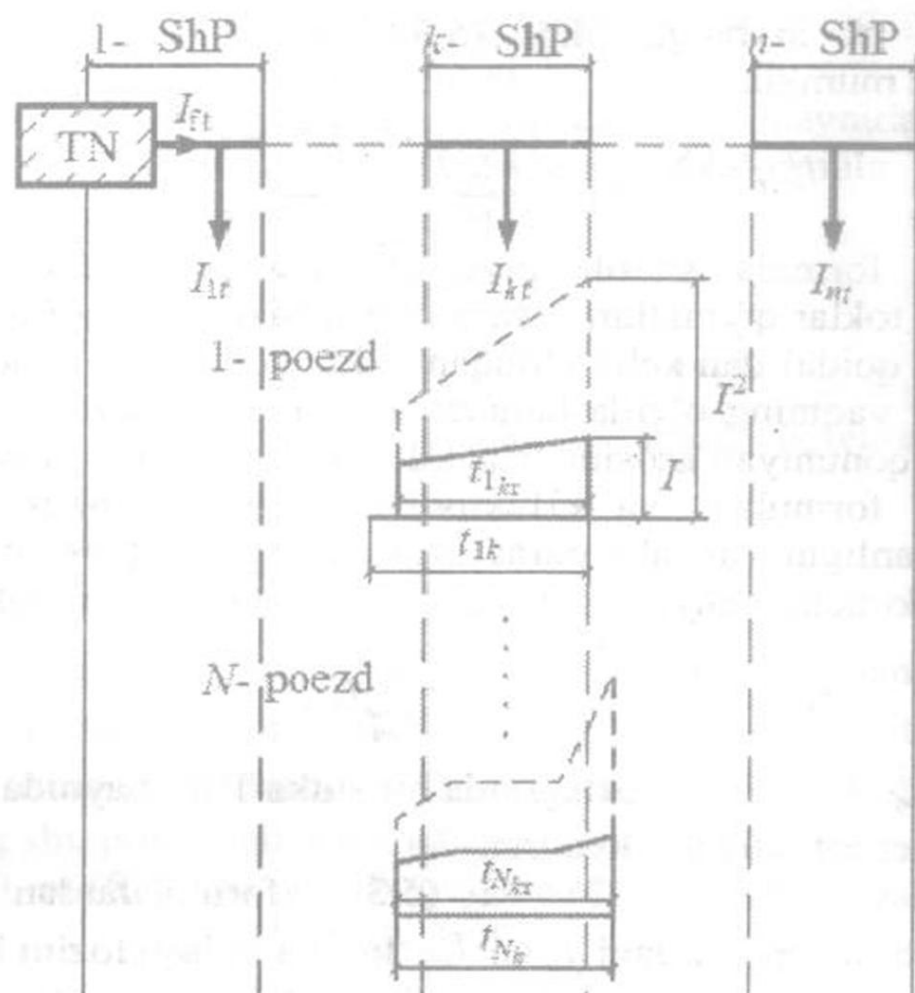
Fider o'rtacha toki (uning matematik kutilishi) I_f uning barcha oniy qiymatlari I_{ft} majmuasi bo'yicha o'rtacha qiymati ko'rinishida tavsiflanishi mumkin, ya'ni:

$$I_f = I_{ft}. \quad (5.30)$$

Fider tokining shu vaqt momentidagi oniy qiymati ko'rilayotgan fider zonadagi poyezdlar toklarining yig'indisiga teng:

$$I_{ft} = \sum_{i=1}^n I_{it}, \quad (5.31)$$

bu yerda I_{it} - t vaqt momentida i - shartli peregonidagi poyezd toki.



5.5- rasm. Tortuvchi nimstansiyalar fiderlari o'rtacha va effektiv toklarini aniqlashga doir

(5.31) ni (5.30) ga qo'yib va (5.28) ni inobatga olib, quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$I_f = \sum_{i=1}^n I_{ii} = \sum_{i=1}^n I_i, \quad (5.32)$$

bunda I_i - T sutka davomida i - shartli peregonda iste'mol qilingan o'rtacha tok.

Fider effektiv toki kvadrati $I_{ef.f}^2$ uning oniy qiymatlari kvadratlarning o'rtacha qiymatiga tengligidan (5.2- rasm, b ga qarang!):

$$I_{ef.f}^2 = \overline{I_{ii}^2}. \quad (5.33)$$

(5.31) ni (5.33) ga qo'yib, quyidagini hosil qilamiz:

$$I_{ef.f}^2 = \left(\sum_{i=1}^n I_{ii} \right)^2. \quad (5.34)$$

(5.29) ni inobatga olib, (5.34) ni quyidagi ko'rinishda yozishimiz mumkin:

$$I_{ef.f}^2 = \left(\sum_{i=1}^n \bar{I}_{it} \right)^2 + \left[\left(\sum_{i=1}^n \bar{I}_{it} \right)^2 - \left(\sum_{i=1}^n \bar{I}_{it} \right)^2 \right]. \quad (5.35)$$

(5.35) formula shartli peregonlardagi poyezdlar iste'mol qilayotgan toklar qiymatlari o'zaro bog'liqsizligi (yuqorida keltirib o'tilgan 2- qoida) dan kelib chiqqan holda yozilgan. Bu holat fider zonada bir vaqtning o'zida harakatlanayotgan poyezdlar sonining binominal qonuniyati asosida taqsimlanganligi bilan izohlanadi.

(5.32) formulani va effektiv tok xarakteristikasi hisobiy kattalik ekanligini (avvalgi paragrafqa qarang!) inobatga olib, fider effektiv toki uchun quyidagi natijaviy ifodani yozish mumkin:

$$I_{ef.f}^2 = \left(\sum_{i=1}^n I_i \right)^2 + \sum_{i=1}^n I_{ef.i}^2 - \sum_{i=1}^n I_i^2, \quad (5.36)$$

bu yerda $I_{ef.i}^2$ - i - shartli peregonda bir sutka T mobaynida iste'mol qilinayotgan effektiv tok kvadrati.

Shunday qilib, (5.32) va (5.36) formulalardan amalda foydalanish uchun ulardagi I_i va $I_{ef.i}^2$ larni aniqlash lozim bo'ladi.

i - shartli peregonda bir sutka T mobaynida iste'mol qilinayotgan o'rtacha tok quyidagi formula yordamida topilishi mumkin:

$$I_i = \frac{\sum_{s=1}^N I_{is} t_{is}}{T}, \quad (5.37)$$

bunda I_{is} - s rusum poyezdning i - shartli peregonda yurish vaqtidagi o'rtacha toki; t_{is} - s rusum poyezdining i - shartli peregonda yurish vaqti.

(5.37) tenglama o'ng tomonining surat va maxrajini elektrovoz tok qabul qilgichidagi hisobiy kuchlanish U ga ko'paytirib, quyidagi formulani hosil qilamiz:

$$I_i = \frac{1}{TU} \sum_{s=1}^N W_{is} = \frac{W_i}{TU}, \quad (5.38)$$

bu yerda $W_i = \sum_{s=1}^N W_{is}$ - shartli peregon bo'ylab hisobiy (bir sutka) davr T mobaynida harakatlanayotgan barcha poyezdlar sarf

qilayotgan elektr energiyasi; W_{is} - i - shartli peregonidagi s rusum poyezd sarf qilayotgan elektr energiyasi.

i - shartli peregonida bir sutka T mobaynida iste'mol qilinayotgan effektiv tok kvadrati quyidagi formula yordamida aniqlanish mumkin:

$$I_{ef,i}^2 = \frac{\sum_{s=1}^N I_{ef,is}^2 t_{is}}{T}, \quad (5.39)$$

bu yerda $I_{ef,is}^2$ - s rusum poyezdni i - shartli peregonida yurish vaqtidagi effektiv tokning kvadrati.

(5.17) ifodaga ko'ra:

$$I_{ef,is}^2 = k_{ef,is}^2 \alpha_{is} I_{is}^2, \quad (5.40)$$

bunda $k_{ef,is}^2$ - i - shartli peregonida harakatlanayotgan s rusum poyezd toki egri chizig'ining samaradorlik koeffitsiyenti kvadrati; α_{is} - s rusum poyezdning i - shartli peregon bo'ylab to'la yurish vaqtining shu poyezdning tok iste'mol qilib yurish vaqtiga nisbati.

(5.40) ni (5.39) ga qo'yib, quyidagi ifodalarni hosil qilamiz:

$$I_{ef,i}^2 = \frac{1}{T} \sum_{s=1}^N k_{ef,is}^2 \alpha_{is} I_{is}^2 t_{is}. \quad (5.41)$$

(5.41) ifoda o'ng tomonini $U^2 t_{is}$ ga ko'paytirib va bo'lib, quyidagi formulani hosil qilamiz:

$$I_{ef,i}^2 = \frac{1}{TU^2} \sum_{s=1}^N \frac{k_{ef,is}^2 \alpha_{is} W_{is}^2}{t_{is}} = \frac{1,08}{TU^2} \sum_{s=1}^N \frac{W_{is}^2}{t_{T,is}}, \quad (5.42)$$

bunda $k_{ef,is}^2 \alpha_{is} = 1,08 t_{is} / t_{T,is}$; $t_{T,is}$ - s rusum poyezdni i - shartli peregon bo'ylab tok iste'mol qilib yurish vaqti.

(5.38) ni (5.32) ga va (5.42) ni (5.35) ga qo'yib, quyidagi formulalarni hosil qilamiz:

$$I_f = \frac{1}{TU} \sum_{i=1}^n W_i, \quad (5.43)$$

$$I_{ef,f}^2 = \frac{1,08}{TU^2} \sum_{i=1}^n \sum_{s=1}^N \frac{W_{is}^2}{t_{T,is}} + \left(\sum_{i=1}^n \frac{W_i}{TU} \right)^2 - \sum_{i=1}^n \frac{W_i^2}{T^2 U^2}. \quad (5.44)$$

(5.43) va (5.44) ifodalar ustida uncha murakkab bo'lmagan almashtirishlarni bajarib, quyidagilarni hosil qilamiz:

$$I_f = \frac{W}{TU},$$

$$I_{ef,f}^2 = \frac{1,08}{T^2 U^2} \left[1,08 T \sum_{i=1}^n \sum_{s=1}^N \frac{W_{is}^2}{t_{T, is}} + W^2 - \sum_{i=1}^n W_i \right], \quad (5.45)$$

bu yerda W - bir sutka davomida fider zona bo'ylab harakatlanayotgan barcha poyezdlar elektr energiyasi sarfi.

Bir xil rusum poyezdlar va ikki tomonlama ta'minlanish sxemasi uchun $I_{ef,f}^2$ ni aniqlash formulalari hamda (5.45) ifoda asosida hosil qilingan soddalashtirilgan formulalar o'quv adabiyotlarida keltirilgan.

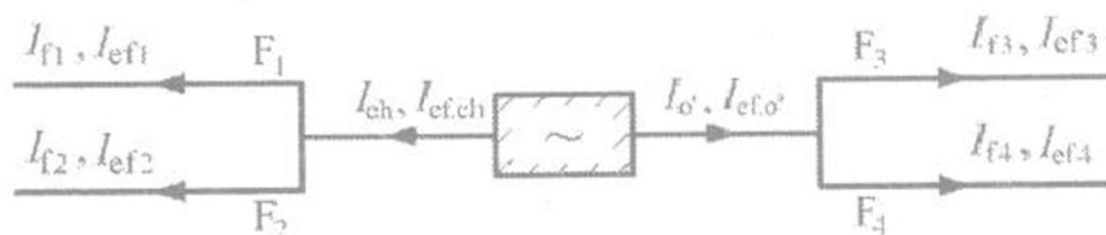
Fider toki matematik kutilishi va effektiv tok kvadrati ma'lum bo'lganda tok dispersiyasi quyidagicha aniqlanishi mumkin:

$$D[I_f] = I_{ef,f}^2 - I_f^2. \quad (5.46)$$

5.4. Tortuvchi nimstansiyalar o'rtacha va effektiv toklarini aniqlash

Tortuvchi nimstansiyalar toklarining sonli xarakteristikalarini poyezdlarni tortishga sarf bo'ladigan elektr energiyasini va tortish shinalaridagi kuchlanish yo'qolishini aniqlash hamda tortish transformatorlarining issiqlik holatini baholash imkoniyatini yaratadi.

Ikkita ta'minlash yelkasiga ega bo'lgan ikkita yo'lli o'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkasining tortuvchi nimstansiyasini ko'rib chiqamiz. Uning har bir ta'minlash yelkasi ikkita - toq va juft yo'llar fiderlariga ega: chap yelkada F_1 va F_2 , o'ng yelkada esa F_3 va F_4 (5.6- rasm).



5.6- rasm. O'zgaruvchan tok tortuvchi nimstansiyasi transformatorlari fazasining o'rtacha va effektiv toklarini aniqlashga doir sxema

5.6- rasmda quyidagi belgilashlar keltirilgan: $I_{f1}, I_{f2}, I_{f3}, I_{f4}$ - mos ravishda F_1, F_2, F_3, F_4 fiderlar o'rtacha toklari; $I_{ef1}, I_{ef2}, I_{ef3},$

I_{ef4} - o'sha fiderlar effektiv toklari; $I_{ef.ch}$, $I_{ef.o'}$ chap va o'ng ta'minlash yelkalari effektiv toklari.

Ta'minlash yelkalaridagi toklarning sonli xarakteristikallari mos fiderlar toklarining sonli xarakteristikallari asosida topiladi. (5.28) va (5.29) formulalardan foydalanib, quyidagilarni yozish mumkin:

$$I_{ch} = I_{f1} + I_{f2}; \quad I_{o'} = I_{f3} + I_{f4} \quad (5.47)$$

$$I_{ef.ch}^2 = (I_{f1}^2 + I_{f2}^2) + [(I_{ef1}^2 + I_{ef2}^2) - (I_{f1}^2 + I_{f2}^2)],$$

$$I_{ef.o'}^2 = (I_{f3}^2 + I_{f4}^2) + [(I_{ef3}^2 + I_{ef4}^2) - (I_{f3}^2 + I_{f4}^2)]. \quad (5.48)$$

Tegishli almashtirishlardan keyin (5.48) tenglamalar quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$I_{ef.ch}^2 = I_{ef1}^2 + I_{ef2}^2 + 2I_{f1}I_{f2},$$

$$I_{ef.o'}^2 = I_{ef3}^2 + I_{ef4}^2 + 2I_{f3}I_{f4}. \quad (5.49)$$

O'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkalaridagi nosimmetrik yuklamalarda uch fazali transformator fazalaridagi effektiv tok (yuklamalar)lar chulg'amlarning tegishli ulanish sxemasi uchun (4.18) ifodalardan foydalangan holda aniqlanishi mumkin.

Fider zona bo'ylab bir nechta poyezd harakatlanayotganda ulardagi toklar va kuchlanishlar orasidagi faza siljish burchaklari kombinatsiyalari turli-turli bo'lishi mumkin. Natijada fider toklarining bir xil qiymatlarida faza siljish burchaklari turlicha bo'lishi va aksincha, turli qiymatli fider toklarda faza siljish burchaklari bir xil bo'lishi mumkin. Aytib o'tilgan mulohazalardan shu narsa kelib chiqadiki, faza siljish burchaklari $\varphi_{o'}$ va φ_{ch} qiymatlari $I_{o'}$ va I_{ch} toklarga bog'liq emas, deb hisoblash mumkin. Bu holat (4.18) tenglamalar oxirgi hadidagi ko'paytma o'rtacha qiymatini o'rtacha qiymatlar ko'paytmasi bilan almashtirish imkonini beradi.

Tortuvchi nimstansiya chap ta'minlash yelkasiga α faza kuchlanishi beriladi, deb qabul qilib (2.14- rasmga qarang!), ushbu faza 27,5 kV kuchlanish tomonidagi tok oniy qiymati uchun quyidagi ifodani yozishimiz mumkin ((4.20) formulaga qarang!):

$$I_{at} = \frac{1}{3} \sqrt{4I_{cht}^2 + I_{o't}^2 + 2I_{cht}I_{o't}}. \quad (5.50)$$

Unda α faza o'rtacha toki:

$$I_a = \bar{I}_{at} = \frac{1}{3} \sqrt{4I_{cht}^2 + I_{o't}^2 + 2I_{cht}I_{o't}}. \quad (5.51)$$

(5.51) ifodani juda kichik (2% dan kam) xatolik bilan quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$I_a = \frac{1}{3} \sqrt{4\bar{I}_{cht}^2 + \bar{I}_{o't}^2 + 2\bar{I}_{cht}\bar{I}_{o't}} \quad (5.52)$$

Ta'minlash yelkalaridagi yuklamalar bir-biriga bog'liq emas, deb hisoblab, I_a tok uchun natijaviy ifodani quyidagicha yozish mumkin:

$$I_a = \frac{1}{3} \sqrt{4I_{ch}^2 + I_{o'}^2 + 2I_{ch}I_{o'}} \quad (5.53)$$

bu yerda I_{ch} , $I_{o'}$ - nimstansiyaning mos ravishda chap va o'ng yelkalaridagi o'rtacha yuklamalar.

Transformator fazasidagi effektiv tok kvadrati:

$$I_{ef.a}^2 = \bar{I}_{at}^2 = \frac{1}{9} (4\bar{I}_{cht}^2 + \bar{I}_{o't}^2 + 2\bar{I}_{cht}\bar{I}_{o't}) \quad (5.54)$$

(5.28) ni inobatga olib, (5.54) ni quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$I_{ef.a}^2 = \frac{1}{9} (4\bar{I}_{cht}^2 + \bar{I}_{o't}^2 + 2\bar{I}_{cht}\bar{I}_{o't}) \quad (5.55)$$

Ta'minlash yelkalari yuklamalarini o'zaro bog'lanmagan, deb qabul qilib va effektiv tok hisobiy kattalik sifatida aniqlanayotganligini inobatga olib, $I_{ef.a}^2$ uchun natijaviy ifodani quyidagicha yozishimiz mumkin:

$$I_{ef.a}^2 = \frac{1}{9} (4I_{ef.ch}^2 + I_{ef.o'}^2 + 2I_{ch}I_{o'}) \quad (5.56)$$

Matematik kutilishi va effektiv tok kvadrati qiymatlari tok dispersiyasini topish imkonini beradi:

$$D[I_a] = I_{ef.a}^2 - I_a^2 \quad (5.57)$$

Xuddi yuqoridagidek ketma-ketlikda (4.20) tenglamalardan foydalanib transformatorning qolgan b va c fazalari uchun o'rtacha va effektiv toklarni topish mumkin.

Har bir tortuvchi nimstansiya, odatda, tortish yuklamalaridan tashqari notortuvchi (shartli ravishda tuman) yuklamalarini ham elektr energiyasi bilan ta'minlaydi. Nimstansiya umumiy yuklamasi sonli xarakteristikalarini aniqlash uchun quyidagi belgilashlarni kiritamiz:

I_T va I_{Tum} - tortuvchi transformator birlamchi chulg'ami kuchlanishiga keltirilgan tortish va tuman yuklamalarining o'rtacha toklari;

$I_{ef.T}$ $I_{ef.Tum}$ - o'sha kuchlanishga keltirilgan tortish va tuman yuklamalarining effektiv toklari.

Tortuvchi nimstansiya umumiy yuklamasi uchun (5.28) va (5.29) lar asosida tortish va tuman yuklamalari toklari orasidagi faza siljish burchagi kichikligini inobatga olib hamda ushbu toklarni o'zaro bog'lanmagan deb qabul qilib, quyidagi ifodalarni hosil qilamiz:

$$I'_{TN} = I_T + I_{Tum}, \quad (5.58)$$

$$\begin{aligned} (I'_{ef.TN})^2 &= (I_T + I_{Tum})^2 + [(I_{ef.T}^2 + I_{ef.Tum}^2) - (I_T^2 + I_{Tum}^2)] = \\ &= I_{ef.T}^2 + I_{ef.Tum}^2 + 2I_T I_{Tum} \end{aligned} \quad (5.59)$$

5.5. Tortish tarmog'ida quvvat va energiya isrofi

Bir yo'lli uchastka. Ikki tomonlama ta'minlanayotgan sxema uchun umumiy formulalar. 5.7- rasmda ikki tomonlama ta'minlash sxemasiga ega, uzunligi va yurish vaqti har xil bo'lgan hamda n ta peregonga ajratilgan elektrlashgan temir yo'l uchastkasi keltirilgan. Barcha peregonlar va ularda harakatlanayotgan poyezdlar toklari 1 dan n gacha raqamlangan. Vaqtning ayrim momentlarida yuklamalar nolga teng bo'lishi ham mumkin (peregonidagi poyezd tok iste'mol qilmasligi yoki unda poyezd bo'lmasligi mumkin).

Ko'rilayotgan vaqtda A nimstansiyadan peregonlardagi tegishli yuklamalargacha bo'lgan masofalar $l_{1t}, l_{2t}, \dots, l_{kt}, \dots, l_{nt}$ bilan belgilangan.

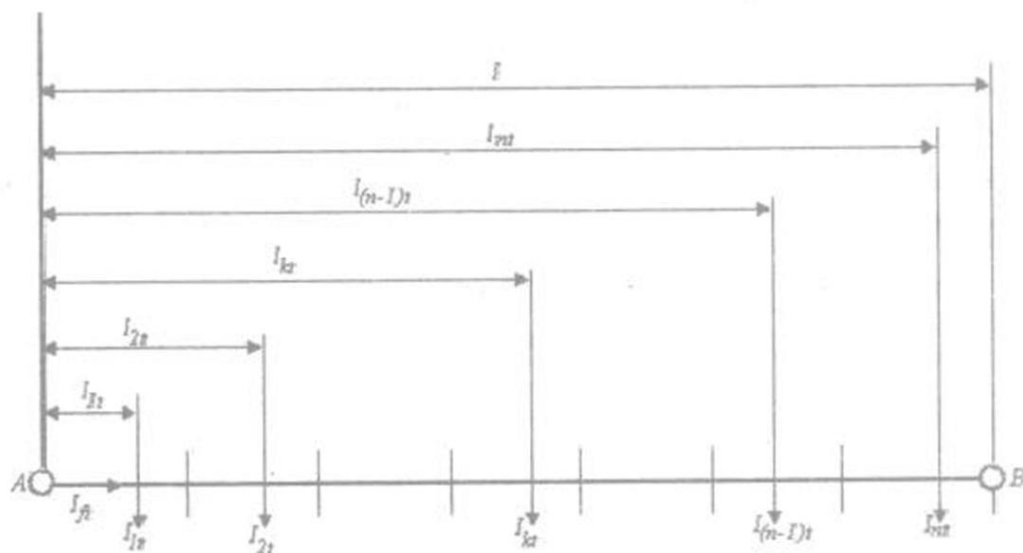
Avval ko'rib o'tganimizdek, tortish tarmog'idagi quvvat isrofi yuklamalar toklarini ungacha bo'lgan kuchlanish yo'qolishlariga ko'paytmalarining yig'indisiga teng, ya'ni:

$$\Delta P_t = \sum_{k=1}^n I_{kt} \Delta U_{kt}. \quad (5.60)$$

Kuchlanish yo'qolishi quyidagi yig'indi ko'rinishida tasvirlanishi mumkin:

$$\Delta U_{kt} = \Delta U'_{kt} + \Delta U''_{kt}, \quad (5.61)$$

bu yerda $\Delta U'_{kt}$ - k - poyezd toki hisobidan tarmoqdagi kuchlanish yo'qolishining tashkil etuvchisi; $\Delta U''_{kt}$ - k - poyezdgacha qaralayotgan zonadagi boshqa poyezdlar toklari hisobidan tarmoqdagi kuchlanish yo'qolishining tashkil etuvchisi.



5.7- rasm. Yuklamalarni fider zona peregonlari bo'ylab joylashish oniy sxemasi

Ikki tomonlama ta'minlanish sxemasi uchun:

$$\Delta U'_{kt} = r I_{kt} l_{kt} \frac{l - l_{kt}}{l}, \quad (5.62)$$

bu yerda r - o'zgaruvchan tok tortish tarmog'i qarshiligining aktiv tashkil etuvchisi (o'zgarmas tok tortish tarmog'ida esa bu parametr tarmoqning o'zgarmas tokka bo'lgan qarshiligiga teng).

$\Delta U''_{kt}$ kattalik k - peregonidagi k - poyezddan boshqa barcha poyezdlar toklaridan tarmoqda yuzaga keladigan kuchlanish yo'qolishlarining yig'indisi ko'rinishida aniqlanadi, ya'ni:

$$\Delta U''_{kt} = \sum_{j=1}^n \Delta U''_{kjt}. \quad (5.63)$$

k - peregonidan o'ngda joylashgan poyezd toki I_{jt} dan k - peregonidagi yuklamagacha bo'lgan kuchlanish yo'qolishi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta U''_{kjt} = r I_{jt} l_{kt} \frac{l - l_{jt}}{l}. \quad (5.64)$$

I_{jt} yuklama tokidan k - peregondan chapda yuzaga keladigan kuchlanish yo'qolishi:

$$\Delta U_{kjt}^n = r I_{jt} \frac{l - l_{kt}}{l} l_{jt} \quad (5.65)$$

(5.62) – (5.65) formulalardan foydalanib (5.60) ifodani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$\Delta P_t = r \left[\sum_{k=1}^n I_{kt} l_{kt} \left(1 - \frac{l_{kt}}{l}\right) + \sum_{k=1}^n \sum_{i=k+1}^n I_{kt} l_{jt} \left(1 - \frac{l_{jt}}{l}\right) l_{jt} + \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^{k-1} I_{kt} I_{jt} l_{jt} \left(1 - \frac{l_{jt}}{l}\right) \right] \quad (5.66)$$

(5.66) formuladagi ikkilangan yig'indi belgisi ostidagi ifoda I_{kt} tokni shu tokni tarmoqning I_{jt} yuklamasigacha bo'lgan qismidagi kuchlanish pasayishiga ko'paytmasini tashkil etadi. Bu ifoda I_{jt} tokni tarmoqning I_{jt} yuklamasigacha bo'lgan qismida I_{kt} tok paydo qilgan kuchlanish yo'qolishiga ko'paytmasini ifodalashi ham mumkin.

(5.66) formuladagi ikkinchi had ham, uchinchi had ham ikkita poyezdning turli xil joylashish variantlarini ifodalaydi va shuning uchun ham o'zaro bir-biriga tengdir. Ushbuni hisobga olib, (5.66) formulani quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$\Delta P_t = r \sum_{k=1}^n I_{kt}^2 l_{kt} \left(1 - \frac{l_{kt}}{l}\right) + 2r \sum_{k=1}^n I_{kt} l_{kt} \sum_{i=k+1}^n I_{jt} \left(1 - \frac{l_{jt}}{l}\right) = \Delta P_t' + \Delta P_t'' \quad (5.67)$$

bu yerda $\Delta P_t'$ va $\Delta P_t''$ - mos ravishda (5.67) formuladagi birinchi va ikkinchi hadlarga teng.

ΔP_t ning ma'lum bir davr (odatda bir sutka) mobaynidagi o'rtacha qiymatiga o'tish maqsadida (5.67) ifoda o'rtacha qiymatini topamiz. Buning uchun yig'indining o'rtacha qiymati o'rtacha qiymatlar yig'indisiga tenglik qoidasidan foydalanamiz. Quyidagini yozamiz:

$$\Delta P = \overline{\Delta P_t} = r \sum_{k=1}^n I_{kt}^2 l_{kt} \left(1 - \frac{l_{kt}}{l}\right) + 2r \sum_{k=1}^n I_{kt} l_{kt} \sum_{i=k+1}^n I_{jt} \left(1 - \frac{l_{jt}}{l}\right) = \Delta P' + \Delta P'' \quad (5.68)$$

(5.68) formuladagi har bir qo'shiluvchini tahlil qilamiz: I_{kt}^2 - k -peregondagi biron bir poyezd tokining t vaqtdagi oniy qiymatining kvadrati; l_{kt} - ushbu tok(yuklama) koordinatasi. Bu kattaliklar bog'liq kattaliklardir, ya'ni ko'paytma o'rtacha qiymati o'rtacha qiymatlar ko'paytmasiga teng emas.

$I_k^2 l_{kt} (1 - \frac{l_{kt}}{l})$ ko'paytma o'rtacha qiymatini aniq topishda har bir poyezd rusumi uchun faqat grafik yoki sonli integrallash asosida bajarilgan tortish hisobi ma'lumotlari bo'lishi shart. Aks holda esa taqribiy yechimlarga tayanishdan boshqa chora qolmaydi.

Fiderlar effektiv toklarini aniqlashdagiga o'xshash ravishda elektr ta'minoti tizimiga to'g'ri keladigan yuklamani yo'l profili alohida elementlarining energiya sarfi orqali ifodalaymiz. k -peregonda profil tavsifi(xarakteri) poyezdni peregondan o'tish vaqtini undan o'tish mobaynida energiya iste'mol qilish vaqtiga nisbati bilan baholash lozim, ya'ni $t_k/t_{k\partial} = \alpha_k$. Shu nuqtayi nazardan yuqoridagi ko'paytma o'rtacha qiymatini o'rtacha qiymatlar ko'paytmasi bilan almashtirish mumkin bo'ladi, ya'ni:

$$\overline{I_k^2 l_{kt} (1 - \frac{l_{kt}}{l})} = \overline{I_k^2 l_{kr} (1 - \frac{l_{kr}}{l})}. \quad (5.69)$$

A nimstansiyadan k -peregondan o'tasigacha bo'lgan masofani l_{ok} bilan, k -peregondan uzunligini l_k bilan belgilab va ushbu peregondan bo'ylab poyezd tezligini o'zgarmas deb qabul qilib, quyidagi ifodani yozish mumkin:

$$l_{kt} (1 - \frac{l_{kt}}{l}) = \frac{1}{l_k} \int_{l_{ok}-l_k/2}^{l_{ok}+l_k/2} l_{kt} (1 - \frac{l_{kt}}{l}) dl_{kt} = l_{ok} (1 - \frac{l_{ok}}{l}) - \frac{l_k^2}{12l}. \quad (5.70)$$

k -peregondan effektiv toki:

$$I_{ke}^2 = \frac{1}{TU^2} \sum_{h=1}^N 1,08 \frac{W_{kh}^2}{t_{kh\partial}}, \quad (5.71)$$

bu yerda W_{kh} - k -peregondagi h -poyezd iste'mol qilayotgan elektr energiyasi, kW·h; $t_{kh\partial}$ - k -peregondagi h -poyezd elektr energiyasi iste'mol qilish vaqti; N - k -peregondan o'tadigan poyezdlar soni.

(5.71) ni inobatga olib, (5.68) formula o'ng tomonidagi birinchi hadni quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$\Delta P' = \frac{r}{TU^2} \sum_{k=1}^n \left[l_{ok} (1 - \frac{l_{ok}}{l}) - \frac{l_k^2}{12l} \right] \sum_{h=1}^N 1,08 \frac{W_{kh}^2}{t_{kh\partial}}. \quad (5.72)$$

$n=1$ da (5.72) formuladagi ikkinchi had nolga aylanadi, ya'ni $\Delta P'' = 0$ va $\Delta P' = \Delta P$. Shuning uchun ham bu holat uchun tarmoqdagi quvvat isrofi (5.72) formula asosida aniqlanishi mumkin. (5.72) ikkala tomonini T ga ko'paytirib, tarmoqdagi

energiya isrofi ifodasini hosil qilish mumkin. $m=1$, $l_k=l$ va $l_{0k}=\frac{l}{2}$ bo'lganda (5.70) ifoda $1/6$ ga teng bo'ladi. Unda T vaqt mobaynidagi energiya isrofi:

$$\Delta W_T = \frac{r \cdot 10^3}{6U^2} \sum_{k=1}^N 1,08 \frac{W_{kh}^2}{t_{kh0}}. \quad (5.73)$$

(5.68) formuladagi ikkinchi qo'shiluvchi tahliliga o'tamiz. Bunda ikkinchi ko'paytmalar yig'indisi I_{kt} tokiga bog'liq, chunki agar bu poyezd k - peregonda harakatlanayotgan bo'lsa, u boshqa peregonlarda mavjud bo'la olmaydi. Bu holatni hisobga olish imkoniyati mavjud bo'lsa-da, uni hisobga olmaslik hisoblashlarda juda kichik xatolikni yuzaga keltiradi. Shuning uchun ham turli peregonlardagi toklarni o'zaro bir-biriga bog'liq emas, deb qabul qilish mumkin. Bu shart I_{kt} va l_{kt} larni o'zaro bog'liq emasligidan kelib chiqadi.

Yuqorida aytib o'tilganlarga asoslanib quyidagini yozishimiz mumkin:

$$\Delta P' = 2r \sum_{k=1}^n I_{kt} l_{kt} \sum_{j=k+1}^n l_{jt} (1 - \frac{l_{jt}}{l}) = 2r \sum_{k=1}^n \overline{I_{kt}} \overline{l_{kt}} \sum_{j=k+1}^n \overline{l_{jt}} (1 - \frac{\overline{l_{jt}}}{l}). \quad (5.74)$$

T vaqt mobaynidagi k - peregondagi o'rtacha tok:

$$I_k = \frac{W_{kt}}{TU}. \quad (5.75)$$

(5.75) formuladan k - va j - peregondagi poyezd o'rtacha tokini topamiz. $l_k = l_{0k}$ va $l_{jt} = l_{0j}$ almashtirishlarni bajarib, quyidagi formulani hosil qilamiz:

$$\Delta P'' = 2r \sum_{k=1}^n \frac{W_{kt}}{TU} l_{0k} \sum_{j=k+1}^n \frac{W_{jt}}{TU} (1 - \frac{l_{0j}}{l}). \quad (5.76)$$

$\Delta P'$ va $\Delta P''$ larni topilgan (5.72) va (5.76) ifodalarini (5.68) ga qo'yib, uni soddalashtirib va ikkala tomonini T ga ko'paytirib, tortish tarmog'idagi T vaqt mobaynida isrof bo'ladigan elektr energiyasi miqdorini aniqlash formulasini hosil qilamiz:

$$\Delta W_T = \Delta P T = \frac{r \cdot 10^3}{TU^2} \sum_{k=1}^n l_{0k} \left[1,08 T (1 - \frac{l_{0k}}{l}) \sum_{k=1}^N \frac{W_{kh}^2}{t_{kh0}} + 2 W_{kt} \sum_{j=k+1}^n W_{jt} (1 - \frac{l_{0j}}{l}) \right], \quad (5.77)$$

bu yerda U – kuchlanish, V; T – vaqt, soat; W_{kh} , W_{jt} – energiya sarfi, kW·h; ΔW_T – energiya isrofi, kW·h.

Barcha poyezdlar soni bo'yicha yig'indini poyezdlar rusumlari bo'yicha yig'indi bilan almashtirish mumkin. Unda (5.77) formula quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$\Delta W_T = \frac{r10^3}{TU^2} \sum_{k=1}^n l_{0k} \left[1,08T \left(1 - \frac{l_{0k}}{l}\right) \sum_{g=1}^g \frac{N_g W_{kg}^2}{t_{kg\partial}} + 2W_{kT} \sum_{j=k+1}^n W_{jT} \left(1 - \frac{l_{0j}}{l}\right) \right], \quad (5.78)$$

bu yerda g - barcha rusumli poyezdlar soni; N_g - har bir rusumli poyezdlar soni; g - poyezd rusumi raqami; W_{kg} - k - peregondagi g rusumli bitta poyezd iste'mol qilayotgan elektr energiyasi, kW·h, kvar·h yoki kV·A·h; $t_{kg\partial}$ - k - peregondagi g rusumli bitta poyezd elektr energiyasi iste'mol qilayotgan vaqt.

Bir tomonlama ta'minlanayotgan sxema uchun umumiy formulalar. n ning istalgan qiymatidagi hisoblash formulasini (5.77) formulada $l = \infty$ deb qabul qilib hosil qilish mumkin, ya'ni B nimstansiya ta'minlovchi fiderini cheksiz uzoqlikda deb qabul qilish mumkin (5.7- rasmga qarang!). Unda:

$$\Delta W_T = \Delta PT = \frac{r10^3}{TU^2} \sum_{k=1}^n l_{0k} \left[1,08T \sum_{h=1}^N \frac{W_{kg}^2}{t_{kh\partial}} + 2W_{kT} \sum_{j=k+1}^n W_{jT} \right]. \quad (5.79)$$

(5.78) formulaga o'xshash qilib (5.79) ni quyidagicha yozish mumkin:

$$\Delta W_T = \Delta PT = \frac{r10^3}{TU^2} \sum_{k=1}^n l_{0k} \left[1,08T \sum_{g=1}^g \frac{N_g W_{kg}^2}{t_{kg\partial}} + 2W_{kT} \sum_{j=k+1}^n W_{jT} \right]. \quad (5.80)$$

Bir xil rusumli poyezdlar uchun formulalar. Bir tomonlama ta'minlanish sxemasi uchun taqribiy formulalar. Agar peregondalar uzunliklari, ulardan poyezdlarni o'tish vaqtlari va elektr energiyasi iste'moli miqdorlari bir-biridan kam farq qilsa, u holda

$W_{kT} = W_{jT} = \frac{W_T}{n}$; $W_{kg} = \frac{W_g}{n}$ va $t_{kg\partial} = \frac{t_{g\partial}}{n}$, deb qabul qilish mumkin (bu yerda W_T - fider zonada T vaqt mobaynidagi elektr energiyasi sarfi; W_g - g rusumli poyezdni fider zona bo'ylab harakati mobaynida iste'mol qiladigan elektr energiyasi). Bundan tashqari, peregondagi energiya sarfini belgilovchi yuzaning og'irlik markazi peregondan o'rtasida joylashgan, ya'ni l_{0k} ni nimstansiyadan k - peregondan o'rtasigacha bo'lgan masofa, deb qabul qilamiz. Bunday holatda $l_{0k} = \frac{l}{n}(k-1) + \frac{l}{2n} = \frac{l}{2n}(2k-1)$.

Yuqoridagi belgilashlarni inobatga olib va (5.80) dagi 1,08 koefitsientni 1,1 ko'rinishda yaxlitlab hamda (5.80) formulada tegishli almashtirishlarni bajarib, quyidagi formulani hosil qilamiz:

$$\Delta W_T = \frac{r/10^3}{TU^2} \left[0,55T \sum_{g=1}^g \frac{N_g W_{kg}^2}{t_{g\theta}} + \frac{W_T^2 (2n^2 - 3n + 1)}{6n^2} \right] \quad (5.81)$$

Bir xil rusumli poyezdlar uchun ($W_g = W_T/N$; $\sum_{n=1}^g N_g = N$; $t_{g\theta} = t_g$ va $t_{\theta}\alpha = t = n\theta$):

$$\Delta W_T = \frac{r/10^3}{TU^2} \left[0,55\alpha \frac{N_0}{N_n} + \frac{(2n^2 - 3n + 1)}{6n^2} \right] \quad (5.82)$$

Energiya rekuperatsiyasi qo'llanilganda energiya isrofini quyidagi formula yordamida aniqlash mumkin:

$$\Delta W_T = \frac{r/10^3}{TU^2} \left[0,55T \sum_{g=1}^g \frac{N_g (W_{g\theta} + W_{g\theta})^2}{t_{g\theta} + t_{g\theta}} + \frac{W_T^2 (2n^2 - 3n + 1)}{6n^2} \right] \quad (5.83)$$

Bir xil rusumli poyezdlar uchun:

$$\Delta W_T = \frac{r/10^3}{TU^2} \left[0,55T \frac{N_g (W_{\theta} + W_g)^2}{t_{\theta} + t_g} + \frac{W_T^2 (2n^2 - 3n + 1)}{6n^2} \right] \quad (5.84)$$

Ikki tomonlama ta'minlanish sxemasida bir xil rusumli poyezdlar uchun formulalar. Bir tomonlama ta'minlanish sxemasi uchun qabul qilingan cheklovlarni qo'llab, (5.77) formuladan foydalangan holda va uning birinchi hadidagi $l_{ok}(1-l_{ok}/l)$ ning o'rniga uning (5.70) da keltirilgan aniqroq qiymatini qo'yib hamda peregon o'rniga fider zonani qarab, ya'ni $l_k = l$, $l_{ok} = l/2$ deb hisoblab, ikki tomonlama ta'minlanish sxemasi uchun formulalarni hosil qilamiz.

Har xil rusumli poyezdlar uchun va energiya rekuperatsiyasi bo'lmaganda:

$$\Delta W_T = \frac{r/10^3}{12TU^2} \left[2,2T \sum_{g=1}^g \frac{N_g W_g^2}{t_{g\theta}} + \frac{W_T^2 (n-1)(n^2 - n + 1)}{n^3} \right] \quad (5.85)$$

Bir xil rusumli poyezdlar uchun esa:

$$\Delta W_T = \frac{r/10^3}{12TU^2} \left[2,2\alpha \frac{N_g}{N_n} + \frac{(n-1)(n^2 - n + 1)}{n^3} \right] \quad (5.86)$$

Energiya rekuperatsiyasi qo'llanilganda (5.85) va (5.86) formulalar quyidagi ko'rinishlarda yoziladi:

$$\Delta W_T = \frac{r l 10^3}{12 T U^2} \left[2,2 T \sum_{g=1}^g \frac{N_g (W_{g\delta} + W_{g\sigma})^2}{t_{g\delta} + t_{g\sigma}} + \frac{W_T^2 (n-1)(n^2 - n + 1)}{n^3} \right] \quad (5.87)$$

$$\Delta W_T = \frac{r l 10^3}{12 T U^2} \left[2,2 \alpha \frac{N (W_{\delta} + W_{\sigma})^2}{t_{\delta} + t_{\sigma}} + \frac{W_T^2 (n-1)(n^2 - n + 1)}{n^3} \right] \quad (5.88)$$

Yuqorida keltirilgan formulalar asosida taqribiy formulalarni hosil qilish mumkin. Buning uchun quyidagi cheklovlarni qabul qilish kerak bo'ladi:

$$\left. \begin{aligned} W_g &= W_T / N; \quad t_{g\delta} = \frac{1}{N} \sum_{h=1}^N t_{h\delta}; \quad 1,08 \approx 1,1, \\ \frac{2n^2 - 3n + 1}{6n^2} &= \frac{1}{3} \left(1 - \frac{1}{n}\right) \frac{n - 0,5}{n}, \\ \frac{(n-1)(n^2 - n + 1)}{n^3} &= \left(1 - \frac{1}{n}\right) \left(1 - \frac{1}{n} + \frac{1}{n^2}\right). \end{aligned} \right\} \quad (5.89)$$

So'nggi ikkita tenglikda $n > 3 \div 4$ bo'lganda ikkinchi qavs ichidagi ifoda birga yaqin, n kichik sonlar bo'lganda esa bu ifoda uchun ham ikkinchi qavs ichidagi ifodani birga teng deb qabul qilish mumkin. $1 - \frac{1}{n} = 1 - \frac{\theta}{t} \approx 1 - \frac{\theta N}{\sum t}$ deb qabul qilib, ularni (5.81)

– (5.89) formulalarga qo'yib, umumiy holatlar uchun foydalanish mumkin bo'lgan taqribiy formulalarni hosil qilish mumkin (bu yerda θ – poyezdlararo oraliq vaqt).

Ikkita yo'li uchastka. Umumiy holat uchun formulalar. Temir yo'llar kontakt osmalarining simlari o'zaro ulanmagan holat uchun kontakt tarmog'idagi energiya isrofi yuqorida keltirilgan formulalar yordamida alohida-alohida hisoblanadi. Agar temir yo'llar kontakt osmalarining simlari o'zaro parallel ulangan bo'lsa, u holda keltirilgan formulalar o'zgaradi.

Birinchi va ikkinchi yo'llar quvvat isroflari va ularga tegishli kattaliklarni I va II raqamlari bilan ajratib va ΔP_i quvvat isrofi oniy qiymatlaridan o'rtacha qiymatiga o'tib, quyidagi ifodani yozamiz:

$$\Delta P = (\Delta P_I' + \Delta P_{II}') + (\Delta P_I'' + \Delta P_{II}'') + (\Delta P_I''' + \Delta P_{II}''') = \Delta P' + \Delta P'' + \Delta P'''. \quad (5.90)$$

Ikki tomonlama ta'minlanish va yo'llar simlarini o'zaro parallel ulanishi. $\Delta P_I'$ va $\Delta P_{II}'$ ifodalari (5.72) ga yoki (5.78) birinchi hadiga o'xshash etib yoziladi. Ularni qo'shib va T ga ko'paytirib, ΔW_T ning birinchi hadini hosil qilamiz.

$\Delta P_I''$ ifodasini (5.76) asosida quyidagicha yozamiz:

$$\Delta P_I'' = 2r \sum_{k=1}^n \frac{W_{kT}}{TU} l_{0k} \sum_{j=k+1}^n \frac{W_{jT}}{TU} (1 - \frac{l_{0j}}{l}). \quad (5.91)$$

$\Delta P_I'''$ kattalik $\Delta P_I''$ dan (5.66) formuladagi oxirgi ikkita hadga teng bo'lgan II- yo'l k - peregoni tokining I- yo'l k - peregoni tokigacha bo'lgan kuchlanish yo'qolishiga ta'sirini belgilovchi had qo'shilishi bilan farq qiladi. Bundan tashqari, j indeksli barcha yuklamalar endi II- yo'lga tegishli bo'ladi. O'rtacha qiymatga o'tgan holda I- yo'l uchun quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$\Delta P_I''' = r \sum_{k=1}^n \frac{W_{kT}}{TU} l_{0k} \sum_{j=k+1}^n \frac{W_{jT}}{TU} (1 - \frac{l_{0j}}{l}) + r \sum_{k=1}^n \frac{W_{kT}}{TU} (1 - \frac{l_{0k}}{l}) \sum_{j=1}^k \frac{W_{jT}}{TU} l_{0j}. \quad (5.92)$$

(5.91) va (5.92) formulalardagi I va II indeksni o'zaro almashtirib $\Delta P_I''$ va $\Delta P_I'''$ larning o'rniga $\Delta P_{II}''$ va $\Delta P_{II}'''$ hosil qilamiz. Yuqorida hosil qilingan ifodalarni (5.90) ga qo'yib va uni T ga ko'paytirib, tegishli o'zgartirishlardan keyin ($n > I$ deb hisoblagan holda) energiya isrofi uchun quyidagi formulani hosil qilamiz:

$$\Delta W_T = \frac{r10^3}{TU^2} \left\{ \sum_{k=1}^n l_{0k} \left[1,08T(1 - \frac{l_{0k}}{l}) \left(\sum_{g=1}^{\vartheta_I} \frac{N_{gI} W_{kgI}^2}{t_{kg\partial I}} + \sum_{g=1}^{\vartheta_{II}} \frac{N_{gII} W_{kgII}^2}{t_{kg\partial II}} \right) + \right. \right. \\ \left. \left. + 2W_{kT} \sum_{j=k+1}^n W_{jT} (1 - \frac{l_{0k}}{l}) + 2W_{kT} W_{kIT} (1 - \frac{l_{0k}}{l}) \right] \right\}. \quad (5.93)$$

(5.91), (5.92) va (5.93) formulalarga quyidagi kattaliklar kirgan:

r - ikkala yo'l simlari va relslari yoki faqat relslar aktiv qarshiliklari, Ω/km ; W_{kgI} , W_{kgII} - mos ravishda I- va II- yo'llarning k - peregonidagi g - rusumli poyezd iste'mol qilayotgan elektr energiyalari, $\text{kW}\cdot\text{h}$; ϑ_I , ϑ_{II} , N_{gI} va N_{gII} - T vaqt mobaynidagi I- va II- yo'llardagi mos ravishda poyezdlar rusumlari soni va ma'lum rusumdagi poyezdlar soni; $t_{kg\partial I}$ va $t_{kg\partial II}$ - mos ravishda I- va II- yo'llar k - peregonida g - rusumli poyezdlar elektr energiyasi iste'mol qilayotgan vaqtlar, h; W_{kT} , W_{jT} - I- va II- yo'llar k - va j - peregonlarida iste'mol qilinadigan elektr energiyalari, $\text{kW}\cdot\text{h}$; l_{0k} va l_{0j} - nimstansiyadan mos ravishda k - va j - peregonlar o'rtalarigacha bo'lgan masofalar, km.

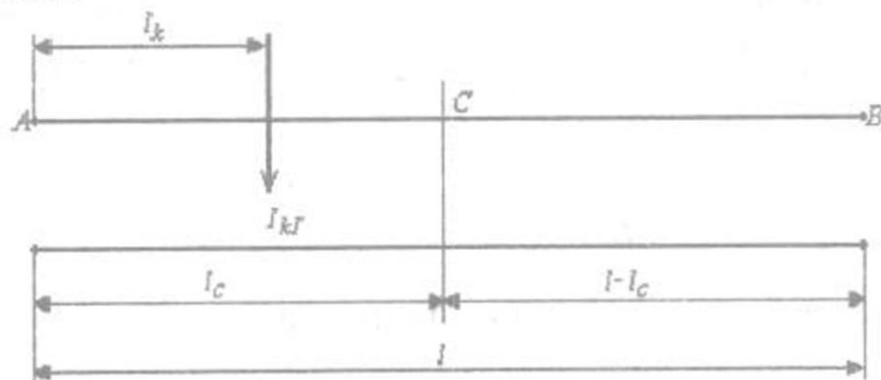
Taqribiy hisoblarda (5.85) va (5.86) formulalardan foydalanish mumkin. Bunda ϑ - ikkala yo'ldagi poyezdlar sonini bildiradi;

$W_T^2 = W_{IT}^2 + W_{IIT}^2$; N_0 , N va n lar esa poyezdlar juftligi ko'rinishida olinadi; r - ikkala yo'l simlari va relslarining aktiv qarshiligiga teng. Rekuperativ tormozlash liniyalari uchun (5.87) formuladan foydalaniladi.

Simlarni tugun sxemali ulanishi. A nimstansiyadan I - yo'l kontakt tarmog'ining I_{kI} yuklamasigacha bo'lgan oralig'dagi kuchlanish pasayishini quyidagicha yozish mumkin (5.8- rasm):

$$\Delta U_{kI} = \Delta U_{kIA} + \frac{l_k}{l_c} \Delta U_c, \quad (5.94)$$

bu yerda ΔU_{kIA} - A nimstansiyadan I - yo'l k - yuklamasigacha bo'lgan kuchlanish pasayishi (C nuqtada qo'shimcha (fiktiv) nimstansiya joylashgan holat uchun); ΔU_c - C nuqtadagacha kuchlanish pasayishi; l_k - A nimstansiyadan I_{kI} yuklamagacha bo'lgan masofa.



5.8- rasm. Quvvat isrofini aniqlash uchun tugun sxema

n_c shartli peregonlari bo'lgan AC uchastkadagi quvvat isrofi o'rtacha qiymati (5.94) ga ko'ra quyidagiga teng bo'ladi:

$$\overline{\Delta P} = \overline{\Delta P_{IA}} + \sum_{k=1}^{n_c} \frac{l_k}{l_c} \overline{\Delta U_c I_{kI}}, \quad (5.95)$$

bu yerda ΔP_{IA} - C nuqtada qo'shimcha nimstansiya joylashgan holat uchun I - yo'l kontakt tarmog'idagi quvvat isrofining o'rtacha qiymati.

$$\Delta P_{AC} = \sum_{k=1}^{n_c} \frac{l_k}{l_c} \Delta U_c I_{kI}, \quad (5.96) \text{ belgilash kiritib, } \Delta U_c \text{ ni quyidagi}$$

ko'rinishda yozamiz:

$$\Delta U_c = r \frac{l_c(l - l_c)}{l} I_c, \quad (5.97)$$

bunda r - ikkita yo'lli kontakt tarmog'i 1 km uzunligining aktiv qarshiligi; I_c - C fiktiv nimstansiya yuklamasi.

I_c tokni quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$I_c = I_{ck} + \frac{l_k}{l_c} I_{kl}, \quad (5.98)$$

bu yerda I_{ck} - C fiktiv nimstansiyaning I_{kl} tokisiz yuklamasi.

(5.98) ni (5.97) ga qo'yib, quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$\Delta U_c = r \frac{l_c(l-l_c)}{l} I_{ck} + r \frac{l_k(l-l_k)}{l} I_{kl} \quad (5.99)$$

Ikkala yo'ldagi quvvat isrofi:

$$\Delta P_{AC0} = r \frac{l-l_c}{l} \sum_{k=1}^{n_c} (l_k I_{ckl} I_{kl} + l_k I_{ckl} I_{kl}) + r \frac{l-l_k}{l_c} \sum_{k=1}^{n_c} (l_k^2 I_{kl}^2 + l_k^2 I_{kl}^2) \quad (5.100)$$

I_{ck} va I_k kattaliklar (I yoki II indeks bilan) o'zaro bir-biriga bog'liq emas, deb hisoblash mumkin, chunki I_{ck} tokning I_k tokka bog'liq bo'lgan tashkil etuvchisi yo'q. Bundan tashqari, yuklama kattaligini va uni peregonda joylashishini ham bir-biriga bog'liq emas, deb hisoblash mumkin. Ushbu cheklovlarni hisobga olib, quyidagilarni yozish mumkin:

$$\overline{l_k I_{ck} I_k} = l_{0k} \overline{I_{ck} I_k} \quad \text{va} \quad \overline{l_k^2 I_k^2} = l_k^2 \overline{I_{ek}^2},$$

$$\overline{I_{ck}} = \overline{I_c} - \frac{l_{0k}}{l_c} \overline{I_k} \quad \text{bo'lganligi sababli} \quad \overline{l_k I_{ck} I_k} = l_{0k} \overline{I_c I_k} - \frac{l_{0k}^2}{l_c} \overline{I_k^2}, \quad \text{deb}$$

yo'zish mumkin.

Yuqoridagilarni hisobga olib:

$$\overline{I_c} = \frac{W_c}{TU}; \quad \overline{I_k} = \frac{W_k}{TU}; \quad \overline{l_k I_{ck} I_k} = l_{0k} \frac{W_c W_k}{T^2 U^2} - \frac{l_{0k}^2}{l_c} \frac{W_k^2}{T^2 U^2}.$$

k - peregona effektiv tokini quyidagi formula yordamida aniqlash mumkin:

$$I_{ek}^2 = \frac{1,08}{TU^2} \sum_{h=1}^N \frac{W_{kh}^2}{t_{khd}}.$$

So'nggi ifodalarni hisobga olgan holda (5.100) formulani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$\Delta P_{AC0} = r \frac{l-l_c}{l T^2 U^2} \left[W_c \sum_{k=1}^{n_c} l_{0k} (W_{kl} + W_{kl}) - \frac{1}{l_c} \sum_{k=1}^{n_c} l_{0k}^2 (W_{kl}^2 + W_{kl}^2) + \right. \\ \left. 1,08 \frac{T}{l_c} \sum_{k=1}^{n_c} \overline{l_k^2} \left(\sum_{h=1}^{N_I} \frac{W_{khl}^2}{t_{khl}} + \sum_{h=1}^{N_{II}} \frac{W_{khl}^2}{t_{khl}} \right) \right] \quad (5.101)$$

(5.101) ifodada $\overline{l_k^2} = l_{0k}^2$ deb yozilsa, sezilarli xatolik yuzaga kelmaydi. Unda:

$$\Delta P_{ACo} = r \frac{l-l_c}{l^2 U^2} \left[W_c \sum_{k=1}^{n_c} l_{0k} W_k - \frac{1}{l_c} \sum_{k=1}^{n_c} l_{0k}^2 (W_{kl}^2 + W_{kII}^2) + 1,08 \frac{T}{l_c} \sum_{k=1}^{n_c} \overline{l_{0k}^2} \left(\sum_{h=1}^{N_I} \frac{W_{khl}^2}{t_{khl0}} + \sum_{h=1}^{N_{II}} \frac{W_{khlI}^2}{t_{khl0}} \right) \right] \quad (5.102)$$

Xuddi ΔP_{ACo} ifodasiga o'xshash CB zona uchun ΔP_{CBo} ifodasini ham hosil qilishimiz mumkin. Buning uchun l_c ni $(l-l_c)$ ga, l_{0k} ni $(l-l_{0k})$ ga almashtirish lozim bo'ladi.

Shunday qilib, butun fider zona uchun quyidagi formulani yozish mumkin:

$$\Delta P_c = \Delta P_{ACo} + \Delta P_{CBo} = r \frac{l_c(l-l_c)}{l^2 U^2} \left\{ W_c \left[\frac{1}{l_c} \sum_{k=1}^{n_c} l_{0k} W_k + \frac{1}{l-l_c} \sum_{k=n_c+1}^n (l-l_{0k}) W_k \right] - \frac{1}{l_c^2} \sum_{k=1}^{n_c} l_{0k}^2 (W_{kl}^2 + W_{kII}^2) - \frac{1}{(l-l_c)^2} \sum_{k=n_c+1}^n (l-l_{0k})^2 (W_{kl}^2 + W_{kII}^2) + 1,08 T \times \right. \quad (5.103)$$

$$\left. \left[\frac{1}{l_c^2} \sum_{k=1}^{n_c} \overline{l_{0k}^2} \left(\sum_{h=1}^{N_I} \frac{W_{khl}^2}{t_{khl0}} + \sum_{h=1}^{N_{II}} \frac{W_{khlI}^2}{t_{khl0}} \right) + \frac{1}{(l-l_c)^2} \sum_{k=n_c+1}^n (l-l_c)^2 + \left(\sum_{h=1}^{N_I} \frac{W_{khl}^2}{t_{khl0}} + \sum_{h=1}^{N_{II}} \frac{W_{khlI}^2}{t_{khl0}} \right) \right] \right\},$$

$$\text{Bunda} \quad \frac{1}{l_c} \sum_{k=1}^{n_c} l_{0k} W_k + \frac{1}{l-l_c} \sum_{k=n_c+1}^n (l-l_{0k}) W_k = W_c. \quad (5.104)$$

Uncha murakkab bo'lmagan almashtirishlardan so'ng (5.103) formula quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$\Delta P_c = r \frac{l_c(l-l_c)}{l^2 U^2} \left\{ W_c^2 + \frac{1}{l_c^2} \sum_{k=1}^{n_c} l_{0k}^2 \left[(1,08 T \sum_{h=1}^{N_I} \frac{W_{khl}^2}{t_{khl0}} - W_{kl}^2) + (1,08 T \sum_{h=1}^{N_{II}} \frac{W_{khlI}^2}{t_{khl0}} - W_{kII}^2) \right] + \frac{1}{(l-l_c)^2} \sum_{k=n_c+1}^n (l-l_{0k})^2 \left[(1,08 T \sum_{h=1}^{N_I} \frac{W_{khl}^2}{t_{khl0}} - W_{kl}^2) + (1,08 T \sum_{h=1}^{N_{II}} \frac{W_{khlI}^2}{t_{khl0}} - W_{kII}^2) \right] \right\}. \quad (5.105)$$

(5.105) formulada Σ ostidagi ifodalar nisbatan kichik qiymatga teng. O'z navbatida ΔP_c quvvat isrofi tarmoqdagi quvvat isrofi bir qismini tashkil etadi. Ushbuni inobatga olib energiya sarfi va poyezd peregonidan o'tish vaqti o'rtacha qiymatlari asosida Σ lar ostidagi ifodalar qiymatlarini topish mumkin. Buning uchun quyidagi cheklovlarni kiritamiz: $W_{kl} = W_I/n$; $W_{kII} = W_{II}/n$; $W_{khl} = W_I/N_I n$; $W_{khlI} = W_{II}/N_{II} n$; $t_{khl0} = t_{0I}/n$; $t_{khlI} = t_{0II}/n$. Unda:

$$\sum_{h=1}^N \frac{W_{kh}^2}{t_{kg0}} = N \frac{W^2}{N^2 n^2 \frac{t_0}{n}} = \frac{W^2}{N n t_0}; \quad W_{\text{II}}^2 = \frac{W_I^2}{n^2}; \quad W_{\text{III}}^2 = \frac{W_{\text{II}}^2}{n^2}$$

Yuqoridagilarni inobatga olib, (5.105) formulani quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$\Delta P_c = r \frac{l_c(l-l_c)}{I I^2 U^2} \left\{ W_c^2 + \frac{1}{n^2} \left[(1,08 \frac{nT}{N_I t_{0I}} - 1) W_I^2 + (1,08 \frac{nT}{N_{II} t_{0II}} - 1) W_{II}^2 \right] \times \right. \\ \left. \times \left[\frac{1}{l_c^2} \sum_{k=1}^{n_c} l_{0k}^2 + \frac{1}{(l-l_c)^2} \sum_{k=n_c+1}^n (l-l_{0k})^2 \right] \right\}. \quad (5.106)$$

(5.106) formuladagi Σ lar taqribiy qiymatlari quyidagicha topilishi mumkin:

$$\sum_{k=1}^{n_c} \left(\frac{l_{0k}}{l_c} \right)^2 \approx \frac{1}{n_c^2} \int_0^{n_c} x^2 dx = \frac{n_c}{3},$$

$$\sum_{k=n_c+1}^n \left(\frac{l-l_{0k}}{l-l_c} \right)^2 \approx \frac{n-n_c}{3}.$$

Bundan tashqari, $Tn = N_0 t$ va $\frac{t}{t_1} = \alpha$ (bu yerda t - poyezdni ko'rilayotgan fider zona bo'ylab yurish vaqti) munosabatlardan foydalansak, (5.106) formula quyidagi ko'rinishda yozilishi mumkin:

$$\Delta P_c = r \frac{l_c(l-l_c)}{I I^2 U^2} \left\{ W_c^2 + \frac{1}{3n} \left[(1,08 \alpha_I \frac{N_{0I}}{N_I} - 1) W_I^2 + (1,08 \alpha_{II} \frac{N_{0II}}{N_{II}} - 1) W_{II}^2 \right] \right\}. \quad (5.107)$$

Yuqorida keltirilganlar asosida tugun sxemada ulangan kontakt tarmog'idagi o'rtacha quvvat isrofi ifodasini quyidagicha yozish mumkin:

$$\Delta P = \Delta P_{IA} + \Delta P_{IB} + \Delta P_{IIA} + \Delta P_{IIB} + \Delta P_c, \quad (5.108)$$

bu yerda ΔP_{IA} va ΔP_{IIA} - I- va II- yo'llar AC uchastkasidagi quvvat isroflari, bu isroflar C nuqtada qo'shimcha (fiktiv) nimstansiya mavjud, deb topiladi; ΔP_{IB} va ΔP_{IIB} - CB uchastkadagi xuddi shunday isroflar; ΔP_c - (5.106) yoki (5.107) formula yordamida topiladi.

Taqriban $W_c = (W_{II} + W_{IIB})/2$ deb, hisoblash mumkin. Relslarda isrof bo'ladigan energiya simlar parallel ulangan sxemada foydalaniladigan formula yordamida aniqlanishi mumkin. Bunda r qarshilik o'zaro parallel ulangan barcha relslar qarshiligiga teng.

Yer o'tkazuvchanligini hisobga olish uchun r ni ν koeffitsiyentga ko'paytirish lozim bo'ladi. ν koeffitsiyentni aniqlashda 3- bobda keltirilgan yuklamalarni taqsimlanish sxemasidan foydalanish mumkin.

Energiya isrofi:

$$\Delta W = \Delta PT. \quad (5.109)$$

Bir tomonlama ta'minlanish, simlarning parallel ulanishi.

Bunda (5.77) formulada $l = \infty$ deb qabul qilamiz:

$$\Delta W_{\pi} = \frac{r10^3}{TU^2} \left\{ \sum_{k=1}^{n_t} l_{0k} \left[1,08T \left(\sum_{g=1}^{g_t} \frac{N_{gI} W_{kgI}^2}{t_{kg\partial I}} + \sum_{g=1}^{g_{II}} \frac{N_{gII} W_{kgII}^2}{t_{kg\partial II}} \right) + 2W_{kT} \sum_{j=k+1}^n W_{jT} + 2W_{kT} W_{kII} \right] \right\}. \quad (5.110)$$

Yuqorida ko'rib chiqilgan barcha holatlarda quvvat isrofi quyidagi ifoda orqali aniqlanishi mumkin:

$$\Delta P = \Delta W/T. \quad (5.111)$$

O'zgaras va o'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkalarida quvvat va energiya isroflarini hisoblashning o'ziga xos xususiyatlari. Bitta yo'lli va simlari o'zaro parallel ulangan ikkita yo'lli uchastkalar tarmog'idagi aktiv energiya isrofini hisoblash formulalari o'zgaras tokda ham o'zgaruvchan tokda ham bir xil, faqat formulalardagi r qarshilik qiymati o'zgaras tokda o'tkazgich simlarning omik qarshiligiga, o'zgaruvchan tokda esa tortish tarmog'i to'la qarshiligining aktiv tashkil etuvchisiga teng. O'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkalarida umumiy holda faza siljish burchaklari va yuklamalar har xil bo'lganda, yuklamalarning aktiv va reaktiv tashkil etuvchilaridan yuzaga keladigan quvvat isroflarini alohida-alohida hisoblash maqsadga muvofiq bo'ladi.

Agar yuqorida keltirilgan aktiv quvvat va energiya isroflarini hisoblash formulalaridagi aktiv qarshiliklar o'rniga reaktiv qarshiliklar olinsa, u holda ushbu formulalar asosida tarmoqdagi reaktiv energiya va quvvat isroflarini hisoblash mumkin bo'ladi.

5.6. Tortish tarmog'i kuchlanishi miqdorini aniqlash

Tortish tarmog'i berilgan nuqtasidagi kuchlanish miqdori tortuvchi nimstansiyadagi kuchlanish og'ishi va tortish tarmog'idagi kuchlanish yo'qolishiga bog'liq. Agar energetik tizim va nimstansiya kuchlanishni yuklama ostida avtomatik rostlash qurilmasi bilan ta'minlangan bo'lmasa, u holda faqat tarmoqdagi kuchlanish yo'qolishi to'g'risidagi ma'lumotlarga tayanish samara

bermaydi, ya'ni tortish tarmog'idagi kuchlanish miqdorini aniq bilib bo'lmaydi.

Tortish tarmog'ining nimstansiyaga yaqin nuqtalaridagina kuchlanish miqdori (energiya rekuperatsiyasi rejimi bo'lmaganda) maksimal bo'lishi mumkin. Tortish tarmog'idagi kuchlanish yo'qolishi poyezdlarni fider zona bo'ylab joylashish o'rniga, ular iste'mol qilayotgan tok miqdoriga, temir yo'l uchastkasini ta'minlanish sxemasiga va tortish tarmog'i qarshiligiga bog'liq bo'ladi.

Hisoblashlarda poyezdni ma'lum bir peregon bo'ylab yurish vaqtida avtomatik xarakteristika bo'yicha kuchlanish yo'qolishining o'rtacha qiymati olinadi. Bu kattalik lokomotivdagi kuchlanish o'rtacha qiymatini aniqlashda bitta tashkil etuvchi bo'lib xizmat qiladi, xolos. Limitlovchi (chegaralovchi) peregonidagi kuchlanish yo'qolishi temir yo'l uchastkasining haqiqiy o'tkazish qobiliyatini aniqlash maqsadida topiladi. Alohida peregon (yoki blok-uchastka)dan poyezdni avtomatik xarakteristika bo'yicha o'tish vaqtidagi kuchlanish yo'qolishining o'rtacha qiymatini fider zonadan o'tadigan bir nechta poyezd uchun hisoblab topish lozimligini bilish kerak bo'ladi. Umuman olganda, quyidagi ikkita kattalikni aniqlash lozim bo'ladi:

1) temir yo'l uchastkasidan o'tadigan poyezdlar soni maksimal qiymatga teng bo'lganda tarmoqdagi kuchlanish va kuchlanish yo'qolishi miqdorlari;

2) normal harakat grafigi sharoitida mumkin bo'lgan kuchlanish va kuchlanish yo'qolishi miqdorlari.

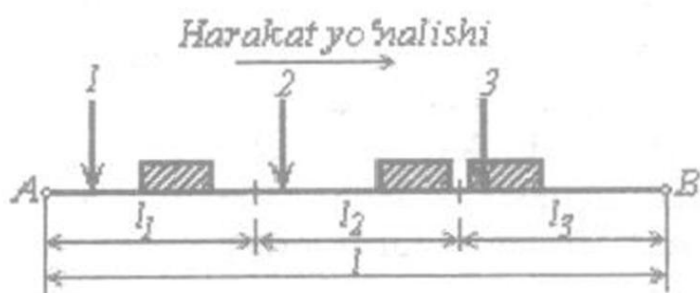
Yuqorida keltirilganlarga asoslanib quyidagi ikkita masalani ko'rib chiqamiz.

Limitlovchi peregonidagi kuchlanish miqdori peregon bo'ylab poyezdni yurish vaqtini yoki minimal poyezdlararo oraligni yoki boshqacha qilib aytganda, peregon bo'yicha temir yo'l uchastkasi o'tkazish qobiliyatini belgilaydi. Nimstansiya shinasidagi kuchlanish og'ishini hisobga olib peregonidagi kuchlanish miqdorini uning me'yoriy qiymati bilan taqqoslash va tegishli xulosa qabul qilish mumkin.

Birinchi tur masalani yechishda quyidagi savollar yuzaga keladi: 1) hisoblashda qaysi rusum poyezdlarni inobatga olish kerak; 2) fider zonada bir vaqtning o'zida nechta poyezd harakatlanishi mumkin; 3) peregonida poyezdlarni qanday joylashtirish lozim. Ushbu savollarni birma-bir ko'rib chiqamiz.

Odatda bir xil rusum poyezdlar uchun tegishli hisoblashlar olib boriladi, chunki og'irroq yoki yengilroq poyezdlarni o'tkazish temir yo'l uchastkasining o'tkazish qobiliyatiga kam ta'sir ko'rsatadi. Fider zonada to'xtovsiz harakatlanayotgan poyezdlar soni n minimal poyezdlararo interval θ bo'lganda $n=t/\theta$ (bu yerda t - fider zonada poyezdni yurish vaqti) formula yordamida topiladi.

Umumiy holda poyezdlarni alohida peregonda yurish vaqti har xil (peregonlar shartli soni n ularning haqiqiy qiymatidan kam). Bu holat ko'rilayotgan harakat rejimida peregon bo'ylab yurish vaqti kam bo'lgan peregonlar ma'lum bir vaqt oralig'ida bo'sh turishini bildiradi. Bunda poyezdlarni peregonlarda joylashishi bo'yicha quyidagilarni aytib o'tish lozim bo'ladi. Aytaylik, AB zona bo'ylab poyezdlarni o'tish vaqtlari bir xil va uchta (l_1 , l_2 va l_3) peregonidan iborat bo'lsin hamda poyezdlar, masalan, A dan B ga tomon harakatlanayotgan bo'lsin (5.9- rasm).



5.9- rasm. Peregonlarda elektr energiyasi iste'mol qilayotgan uchastkalarning joylashishi

Rasmdan ko'rinib turibdiki, elektr energiyasi iste'mol qilayotgan uchastkalar (shtrixlangan yuzalar) va bir vaqtda harakatlanayotgan poyezdlar (1, 2 va 3) o'zaro mos tushmaydi. Bu holat tortish tarmog'ining biron-bir poyezdgacha bo'lgan qismidagi kuchlanish yo'qolishiga sezilarli darajada ta'sir ko'rsatadi.

Agar poyezd iste'mol qilayotgan tok va harakat grafigi berilgan bo'lsa, u holda harakat grafigiga asoslangan usul eng aniq usul sifatida tanlanishi mumkin. Bunda taqribiy formulalardan foydalanish hisoblashlarni soddalashtiradi va nisbatan aniq natijalarni beradi. Agar poyezd iste'mol qilayotgan tok egri chiziqlari berilmagan bo'lsa yoki bu egri chiziqlarda peregon

uzunligi bo'yicha keskin o'zgarishlar bo'lmasa yoki hisoblashlarda taqribiy formulalardan foydalanilsa, u holda peregonlarda poyezdlarni yurish vaqti teng bo'lganda poyezdlar energiya iste'mol qilish davri mos kelmasligi hisobga olinmasa ham bo'ladi. Yuqorida aytib o'tilganlarga ko'ra har bir peregonni unda harakatlanayotgan ma'lum rusum poyezd iste'mol qilayotgan elektr energiyasi bilan tavsiflaymiz. Agar poyezdlar bir xil bo'lmagan peregonlardan to'xtamasdan o'tayotgan bo'lsa, u holda hisoblashlarda quyidagini inobatga olish lozim bo'ladi: ko'rilayotgan peregon bo'ylab poyezdni yurish vaqtida boshqa yurish vaqti kam bo'lgan peregonda poyezd kam vaqt mobaynida yuradi, bu esa uni kuchlanish yo'qolishiga ta'sirini kamaytiradi. Formulalarni keltirib chiqarish jarayonida bu holatni hisobga olish lozim bo'ladi.

Poyezdlarni minimal vaqt oralig'i bilan harakat rejimi temir yo'l uchastkasida poyezdlar to'planib qolishini yo'qotish yoki oldini olish jarayonida yuzaga kelishi mumkin.

Agar o'tkazish qobiliyati o'ta yuqori bo'lgan temir yo'l uchastkalarida normal harakat grafigida ham bunday rejim yuzaga keladigan bo'lsa, u holda poyezdlar harakat tezligini oshirish bo'yicha qo'shimcha imkoniyatlar topish zarurati tug'ilishi mumkin. Shunday qilib, normal harakat grafigi sharoitlarida ham kuchlanish og'ishi ehtimolini aniqlash zarurati yuzaga kelishi mumkin.

Ikkinchi tur masalani yechishda ham yuqorida qayd etib o'tilgan uchta savolga javob berish kerak bo'ladi. Masalani to'liq yechimiga erishish uchun ushbu uchta savolni birgalikda qarash kerak. Natijada esa peregonidagi elektr energiyasi iste'mol qilayotgan poyezddagi kuchlanish o'rtacha qiymatining taqsimlanish qonuniyati hosil qilinishi lozim. Bu masala anchagina murakkab bo'lib, uni yechish ikkita bosqichdan iborat bo'ladi. Birinchi navbatda n ta yo'lda m ta poyezd paydo bo'lish ehtimolini, ikkinchi bosqichda esa ularni u yoki bu tartibda joylashish ehtimolini aniqlash zarur bo'ladi. Masalaning birinchi bosqichi poyezd toklari sonli tavsiflarini aniqlash formulalari yordamida amalga oshiriladi. Ikkinchi bosqichda esa qiyinchiliklar yuzaga keladi. Buning sababi shundaki, limitlovchi peregonida poyezdgacha bo'lgan kuchlanish yo'qolishi qiymati alohida peregonlardagi poyezdlar soni turlicha bo'lganda ham bir xil bo'lishi mumkin. Haqiqatdan ham nimstansiya yaqinida

harakatlanayotgan bir nechta poyezdlar undan uzoqroqda (fider zona o'rtalarida) harakatlanayotgan kamroq sonli poyezdlar hisobidan yuzaga keladigan kuchlanish yo'qolishidek yoki undan ham kamroq kuchlanish yo'qolishini hosil qilishi mumkin. Bunday holatlarda hisoblash jarayonida barcha poyezdlar bir xil rusumdagi hisobiy poyezdlar bilan almashtiriladi. Bunda ular peregonlarda vaqt bo'yicha doimiy bo'lgan bir xil qiymatli tok iste'mol qiladi, deb qabul qilinadi. Bu tur masala poyezdlar sonini fider zona bo'ylab taqsimlanish qonuniyati ma'lum bo'lgan holat uchun bajariladi.

Bizga ma'lumki, poyezdgacha bo'lgan kuchlanish yo'qolishi poyezd o'z tokidan yuzaga keladigan kuchlanish yo'qolishi $\Delta U'$ va boshqa $(m-1)$ ta poyezdlar toklaridan yuzaga keladigan kuchlanish yo'qolishi $\Delta U'$ larning yig'indisidan tashkil topadi. $\Delta U'$ tashkil etuvchi tasodifiy kattalik hisoblanadi. Ushbu masalada kuchlanish yo'qolishi aniqlanishi lozim bo'lgan berilgan k - peregonda poyezd joylashgan fider zonada $(m-1)$ poyezd paydo bo'lishi ehtimolini aniqlash kerak bo'ladi, bunda barcha poyezdlar soni m ga teng. Bu holatda N emas, $(N-1)$ poyezdlar, harakat grafigida N_0 ta tola emas, (N_0-1) ta tola, n ta peregon emas, $(n-1)$ ta peregon bo'ladi. Binobarin, harakat grafigining n ta tolasida m ta poyezd paydo bo'lishi ehtimoli (bitta tola bitta poyezd bilan band bo'lganda) quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$p(m-1) = C^{m-1} \left(\frac{N-1}{N_0-1} \right)^{m-1} \left(1 - \frac{N-1}{N_0-1} \right)^{n-m} \approx C_{n-1}^{m-1} \left(\frac{N}{N_0} \right)^{m-1} \left(\frac{N_0-N}{N_0} \right)^{n-m}. \quad (5.112)$$

Bu yerda poyezdlar bir rusumli deb qaralgan. Masalani yechish biroz qiyinlashsa-da, barcha rusum poyezdlar ishtirok etgan holatni ham ko'rib chiqish mumkin. Ammo taqribiy hisoblashlarda ularni bir xil rusumli deb qarash maqsadga muvofiq bo'ladi. $(m-1)$ ta poyezd yuklamasi va binobarin, k - peregonidagi poyezdgacha bo'lgan o'rtacha kuchlanish yo'qolishi poyezdlar soni bir xil bo'lganda ham har xil qiymatlarda bo'ladi. Taqribiy hisoblashlarda alohida peregonlardagi poyezdlarni ular iste'mol qilayotgan energiya va peregonlar bo'ylab yurish vaqti bilan baholanadi.

Amalda kuchlanish kamayishini ma'lum bir qiymatdan oshish ehtimolini aniqlash muhim hisoblanadi. Agar kuchlanish kamayishi bevosita poyezdlar soniga bog'liq, deb hisoblansa, u holda poyezdlar sonini m deb hisoblab, nafaqat harakat grafigining

$(n-1)$ tolalaridagi $(m-1)$ poyezdlarni joylashish ehtimolini, balki poyezdlar soni $(m-1)$ dan katta bo'lganda ham ularni $(n-1)$ tolalarda joylashish ehtimolini aniqlash lozim bo'ladi. Chunki poyezdlar soni $(m-1)$ dan oshganda, har bir yangi qo'shiladigan poyezd ham kuchlanishni qo'shimcha kamayishiga olib keladi.

(5.112) formula poyezdlar u yoki bu sonini fider zonada paydo bo'lishi ehtimolini aniqlash imkonini beradi. Poyezdni ma'lum peregonda elektr energiyasi iste'mol qilayotgan vaqt mobaynida poyezd tok qabul qilgichidagi o'rtacha kuchlanish yo'qolishini hisoblashda ko'rilayotgan fider zonadagi poyezdlar soni o'zgarishi mumkin, chunki bitta poyezd yondosh fider zonadan ko'rilayotgan fider zonaga kirib qolishi yoki aksincha bitta poyezd ko'rilayotgan fider zonadan harakat bo'yicha undan keyingi yondosh fider zonaga o'tib ketishi mumkin. Bunda ko'rilayotgan poyezdni fider zona bo'ylab yurish vaqti mobaynida undagi poyezdlar sonining o'rtacha qiymati amalda istalgan qiymatga, xususan, kasr qiymatga teng bo'lishi mumkin.

Taqribiy hisoblashlar uchun poyezdlarning o'rtacha soni m dan $(m+1)$ gacha bir tekis o'zgarayotgan va ushbu oraliqdagi ehtimollik zichligi doimiy bo'lsin. (5.112) formula yordamida hosil qilingan $(m-1)$ qiymat ehtimolini poyezdlar soni oralig'i bo'yicha tekis taqsimlaymiz. Bu shartdan kelib chiqqan holda poyezdlar soni ehtimoli zichligining ko'rilayotgan oraliqdagi taqsimlanish qonuniyatini hosil qilamiz.

Agar kuchlanish yo'qolishini berilgan ΔU_1 dan ortib ketish ehtimolini topish talab qilinsa, u holda ΔU_1 kattalik uchun keyingi paragrafda keltiriladigan formulalardan foydalanib $\Delta U = f(m-1)$ bog'lanishdan ΔU_1 ga mos $(m-1)$ qiymatini topish zarur bo'ladi. Bunda m kasr son bo'lishi ham mumkin. $(m-1)$ ni bilgan holda ΔU_1 dan ortib ketish ehtimolini aniqlash mumkin, ya'ni taqsimlanish egri chizig'ini $(m-1)$ dan $(n-1)$ gacha bo'lgan oraliqdagi integralini hisoblash mumkin.

5.7. Tortish tarmog'idagi kuchlanish yo'qolishi

Tortish tarmog'idagi kuchlanish yo'qolishini hisoblash formulalarini umumiy holat hisoblangan kontakt tarmog'i simlari o'zaro u yoki bu sxemada ulangan ko'p yo'lli temir yo'l uchastkasi

uchun keltirib chiqaramiz. Bunda har bir yo'lda bir nechta poyezd harakatlanayotgan bo'lishi mumkin. Kontakt tarmog'ining istalgan poyezd joylashgan qismigacha bo'lgan kuchlanish yo'qolishi har bir poyezd toki va ularning uchastkada joylashish o'rniga bog'liq. Shuning bilan birga kuchlanish yo'qolishi tokning chiziqli funksiyasi bo'lganligi sababli tortish tarmog'idagi kuchlanish yo'qolishini hisoblashda ustma-ustlash prinsipini qo'llash mumkin, ya'ni tortish tarmog'ining istalgan nuqtasidagi barcha poyezdlar toklaridan hosil bo'lgan kuchlanish yo'qolishi har bir poyezd tokini tarmoqning shu nuqtasida hosil qiladigan kuchlanish yo'qolishlarining yig'indisi ko'rinishida aniqlanishi mumkin. Shuning uchun ham (5.61) formulaga ko'ra berilgan vaqt momenti uchun k - poyezdgacha bo'lgan tarmoqdagi kuchlanish yo'qolishini quyidagi uchta had yig'indisi ko'rinishida tasvirlash mumkin:

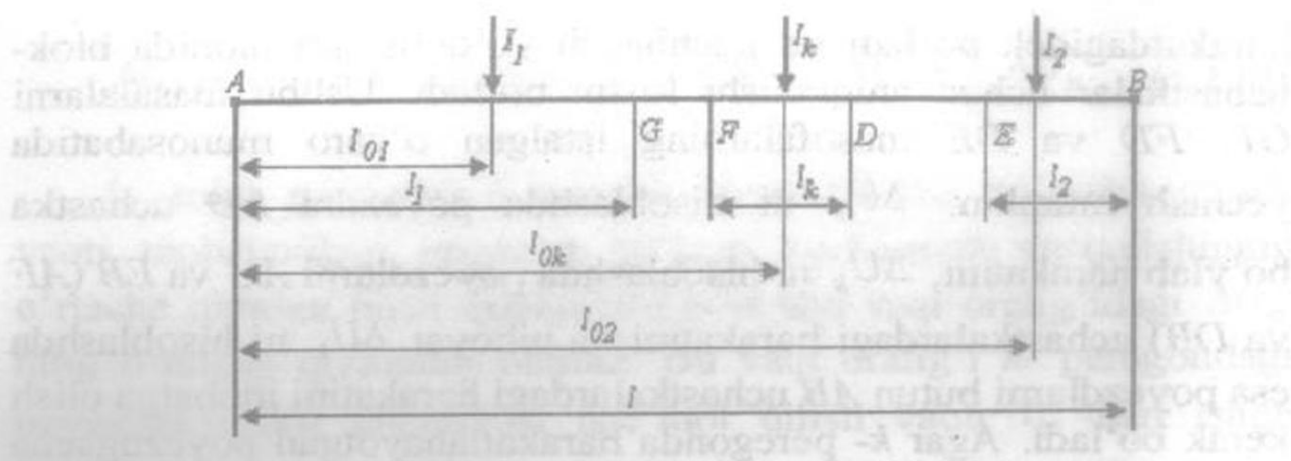
$$\Delta U_{kt} = \Delta U'_{kt} + \Delta U''_{kt} + \Delta U'''_{kt}, \quad (5.113)$$

bu yerda $\Delta U'_{kt}$ - tortish tarmog'ining k - poyezdgacha bo'lgan qismidagi kuchlanish yo'qolishining shu poyezd toki hisobidan yuzaga keladigan tashkil etuvchining oniy qiymati; $\Delta U''_{kt}$ - tortish tarmog'ining k - poyezdgacha bo'lgan qismidagi kuchlanish yo'qolishining shu yo'ldagi k - poyezddan boshqa poyezdlar toklari hisobidan yuzaga keladigan tashkil etuvchisining oniy qiymati; $\Delta U'''_{kt}$ - tortish tarmog'ining k - poyezdgacha bo'lgan qismidagi kuchlanish yo'qolishining k - poyezd harakatlanayotgan yo'ldan boshqa yo'llardagi poyezdlar toklari hisobidan yuzaga keladigan tashkil etuvchining oniy qiymati.

Ushbu kuchlanish yo'qolishining biror bir vaqt oralig'idagi o'rtacha qiymati:

$$\Delta U_k = \Delta U'_k + \Delta U''_k + \Delta U'''_k. \quad (5.114)$$

Tortish tarmog'ining qaralayotgan poyezdgacha bo'lgan qismidagi kuchlanish yo'qolishining o'rtacha qiymatini hisoblash formulasini keltirib chiqarishga kirishishdan avval, shu kuchlanish yo'qolishini yuzaga keltiruvchi yuklamalar qaralayotgan uchastkada qay tarzda joylashganligini aniqlab olish kerak bo'ladi. Kontakt simlari ma'lum sxemada ulangan ko'p yo'lli uchastka bitta yo'lining ikkita F va D nuqtalari orasida poyezdning yurishi mobaynida ungacha bo'lgan kuchlanish yo'qolishini aniqlash eng umumlashgan holat hisoblanadi (5.10- rasm).



5.10- rasm. Peregon yoki blok-uchastkadagi poyezdgacha bo'lgan kuchlanish yo'qolishini aniqlashga doir sxema

Agar har ikkita yondosh ajratish punkti oralig'ida bittadan ko'p bo'lmagan poyezd harakatlanayotgan holat ko'rilsa, u holda F va D nuqtalar peregon chegaralari bo'lib xizmat qiladi hamda uning istalgan nuqtasida ko'rilyotgan poyezd joylashishi mumkin bo'ladi. Bunda AF va DB uchastkalarda bir paytning o'zida shu yo'ldagi boshqa poyezdlar joylashgan bo'ladi. Shunday qilib, k -poyezd yuklamasi faqat FD oraliq ichida, shu yo'ldagi boshqa yuklamalar – FD oraliqdan tashqaridagi istalgan nuqtalarda joylashadi. Boshqa yo'llardagi poyezdlar k -poyezdga nisbatan uchastkaning ixtiyoriy nuqtalarida joylashishi mumkin.

Agar har ikkita yondosh ajratish punktlaridagi uchastkalar qismlarga (masalan, avtoblokirovkadagi blok-uchastkalarga) ajratilgan bo'lsa, u holda yondosh poyezdlar joylashgan blok-uchastkalar oralig'i bitta yoki bir nechta blok-uchastka uzunligiga teng bo'lgan masofaga teng bo'lishi lozim. Poyezdlar harakati bir tomonlama bo'lganda masalaning qo'yilishiga qarab o'rtacha kuchlanish yo'qolishini alohida blok-uchastka yoki peregon uchun hisoblash kerak bo'ladi. Blok-uchastka uchun hisoblanganda agar uning chegaralari F va D nuqtalar bo'lsa, unda qolgan yuklamalar G nuqtadan chapda va E nuqtadan o'ngda, masalan, AG va EB uchastkalarda joylashadi. Agar poyezd blok-uchastkaning faqat bir qismini avtomatik xarakteristikada o'tsa, u holda blok-uchastkaning shu qismi FD uchastkasi sifatida qaraladi.

Poyezdlarni bitta yo'l bo'ylab ikki tomonlama harakatida poyezdlar paket yoki qisman paket bo'lib harakatlangandagina avtoblokirovka yo'lining o'tkazish qobiliyatini oshirishi mumkin. Bunda poyezdlarning joylashish qonuniyati bir tomonlama

harakatdagidek bo'ladi va kuchlanish yo'qolishlari alohida blok-uchastkalar uchun aniqlanishi lozim bo'ladi. Ushbu masalalarni GF , FD va DE masofalarning istalgan o'zaro munosabatida yechish mumkin. $\Delta U'_k$ ni hisoblashda poyezdni FD uchastka bo'ylab harakatini, $\Delta U''_k$ ni hisoblashda poyezdlarni AG va EB (AF va DB) uchastkalardagi harakatini va nihoyat $\Delta U'''_k$ ni hisoblashda esa poyezdlarni butun AB uchastkalardagi harakatini inobatga olish kerak bo'ladi. Agar k - peregonida harakatlanayotgan poyezdgacha bo'lgan o'rtacha kuchlanish yo'qolishi aniqlanayotgan bo'lsa, u holda shu yo'lda kelayotgan keyingi poyezd k - peregonni yoki unga mos blok-uchastkani egallashi mumkin emas. Qolgan poyezdlarning har biri ham bir-biriga nisbatan qanday joylashishidan qat'iy nazar alohida peregon yoki blok-uchastkani egallashi mumkin.

Ikki tomonlama ta'minlanish sxemasiga ega bo'lgan bitta yo'lli uchastka. Hisoblash sxemasi sifatida 5.10- rasmda keltirilgan sxemani qabul qilamiz. Peregonlar soni n ta. Toki I_{kt} ga teng bo'lgan k - peregonida joylashgan poyezdgacha bo'lgan tortish tarmog'idagi kuchlanish yo'qolishi (5.61) formulaga ko'ra quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$\Delta U_{kt} = \Delta U'_{kt} + \Delta U''_{kt}. \quad (5.115)$$

Bu yerda uchastka bitta yo'lli bo'lganligi sababli $\Delta U'''_{kt} = 0$. (5.62) va (5.63) formulalar asosida quyidagilarni yozish mumkin:

$$\Delta U'_{kt} = r I_{kt} l_{kt} \frac{l - l_{kt}}{l}, \quad (5.116)$$

$$\Delta U''_{kt} = \sum_{j=1}^n \Delta U'_{kjt} = \sum_{j=1}^n \Delta U'_{kjt} + \sum_{j=k+1}^n \Delta U'_{kjt}. \quad (5.117)$$

(5.117) ifodada k - peregonidan chapda joylashgan poyezdlar uchun (5.65) formulaga ko'ra:

$$\Delta U'_{kjt} = r I_{jt} l_{jt} \frac{l - l_{kt}}{l}. \quad (5.118)$$

k - peregonidan o'ngda joylashgan poyezdlar uchun (5.64) formulaga ko'ra:

$$\Delta U'_{kjt} = r I_{jt} l_{kt} \frac{l - l_{jt}}{l}. \quad (5.119)$$

5.6- paragrafda keltirilgan mulohazalarga tayanib:

$$\Delta U_k = \Delta \bar{U}_{kt} = \Delta \bar{U}'_{kt} + \Delta \bar{U}''_{kt} = \Delta \bar{U}'_k + \Delta \bar{U}''_k = \Delta U'_k + \sum_{j=1, j \neq k}^n \Delta U'_{kj}. \quad (5.120)$$

I_{kt} tokli poyezdni avtomatik xarakteristika bo'yicha yurish vaqti mobaynidagi ungacha bo'lgan kuchlanish yo'qolishining o'rtacha qiymati bizni qiziqtirishi bois shu vaqt oralig'idagi $\Delta U'_{kt}$ ning o'rtacha qiymatini olamiz. Bu vaqt oralig'i k - peregondagi poyezdni elektr energiyasi iste'mol qilish vaqti t_{ko} dan ishga tushish vaqtiga kam. I_{kt} ning o'rtacha qiymati nimstansiyadan k - peregondagi tok egri chizig'i yuzasi og'irlik markazigacha bo'lgan masofani ishga tushish vaqtiga mos keluvchi yuzani hisobga olmagan holat uchun tavsiflaydi, ya'ni bu masofani nimstansiyadan k - peregondan o'rtasigacha bo'lgan masofa l_{ok} ga teng, deb qabul qilish mumkin. Unda:

$$\Delta U'_{kt} = r I_{ko} I_{ok} \left(1 - \frac{l_{ok}}{l}\right). \quad (5.121)$$

Endi $\Delta U''_{kt}$ ni aniqlashga o'tish mumkin. Umumiy holda j - peregonda g rusumli poyezd t_{jgo} vaqt mobaynida tok iste'mol qiladi va bu peregondan t_{jg} vaqt ichida o'tadi. Poyezd elektr energiyasi iste'mol qilish davridagi tokning o'rtacha qiymati I_{jgo} va koordinatasi l_{oj} (A nimstansiyadan I_{jgo} tok egri chizig'i yuzasi og'irlik markazigacha bo'lgan masofa). Agar tok egri chizig'i to'g'risida aniq ma'lumot bo'lmasa, ya'ni k - va j - peregondalarda poyezdlarni tok iste'mol qilishi mos tushishini avvaldan aytib bo'lmasa, u holda j - peregonda tok iste'mol qilinish ehtimolini hisobga olish kerak bo'ladi. Bu ehtimollik t_{kgo}/t_{kg} ga teng.

Binobarin, hisoblashda $I_{jgo} \frac{t_{jgo}}{t_{jg}}$ kattalikni kiritish lozim bo'ladi. Bu kattalik poyezdni j - peregonda elektr energiyasi iste'mol qilish vaqtidagi emas, balki uni shu peregondan bo'ylab to'liq yurish vaqtidagi tok o'rtacha qiymati I_{jg} ga tengdir, ya'ni:

$$I_{jgo} \frac{t_{jgo}}{t_{jg}} = I_{jg}. \quad (5.122)$$

j - peregonda barcha poyezdlar bo'yicha tokning o'rtacha qiymatlariga o'tgan holda k - peregondan chap va o'ngdagi poyezdlar uchun quyidagilarni hosil qilamiz:

$$\Delta U_{kj}'' = r I_j I_{oj} (1 - \frac{l_{ok}}{l}), \quad (5.123); \quad \Delta U_{kj}'' = r I_j I_{ok} (1 - \frac{l_{oj}}{l}), \quad (5.124)$$

(5.121), (5.123) va (5.124) ifodalarni (5.114) formulaga qo'yib, quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$\Delta U_k = r \left[I_{ko} I_{ok} (1 - \frac{l_{ok}}{l}) + (1 - \frac{l_{ok}}{l}) \sum_{j=1}^{k-1} I_j I_{oj} + I_{ok} \sum_{j=k+1}^n I_j (1 - \frac{l_{ok}}{l}) \right]. \quad (5.125)$$

I_{ko} tokni d rusum poyezd uchun energiya sarfi orqali quyidagicha ifodalaymiz:

$$I_{kdo} = \frac{W_{kdo}}{U t_{kdo}} \cdot 10^3, \quad (5.126)$$

bu yerda U - tortish hisobi uchun qabul qilingan kuchlanish, V; W_{kdo} - k - peregondagi d rusum hisobiy poyezdni avtomatik xarakteristika bo'yicha harakatlantirish uchun sarf qilinadigan energiya (ya'ni poyezdni tezlashish vaqtida sarf bo'ladigan energiyani hisobga olmasdan), kW·h; t_{kdo} - W_{kdo} energiyani iste'mol qilish vaqti, h.

ΔU_{kt} uchun o'rtacha toklardan peregonlarda iste'mol qilinayotgan energiyalarga o'tish qo'yilgan masalaga va berilgan ma'lumotlarga bog'liq. Poyezdlarning berilgan soni bo'yicha hisoblashda umumiy holda ko'rilayotgan fider zonada m ta poyezd mavjud va $m < n$ (bu yerda n - poyezdlarning maksimal soni yoki shartli peregonlar soni) deb qabul qilinadi. k - peregonda bitta poyezd, qolgan $(n-1)$ peregonlarda $(m-1)$ ta poyezd joylashgan, deb hisoblanadi.

Poyezdlar sonini, k - peregondan boshqa barcha peregonlarda poyezdlarni yurish vaqti $(t-t_k)$ va har bir peregonda poyezdlarni yurish vaqti t_j ni bilgan holda har bir alohida peregondagi poyezdlarning o'rtacha hisobiy sonini topish mumkin. 5.10-rasmdagi G nuqta F bilan, E esa D nuqta bilan mos tushadi, deb

qabul qilamiz. Unda poyezdlar o'rtacha soni $(m-1) \frac{t_j}{t-t_k}$ ga teng bo'lib, peregona o'rtacha toki I_j ni g rusum poyezd j - peregonda

iste'mol qilayotgan energiya W_{jg} orqali quyidagicha ifodalash mumkin:

$$I_j = \frac{W_{jg}}{Ut_j} (m-1) \frac{t_j}{t-t_k} 10^3 = \frac{(m-1)W_{jg}}{U(t-t_k)} 10^3. \quad (5.127)$$

(5.125) formuladagi kattaliklar o'rniga topilgan ifodalarini qo'yib, k - peregonidagi d rusum poyezdgacha bo'lgan qismidagi o'rtacha kuchlanish yo'qolishini fider zonada m ta poyezd bo'lganda hisoblash formulasini hosil qilamiz:

$$\Delta U_{k1} = \frac{r10^3}{U} \left\{ \frac{W_{k10}}{t_{k10}} l_{ok} \left(1 - \frac{l_{ok}}{l}\right) + \frac{m-1}{t-t_k} \left[\left(1 - \frac{l_{ok}}{l}\right) \sum_{i=1}^{k-1} W_{jg} l_{oi} + l_{ok} \sum_{i=k+1}^n W_{jg} \left(1 - \frac{l_{ok}}{l}\right) \right] \right\}. \quad (5.128)$$

Agar barcha peregonlar uzunligi, ular bo'ylab poyezdlarni yurish vaqti va energiya iste'moli hamda poyezdlar rusumi bo'yicha bir xil bo'lsa, u holda k - peregonidan chap va o'ngdagi poyezdlar o'rtacha toklarini poyezdni butun zona bo'ylab yurishida iste'mol qiladigan energiya W_g orqali quyidagicha ifodalash mumkin (5.10- rasm):

$$\left. \begin{aligned} I_1 &= \frac{W_g (m-1)}{Ut} \cdot \frac{l_1}{l_1 + l_2} 10^3, \\ I_2 &= \frac{W_g (m-1)}{Ut} \cdot \frac{l_2}{l_1 + l_2} 10^3. \end{aligned} \right\} \quad (5.129)$$

Agar kuchlanish yo'qolishi butun peregon uchun emas, balki undagi bitta blok-uchastka uchun aniqlanishi lozim bo'lsa, unda l_k va unga mos l_{ok} F va D nuqtalar orasidagi kesma uchun olinadi (5.10- rasm).

Bu holatda k - peregonidan chap va o'ngda joylashgan yuklamalardan yuzaga keladigan kuchlanish yo'qolishlari mos ravishda quyidagi formulalar yordamida aniqlanadi:

$$\Delta U_{k1}'' = rI_1 \frac{l_1}{2} \frac{l - l_{ok}}{l} = \frac{rW_g (m-1)l_1^2}{2U(l_1 + l_2)t} \left(1 - \frac{l_{ok}}{l}\right) 10^3, \quad (5.130)$$

$$\Delta U_{k2}'' = rI_2 \frac{l_2}{2} \frac{l_{ok}}{l} = \frac{rW_g (m-1)l_{ok}l_2^2}{2U(l_1 + l_2)t} 10^3. \quad (5.131)$$

k - peregonidagi poyezdgacha bo'lgan umumiy o'rtacha kuchlanish yo'qolishi:

$$\Delta U_k = \frac{r10^3}{U} \left\{ \frac{W_{kg0}}{t_{kg0}} l_{ok} \left(1 - \frac{l_{ok}}{l}\right) + \frac{W_g(m-1)}{2(l_1 + l_2)t} \left[l_1^2 \left(1 - \frac{l_{ok}}{l}\right) + l_2^2 \frac{l_{ok}}{l} \right] \right\}. \quad (5.132)$$

Bir tomonlama ta'minlanish sxemasiga ega bo'lgan bitta yo'lli uchastka. Bu holat uchun (5.121) ifoda $\Delta U_k = rI_{ko}I_{ok}$ ko'rinishda bo'ladi. (5.123) va (5.124) ifodalar o'rniga k - peregondan chap va o'ngdagi poyezdlar uchun quyidagilarni hosil qilamiz:

$$\Delta U_{kj}'' = rI_j l_{oj}; \quad \Delta U_{kj}' = rI_j l_{ok}. \quad (5.133)$$

Unda (5.128) formula o'rniga quyidagini hosil qilamiz:

$$\Delta U_{kd} = \frac{r10^3}{U} \left[\frac{W_{kdo}}{t_{kdo}} l_{ok} + \frac{m-1}{t-t_k} \left(\sum_{j=1}^{k-1} W_{jg} l_{oj} + l_{ok} \sum_{j=k+1}^n W_{jg} \right) \right]. \quad (5.134)$$

Bir xil rusumli poyezdlar va teng uzunlikli peregond uchun (5.130) va (5.131) formulalar o'rniga qo'yidagilarni hosil qilamiz:

$$\Delta U_{k1}'' = \frac{rW_g(m-1)l_1^2 10^3}{2U(l_1 + l_2)t}; \quad \Delta U_{k2}'' = \frac{rW_g(m-1)l_{ok}l_2 10^3}{U(l_1 + l_2)t}. \quad (5.135)$$

O'z navbatida (5.132) formula o'rniga quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\Delta U_k = \frac{r10^3}{U} \left[\frac{W_{kg0}}{t_{kg0g}} l_{ok} + \frac{W_g(m-1)}{(l_1 + l_2)t} \left(\frac{l_1^2}{2} + l_2 l_{ok} \right) \right]. \quad (5.136)$$

(5.132) va (5.136) formulalarda W_g kattalik qiymati masalaning qo'yilishiga qarab rekuperatsiyani hisobga olib yoki hisobga olmasdan olinadi.

Ikki tomonlama ta'minlanish sxemasiga ega bo'lgan va kontakt tarmog'i simlari o'zaro uch xil sxemada ulanishi mumkin: 1) yo'llarni alohida-alohida ta'minlanish sxemasi; 2) parallel ulanish sxemasi; 3) tugunli sxemada ulanish. Birinchi holat uchun hisoblash har bir yo'l kontakt tarmog'i uchun bitta yo'lli uchastkadagidek olib boriladi; birinchi holatda relslar uchun, ikkinchi va uchinchi holatlarda kontakt tarmog'i va relslar uchun $\Delta U_k'''$ kattalik qo'shiladi. $\Delta U_k''$ va $\Delta U_k'''$ larni hisoblashlarning o'ziga xos xususiyati shundaki, ikkinchi kattalikni hisoblashda k - peregond ikkinchi yo'lida energiya iste'mol qilinishini inobatga olish kerak bo'ladi.

Ikki tomonlama ta'minlanish sxemasiga ega bo'lgan va kontakt tarmog'i simlari o'zaro parallel ulangan ikki tomonlama yo'lli uchastka. Bu holat uchun (5.128) formula asosida kuchlanish yo'qolishi uchun quyidagi ifodani yozishimiz mumkin:

$$\Delta U_{kl} = \frac{r \cdot 10^3}{U} \left\{ \frac{W_{kgd}}{t_{kgd}} l_{ok} \left(1 - \frac{l_{ok}}{l}\right) + \frac{m_I - 1}{t_I - t_k} \left[\left(1 - \frac{l_{ok}}{l}\right) \sum_{j=1}^{k-1} W_{jgI} l_{ojI} + \right. \right. \\ \left. \left. + l_{ok} \sum_{j=k+1}^n W_{jgI} \left(1 - \frac{l_{ojI}}{l}\right) \right] + \frac{m_{II}}{t_{II}} \left[\left(1 - \frac{l_{ok}}{l}\right) \sum_{j=1}^k W_{jgII} l_{ojII} + l_{ok} \sum_{j=k+1}^n W_{jgII} \left(1 - \frac{l_{ojII}}{l}\right) \right] \right\}, \quad (5.137)$$

bu yerda W_{jgI} - j - peregon I - yo'li bo'ylab harakatlanayotgan g rusum poyezd iste'mol qilayotgan elektr energiyasi, kW·h; W_{jgII} - II - yo'ldagi g rusum poyezdning xuddi shunday elektr energiyasi sarfi, kW·h.

Hisoblashlarni biroz osonlashtirish maqsadida $l_{okI} = l_{okII} = l_{ok}$, deb qabul qilish mumkin.

Bir xil rusumli poyezdlar, ularni yurish vaqti va energiya iste'moliga ko'ra teng kuchli bo'lgan peregonlarda kuchlanish yo'qolishi (5.132) formulaga o'xshash ravishda quyidagi ifoda yordamida topiladi:

$$\Delta U_k = \frac{r \cdot 10^3}{U} \left\{ \frac{W_{kgd}}{t_{kgd}} l_{ok} \left(1 - \frac{l_{ok}}{l}\right) + \frac{W_{gl}(m_I - 1)}{2(l_1 + l_2)t_1} \left[l_1^2 \left(1 - \frac{l_{ok}}{l}\right) + l_2^2 \frac{l_{ok}}{l} \right] + \right. \\ \left. + \frac{W_{gII} m_{II}}{2l_{II}} \left[\left(1 - \frac{l_{ok}}{l}\right) (l_1^2 + 2l_k l_{ok}) + l_2^2 \frac{l_{ok}}{l} \right] \right\}. \quad (5.138)$$

bu yerda W_{gI} va W_{gII} - fider zonaning I - va II - yo'llari bo'ylab harakatlanayotgan g rusum poyezdlar iste'mol qilayotgan elektr energiyalari.

Ikki tomonlama ta'minlanayotgan sxemaga ega bo'lgan va kontakt tarmog'i simlari o'zaro tugun sxemada ulangan ikkita yo'lli uchastka. Bu sxema uchun 4- bobda keltirib o'tilgan oniy sxemalarni hisoblash usullaridan foydalanish mumkin. Bunda ikkita holat bo'lishi mumkin: 1) ko'rilyotgan peregonda seksiyalash posti mavjud emas; 2) peregonda seksiyalash posti mavjud.

Birinchi holat. Ko'rilyotgan k - peregonda harakatlanayotgan d rusum poyezd energiya iste'mol qilayotgan paytdagi tokning o'rtacha qiymati I_{kl} ni (5.126), barcha poyezdlar hisobidan j - peregonda yuzaga keladigan tok o'rtacha qiymatini esa (5.127) formulalar yordamida aniqlaymiz. Natijada yuklamalari peregonlar

o'rtalarida joylashgan tugun sxemani hosil qilamiz. Hisoblashlarning davomi oniy sxemalar hisobidek olib boriladi.

Ikkinchi holat. Agar seksiyalash posti ko'rilayotgan peregon o'rtasida joylashgan bo'lsa, u holda hisoblash oniy sxemalar uchun hosil qilingan formula bo'yicha tugundagi o'rtacha kuchlanish yo'qolishini aniqlashga keltiriladi. Agar seksiyalash posti ko'rilayotgan peregon o'rtasidan siljigan holatda joylashgan bo'lsa, u holda peregonidagi poyezd o'rtacha toki I_d ni peregon joylashgan seksiyalash postidan chap va o'ngdagi ikkita bo'lakka ajratish va peregonning har bir bo'lagi uchun kuchlanish yo'qolishini hisoblash kerak bo'ladi. Hisobiy kuchlanish yo'qolishi:

$$\Delta U = \frac{(\Delta U_{ch,k} I_{ch,k} + \Delta U_{o',k} I_{o',k})}{I_k}, \quad (5.139)$$

bunda $\Delta U_{ch,k}$, $\Delta U_{o',k}$, $I_{ch,k}$, $I_{o',k}$ - k - peregon chap va o'ng tomonlaridagi mos ravishda kuchlanish yo'qolishlari va bo'laklar uzunliklari.

Bir tomonlama ta'minlanish sxemasiga ega bo'lgan va kontakt tarmog'i simlari o'zaro parallel ulangan bitta yo'lli uchastka. Bunday sxema uchun:

$$\Delta U_{kd} = \frac{r10^3}{U} \left\{ \frac{W_{kdb}}{t_{kdb}} I_{ok} + \frac{m_I - 1}{t_I - t_{kI}} \left(\sum_{j=1}^{k-1} W_{jgI} I_{ojI} + I_{ok} \sum_{j=k+1}^n W_{jgI} \right) + \right. \\ \left. + \frac{m_{II}}{t_{II}} \left[\sum_{j=1}^k W_{jgII} I_{ojII} + I_{ok} \sum_{j=k+1}^n W_{jgII} \right] \right\}. \quad (5.140)$$

Uchastka bo'ylab bir xil rusum poyezdlar harakatlanayotgan holat uchun (5.10- rasm):

$$\Delta U_k = \frac{r10^3}{U} \left\{ \frac{W_{kgo}}{t_{kgo}} I_{ok} + \frac{W_{gl}(m_I - 1)}{(l_1 + l_2)t_1} \left(\frac{l_1^2}{2} + l_2 I_{ok} \right) + \frac{W_{gl} m_{II}}{l t_{II}} \left[\frac{l_1^2}{2} + (l - l_1) I_{ok} \right] \right\}. \quad (5.141)$$

5.6- paragraf boshida bayon etilganlarga ko'ra poyezdlar soni m masalaning qo'yilishiga qarab tanlanishi kerak bo'ladi. Poezlar minimal oraliq bilan harakatlanayotganda har bir yo'l uchun $m = n$ (bu yerda $n = \frac{t}{\theta}$) deb qabul qilinadi. Boshqa barcha holatlar uchun $m > m_{or}$ shartdan kelib chiqqan holda turli qiymatlar olinadi.

Ikkita yo'lli uchastkalarda bir vaqtning o'zida I - yo'lda m_I ta poyezd, II - yo'lda esa m_{II} ta poyezd paydo bo'lish ehtimoli I - yo'lda m_I ta II - yo'lda m_{II} ta poyezdlar paydo bo'lish ehtimollarining ko'paytmasiga teng bo'ladi.

Yuqorida keltirilgan formulalarni o'zgarmas va o'zgaruvchan tok tortish tarmoqlarida qo'llanilishida quyidagi xususiyatlarni inobatga olish kerak bo'ladi. O'zgarmas tok tortish tarmog'ida r qarshilik kontakt simlari va relslarning omik qarshiliklariga, o'zgaruvchan tok tortish tarmog'ida esa ular to'la qarshiliklarining aktiv tashkil etuvchisiga teng bo'ladi. O'zgaruvchan tok tortish tarmog'idagi yuklamalar faza siljish burchaklari har xil va temir yo'l uchastkasi bo'ylab $r_a = \text{const}$ va $x = \text{const}$ bo'lganda kuchlanish yo'qolishini uning aktiv va reaktiv tashkil etuvchilari yig'indisi ko'rinishida hisoblab topish qulay hisoblanadi. Agar barcha yuklamalar faza siljish burchaklari o'zaro teng bo'lsa, u holda o'zgarmas tok uchun keltirib chiqarilgan formulada yuklama toki to'laligicha kiradi, r qarshilik esa tarmoqning tarkibiy qarshiligi bilan almashtiriladi.

Kontakt tarmog'i alohida-alohida ta'minlangan yoki o'zaro tugun sxemada ulangan ikkita yo'lli uchastkalarda kuchlanish yo'qolishi aniqlanayotganda avval kontakt tarmog'i va relslardagi kuchlanish yo'qolishlarini alohida-alohida hisoblab, keyin ularni o'zaro qo'shish kerak bo'ladi.

Ushbu kitob ilovasi(1- jadval)da o'zgaruvchan tok tortish tarmog'ini poyezdlar harakati o'rtacha o'lchamlari bo'yicha hisoblashga oid asosiy formulalar keltirilgan.

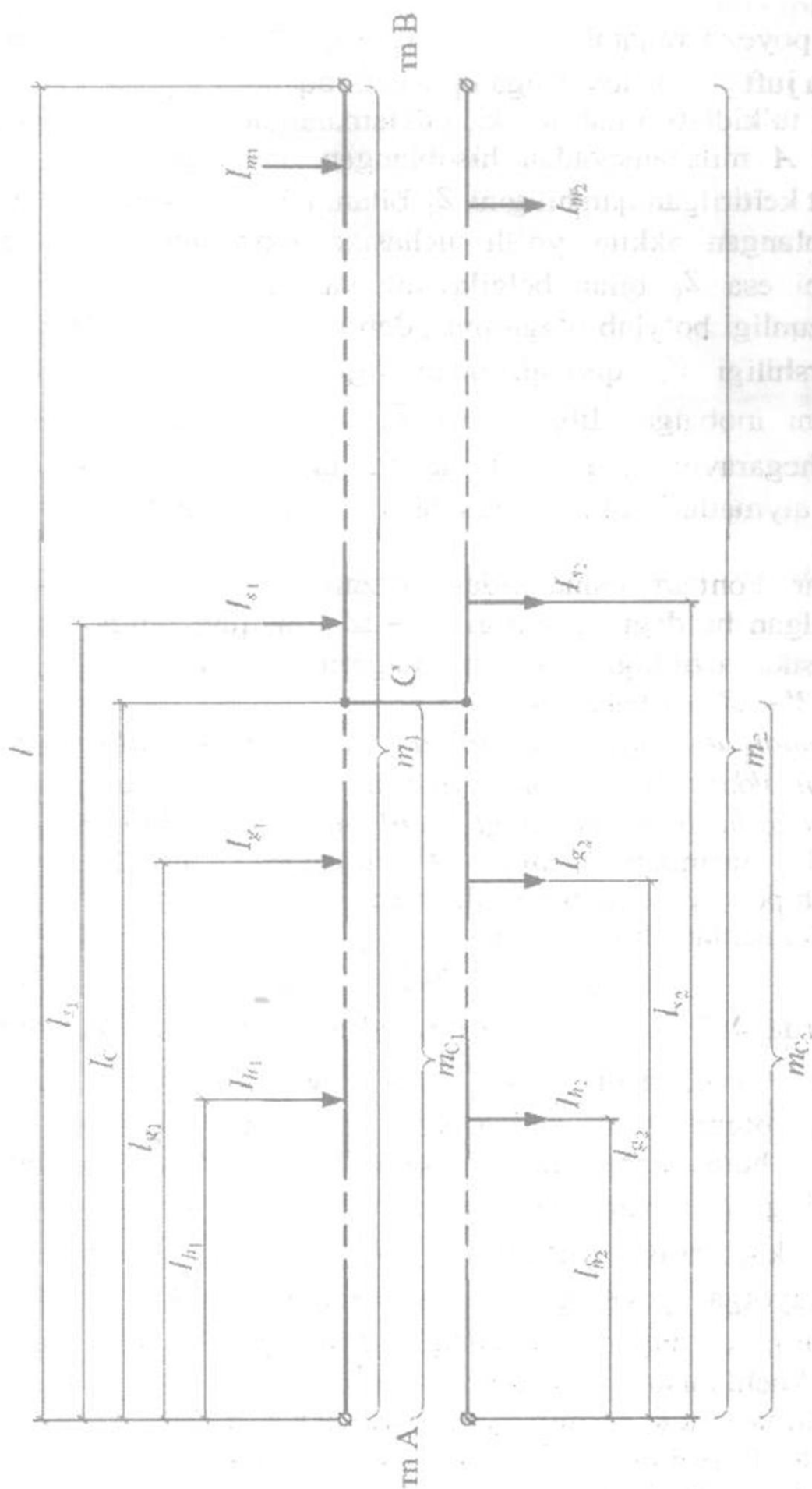
Shartli peregonlarning hisobiy soni. Shartli peregonlar soni n deganda ko'rilayotgan zonada bir vaqtning o'zida bo'lishi (joylashishi) mumkin bo'lgan poyezdlarning maksimal soni tushuniladi. O'z navbatida shartli peregon deb (qisqa qilib peregon deb nomlaymiz) bittadan ko'p bo'lmagan poyezd band qilishi mumkin bo'lgan temir yo'l bo'lagiga aytiladi.

n soni kasr soniga teng bo'lganda bitta masala o'rniga bir-biridan bitta peregon soniga farq qiladigan ikkita masalani ko'rib chiqish kerak bo'ladi, ya'ni $n_1 < n < n_2$. n_1 va n_2 lar uchun hisoblashlar bajarilgandan so'ng, agar n_1 va n_2 lar uchun B_{n1} va B_{n2} kattaliklar hisoblangan bo'lsa, u holda:

$$B_n = B_{n1}(n_1 - n) + B_{n2}(n - n_1).$$

5.8. Ikkita yo'lli o'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkasi oniy sxemalarini hisoblashda tortish tarmog'ining elektrovozgacha bo'lgan qismidagi kuchlanish yo'qolishini aniqlashning o'ziga xos xususiyatlari

Ta'minlash sxemalari turlicha bo'lgan ikkita yoki ko'p yo'lli o'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkalaridagi kuchlanish yo'qolishlarini hisoblash xuddi shunday o'zgarmas tok temir yo'l uchastkalaridagi kuchlanish yo'qolishlarini hisoblashdan birmuncha farq qiladi. Kontakt osmalari o'zaro ulanmagan va tugun sxemada ulangan ikkita yoki ko'p yo'lli uchastkadagi kuchlanish yo'qolishini hisoblashning o'ziga xos xususiyati shundan iboratki, bunda har bir kontakt osmasidagi tokning boshqa kontakt osmalaridagi o'zaro induksiya ta'sirini hisobga olish kerak bo'ladi. Hisoblashlardagi bu xususiyatni ikkita yo'lli, bir va ikki tomonlama elektr energiyasi bilan ta'minlanayotgan hamda kontakt osmalari o'zaro ulanmagan, tugun va parallel sxemalarda ulangan temir yo'l uchastkasidagi kuchlanish yo'qolishini hisoblash misolida ko'rib chiqamiz. Temir yo'l uchastkasining yuklama(elektrovoz)gacha bo'lgan kuchlanish yo'qolishini aniqlash uchun hisobiy sxema 5.11- rasmda keltirilgan. Unda quyidagi shartli belgilashlar kiritilgan: h_1, h_2 - toq va juft yo'llardagi poyezdlar raqamlari; I_{h1}, I_{h2} - h_1 va h_2 elektrovozlardagi transformatorlar birlamchi chulg'amlaridagi toklar ta'sir etuvchi qiymatlari; m_1, m_2 - nimstansion zona toq va juft yo'llarida bir vaqtning o'zida mavjud bo'lgan poyezdlar soni; m_{c1}, m_{c2} - A nimstansiya va seksiyalash posti oralig'idagi toq va juft yo'llarda bir vaqtning o'zida mavjud bo'lgan poyezdlar soni; l_{h1}, l_{g1} - A nimstansiyadan toq yo'lda joylashgan h_1 va g_1 raqamli yuklama(elektrovoz)largacha bo'lgan masofalar; l_{h2}, l_{g2} - A nimstansiyadan juft yo'lda joylashgan h_2 va g_2 raqamli yuklama(elektrovoz)largacha bo'lgan masofalar; l_c - A nimstansiyadan C seksiyalash postigacha bo'lgan masofa; l - nimstansiyalararo masofa; g_1 - umumiy holda temir yo'l uchastkasining kuchlanish yo'qolishi aniqlanadigan qismi



5.11- rasm. Bir va ikki tomonlama ta'minlanayotgan hamda kontakt osmalari o'zaro ulanmagan, tugun va parallel sxemalarda ulangan ikkita yo'lli o'zgaruvchan tok temir yo'l uchastikasidagi kuchlanish yo'qolishlarini aniqlash uchun hisobiy sxema

oxiridagi poyezd raqami; $g_2 - l_{g11} < l_{g2} < l_{g1}$ munosabat o'rinli bo'lgan va juft yo'lda joylashgan poyezd raqami.

Shuni ta'kidlab o'tish joizki, yuklamalargacha bo'lgan barcha masofalar A nimstansiyadan hisoblangan. Bitta yo'lli uchastka ekvivalent keltirilgan qarshiligini Z'_1 bilan, kontakt osmalari o'zaro parallel ulangan ikkita yo'lli uchastka ekvivalent keltirilgan qarshiligini esa Z_0 bilan belgilaymiz va ular nimstansiyalararo masofa uzunligi bo'ylab o'zgaras, deb qabul qilamiz. "Rels-yer" o'tish qarshiligi Z_0 qiymati noaniqligi va uni yil mobaynida o'zgarishini inobatga olib, Z'_1 va Z_0 lar qiymatlari $Z_0 = \infty$ va $Z_0 = 0$ chegaraviy qiymatlari uchun hisoblansa va ularning o'rtacha qiymatlari olinsa, hisoblash xatoligi 5-9 % dan oshmaydi.

Yo'llar kontakt osmalaridagi o'zaro induksiya hodisasini hisobga olgan holdagi qarshiligi $(Z'_1 - \Delta Z')$ ni quyidagiga teng va uni uchastka uzunligi bo'ylab o'zgaras, deb qabul qilish mumkin: $(Z'_1 - \Delta Z') = 0,134 \Omega/\text{km}$.

Bir tomonlama ta'minlanayotgan va kontakt osmalari o'zaro ulanmagan ikkita yo'lli temir yo'l uchastkasining g_1 raqamli poyezdigacha bo'lgan qismidagi kuchlanish yo'qolishini aniqlash. Bunda 5.11- rasmdagi sxemada B nimstansiya ajratilgan va C seksiyalash posti yo'q, deb hisoblaymiz.

Ushbu kuchlanish yo'qolishi:

$$\Delta U_{g1} = \Delta U'_{g1} + \Delta U''_{g1} + \Delta U'''_{g1}, \quad (5.142)$$

bu yerda $\Delta U'_{g1}$ - g_1 raqamli poyezd tokidan yuzaga keladigan kuchlanish yo'qolishi; $\Delta U''_{g1}$ - g_1 raqamli poyezd harakatlanayotgan yo'lda undan oldin va keyinda (chap va o'ng tomonda) harakatlanayotgan poyezdlar toklari hisobidan uchastkaning g_1 raqamli poyezdigacha bo'lgan qismida yuzaga keladigan kuchlanish yo'qolishi; $\Delta U'''_{g1}$ - yondosh yo'llarda harakatlanayotgan poyezdlar iste'mol qilayotgan toklar hisobidan uchastkaning g_1 raqamli poyezdigacha bo'lgan qismida yuzaga keladigan kuchlanish yo'qolishi.

O'zgaras tok temir yo'l uchastkalaridagi kuchlanish yo'qolishlarini hisoblash formulalaridagi tortish tarmog'i omik qarshiligini o'zgaruvchan tok tortish tarmog'ining ekvivalent

keltirilgan qarshiligi bilan almashtirilib, quyidagi formulalarni hosil qilamiz:

$$\left. \begin{aligned} \Delta U'_{g1} &= Z'_1 I_{g1} l_{g1}, \\ \Delta U''_{g1} &= Z'_1 \left(\sum_{h_1=1}^{g_1-1} I_{h1} l_{h2} + l_{g1} \sum_{h_1=g_1+1}^{m_1} I_{h1} \right), \\ \Delta U'''_{g1} &= (Z'_1 - \Delta Z') \left(\sum_{h_2=1}^{g_2} I_{h2} l_{h2} + l_{g1} \sum_{h_2=g_2+1}^{m_2} I_{h2} \right). \end{aligned} \right\} \quad (5.143)$$

(5.143) ifodalarni (5.142) ga qo'yib, quyidagi formulani hosil qilamiz:

$$\Delta U_{g1} = Z'_1 \left(\sum_{h_1=1}^{g_1} I_{h1} l_{h1} + l_{g1} \sum_{h_1=g_1+1}^{m_1} I_{h1} \right) + (Z'_1 - \Delta Z') \left(\sum_{h_2=1}^{g_2} I_{h2} l_{h2} + l_{g1} \sum_{h_2=g_2+1}^{m_2} I_{h2} \right). \quad (5.144)$$

Ikki tomonlama ta'minlanayotgan va kontakt osmalari o'zaro ulanmagan ikkita yo'lli temir yo'l uchastkasining g_1 raqamli poyezdigacha bo'lgan qismidagi kuchlanish yo'qolishini aniqlash. B nimstansiya ish faoliyatida, C seksiyalash posti esa yo'q, deb hisoblaymiz. Unda

$$\left. \begin{aligned} \Delta U'_{g1} &= Z'_1 I_{g1} \frac{l-l_{g1}}{l} l_{g1}, \\ \Delta U''_{g1} &= \frac{Z'_1}{l} \left[(l-l_{g1}) \sum_{h_1=1}^{g_1-1} I_{h1} l_{h1} + l_{g1} \sum_{h_1=g_1+1}^{m_1} I_{h1} (l-l_{h1}) \right], \\ \Delta U'''_{g1} &= \frac{(Z'_1 - \Delta Z')}{l} \left[(l-l_{g1}) \sum_{h_2=1}^{g_2} I_{h2} l_{h2} + l_{g1} \sum_{h_2=g_2+1}^{m_2} I_{h2} (l-l_{h2}) \right]. \end{aligned} \right\} \quad (5.145)$$

(5.145) dagi ifodalarni (5.142) formulaga qo'yib, ko'rilayotgan holat uchun kuchlanish yo'qolishini aniqlash formulasining natijaviy ko'rinishini hosil qilamiz:

$$\begin{aligned} \Delta U_{g1} &= \frac{Z'_1}{l} \left[(l-l_{g1}) \sum_{h_1=1}^{g_1} I_{h1} l_{h1} + l_{g1} \sum_{h_1=g_1+1}^{m_1} I_{h1} (l-l_{h1}) \right] + \\ &+ \frac{(Z'_1 - \Delta Z')}{l} \left[(l-l_{g1}) \sum_{h_2=1}^{g_2} I_{h2} l_{h2} + l_{g1} \sum_{h_2=g_2+1}^{m_2} I_{h2} (l-l_{h2}) \right]. \end{aligned} \quad (5.146)$$

Ikki tomonlama ta'minlanayotgan va kontakt osmalari o'zaro tugun sxemada ulangan hamda seksiyalash postiga ega bo'lgan ikkita yo'lli temir yo'l uchastkasining g_1 raqamli poyezdigacha

bo'lgan qismidagi kuchlanish yo'qolishini aniqlash. Bu holat uchun kuchlanish yo'qolishi formulasi quyidagicha ko'rinishda yoziladi:

$$\Delta U_{g_1} = \Delta U_{g_1 0} + \Delta U_{g_1 c}, \quad (5.147)$$

bu yerda $\Delta U_{g_1 0}$ - yo'llar kontakt osmalari o'zaro bog'lanmagan va seksiyalash postida fiktiv nimstansiya joylashtirilgan temir yo'l uchastkasining g_1 raqamli poyezdigacha bo'lgan kuchlanish yo'qolishi; $\Delta U_{g_1 c}$ - seksiyalash postidagi fiktiv nimstansiya yuklamasi hisobidan uchastkaning g_1 raqamli poyezdigacha bo'lgan qismida yuzaga keladigan kuchlanish yo'qolishi (I_c yuklama kattaligi A nimstansiya bilan C seksiyalash posti hamda shu post bilan B nimstansiya oraliqlaridagi poyezdlar yuklamalaridan ikki tomonlama ta'minlanayotgan kontakt tarmog'i uchun yozilgan formulalar asosida topiladi).

Agar $l_{g_1} < l_c$ bo'lsa, u holda:

$$\begin{aligned} \Delta U_{g_1 0} = & \frac{Z'_1}{l_c} \left[(l_c - l_{g_1}) \sum_{h_1=1}^{g_1} I_{h_1} l_{h_1} + l_{g_1} \sum_{h_1=g_1+1}^{m_{c1}} I_{h_1} (l - l_{h_1}) \right] + \\ & + \frac{(Z' - \Delta Z')}{l_c} \left[(l_c - l_{g_1}) \sum_{h_2=1}^{g_2} I_{h_2} l_{h_2} + l_{g_1} \sum_{h_2=g_2+1}^{m_{c2}} I_{h_2} (l - l_{h_2}) \right]. \end{aligned} \quad (5.147)$$

Agar $l_{g_1} > l_c$ bo'lsa, u holda yuklama va seksiyalash postigacha bo'lgan barcha masofalar B nimstansiyadan boshlab hisoblanadi.

Kuchlanish yo'qolishining $\Delta U_{g_1 c}$ tashkil etuvchisi quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$\Delta U_{g_1 c} = Z'_0 I_c \frac{l_{g_1} (l - l_c)}{l}. \quad (5.148)$$

Ikki tomonlama ta'minlanayotgan va kontakt osmalari o'zaro parallel ulangan ikkita yo'lli temir yo'l uchastkasining g_1 raqamli poyezdigacha bo'lgan qismidagi kuchlanish yo'qolishini aniqlash. Bunda hisoblash tartibi quyidagicha olib boriladi: ikkita yo'ldagi barcha yuklamalar tortish tarmog'ining solishtirma qarshiligi Z'_0 ga teng bo'lgan hamda A va B nimstansiyalarga nisbatan koordinatalari saqlangan holda bitta ekvivalent yo'lga ko'chiriladi. Keyingi hisoblashlar ikki tomonlama ta'minlanayotgan bitta yo'lli uchastka uchun yozilgan formulalar asosida olib boriladi. Bunda bitta yo'ldagi yuklamaning boshqa yo'ldagi kuchlanish

yo'qolishiga o'zaro induksiya hodisasi hisobidagi ta'siri inobatga olinmaydi.

Masala. Bir tomonlama ta'minlanish sxemasiga ega bo'lgan ikkita yo'lli o'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkasi kontakt tarmog'i simlari o'zaro parallel ulangan, tortish tarmog'ining aktiv qarshiligi $r_a = 0,122 \text{ } \Omega/\text{km}$, reaktiv qarshiligi $x = 0,29 \text{ } \Omega/\text{km}$; elektrovoz tok qabul qilgichidagi nominal kuchlanish 25 kV , iste'mol qilinayotgan tok va kuchlanish orasidagi faza siljish burchagi kosinusining o'rtacha qiymati $\cos \varphi = 0,85$ ($\sin \varphi = 0,527$ va $\operatorname{tg} \varphi = 0,62$); temir yo'l uchastkasi uzunligi $l = 25 \text{ km}$, maksimal o'tkazish qobiliyati sutkasiga $N_o = 144$ poyezdlar juftligi, bir sutkada o'tkazilishi talab qilinayotgan poyezdlar juftligining soni $N = 75$; uchastkaning o'tkazish qobiliyatidan to'liq foydalanilayotganda unda harakatlanayotgan poyezdlar soni $n = 5$, α koeffitsiyent $1,2$ ga teng. Uchastka bir sutka davomida iste'mol qilayotgan elektr energiyasining o'rtacha qiymati $W_s = 150 \cdot 10^3 \text{ kW} \cdot h$. Quyidagi kattaliklarni hisoblash talab etiladi: yuklamalar o'rtacha va effektiv toklari; uchastka oxiridagi kuchlanish yo'qolishi; tortish tarmog'idagi aktiv va reaktiv quvvat isroflari; uchastka oxiridagi quvvat koeffitsiyenti.

Yechish. Ushbu kitob ilovasidagi 1-jadvalda keltirilgan formulalardan foydalangan holda hisoblanishi talab qilingan kattaliklar qiymatlarini topamiz.

Uchastka yuklamalarining o'rtacha toki:

$$I_{o'r} = \frac{W_s}{24U_n \cos \varphi} = \frac{150 \cdot 10^3 \cdot 10^3}{24 \cdot 25 \cdot 10^3 \cdot 0,85} = 294 \text{ A.}$$

Uchastkadagi poyezdlar sonining o'rtacha qiymati:

$$n_{o'r} = \frac{N}{N_o} \cdot n = \frac{75}{144} \cdot 5 = 2,6.$$

Uchastka yuklamalari toki o'rtacha kvadratik qiymatini topamiz:

$$\begin{aligned} I_e^2 &= \left(\frac{W_s}{24U_n \cos \varphi} \right)^2 \left(\frac{1,1\alpha - 1}{n_{o'r}} + 1 \right) = I_{o'r}^2 \left(\frac{1,1\alpha - 1}{n_{o'r}} + 1 \right) = \\ &= 294^2 \cdot \left(\frac{1,1 \cdot 1,2 - 1}{2,6} + 1 \right) = 370 \cdot 10^2 \text{ A}^2. \end{aligned}$$

Effektiv tok esa:

$$I_e = \sqrt{370 \cdot 10^2 \text{ A}^2} = 192,4 \text{ A.}$$

Uchastka oxiridagi kuchlanish yo'qolishining o'rtacha qiymati:

$$\Delta U_{\max} = \frac{W_s l (r_a + x \lg \varphi)}{48 U_n n_{or}} (1 + n_{or}) = \frac{150 \cdot 10^6 \cdot 25 \cdot (0,122 + 0,29 \cdot 0,62)}{48 \cdot 25 \cdot 10^3 \cdot 2,6} (1 + 2,6) = 1,3 \text{ kV.}$$

Tortish tarmog'idagi o'rtacha aktiv quvvat isrofi:

$$\Delta P = \frac{r_a W_s^2}{1050 \cdot 10^3 \cdot U_n^2 \cdot \cos^2 \varphi} \left(\frac{\alpha - 0,61}{n_{or}} + 0,61 \right) = \frac{0,122 \cdot 25 \cdot 150^2 \cdot 10^6}{1050 \cdot 10^3 \cdot 25^2 \cdot 0,85^2} \times$$

$$\times \left(\frac{1,2 - 0,61}{2,6} + 0,61 \right) = 121 \text{ kW.}$$

Tortish tarmog'idagi o'rtacha reaktiv quvvat isrofi:

$$\Delta Q = \frac{x W_s^2}{1050 \cdot 10^3 \cdot U_n^2 \cdot \cos^2 \varphi} \left(\frac{\alpha - 0,61}{n_{or}} + 0,61 \right) =$$

$$= \frac{0,29 \cdot 25 \cdot 150^2 \cdot 10^6}{1050 \cdot 10^3 \cdot 25^2 \cdot 0,85^2} \left(\frac{1,2 - 0,61}{2,6} + 0,61 \right) = 288 \text{ kvar.}$$

Tortish tarmog'i oxiridagi tok va kuchlanish orasidagi faza siljish burchagi o'rtacha qiymati tangensi:

$$\lg \psi = \frac{43,7 \cdot 10^3 \cdot n_{or} U_n^2 \sin \varphi \cos \varphi + x l W_s [\alpha + 0,61(n_{or} - 1)]}{43,7 \cdot 10^3 \cdot n_{or} U_n^2 \cos^2 \varphi + r_a l W_s [\alpha + 0,61(n_{or} - 1)]} =$$

$$= \frac{43,7 \cdot 10^3 \cdot 2,6 \cdot 25^2 \cdot 0,527 \cdot 0,85 + 0,29 \cdot 25 \cdot 150 \cdot 10^3 [1,2 + 0,61(2,6 - 1)]}{43,7 \cdot 10^3 \cdot 2,6 \cdot 25^2 \cdot 0,85^2 + 0,122 \cdot 25 \cdot 150 \cdot 10^3 [1,2 + 0,61(2,6 - 1)]} = 0,649.$$

Uchastka oxiridagi quvvat koeffitsiyenti: $\cos \psi = 0,839$.

Nazorat savollari

1. Tekis taqsimlangan yuklama usulining mohiyatini ayting! 2. Harakatlanuvchi yuklama usulining mohiyatini ayting! 3. Rozenfeld usuli nimaga asoslangan? 4. Imitatsion modellash usulining mohiyatini tushuntirib bering! 5. Markvardt usulining mohiyati nima? 6. Poyezdlar taqsimlanishini binominal qonuniyati deganda nimani tushunasiz? 7. Poyezdlar taqsimlanishini gipergeometrik qonuniyati deganda nimani tushunasiz? 8. Fider zonadagi poyezdlar o'rtacha soni binominal taqsimlanish qonuniyatidan kelib chiqqan holda qanday hisoblanadi? 9. Bitta yo'lli va ikki tomonlama ta'minlanayotgan uchastka uchun tortish tarmog'idagi quvvat va energiya isrofi formulalarini yozing! 10. Bitta yo'lli va bir tomonlama ta'minlanayotgan uchastka uchun tortish tarmog'idagi quvvat va energiya isrofi formulalarini yozing! 11. Bir xil rusumli poyezdlar uchun bir tomonlama ta'minlanayotgan uchastka uchun tortish tarmog'ida energiya isrofini aniqlash taqribiy formulalarini yozing! 12. Bir xil rusumli poyezdlar uchun ikki tomonlama ta'minlanayotgan uchastka uchun tortish tarmog'idagi energiya isrofini aniqlash taqribiy formulalarini yozing! 13. Har xil rusumli poyezdlar uchun va energiya rekuperatsiyasi bo'lmaganda ikki tomonlama ta'minlanayotgan uchastka uchun tortish tarmog'idagi energiya isrofini aniqlash taqribiy formulalarini yozing! 14. Har xil rusumli poyezdlar uchun va energiya rekuperatsiyasi bo'lganda ikki tomonlama ta'minlanayotgan uchastka uchun tortish tarmog'idagi energiya isrofini aniqlash taqribiy formulalarini yozing! 15. Ikkita yo'lli va kontakt osmalari o'zaro parallel ulangan hamda ikki tomonlama ta'minlanayotgan uchastka uchun tortish tarmog'idagi quvvat va energiya isrofi formulalarini yozing! 16. Ikkita yo'lli va kontakt osmalari o'zaro tugun sxemada ulangan hamda ikki tomonlama ta'minlanayotgan uchastka uchun tortish tarmog'idagi quvvat va energiya isrofi formulalarini yozing! 17. Ikkita yo'lli va kontakt osmalari o'zaro parallel ulangan hamda bir tomonlama ta'minlanayotgan uchastka uchun tortish tarmog'idagi quvvat va energiya isrofi formulalarini yozing! 18. O'zgarmas va o'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkalarida quvvat va energiya isroflarini hisoblashning o'ziga xos xususiyatlarini ayting! 19. Tortish tarmog'i kuchlanishi miqdorini aniqlashda qanday omillarga e'tibor berish lozim bo'ladi? 20. Tortish tarmog'idagi kuchlanish pasayishi deganda nimani tushunasiz? 21. Tortish

tarmog'idagi kuchlanish yo'qolishi deganda nimani tushunasiz? 22. Berilgan vaqt momenti uchun k — poyezdgacha bo'lgan tarmoqdagi kuchlanish yo'qolishini qanday hadlar yig'indisi ko'rinishida tasvirlash mumkin? 23. Bitta yo'lli va bir tomonlama ta'minlanayotgan uchastka uchun tortish tarmog'idagi kuchlanish yo'qolishini hisoblash formulalarini yozing! 24. Bitta yo'lli va ikki tomonlama ta'minlanayotgan uchastka uchun tortish tarmog'idagi kuchlanish yo'qolishini hisoblash formulalarini yozing! 25. Ikki tomonlama ta'minlanish sxemasiga ega bo'lgan va kontakt tarmog'i simlari o'zaro parallel ulangan ikkita yo'lli uchastka uchun tortish tarmog'idagi kuchlanish yo'qolishini hisoblash formulalarini yozing! 26. Ikki tomonlama ta'minlanish sxemasiga ega bo'lgan va kontakt tarmog'i simlari o'zaro tugun sxemada ulangan ikkita yo'lli uchastka uchun tortish tarmog'idagi kuchlanish yo'qolishini hisoblash formulalarini yozing! 27. Bir tomonlama ta'minlanish sxemasiga ega bo'lgan va kontakt tarmog'i simlari o'zaro parallel ulangan ikkita yo'lli uchastka uchun tortish tarmog'idagi kuchlanish yo'qolishini hisoblash formulalarini yozing! 28. Bir tomonlama ta'minlanish sxemasiga ega bo'lgan va kontakt tarmog'i simlari o'zaro tugun sxemada ulangan ikkita yo'lli uchastka uchun tortish tarmog'idagi kuchlanish yo'qolishini hisoblash formulalarini yozing!

6-BOB. ELEKTR ENERGIYASI SIFATI VA UNI ELEKTROVOZ ISHIGA TA'SIRI. ELEKTR ENERGIYASI SIFATINI OSHIRISH

6.1. Umumiy ma'lumotlar

Elektr energiyasi, odatda yirik elektr stansiyalarda uch fazali tok energiyasi ko'rinishida ishlab chiqariladi. Bu stansiyalar generatorlari chiqishlarida kuchlanishlar asosan amplitudalari o'zgarmas, o'zaro simmetrik va sinusoidal shaklda bo'ladi.

Elektrlashgan temir yo'llar elektr ta'minoti iste'molchilarida yuklamaning o'zgaruvchanligi, nosimmetrikligi va nosinusoidaligi zanjirda amplitudalari vaqt bo'yicha o'zgaruvchan, nosimmetrik va nosinusoidal kuchlanishlar pasayishlarini paydo bo'lishiga sabab bo'ladi. Bu kuchlanishlar pasayishlari elektr energiyasi manbalari kuchlanishlaridan ayiriladi, natijada iste'molchilar nodoimiy, nosimmetrik va nosinusoidal kuchlanishlar ostida ishlashga majbur bo'ladi.

Qanday sxema va ish sharoitida ishlashidan qat'iy nazar har qanday iste'molchidagi kuchlanish qiymati doimiy bo'lmaydi. Bu holat ayniqsa tortish tarmog'idagi yuklama—elektrovozda sezilarli darajada yuz beradi. Chunki, elektrovoz iste'mol qilayotgan quvvat yo'l profili o'zgarishiga, uning ish rejimiga va yo'l uchastkasidagi joylashish o'rnining o'zgarishiga qarab o'zgaradi.

Elektrlashgan temir yo'llar elektr ta'minoti tizimida kuchlanish qiymatini kamayishi, birinchi navbatda, elektrovozlar harakat tezligini pasayishiga va buning oqibatida temir yo'l uchastkalaridagi poyezdlar harakati grafigining buzilishiga sababchi bo'ladi. Bundan tashqari, ushbu tizimdan ta'minlanayotgan tuman iste'molchilari va temir yo'l notortuvchi iste'molchilarida kuchlanishning kamayishi ulardagi elektrotexnik qurilmalar (masalan, asinxron motorlar)ning ishga yaroqlilik muddatini kamaytiradi, yoritish uskunalari samaradorligini pasaytiradi va hokazo.

Agar uch fazali simmetrik elektr energiyasi manbayidan uch fazali iste'molchilar bilan birga bir fazali iste'molchilar (elektrlashgan temir yo'llar elektr ta'minoti tizimidagi iste'molchilar xuddi shunday yuklamalar turkumiga kiradi) ham ta'minlansa, u holda yuklamalar fazalar bo'yicha notekis taqsimlanadi, natijada esa uch fazali zanjirlarning barcha

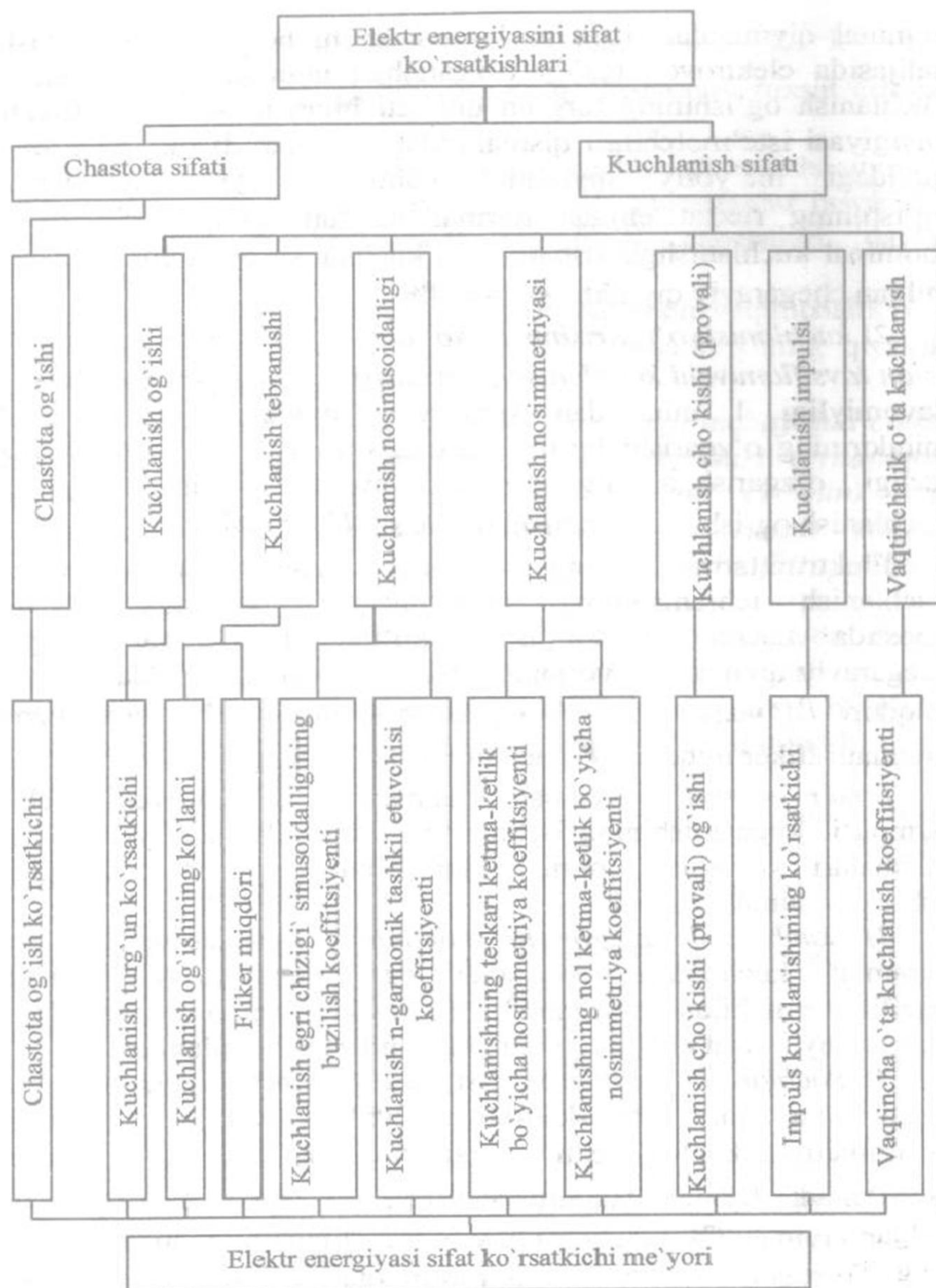
elementlari (generatorlar, transformatorlar, elektr uzatish liniyalari, iste'molchilar) ish xarakteristikalarini yomonlashadi. Energetik tizimning nosimmetrik yuklamalari uning elementlarida nosimmetrik kuchlanishlar tizimini yuzaga kelishiga va nosimmetrik kuchlanishlar yo'qolishiga sababchi bo'ladi. Elektrlashgan temir yo'llar elektr ta'minoti tizimidan ta'minlanayotgan uch fazali asinxron motorlarda nosimmetrik kuchlanishlar tizimi motorlar fazalarini turlicha yuklanishiga olib keladi. Bu esa ko'p yuklangan faza chulg'amlarini ortiqcha qizishiga sababchi bo'ladi. Kuchlanishlar nosimmetriyasi ayrim yoritish asboblaridagi kuchlanishni ularning nominal qiymatidan oshishiga, boshqalarida esa uni kamayishiga olib keladi. Birinchi holatda yoritish asbobining xizmat muddati qisqarsa, ikkinchi holatda yorug'lik kuchi kamayadi.

Elektrotexnikaning nazariy asoslari kursidan bizga ma'lumki, tarkibida noxiziq elementlar qatnashgan zanjirlarda elektr energiyasi manbayi kuchlanishi sinusoidal bo'lganda ham zanjir shoxobchalaridagi toklar nosinusoidal bo'ladi, ya'ni tarkibida asosiy (50 Hz) chastotali garmonikadan tashqari doimiy(chastotasi nolga teng bo'lgan) tashkil etuvchi va chastotasi yuqori bo'lgan garmonikalar ham yuzaga keladi. Elektrlashgan temir yo'llar elektr ta'minoti tizimida tarkibida ferromagnit materiallardan yasalgan qurilmalar (motorlar, transformatorlar, relslar va hokazo) va to'g'rilagich agregatlari nosinusoidal kuchlanish va tok paydo qiluvchi manbalar hisoblanadi. Uch fazali zanjirlardagi yuqori garmonikalar elektr mashina (generator, motor, transformator)lardan foydalanish samarasini kamaytiradi va o'ta kuchlanishlar paydo bo'lishiga sababchi bo'ladi. Teskari ketma-ketlikdagi toklar hosil qiladigan magnit maydonlari tormozlovchi momentni yuzaga keltiradi va natijada elektr motorlarda qo'shimcha isroflar paydo bo'ladi.

Davlat standarti talablariga ko'ra elektr energiyasi sifati chastota va kuchlanish sifati bilan baholanadi (6.1- rasm). O'zgaruvchan tok kuchlanishi chastotasi uning nominal qiymatidan og'ishi bilan baholanadi. Kuchlanish chastotasi og'ishining ruxsat etilgan qiymati 0,2 Hz ni, ruxsat etilgan og'ishining chegaraviy qiymati esa 0,4 Hz ni tashkil etadi.

Kuchlanish sifati quyidagi parametrlar bilan baholanadi:

1) *kuchlanish qiymatining og'ishi*. Kuchlanish og'ishi — davomiyligi 1 min. dan ortiq vaqt mobaynida kuchlanishning



6.1- rasm. Elektr energiyasi sifat ko'rsatkichlari

nominal qiymatidan 10% gacha o'zgarishi bo'lib, bu o'zgarish natijasida elektrovoz tezligi o'zgarishga ulguradi. Bu parametr kuchlanish og'ishining turg'un qiymati bilan tavsiflanadi. Elektr energiyasi iste'molchilari qismalaridagi kuchlanish og'ishi uchun quyidagi me'yoriy qiymatlar qabul qilingan: kuchlanish og'ishining ruxsat etilgan normal turg'un qiymati $\delta U_T = \pm 5\%$ (nominal kuchlanishga nisbatan) va kuchlanish og'ishining ruxsat etilgan chegaraviy qiymati $\delta U_T = \pm 10\%$.

2) *kuchlanish o'zgarishining ko'lamini δU , va fliker miqdori P_f bilan tavsiflanuvchi kuchlanish tebranishi.* Kuchlanish tebranishi – davomiyligi 1 min. dan kam vaqt mobaynida kuchlanish miqdorining o'zgarishi bo'lib, bu o'zgarish natijasida elektrovoz tezligi o'zgarishga ulgurmaydi. Davlat standarti bo'yicha kuchlanish og'ishi va tebranishi normasi $\delta U = \pm 10\% U_N$.

Elektr tarmoqlarining umumiy ulanish nuqtalaridagi kuchlanish tebranishining takrorlanish chastotasiga bog'liq ravishda kuchlanish o'zgarishi ko'lamining ruxsat etilgan chegaraviy qiymati me'yorlanadi. Bu qiymat qisqa muddatli fliker miqdori P_{st} uchun 1,38 ga (kuzatish oralig'i – 10 min), uzoq muddatli fliker miqdori P_{lt} uchun esa 1,0 ga teng.

Fliker – sun'iy yoritish manbalarini ta'minlovchi elektr tarmog'i kuchlanishining tebranishi natijasida sun'iy yoritish manbalari yorug'lik oqimi tebranishining inson tomonidan sub'ektiv qabul qilinishi.

3) *kuchlanish o'zgarish shaklining nosinusoidaligi.* Bu parametr kuchlanish sinusoidal egri chizig'ining buzilish koeffitsiyenti bilan tavsiflanadi. Bu koeffitsiyentning normal va chegaraviy ruxsat etilgan qiymatlari standartda belgilangan.

4) *kuchlanish nosimmetriyasi.* Bu parametr kuchlanishning teskari va nol ketma-ketlikli tashkil etuvchilari bo'yicha nosimmetriya koeffitsiyentlari mos ravishda K_{2U} va K_{0U} bilan tavsiflanadi. Davlat standarti bo'yicha K_{2U} ning normal ruxsat etilgan qiymati 2% ga, chegaraviy ruxsat etilgan qiymati esa 4% ga teng. To'rt simli 0,38 kV li elektr tarmoqlari uchun K_{0U} qiymatlari mos ravishda 2 va 4% ga teng.

5) *kuchlanish yo'qolib qolishi (barbod bo'lishi).* Bu parametr davomiyligi 30 s dan ortiq vaqt mobaynida kuchlanishning nominal qiymati 10% idan ortiq miqdorda kamayishi yo'qolib

qolish vaqti Δt_y bilan tavsiflanadi. Kuchlanishi 20 kV dan oshmagan elektr tarmoqlarida Δt_y ning chegaraviy ruxsat etilgan qiymati 30 s ga teng.

6) *kuchlanish impulsi*. Bu parametr kuchlanish impulsi qiymati bilan tavsiflanadi. Yashin va turli xil kommutatsiyalar hisobidan yuzaga keladigan kuchlanish impulslari qiymatlari davlat standartlarida keltiriladi.

7) *vaqtinchalik o'ta kuchlanish*. Bu parametr vaqtinchalik o'ta kuchlanish koeffitsiyenti K_{ov} bilan tavsiflanadi. Uning qiymati ham standartda belgilangan.

Agar sutkaning 95% (22 soat 48 min) vaqti mobaynida elektr energiyasining yuqorida keltirilgan ko'rsatkichlari o'rnatilgan me'yor doirasida bo'lib, qolgan 5% (1 soat 12 min) vaqt mobaynida uning ko'rsatkichlari chegaraviy ruxsat etilgan qiymatlaridan oshmasa, u holda elektr energiyasi sifati qoniqarli darajada hisoblanadi.

O'zgaruvchan tok tortish elektr ta'minoti tizimida elektr energiyasining muhim sifat ko'rsatkichlariga kuchlanish og'ishi, kuchlanish teskari ketma-ketlikli tashkil etuvchisi bo'yicha nosimmetriyasi, kuchlanish egri chizig'i sinusoidalligining buzilish koeffitsiyentlari kiradi.

Kuchlanish ko'rsatkichlarining o'zgarishi avvalo elektr lokomotiv bilan bevosita o'zaro ta'sirda bo'lgan kontakt tarmog'ida yaqqol namoyon bo'ladi.

6.2. Tortish tarmog'idagi kuchlanish miqdori va uni mo'tadilligi

Kontakt tarmog'idagi kuchlanish miqdori quyidagi omillarga bog'liq bo'ladi:

- temir yo'l uchastkasi profiliga qarab muttasil o'zgarib turadigan poyezd tokiga;
- tortuvchi nimstansiya bilan poyezd orasidagi masofaga;
- fider zonadagi poyezdlar soniga;
- o'zaro induktiv bog'langan zanjirlarning ta'siriga (o'zgaruvchan tokda);
- qo'shni nimstansiyalararo zona yuklamasining ta'siriga;
- nimstansiyalararo masofaning uzunligiga;

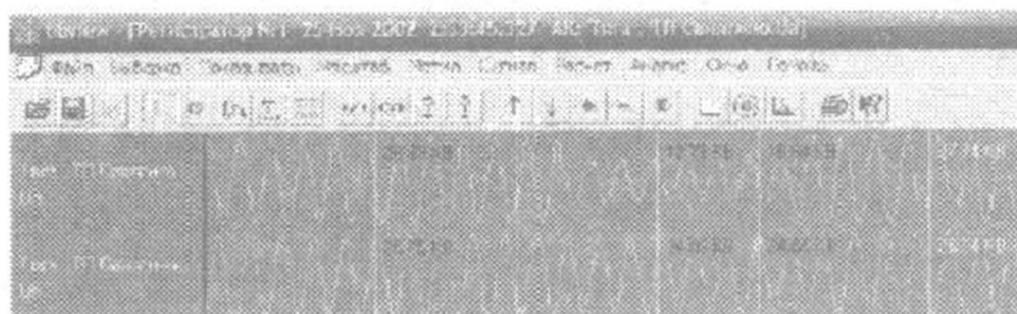
tortish tarmog'idagi kuchlanish miqdorining ahamiyati tarmoqning *majburiy ish rejimida* ayniqsa katta bo'ladi.

Tortish tarmog'idagi bitta nimstansiya, ayrim paytlarda, hattoki ikkita yondosh nimstansiyalarni yoki ta'minlovchi fiderlarning rejali yoki avariya natijasida ish faoliyatini to'xtatishi tortish tarmog'ining *majburiy ish rejimi deb ataladi.*

O'zgarmas tok temir yo'l uchastkalarida ikkita nimstansiyalararo zonaning elektr ta'minoti ikki tomonlama ta'minlash sxemasida ulangan ikkita yondosh tortuvchi nimstansiyaning bittasidan amalga oshiriladi. Fider zonaning uzunligi ikki marotaba ortganligi sababli kuchlanish yo'qolishi ham sezilarli darajada ortadi. O'zgaruvchan tok tizimida bunday sxemada ishlashni iloji bo'lmaydi. Chunki yondosh nimstansiyalararo zonalar turli faza kuchlanishlaridan ta'minlanadi. Shuning uchun ham yondosh va elektr energiyasi manbayidan ajratilgan nimstansiyalar fider zonolari bir tomonlama ta'minlash sxemasi asosida ishlashni davom ettirayotgan tortuvchi nimstansiyalardan ta'minlanadi.

O'zgarmas va o'zgaruvchan tok elektr ta'minoti tizimlarida kuchlanishning eng kam miqdori ish faoliyatini to'xtatgan tortuvchi nimstansiya yaqinida bo'ladi. *Tortish tarmog'ining majburiy ish rejimida kontakt tarmog'idagi kuchlanish 19 kV gacha kamayishiga ruxsat etiladi.*

Tortuvchi nimstansiyadagi kuchlanishning real miqdorlariga misol 6.2- rasmda keltirilgan.



6.2- rasm. Tortuvchi nimstansiya ikkita ta'minlash yelkalaridagi kuchlanishlar ossillogrammalari

Majburiy ish rejimida ishlayotgan uchastkalarda ko'chib yuruvchi transformatorlardan foydalaniladi. Bu rejim paytida fiderlar toklarining maksimal qiymatlari, kuchlanishning minimal miqdori, poyezdlararo oraliq oshirilgan holatda poyezdni temir yo'l uchastkasidan o'tkazish qobiliyati tekshirib ko'riladi. Majburiy ish rejimida fider zonadan kamida bitta poyezd o'ta

olishi lozim bo'ladi. Bu rejimda fider zonadan o'tish mumkin bo'lgan poyezdlar maksimal sonini aniqlashda zona oxiridagi kuchlanish miqdori 19 kV dan kam bo'lmashligiga e'tibor beriladi.

6.3. Tortish tarmog'i kuchlanish miqdorini elektr harakat tarkibi ishiga ta'siri

Kuchlanish miqdorining o'zgarishi o'zgarmas va bir fazali o'zgaruvchan tok lokomotivlariga turlicha ta'sir ko'rsatadi. Bu farq shundan iboratki, bir fazali o'zgaruvchan tok elektrovozlarida kuchlanishni unda joylashgan transformator yordamida rostlash imkoniyati mavjud. Bundan tashqari, ulardagi yordamchi zanjirlar o'zgarmas tok elektrovozlari yordamchi zanjirlaridan tubdan farq qiladi.

Kuchlanish miqdori o'zgarishini elektrovoz tezligi va tortish kuchiga hamda tortuvchi motorlar chulg'amlari harorati va yordamchi zanjirlar ish sharoitiga ta'sirini ko'rib chiqamiz.

Elektrovozda o'rnatilgan ketma-ket qo'zg'atishli o'zgarmas tok tortuvchi motori yakorining turg'un aylanish chastotasi:

$$n = \frac{(U - IR)}{C_E \Phi}, \quad (6.1)$$

bu yerda U - motorga berilayotgan kuchlanish; I - motor toki (yuklama); R - motor chulg'ami qarshiligi; C_E - foydalanilayotgan motor rusumi uchun doimiy bo'lgan koeffitsiyent; Φ - motordagi magnit oqimi.

Bir xil yuklama va turli kuchlanishlarda:

$$\frac{\mathcal{G}_1}{\mathcal{G}_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{U_1 - IR}{U_2 - IR}, \quad (6.2)$$

bu yerda $\mathcal{G}_1$, $\mathcal{G}_2$ va E_1 , E_2 - U_1 va U_2 kuchlanishlarga to'g'ri keluvchi mos ravishda yakor chiziqli tezliklari va EYKlari.

Yakor chulg'ami qarshiligi kichik bo'lganligi uchun $R \approx 0$ deb qabul qilsak, u holda:

$$\frac{\mathcal{G}_1}{\mathcal{G}_2} \approx \frac{U_1}{U_2}. \quad (6.3)$$

Shunday qilib, motor yakorining aylanish chastotasi va elektrovoz tezligi kuchlanish o'zgarishiga taxminan to'g'ri proporsional deb qabul qilish mumkin.

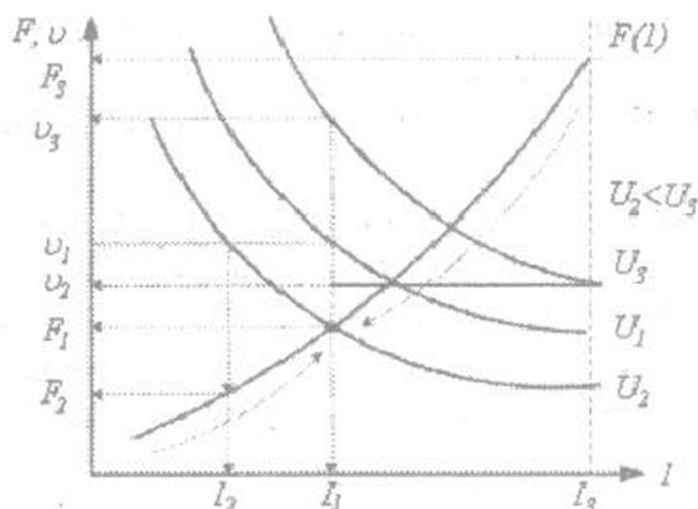
Ma'lumki, tortish kuchi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$F = C_E I \Phi. \quad (6.4)$$

Tortish kuchining berilgan qiymati asosida tok I va magnit oqimi Φ qiymatlari aniqlanadi, elektrovoz tezligi esa kontakt tarmog'idagi kuchlanish miqdoriga bog'liq bo'ladi.

O'zgarmas tok motori xarakteristikasi misolida kuchlanish miqdori o'zgarganda bir tezlikdan boshqa tezlikka o'tish jarayonini ko'rib chiqamiz (6.3- rasm).

1. Boshlanishda elektrovoz tok qabul qilgichidagi kuchlanish U_1 , unga mos keluvchi tok I_1 va tortish kuchi F_1 bo'lsin (6.3- rasm).



6.3- rasm. Ketma-ket qo'zg'atishli o'zgarmas tok tortuvchi motor xarakteristikasi

2. Kuchlanish miqdori U_2 gacha kamaygan bo'lsin. Bunda vaqtning dastlabki momentida tezlik o'zgarmaydi, ammo tok va tortish kuchi mos ravishda I_2 va F_2 ga kamayadi. Agar kuchlanish U_2 bir muddat o'zgarmay tursa, u holda $F_2 < F_1$ bo'lganligi sababli poyezd sekinlasha boshlaydi. Ammo yo'l uchastkasining berilgan qiyaligi bo'ylab poyezd harakat qilishi uchun tortish kuchi F_1 ga teng bo'lishi kerak. Shuning uchun tortish kuchi F_2 qiymatdan F_1 qiymatgacha ortib boradi. Bunda tok I_1 ga, tezlik esa v_2 ga teng bo'ladi.

3. Kuchlanish miqdori endi U_3 gacha ortsin. Bunda tezlik vaqtning boshlanish momentida inersiya kuchining ta'siri sababli o'zgarmay qoladi, ya'ni v_2 ga teng bo'ladi, motor kuchi F_3 gacha, tok esa I_3 gacha ortadi. Poyezd tezlashadi. Agar kuchlanish U_3

qiymatda biroz muddat o'zgaray tursa, u holda tortish kuchi F_1 gacha, tok I_1 gacha kamayadi, tezlik esa ϑ_3 gacha ortadi.

Kuchlanish miqdorining kamayishida motor tokining qiymati kam o'zgarishi munosabati bilan chulg'amdan ajralayotgan issiqlik miqdori deyarli o'zgarishsiz qoladi. Ammo kuchlanish miqdori kamayganda elektrovoz tezligi pasayadi. Mashinist harakat grafigidan chiqib ketmaslik maqsadida elektrovoz rejimini o'zgartirib tezlikni oshirishga harakat qiladi. Bu esa elektrovoz iste'mol qilayotgan elektr energiyasi miqdorini oshishiga sababchi bo'ladi yoki elektrovoz iste'mol qilayotgan tokning ortishi natijasida chulg'amlardan ajralayotgan issiqlik miqdorini oshiradi. Kuchlanish miqdorining kamayishi yakor po'lat o'zagidan ajralayotgan issiqlik miqdorini kamayishiga olib keladi.

To'g'rilagich sxemali o'zgaruvchan tok elektrovozlarida ham ketma-ket qo'zg'atishli o'zgaray tok tortuvchi motorlari qo'llaniladi. Shuning uchun ham yuqorida keltirib o'tilgan o'zgaray tok elektrovozlarida kuchlanish miqdori kamayishining tezlikka, tortish kuchiga va chulg'amlar qizishiga oid mulohazalar to'g'rilagich sxemali o'zgaruvchan tok elektrovozlariga ham tegishli bo'ladi.

O'zgaray va o'zgaruvchan tok tortish elektr ta'minoti tizimlarida kuchlanish miqdori normalari 6.1- jadvalda keltirilgan.

Kuchlanish miqdorining kamayishida o'zgaruvchan tok elektrovozlar yordamchi zanjirlari ish qobiliyatini saqlashini alohida o'rganish lozim. Chunki, ushbu zanjirlar elektr energiyasi bilan elektrovozda kuch transformatorining yordamchi chulg'amlaridan ta'minlanadi. Bu zanjir o'z ish faoliyatini kuchlanish miqdori 19 kV gacha kamayguncha saqlab turadi.

Kuchlanish miqdorining qisqa muddatli tebranishi (o'zgarishi) ham elektr harakat tarkibi ish faoliyatiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Kuchlanish qiymati qisqa vaqt ichida oshganda tok va tortish kuchi ham o'zgaradi. Bu esa elektrovoz g'ildiraklar juftini sirpanishiga, shesternalarning sinishiga, vagonlarni o'zaro ulovchi qismlarni shikastlanishiga sababchi bo'lishi mumkin. Tortuvchi motor tokining qisqa muddatda deyarli sakrab o'zgarishi kollektor aylanasi bo'ylab o'tli yoy hosil bo'lishiga olib kelishi mumkin. Kuchlanish miqdorining qisqa muddatda kamayishi ham salbiy oqibatlarga olib kelishi mumkin. Bunda tortish kuchining keskin kamayishi sababli poyezdda tebranma dinamik kuchlar paydo bo'lishi mumkin.

Kuchlanish rejimi	O'zgarma tokda, kV	O'zgaruvchan tokda, kV
Nimstansiya shinasidagi nominal kuchlanish, U_{nsh}	3,3	27,5
Tortish tarmog'idagi nominal yoki shartli hisobiy kuchlanish, $U_n = U_{his}$	3,0	25,0
Tortish tarmog'i (elektrovoz tok qabul qilgichi)dagi rekuperatsiya paytidagi maksimal kuchlanish, U_{max}	4,0	29,0
Tortish tarmog'i (elektrovoz tok qabul qilgichi)dagi rekuperatsiya mavjud bo'lmagan paytidagi maksimal kuchlanish, U_{max}	3,85	29,0
Tortish tarmog'i (elektrovoz tok qabul qilgichi)dagi maksimal kuchlanish, U_{max}	3,85	29,0
Tortish tarmog'i (elektrovoz tok qabul qilgichi)dagi ruxsat etilgan minimal kuchlanish, U_{min} :		
a) magistral uchastkalarda	2,7	21
b) kam yuklangan uchastkalarda	2,7	19
d) passajir poyezdlar maksimal harakat tezligi 160 km/soat dan yuqori bo'lgan uchastkalarda	2,9	24
s) elektrovozda yordamchi zanjirlarni faoliyat ko'rsatishi uchun	2,2	19

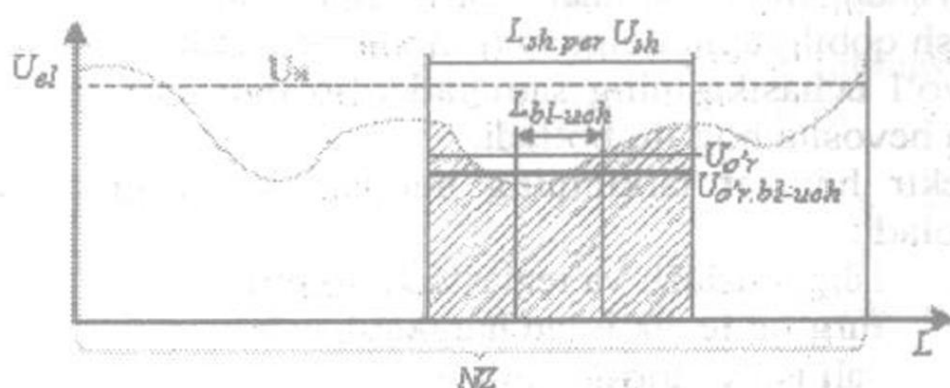
Nimstansiyalararo zonada harakatlanayotgan poyezd pantografidagi kuchlanish miqdori o'zgarib turadi (6.4- rasm). Tortuvchi nimstansiya shinasidagi kuchlanishning berilgan qiymatida poyezd pantografidagi kuchlanish miqdori, poyezd tezligi va temir yo'l uchastkasining o'tkazish qobiliyati tortish tarmog'idagi kuchlanish pasayishi qiymatiga bog'liq bo'ladi. Nimstansiyalararo zonaning nimstansiyalar joylashgan qismlarida kuchlanish miqdori maksimal, uning o'rtasida (ikki tomonlama ta'minlanish sxemasida) esa minimal bo'ladi.

Nimstansiyalararo zonada temir yo‘l stansiyasi va peregonlar joylashtiriladi. Magistral temir yo‘llarda eng keng tarqalgan avtoblokirovkada peregonlar avtomatik ravishda faoliyat ko‘rsatuvchi o‘tish svetoforlari yordamida blok-uchastkalarga bo‘linadi. Har bir blok-uchastka uzunligi yondosh svetoforlar orasidagi masofaga teng. Bu masofa uchta belgi signalizatsiyali avtoblokirovkada maksimal tezlik va to‘la tormozlangandagi tormoz yo‘li uzunligidan kam bo‘lmasligi lozim. Bu masofa 1000 m dan 2600 m gachani tashkil etadi.

Shartli peregon uzunligi:

$$L_{sh.per} = \theta \vartheta, \quad (6.5)$$

bu yerda θ - poyezdlararo oraliq, min; ϑ - temir yo‘l uchastkasi uchun hisobiy tezlik, km/s.



6.4- rasm. Elektrovoz pantografidagi kuchlanishni uni nimstansiyalararo zona(NZ)dagi joylashish o‘rniga bog‘liqligi

Shartli peregon cheklovchi yoki limitlovchi qilib tanlanadi, ya’ni eng kam kuchlanish miqdori U_{or} bilan (bu yerda U_{or} - elektrovozni shartli peregondan o‘tish vaqtidagi kuchlanishning o‘rtacha qiymati). Shartli peregon blok – uchastkalarga bo‘linadi. Blok-uchastka uzunligi uch belgili signalizatsiya uchun quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$L_{bl.uch} = \frac{1}{3} L_{sh.per} \quad (6.6)$$

Fider zona o‘tkazish qobiliyatini aniqlash maqsadida limitlovchi blok-uchastkadan poyezd o‘tish vaqti mobaynida zonaning maksimal yuklamasida elektrovoz pantografidagi kuchlanish o‘rtacha qiymatini quyidagicha formula topish lozim bo‘ladi:

$$U_{o'r(bl-uch)} = U_n - \Delta U_{o'r}, \quad (6.7)$$

bu yerda $\Delta U_{o'r}$ - elektrovoz limitlovchi uchastka bo'ylab harakatlanayotganda tortish tarmog'ining tortuvchi nimstansiya shinasidan elektrovozgacha bo'lgan qismidagi kuchlanish yo'qolishi.

Shunday qilib, $U_{o'r}$ kuchlanish poyezdlararo oraliq va temir yo'l uchastkasi o'tkazish qobiliyati haqiqiy qiymatlari θ_n va N_{oh} ni aniqlaydi. Bunda $U_{o'r(bl-uch)} \geq U_{min}$ shart bajarilishi lozim.

6.4. Kuchlanish miqdorini poyezdning fider zona bo'ylab yurish vaqti va tezligiga ta'siri

Poyezdni fider zonadan o'tish vaqti temir yo'l uchastkasining o'tkazish qobiliyatini belgilaydi. Shuning uchun ham elektrlashgan temir yo'l uchastkasining samaradorligi poyezdning undan o'tish vaqtiga bevosita bog'liq bo'ladi.

Elektr harakat tarkibining harakati quyidagi rejimlarni o'z ichiga oladi:

- 1) ishga tushish va tezlashish rejimi;
- 2) turg'un tezlik bilan harakatlanish rejimi;
- 3) salt ish va tormozlash rejimi.

Avval aytib o'tganimizdek, kuchlanish miqdori poyezd tezligiga bevosita ta'sir ko'rsatadi (6.5- rasm). Ammo bu ta'sir poyezd tok iste'mol qilgandagina amalga oshadi. Bundan tashqari, kuchlanishni tezlikka ta'siri faqat elektr harakat tarkibining ikkinchi rejimida yuz beradi. Ishga tushish va tezlashish rejimlari kuchlanish miqdoriga bog'liq emas.

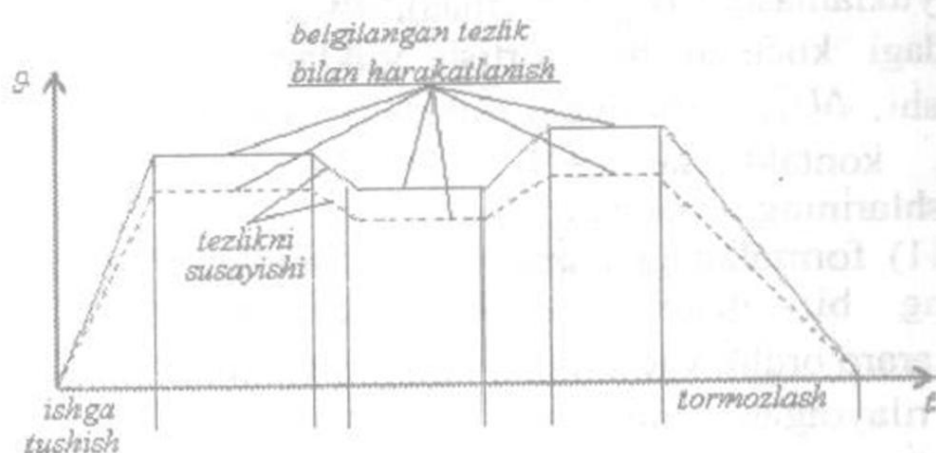
(6.3) munosabat asosida quyidagini yozish mumkin:

$$\frac{t'_{T2} - t'_{ish.t.}}{t'_{T1} - t'_{ish.t.}} = \frac{U_1}{U_2}, \quad (6.8)$$

bu yerda t'_{T1} - poyezdni tortish rejimida U_1 kuchlanish ta'sirida nimstansiyalararo zona bo'ylab yurish vaqti; t'_{T2} - poyezdni tortish rejimida U_2 kuchlanish ta'sirida nimstansiyalararo zona bo'ylab yurish vaqti.

$t_{T1} - t_{ish.t.} = t_{T1}$ va $t_{T2} - t_{ish.t.} = t_{T2}$ belgilashlarni kiritib, quyidagi munosabatni hosil qilamiz:

$$\frac{t_{T2}}{t_{T1}} = \frac{U_1}{U_2} \text{ yoki } t_{T2} = t_{T1} \frac{U_1}{U_2} \quad (6.9)$$



6.5- rasm. Temir yo‘l uchastkasi bo‘ylab harakatlanayotgan poyezd tezligining o‘zgarish diagrammasi

Haqiqiy ish sharoitida elektrovoz kuchlanishi goh ortib, goh kamayib (tebranib) turadi. Poyezd tezligining o‘zgarishi esa uning inersiyasi hisobiga kuchlanish o‘zgarishidan doim orqada qoladi. Ammo elektrovoz elektr energiyasi iste‘mol qilib turganda, ya‘ni ishga tushish rejimini hisobga olmaganda, poyezd o‘rtacha tezligini o‘rtacha kuchlanishga chiziqli bog‘langan, deb qabul qilish mumkin. Unda ko‘rib chiqilayotgan uchastka bo‘ylab poyezdning haqiqiy yurish (o‘tish) vaqti:

$$t_h = (t - t_T) + t_T \frac{U_{his.}}{U_T} \quad (6.10)$$

bu yerda t - ko‘rilayotgan uchastka bo‘ylab poyezdning hisobiy o‘tish vaqti (tortish hisobidan olinadi); t_T - shu uchastka bo‘ylab poyezdning tortish rejimidagi hisobiy o‘tish vaqti (ishga tushish vaqti bunga kirmaydi); U_h - tortish hisobidan olingan kuchlanish; U_T - elektrovoz tok qabul qilgichidagi kuchlanishning t_T vaqt davomidagi o‘rtacha qiymati.

t_T vaqt mobaynidagi o‘rtacha kuchlanishning haqiqiy qiymati:

$$U_T = U_0 - \Delta U_0 - \Delta U_{sh} - \Delta U_{k.t.} \quad (6.11)$$

bu yerda U_0 - tortuvchi nimstansiya shinasidagi salt ish kuchlanishi; ΔU_0 - tortuvchi nimstansiya kirishidagi kuchlanish normal qiymatidan og'ishining o'rtacha qiymati (bu kuchlanish tortuvchi nimstansiya kirishidagi kuchlanish yo'qolishi bo'lib, u tortish yuklamasiga bog'liq emas); ΔU_{sh} - tortuvchi nimstansiya shinasidagi kuchlanishni tortish yuklamasi hisobidan o'rtacha kamayishi; $\Delta U_{k.t.}$ - tortuvchi nimstansiya shinasidan poyezdgacha bo'lgan kontakt tarmog'i va rels zanjiridagi kuchlanish yo'qolishlarining o'rtacha qiymati.

(6.11) formuladagi barcha hadlar ma'lum bir vaqt T (sutka, sutkaning bir qismi) davomida aniqlanishi lozim. Bunda poyezdlararo oraliq vaqtining haqiqiy qiymati $\theta_h = t_h$ deb olinadi.

Ko'rilayotgan temir yo'l uchastkasining haqiqiy o'tkazish qobiliyati:

$$N_{oh} = \frac{T}{t_h + t_{sn}}, \quad (6.12)$$

bu yerda N_{oh} - T vaqt mobaynida uchastkadan o'tkazilishi mumkin bo'lgan poyezdlar maksimal soni; bu yerda t_h - poyezdni cheklovchi peregonidan o'tish vaqti bo'lib, u kuchlanish miqdorining haqiqiy qiymatiga qarab aniqlanadi; t_{sn} - cheklovchi peregonidan ketuvchi poyezd bilan unga chiquvchi keyingi poyezd oralig'ini belgilovchi minimal ruxsat etilgan vaqt.

Kuchlanish miqdorini poyezdning o'zgaruvchan tok fider zonasi bo'ylab o'tish vaqti va tezligiga ta'siri quyidagi o'ziga xos xususiyatlarga ega:

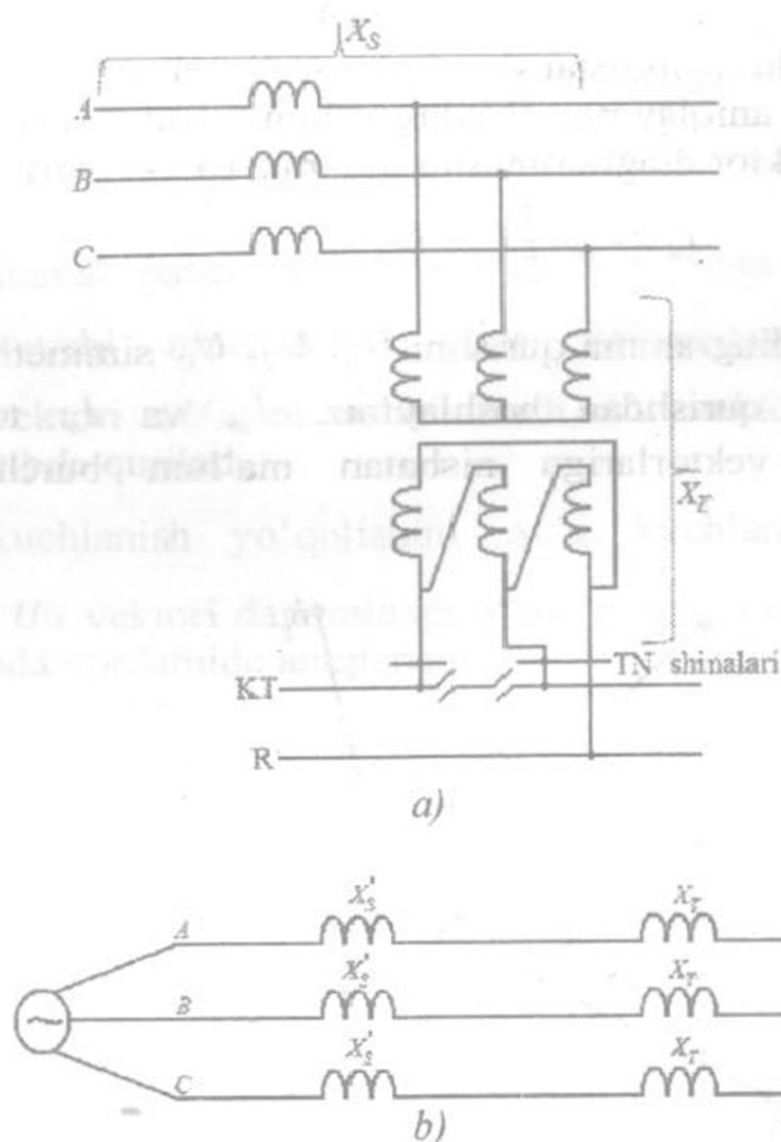
1) poyezdni nimstansiyalararo zona bo'ylab yurish va poyezdlararo oraliq vaqtlarning haqiqiy qiymatlari o'zgarmas tok uchastkasi uchun yozilgan formulalar asosida aniqlanadi;

2) o'zgaruvchan tok tortish tarmog'i katta induktiv qarshilikka ega bo'lganligi bois $\Delta U_{k.t.}$ asosan induktiv qarshilikdagi kuchlanish yo'qolishi ko'rinishida aniqlanadi;

3) elektrovozidagi transformator kuchlanish miqdorini 10 – 15% ga oshirish imkonini beradi.

Tortuvchi nimstansiya shinalaridagi kuchlanish U_{sh} tashqi energetik tizim induktiv qarshiligi X_S va transformator chulg'amlari induktiv qarshiligi X_T dagi kuchlanishlar

yo'qolishlari orqali aniqlanadi (6.6- rasm, *a*, *b*). Bunda qarshiliklardagi kuchlanish yo'qolishining aktiv tashkil etuvchilari $R \ll X$ bo'lganligi sababli hisobga olinmaydi.



6.6- rasm. Tortuvchi nimstansiya shinalarigacha bo'lgan kuchlanish yo'qolishini aniqlash uchun sxemalar:

a – tortish tarmog'ini ta'minlash sxemasi; *b* – uni almashlash sxemasi

Tizimning kontakt tarmog'i kuchlanishiga keltirilgan induktiv qarshiligini X_s' bilan belgilab, transformator fazasidagi natijaviy induktiv qarshilikni quyidagicha yozamiz:

$$x = X_s' + X_T . \quad (6.13)$$

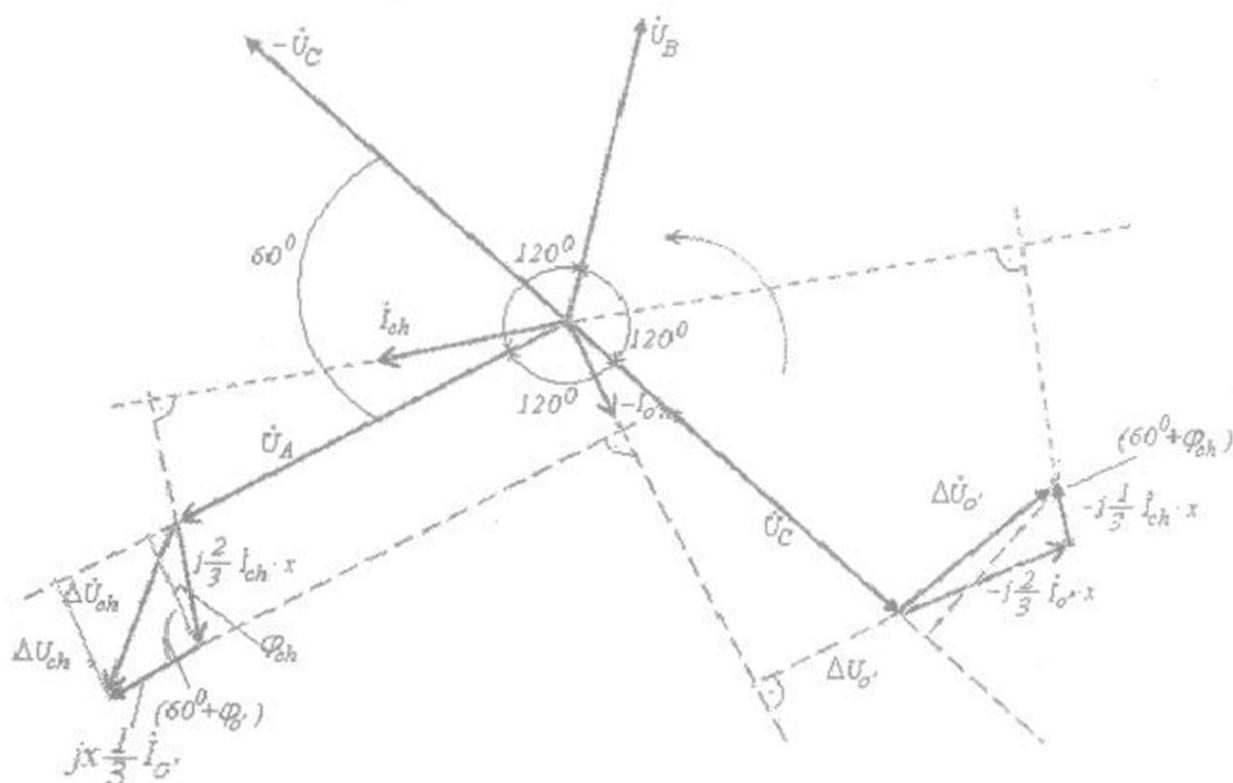
(2.7) va (2.8) formulalarga ko'ra:

$$\left. \begin{aligned} \dot{I}_A &= \frac{2}{3} \dot{I}_{ch} + \frac{1}{2} \dot{I}_{o'} \\ \dot{I}_C &= -\frac{2}{3} \dot{I}_{o'} - \frac{1}{3} \dot{I}_{ch} \end{aligned} \right\} \quad (6.14)$$

Tortuvchi nimstansiya chap yelkasidagi kuchlanish yo'qolishini aniqlaymiz. Buning uchun avval quyidagi kuchlanish pasayishi vektor diagrammasini quramiz (6.7- rasm):

$$\dot{I}_A x = jx \frac{2}{3} \dot{I}_{ch} + jx \frac{1}{3} \dot{I}_{o'}. \quad (6.15)$$

Vektor diagramma qurishni $\dot{U}_A$, $\dot{U}_B$, $\dot{U}_C$ simmetrik kuchlanish vektorlarini qurishdan boshlaymiz. $\dot{I}_{ch}$ va $\dot{I}_{o'}$ tok vektorlari kuchlanish vektorlariga nisbatan ma'lum burchaklar ostida quriladi.



6.7- rasm. Tortuvchi nimstansiya shinalarigacha bo'lgan kuchlanish yo'qolishini aniqlash uchun vektor diagramma

$\dot{U}_A$ kuchlanish vektorining oxiriga (6.15) tenglamaga ko'ra $\dot{I}_{ch}$ tokning x induktiv qarshilikda hosil qilgan $jx \frac{2}{3} \dot{I}_{ch}$ kuchlanish

pasayishi vektori $\dot{I}_{ch}$ tok vektoridan 90° ilgarilagan holatda quriladi. $\dot{I}_o$ tokning x induktiv qarshilikda hosil qilgan $jx\frac{1}{3}\dot{I}_o$ kuchlanish pasayishi vektori $\dot{I}_o$ tok vektoridan 90° ilgarilagan holatda quriladi. $jx\frac{2}{3}\dot{I}_{ch}$ kuchlanish pasayishi vektorining boshini $jx\frac{1}{3}\dot{I}_o$ kuchlanish pasayishi vektorining oxiri bilan tutashtiruvchi vektor tortuvchi nimstansiya chap yelkasidagi kuchlanish yo'qolishi vektori $\Delta\dot{U}_{ch}$ ni tashkil etadi. $\dot{U}_o$ vektori ham xuddi shunday tartibda quriladi.

$\Delta\dot{U}_{ch}$ kuchlanish yo'qolishini $\Delta\dot{U}_{ch}$ kuchlanish pasayishi vektorining $\dot{U}_A$ vektori davomidagi o'qqa proeksiyasi ko'rinishida quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$\Delta U_{ch} = x \left[\frac{2}{3} I_{ch} \sin \varphi_{ch} + \frac{1}{3} I_o \sin(60^\circ + \varphi_o) \right] \quad (6.16)$$

$\Delta\dot{U}_o$ kuchlanish yo'qolishini esa $\Delta\dot{U}_o$ kuchlanish pasayishi vektorini $\dot{U}_C$ vektoridan o'tkazilgan to'g'ri chiziqdagi proeksiyasi ko'rinishida aniqlaymiz:

$$\Delta U_o = x \left[\frac{2}{3} I_o \sin \varphi_o - \frac{1}{3} I_{ch} \sin(60^\circ + \varphi_o) \right] \quad (6.17)$$

6.6- rasm, a va unga mos ravishda 6.7- rasmda qurilgan vektor diagrammaga ko'ra C faza ilgarilovchi, A faza esa orqada qoluvchi. Vektor diagrammadan ko'rinib turibdiki, ilgarilovchi C fazadagi kuchlanish yo'qolishi o'zining yelkasidagi tok hisobidan ortadi, unga chet bo'lgan chap yelka toki hisobidan esa kamayadi. Orqada qoluvchi A fazada esa kuchlanish yo'qolishi o'ziga tegishli yelka toki hisobidan ham, unga chet bo'lgan o'ng yelka toki hisobidan ham ortadi, ya'ni orqada qoluvchi fazadagi kuchlanish yo'qolishi ilgarilovchi fazadagi kuchlanish yo'qolishiga nisbatan doimo katta, kuchlanish miqdori esa, tabiiyki, kichik bo'ladi.

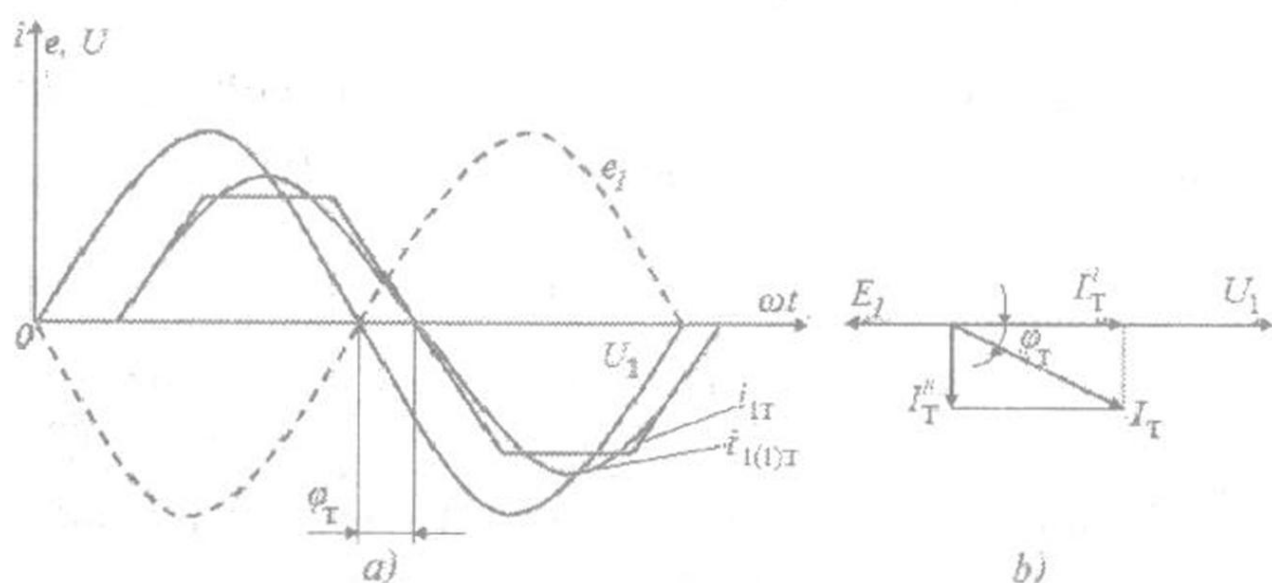
Kuchlanish yo'qolishini aniqlash uchun amalda ko'proq quyidagi formuladan foydalaniladi:

$$\Delta U = \left(\frac{2}{3} I' \pm \frac{1}{3} I'' \right) Z', \quad (6.18)$$

bu yerda I' , I'' - mos ravishda o'ziga tegishli bo'lgan va chet yelkalardagi toklar; "+" - orqada qoluvchi faza uchun; "-" - ilgarilovchi faza uchun; Z' - tashqi energetik tizim va transformator ekvivalent keltirilgan qarshiligi.

6.5. O'zgaruvchan tok tortish tarmog'idagi energiya rekuperatsiyasida kuchlanish

O'zgaruvchan tok tortish tarmog'idagi energiya rekuperatsiyasi jarayonida aktiv energiya o'z yo'nalishini o'zgartirsa-da, reaktiv energiya tortish rejimidagi yo'nalishni saqlab qoladi. Bu quyidagi sabablarga ko'ra yuz beradi. Eng sodda holat, ya'ni elektrovoz transformatorining ikkilamchi chulg'amiga ulangan kontur induktiv qarshiligi cheksiz katta deb qabul qilingan holat uchun transformator birlamchi tomonidagi kuchlanish va tok egri chiziqlari 6.8- rasm, *a* da ko'rsatilgandek shakllarga ega bo'ladi. Agar nosinusoidal tok birinchi (asosiy) garmonikasi bilan cheklanilsa, u holda vektor diagramma 6.8- rasm, *b* dagidek

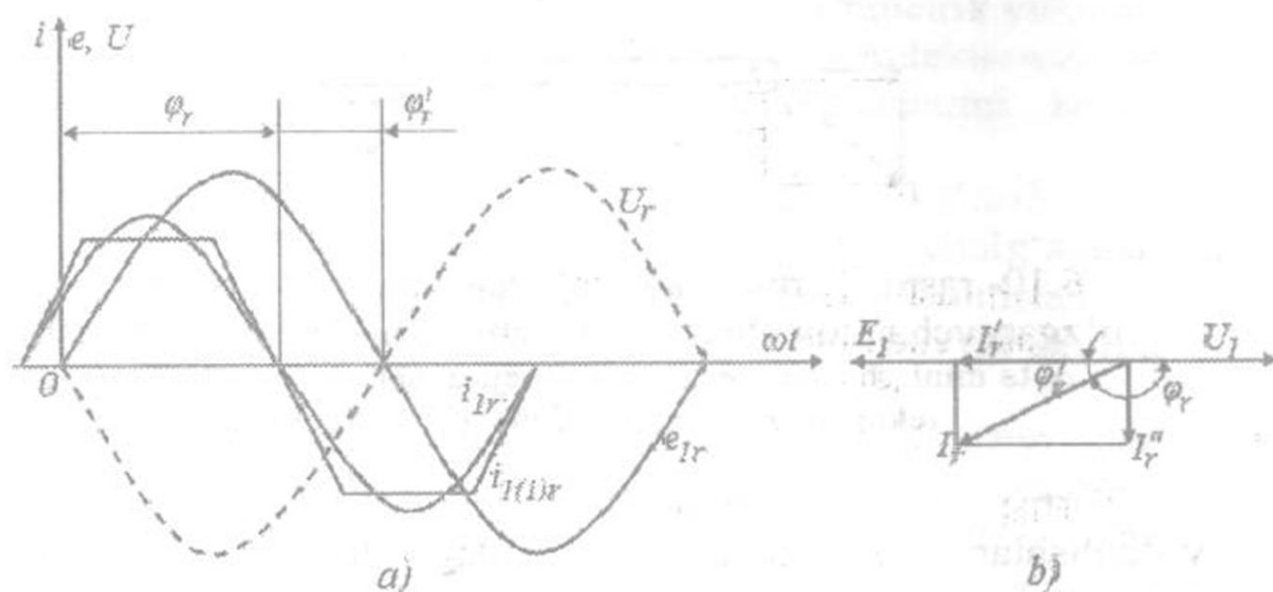


6.8- rasm. Tortish rejimida ishlayotgan o'zgaruvchan tok elektrovozi uchun vaqt (*a*) va vektor diagrammalari: (*b*)

U_1 - elektrovoz transformatorining birlamchi tomonidagi kuchlanish egri chizig'i; i_{1T} - birlamchi tok egri chizig'i; $i_{1(1)T}$ - uning asosiy garmonikasi; φ_T - U_1 va i_{1T} egri chiziqlar orasidagi faza siljish burchagi; e_1 - birlamchi chulg'amdagi EYK egri chizig'i

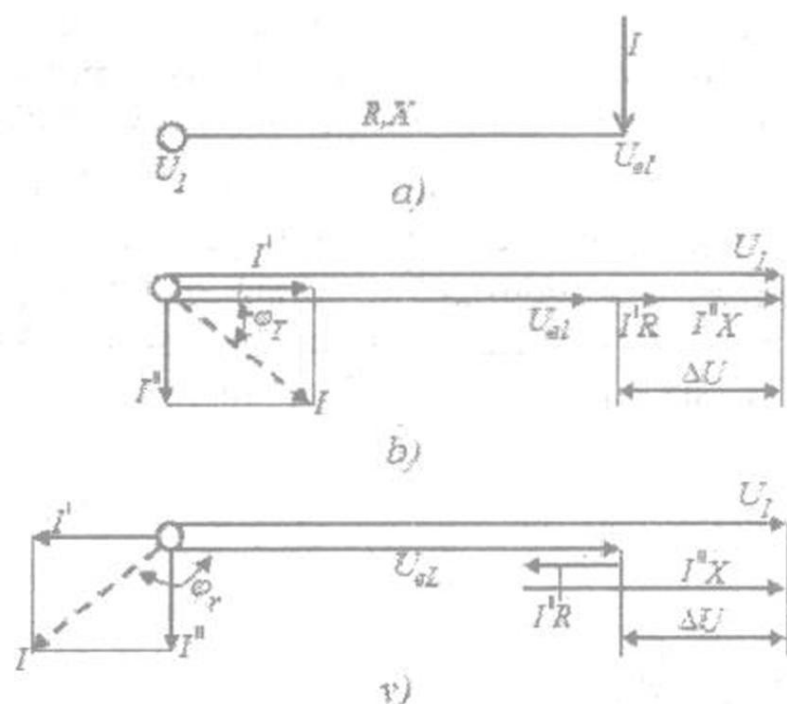
ko'rinishda bo'ladi. Tortish rejimida transformator birlamchi chulg'ami sxemada elektr energiyasi iste'molchisi vazifasida bo'ladi. Agar transformator birlamchi chulg'amidagi kuchlanish yo'qolishi hisobga olinmasa, u holda $|\dot{E}_1| = |\dot{U}_1|$ va yo'nalishi jihatdan bir-biriga qarama-qarshi deb hisoblash mumkin.

Rekuperatsiya jarayonida kuchlanish va tok egri chiziqlarining o'zaro joylashishi 6.9- rasm, a da ko'rsatilgandek bo'ladi. Bu holatda tok birlamchi chulg'am EYKidan φ_r burchakka



6.9- rasm. Rekuperatsiya rejimida ishlayotgan o'zgaruvchan tok elektrovozi uchun vaqt (a) va vektor diagrammalari (b)

ilgarilaydi, kuchlanishdan esa $\varphi_r = 180^\circ - \varphi_r$ burchakka orqada qoladi (6.9- rasm, b). I_r va I_r toklarni aktiv (I'_r va I'_r) va reaktiv (I''_r va I''_r) tashkil etuvchilarga ajratib shu narsaga ishonch hosil qilish mumkinki, rekuperatsiyada I'_r va I'_r ishora jihatdan qarama-qarshi, ya'ni lokomotiv rekuperatsiya rejimida nimstansiyani aktiv yuklamadan ozod qiladi. Bitta nimstansiyadan iborat va bitta elektrovozli temir yo'l uchastkasi (6.10- rasm, a) uchun tortish va rekuperatsiya rejimlarida tok asosiy garmonikasi va kuchlanish vektor diagrammalari 6.10- rasm, b va v larda keltirilgan.



6.10- rasm. Tortish va rekuperatsiya rejimlarda ishlayotgan o'zgaruvchan tok elektrovozi uchun kuchlanish yo'qolishi:

a- ta'minlash sxemasi; b- tortish rejimi uchun vektor diagramma; v- rekuperatsiya rejimi uchun vektor diagramma

Tortish va rekuperatsiya rejimlari uchun kuchlanishlar yo'qolishlari mos ravishda quyidagi formulalar yordamida aniqlanadi:

$$\left. \begin{aligned} \Delta U_T &= I'R + I''X, \\ \Delta U_r &= -I'R + I''X. \end{aligned} \right\} \quad (6.19)$$

Tortish rejimida ham rekuperatsiya rejimida ham $U_1 > U_{el}$ (bu yerda U_{el} - iste'molchi (elektrovoz tok qabul qilgichi) dagi kuchlanish), ya'ni $\Delta U > 0$ va rekuperatsiya paytida elektrovozda kuchlanish xavfli darajada oshib ketmaydi. Ammo elektrovozgacha bo'lgan kuchlanish yo'qolishi quvvat koeffitsiyentining sezilarli darajada kamayishiga qaramasdan tortish rejimidagidan kam bo'ladi. Ikki tomonlama ta'minlanish sxemasida ishlayotgan uchastkada elektrovoz iste'mol qilayotgan tok ikkita yondosh nimstansiyaning I_A va I_B toklariga ajratilishi mumkin. Bunday holatda ikki tomonlama ta'minlanish sxemasi ikkita bir tomonlama ta'minlanish sxemasi ko'rinishda tasvirlanishi mumkin.

6.6. Nosimmetrik yuklamali tortuvchi nimstansiya va elektr uzatish liniyalaridagi quvvat isroflari

Elektrotexnikaning nazariy asoslari kursining "Uch fazali zanjirlar" bobida nosimmetrik rejimlar, ularning ko'rinishlari va hisoblash usullari, xususan, simmetrik tashkil etuvchilar usuli to'g'risida batafsil ma'lumotlar berilgan. Shuning uchun ham biz ushbu rejimlar va ularni hisoblash usullariga to'xtalmasdan, bevosita nosimmetrik rejimlarni elektrlashgan temir yo'llar elektr ta'minoti tizimi ish rejimiga ta'siri, xususan, nosimmetrik yuklama rejimida ishlayotgan tortuvchi nimstansiya va elektr uzatish liniyalaridagi quvvat isroflarini aniqlash masalalarini ko'rib chiqamiz.

1. *tortuvchi nimstansiyadagi quvvat isrofini hisoblash.* Uch fazali elektr energiyasi uzatish liniyasi va uni oxirida chulg'amlari u yoki bu ko'rinish (sxema)da ulangan transformatorli nimstansiya joylashgan sxemani ko'rib chiqamiz. Bu tizimdagi quvvat isrofini quyidagi ikki usul yordamida aniqlash mumkin:

1) avval har bir fazadagi toklar va quvvat isroflarini hisoblab, keyin esa ularni o'zaro qo'shib umumiy quvvat isrofini aniqlash;

2) to'g'ri va teskari ketma-ketlik toklaridan hosil bo'lgan quvvat isroflarini alohida-alohida aniqlab, umumiy isrofni ularning yig'indisi ko'rinishida topish, ya'ni:

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2. \quad (6.20)$$

Quvvat isroflarini topish bilan bir qatorda tok va kuchlanishlar nosimmetriyalarini ularning simmetrik tashkil etuvchilari orqali aniqlash zarurati borligi sababli ikkinchi usuldan foydalanish maqsadga muvofiq bo'ladi.

Toklari $\dot{I}_a$, $\dot{I}_b$ va $\dot{I}_c$ bo'lgan nosimmetrik yuklama simmetrik $\dot{U}_a$, $\dot{U}_b$ va $\dot{U}_c$ kuchlanishlar tizimidan ta'minlanayotgan bo'lsin.

Umumiy holda $\dot{I}_a$, $\dot{I}_b$ va $\dot{I}_c$ yuklamalar qiymatlari o'zaro har xil bo'lib, ular orasidagi faza siljish burchaklari 120° dan farq qilishini inobatga olib, hisoblashlarda ularni quyidagi ko'rinishda ifodalash maqsadga muvofiq bo'ladi:

$$\dot{I}_a = \dot{I}'_a - j\dot{I}''_a; \quad \dot{I}_b = \dot{I}'_b - j\dot{I}''_b; \quad \dot{I}_c = \dot{I}'_c - j\dot{I}''_c, \quad (6.21)$$

bunda $\dot{I}_a$, $\dot{I}_b$ va $\dot{I}_c$ - umumiy holda fazalardagi tortuvchi va notortuvchi yuklamalar.

Yuklamalar ko'pincha induktiv xarakterli bo'lganligi sababli (6.21) ifodalar ikkinchi hadlari manfiy ishora bilan olinadi. Tokning to'g'ri va teskari ketma-ketlikli tashkil etuvchilaridan yuzaga keladigan quvvat isroflari quyidagicha aniqlanadi:

$$\left. \begin{aligned} \Delta P_1 &= 3I_1^2 R_f, \\ \Delta P_2 &= 3I_2^2 R_f, \end{aligned} \right\} \quad (6.22)$$

bu yerda I_1 , I_2 - uch fazali tizim to'g'ri va teskari ketma-ketlik toklarining modul qiymatlari; R_f - faza aktiv qarshiligi. Uch fazali transformatorlar birlamchi tomonidagi I_1 va I_2 toklar birlamchi va ikkilamchi tomonlar kuchlanishlari nisbatlariga bog'liq bo'lib, transformator chulg'amlari o'zaro ulanish sxemasiga bog'liq bo'lmaydi. Agar transformator transformatsiya koeffitsiyenti birga teng deb qabul qilinsa, u holda I_1 va I_2 toklar transformator birlamchi va ikkilamchi tomonlarida ham bir xil qiymatga teng bo'ladi. Elektrotexnikaning nazariy asoslari kursidan ma'lumki, to'g'ri ketma-ketlikli tok:

$$\dot{I}_{a1} = \frac{1}{3}(\dot{I}_a + a\dot{I}_b + a^2\dot{I}_c), \quad (6.23)$$

bu yerda $a = e^{j120^\circ} = e^{-j240^\circ} = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$ - kompleks ko'paytuvchi.

(6.21) dagi ifodalarni (6.23) ga qo'yib, quyidagini hosil qilamiz:

$$\dot{I}_{a1} = \frac{1}{3} \left[(\dot{I}'_a + a\dot{I}'_b + a^2\dot{I}'_c) - j(\dot{I}''_a + a\dot{I}''_b + a^2\dot{I}''_c) \right]. \quad (6.24)$$

Agar $\dot{U}_a$ kuchlanish vektori yo'nalishini kompleks tekislikdagi haqiqiy o'q yo'nalishi bilan ustma-ust tushadi, deb qabul qilinsa, u holda (6.24) formuladagi barcha tok vektorlarini ularning to'g'ri va teskari ketma-ketlikli tashkil etuvchilari orqali quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\dot{I}'_a = \dot{I}'_a; \quad \dot{I}''_a = \dot{I}''_a; \quad \dot{I}'_b = a^2\dot{I}'_a; \quad \dot{I}''_b = a^2\dot{I}''_a; \quad \dot{I}'_c = a\dot{I}'_a; \quad \dot{I}''_c = a\dot{I}''_a. \quad (6.25)$$

(6.25) ifodalarni (6.24)ga qo'yib va $a^3 = 1$ ekanligini inobatga olib, quyidagi formulani hosil qilamiz:

$$I_{a1} = \frac{1}{3}(I'_a + aI'_b + a^2I'_c) - \frac{1}{3}j(I''_a + aI''_b + a^2I''_c) = I'_{a1} - jI''_{a1}, \quad (6.26)$$

bu yerda $I_{a1} = \frac{1}{3}(I'_a + aI'_b + a^2I'_c)$, $I_{a1} = \frac{1}{3}j(I''_a + aI''_b + a^2I''_c)$ - to'g'ri ketma-ketlikli tok mos ravishda aktiv va reaktiv (induktiv) tashkil etuvchilari.

Teskari ketma-ketlikli tok:

$$I_{a2} = \frac{1}{3}(I'_a + a^2I'_b + aI'_c), \quad (6.27)$$

(6.27) formulada ham xuddi (6.23) formula ustida bajarilgan almashtirishlarni qo'llab va $a^4 = a$ ekanligini inobatga olib, quyidagini hosil qilamiz:

$$I_{a2} = \frac{1}{3}(I'_a + aI'_b + a^2I'_c) - \frac{1}{3}j(I''_a + aI''_b + a^2I''_c). \quad (6.28)$$

So'nggi ifodaga $a = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$ va $a^2 = -\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}$ larni qo'yib:

$$I_{a2} = \frac{1}{3}(I'_a - \frac{1}{2}I'_b - \frac{1}{2}I'_c + \frac{\sqrt{3}}{2}I''_b - \frac{\sqrt{3}}{2}I''_c) - \frac{1}{3}j(I''_a - \frac{1}{2}I''_b - \frac{1}{2}I''_c - \frac{\sqrt{3}}{2}I'_b + \frac{\sqrt{3}}{2}I'_c) = I'_{a2} - jI''_{a2}, \quad (6.29)$$

bu yerda I'_{a2} va I''_{a2} - mos ravishda teskari ketma-ketlikli tokning aktiv va reaktiv (induktiv) tashkil etuvchilari.

(6.20) ga (6.22), (6.26) va (6.29) larni qo'yib, quyidagi formulani hosil qilamiz:

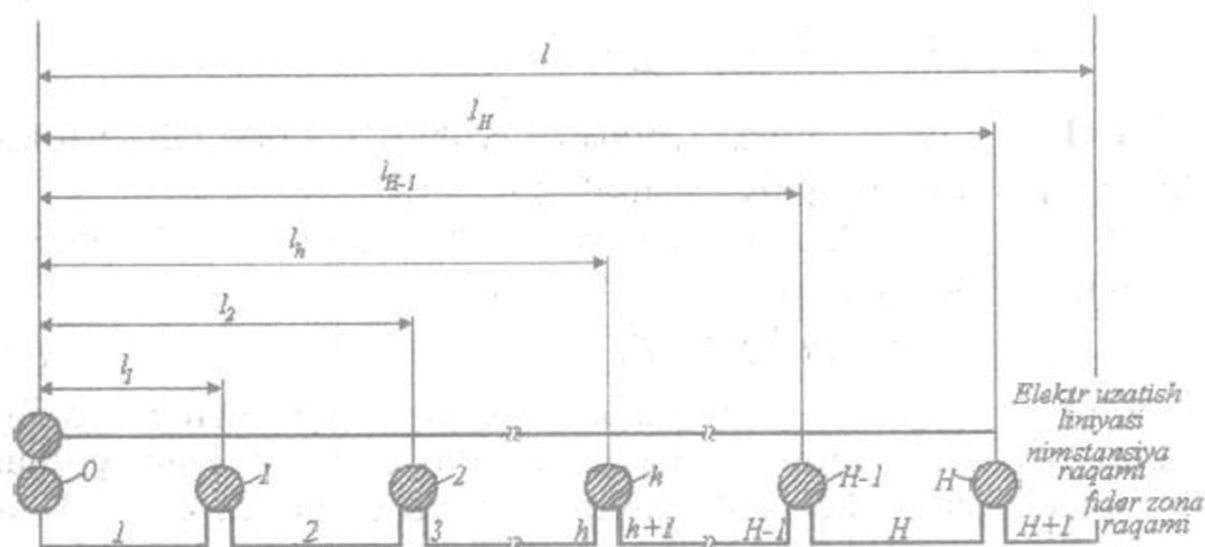
$$\Delta P = 3R_f [(I'_{a1})^2 + (I''_{a1})^2] + [(I'_{a2})^2 + (I''_{a2})^2]. \quad (6.30)$$

(6.26) va (6.29) formulalar A faza toklari uchun yozilgan. Ularni B faza uchun yozishda vektorlar o'rnatilgan yo'nalish bo'yicha aylanish ketma-ketligini A, B va C dan B, C va A ga, C faza uchun yozishda esa - C, A va B ga o'zgartirish kifoya. Bunda I'_{b1} va I''_{b1} , I'_{c1} va I''_{c1} lar I'_{a1} va I''_{a1} lar bilan bir xil bo'lib qolaveradi, ya'ni to'g'ri ketma-ketlikli tok "o'zining" kuchlanishi vektoriga va unga perpendikulyar bo'lgan o'qqa proeksiyalari uchala faza uchun bir xil bo'lib qolaveradi. I'_{a2} va I''_{a2} tashkil etuvchilarga mos I'_{b2} va I''_{b2} , I'_{c2} va I''_{c2} tashkil etuvchilar formulalarida esa I'_a va I''_a hadlar birga teng koeffitsiyent bilan,

qolgan I'_b va I'_c , I''_b va I''_c hadlar esa $-\frac{1}{2}$ yoki $\pm\frac{\sqrt{3}}{2}$ koeffitsiyentlar bilan kiradi.

Turli fazalar yuklamalarining mos ravishda aktiv va reaktiv tashkil etuvchilari har xil bo'lganligi sababli I'_{a2} va I''_{a2} lar turli fazalar uchun turlicha bo'ladi. Shuning bilan birga aytib o'tish joizki, simmetrik tashkil etuvchilar usuli mohiyatiga ko'ra I_{a2} , I_{b2} va I_{c2} modul qiymatlari o'zaro teng bo'ladi.

2. *Elektr uzatish liniyasidagi quvvat isrofini hisoblash (6.11-rasm).* Ushbu isrofini simmetrik tashkil etuvchilar usuli yordamida hisoblashda tortish tarmog'i yoki tortuvchi nimstansiya yelkalaridagi yuklamalar to'g'ri va teskari ketma-ketlikli tashkil etuvchilarga ajratilishi lozim. Bunda hisoblash to'g'ri va teskari ketma-ketlikli tashkil etuvchilar uchun alohida-alohida olib boriladi. Birinchi holat uchun hisoblashni simmetrik yuklamali uch fazali zanjirlarni hisoblashdan farqi shundan iboratki, barcha yuklamalar ularga mos to'g'ri ketma-ketlikli yuklamalar bilan almashtiriladi.



6.11- rasm. Tortuvchi nimstansiyalarni elektr energiyasi bilan ta'minlovchi liniyadagi quvvat isrofini aniqlashga doir sxema

Agar hisoblash boshlanishida barcha faza yuklamalari faza siljish burchaklari bir xil bo'lgan holat ko'rilsa, u holda h nimstansiyadan keyingi zonadagi har bir yuklama fazalari bo'yicha mos keluvchi va qiymati jihatdan istalgan faza yuklamasini $1/3$ qismiga teng bo'lgan yuklamani beradi. Tortish tarmog'iga

ulangan tuman notortuvchi yuklamasi simmetrik bo'lganligi sababli uning toki nosimmetrik yuklama to'g'ri ketma-ketlikli tashkil etuvchisiga qo'shiladi. Binobarin, hisoblashni bir fazali liniya bitta simi uchun olib borish, keyin esa liniyaning barcha (uchala) simlari uchun ΔP larni qo'shish mumkin. Bunda $U_{nom} = U_{f, nom}$ deb olinadi.

Liniyaning uzunligi $(l_h - l_{h-1})$ ga teng bo'lgan uchastkasi barcha (uchala) simlaridagi to'g'ri ketma-ketlikli toklar hisobidan hosil bo'ladigan quvvat isrofi quyidagi formula yordamida topiladi:

$$\Delta P_h = 3r(l_h - l_{h-1}) \left(\sum_{j=h}^H \dot{I}_{j1} \right)^2 = \frac{1}{3} r(l_h - l_{h-1}) \left(\sum_{j=h}^H \dot{I}_j \right)^2, \quad (6.31)$$

bu yerda $\dot{I}_{h1}$ va $\dot{I}_h - h$ nismtansiya chegarasidagi istalgan faza toki to'g'ri ketma-ketlikli tashkil etuvchisi va shu faza to'la toki. Turli faza toklarining teskari ketma-ketlikli tashkil etuvchilari bir-biridan o'zaro 120° ga siljigan bo'ladi.

A faza tokining teskari ketma-ketlikli tashkil etuvchisi:

$$\dot{I}_{Ah2} = \frac{1}{3} \dot{I}_{Ah\Sigma} + \frac{1}{3} \dot{I}_{Bh\Sigma} + \frac{1}{3} \dot{I}_{Ch\Sigma}, \quad (6.32)$$

bu yerda $\dot{I}_{Ah\Sigma}$, $\dot{I}_{Bh\Sigma}$ va $\dot{I}_{Ch\Sigma}$ - h dan N gacha bo'lgan nimstansiyalar yuklamalaridan elektr uzatish liniyasida fazalar bo'yicha hosil bo'lgan toklarning yig'indisi.

$\dot{I}_{Ch\Sigma}$ va $\dot{I}_{Bh\Sigma}$ toklarni $\dot{I}_{Ah\Sigma}$ tokka keltiramiz. Buning uchun $\dot{I}_{Bh\Sigma}$ ni a^2 ga, $\dot{I}_{Ch\Sigma}$ ni esa a ga ko'paytiramiz. Unda:

$$\dot{I}_{Ah2} = \frac{1}{3} (\dot{I}_{Ah\Sigma} + a^2 \dot{I}_{Bh\Sigma} + a \dot{I}_{Ch\Sigma}). \quad (6.33)$$

Bu formuladagi a^2 va a lar o'rniga ularning kompleks qiymatlarini qo'yamiz:

$$\dot{I}_{Ah2} = \left(\frac{1}{3} \dot{I}_{Ah\Sigma} - \frac{1}{6} \dot{I}_{Bh\Sigma} - \frac{1}{6} \dot{I}_{Ch\Sigma} \right) - j \frac{\sqrt{3}}{2} \left(\frac{1}{3} \dot{I}_{Bh\Sigma} - \frac{1}{3} \dot{I}_{Ch\Sigma} \right). \quad (6.34)$$

So'nggi formuladan tok modulining kvadrati:

$$I_{Ah2}^2 = \left[\frac{1}{3} I_{Ah\Sigma} - \frac{1}{6} (I_{Bh\Sigma} + I_{Ch\Sigma}) \right]^2 + \frac{1}{12} (I_{Bh\Sigma} - I_{Ch\Sigma})^2. \quad (6.35)$$

Tokning teskari ketma-ketlikli tashkil etuvchisidan liniyaning $(l_h - l_{h-1})$ uzunlikdagi uchastkasidagi quvvat isrofi:

$$\Delta P_{h2} = 3r(l_h - l_{h-1}) \sum_{h=1}^H I_{Ak2}^2. \quad (6.36)$$

Liniyaning $(l_h - l_{h-1})$ uzunlikli uchastkasidagi umumiy quvvat isrofi (6.31) va (6.35) larning yig'indisidan iborat bo'ladi:

$$\Delta P = \Delta P_{h1} + \Delta P_{h2}. \quad (6.37)$$

6.7. Kuchlanishni rostdash

Tortish tarmog'idagi elektr energiyasining sifat mezonlariga kuchlanish og'ishi va tebranishi, chastota og'ishi va tebranishi, nosimmetriya va nosinusoidallik kiradi. Elektr energiyasi sifat ko'rsatkichlarini oshirish maqsadida turli usullardan foydalaniladi. Bu usullar passiv va aktiv usullarga bo'linadi.

Passiv usullarga tortuvchi nimstansiyalarni ta'minlash tarmog'iga simmetriyalovchi sxemalar asosida ulash, kontakt tarmog'i simlari ko'ndalang kesim yuzasini oshirish kiradi.

Aktiv usullarga sinxron kompensatorlar, sinxron motorlar, bo'ylama va ko'ndalang kondensatorli kompensatorlar, yuklama rejimidagi transformatorlar kuchlanishini rostdash va filtr-simmetriyalovchi qurilmalardan foydalanish hamda tortish tarmog'idagi kuchlanish miqdorini oshirish kabilar kiradi.

Tortish yuklamalari nosimmetrik yuklamalar turkumiga mansubligi tufayli sinxron kompensatorlardan deyarli foydalanilmaydi. Sinxron motorlar imkoniyatlari cheklanganligi sababli elektrlashgan temir yo'llar elektr ta'minoti tizimida qo'llanilmaydi. Bu tizimda asosan transformatorlar kuchlanishlarini rostdash, kondensatorli bo'ylama va ko'ndalang kompensatorlar keng qo'llaniladi.

Transformatorlar yordamida kuchlanishni rostdashda birlamchi chulg'amlar bir nechta chiqishli qilib yasaladi va bir chiqishdan boshqasiga o'tish almashlab ulagichlar yordamida zanjirni ta'minlash sxemasidan uzmasdan amalga oshiriladi. Tortuvchi nimstansiyaga tashqi elektr ta'minoti tizimidan berilayotgan kuchlanish ruxsat etilgan qiymatdan oshganda transformatorlardagi magnitlovchi tok va reaktiv quvvat ortadi hamda kuchlanish shakli keskin buziladi (nosinusoidallik ortadi). Shuning uchun ham

kuchlanishni rostlash transformatorlar birlamchi chulg'amlarida amalga oshiriladi.

Bitta tortuvchi nimstansiyada bir nechta transformatorlar parallel ishlaganda ular bo'ylab katta qiymatli muvozanatlovchi toklar paydo bo'lmashligi uchun har bir transformatorida kuchlanishni rostlash jarayonini amalga oshirish lozim bo'ladi. Chunki transformatorlardagi kuchlanishlar farqi 2,5% ga yetganda tizimda nominal tokning 20% iga teng muvozanatlovchi tok yuzaga keladi. Kuchlanish farqi 5% ga etganda esa bu tok 40 % gacha ortadi.

Kuchlanishni yuklama ostida rostlash qurilmasi transformatorlar narxini oshirib yuboradi. Masalan, 110 kV kuchlanishli chulg'amlarida almashlab ulash apparaturasi bo'lgan transformatorning qimmatlashish koeffitsiyenti 1,10 – 1,75 ni tashkil etadi.

O'zgaruvchan tok tortuvchi nimstansiyalarida kuchlanishni rostlash o'ziga xos xususiyatlarga ega. Chunki, tortuvchi nimstansiya transformatorlari fazalaridagi yuklamalar bir xil bo'lmaydi, yondosh fider zonalarni ta'minlovchi nimstansiya kuchlanishlari ham bir xil miqdorda bo'lmaydi, ya'ni ilgarilovchi faza kuchlanishi orqada qoluvchi faza kuchlanishidan yuqori bo'ladi. Bu holat, ayniqsa transformatorlar Y/Δ sxemasida ulanganda yaqqol namoyon bo'ladi.

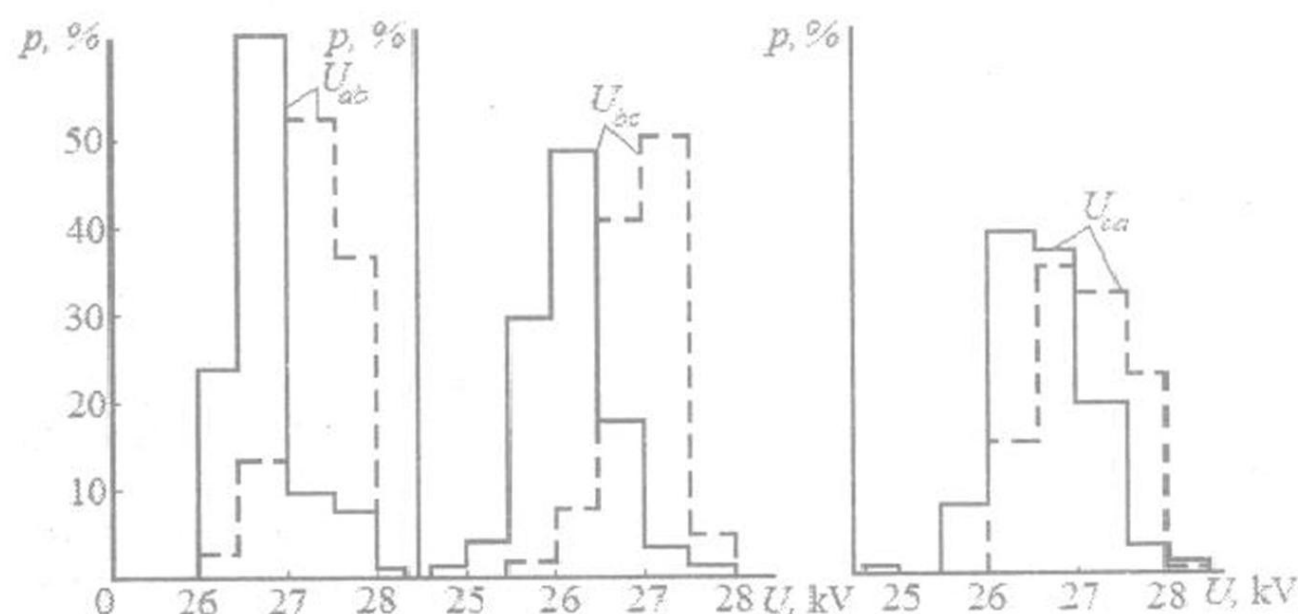
Uch fazali transformatorlarda kuchlanishni yuklama ostida rostlash standart sxemasiga ko'ra uni bitta fazasidagi kuchlanishni o'zgartirib amalga oshiriladi (simmetrik uch fazali yuklamada bu usul bimalol qo'llanilishi mumkin). Tortish yuklamasida ilgarilovchi faza kuchlanishi uchinchi (yuklanmagan) faza kuchlanishidan yuqori yoki past bo'lishi mumkin. Shuning uchun ham kuchlanishni rostlash uchun standart sxemani qo'llash biron bir fazadagi kuchlanishni ruxsat etilgan qiymatdan ortib ketishiga olib kelishi mumkin.

Bu kamchilikni yo'qotish maqsadida ikkita (ilgarilovchi va uchinchi) faza kuchlanishini rostlashga mo'ljallangan sxema tavsiya etilgan. Ushbu sxema asosida olingan kuchlanish gistogrammalari 6.12- rasmda keltirilgan. Gistogrammalardan ko'rinib turibdiki, kuchlanish o'rtacha qiymati biroz yuqori bo'lsa-da, kuchlanish tebranishi deyarli o'zgarishsiz saqlangan. Ushbu sxema yordamida ham uchala fazadagi kuchlanishni sezilarli darajada bir tekis rostlash imkoniyati mavjud emas. Shuning uchun

ham uchala fazada ham kuchlanishni rostlash sxemasini ishlab chiqishga zarurat yuzaga kelgan.

Ikkilamchi chulg'amlari uchburchak ulangan uch fazali transformator uchun $\dot{U}_{ab} + \dot{U}_{bc} + \dot{U}_{ca} = 0$ bo'lganligi sababli nol ketma-ketlikli kuchlanish ham nolga teng bo'ladi.

Transformator har bir fazasida kuchlanishni rostlash paytida $n_A \neq n_B \neq n_C$. Shuning uchun ham $\dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C = n_A \dot{U}_{ab} + n_B \dot{U}_{bc} + n_C \dot{U}_{ca} \neq 0$. Buning oqibatida nol ketma-ketlikli kuchlanish $\dot{U}_o = \frac{1}{3}(\dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C)$ paydo bo'ladi.



6.12- rasm. O'zgaruvchan tok tortish nimstansiyasi transformatori ikkilamchi tomonidagi kuchlanish gistogrammalari: uzluksiz chiziqlar – kuchlanish rostlanmagan holat uchun; uzlukli chiziqlar – kuchlanish rostlangan holat uchun

Shunday qilib, har bir faza kuchlanishini rostlash jarayonida nol ketma-ketlikli kuchlanish yuzaga keladi. Shuning uchun ham har bir faza kuchlanishini rostlash bir fazali transformatorlardan tashkil topgan o'zgaruvchan tok tortuvchi nimstansiyalarida ma'lum darajada samarali qo'llanilishi mumkin. Bu holatda har bir fider zona yoki nimstansiya yelkasi alohida transformatoridan ta'minlanadi. Natijada yuqorida qayd etib o'tilgan murakkablik (nol ketma-ketlikli kuchlanish paydo bo'lishi va uning salbiy

oqibatlarini) yuzaga kelmaydi. Bunda, albatta, tuman yuklamalari alohida uch fazali transformatorlardan ta'minlanadi.

O'zgaruvchan tok elektr ta'minoti tizimida kuchlanishi rostlanadigan transformatorlar qo'llanilishining yana bir o'ziga xos xususiyati to'g'risida to'xtalib o'tilishi lozim. Elektrlashgan temir yo'llar uchastkalarida o'zaro parallel ishlayotgan tortuvchi nimstansiyalar elektr ta'minoti sxemasi keng qo'llaniladi. Yondosh nimstansiyalar ikkilamchi tomonlaridagi kuchlanishlarni o'zaro miqdor jihatdan farq qilishi (masalan, regulyatorlarni nosinxron ishlashi) natijasida nimstansiyalararo muvozanatlovchi tok yuzaga keladi. Tortish tarmog'i reaktiv qarshiligi uning aktiv qarshiligidan ko'p marta katta bo'lganligi sababli muvozanatlovchi tok asosan reaktiv tashkil etuvchidan iborat bo'ladi. Bu tok kuchlanishi yuqori bo'lgan nimstansiya kuchlanishini kamayishiga, kuchlanishi past bo'lgan nimstansiya kuchlanishini esa ortishiga sabab bo'ladi.

Shunday qilib, muvozanatlovchi tok yuklama reaktiv tashkil etuvchisining qayta taqsimlanishiga olib keladi. Agar aktiv yuklamani yondosh nimstansiyalar o'rtasida taqsimlanishini o'zgartirish zarurati yuzaga kelganda edi, masalan, chap nimstansiya yuklamasini ko'paytirish, o'ng nimstansiya yuklamasini esa kamaytirish va chap nimstansiya kuchlanishini oshirish kerak bo'lganda edi, u holda bu holatda faqat yuklamaning reaktiv qisminigina qayta taqsimlash tufayli kutilgan effektga erishib bo'lmas edi.

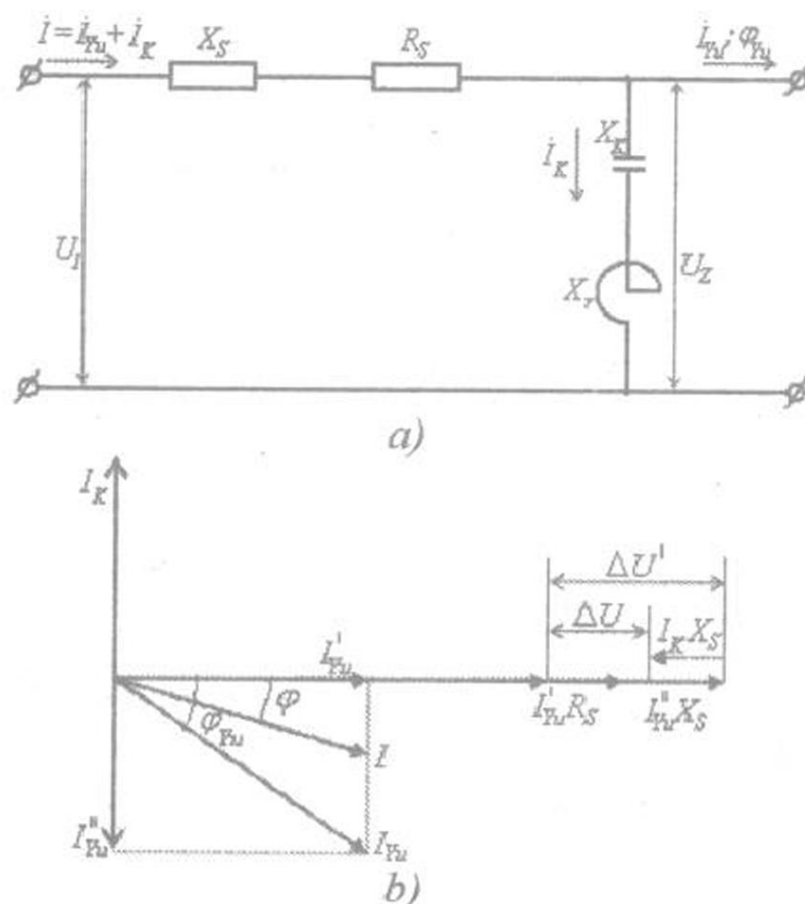
6.8. Ko'ndalang kompensatsiya

Bir fazali o'zgaruvchan tok zanjiriga kondensator batareyalari ko'ndalang ulangan sxemani ko'rib chiqamiz (6.13- rasm, a). 6.13- rasm, b da keltirilgan vektor diagrammadan ko'rinib turibdiki, kondensator batareyalarini zanjirga ko'ndalang ulanishi zanjir(liniya) boshidagi kuchlanish va tok orasidagi faza siljish burchagini kamaytiradi. Shu bilan birga tizimdagi kuchlanish yo'qolishini $\Delta U'$ qiymatdan ΔU qiymatgacha kamaytiradi:

$$\Delta U = I_{yu}' R_s + I_{yu}'' X_s - I_K X_K, \quad (6.38)$$

bu yerda R_s , X_s - zanjir (tizim)ning manbadan ko'ndalang kompensatsiya (KK) ulangan joyigacha bo'lgan mos ravishda aktiv va induktiv qarshiliklari; X_K - KK sig'im qarshiligi; I_{yu}' , I_{yu}'' - yuklama tokining aktiv va reaktiv tashkil etuvchilari; I_K - KK toki.

(6.38) ifoda va unga mos vektor diagrammadan ko‘rinib turibdiki, X_K qarshilik qiymatini keraklicha tanlab tizimdagi kuchlanish yo‘qolishini nolgacha kamaytirish, hattoki uning manfiy qiymatini hosil qilish mumkin. So‘nggi holatda yuklamadagi kuchlanish manba kuchlanishidan katta bo‘lib qoladi.



6.13- rasm. Ko‘ndalang kompensatsiya almashlash sxemasi (a) va vektor diagrammasi (b)

Tortuvchi nimstansiya shinalariga kondensator batareyalarining ulanishi tebranish konturida kuchlanishlar rezonansini yuzaga keltirishi mumkin. Bunda tebranish konturi o‘zaro parallel ulangan ikkita shoxobchaga ega bo‘ladi: bitta shoxobcha tashqi elektr ta‘minoti tizimi va nimstansiya transformatorlarining induktiv qarshiliklaridan, ikkinchisi esa tortish tarmog‘i va elektrovozlar induktiv qarshiliklaridan tashkil topgan shoxobcha

Zanjirda rezonans yuzaga kelishining oldini olish maqsadida kondensator batareyalariga ketma-ket reaktor ulanadi (6.13- rasm, a). Reaktor induktivligini tanlab, konturda rezonans paydo

bo'lishini oldini olish mumkin (bu masalaga ushbu paragraf oxirida batafsil to'xtalamiz).

O'zgaruvchan tok tortish tarmog'ida KK ni ulashda nafaqat (to'g'ri ketma-ketlikli) reaktiv quvvatni kompensatsiyalash, balki tortish yuklamasini simmetriyalash (teskari ketma-ketlikli quvvatni kompensatsiyalash) vazifasi ham nazarda tutiladi.

To'g'ri ketma-ketlikli reaktiv quvvatni kompensatsiyalash uchun KK qaysi faza (fazalar)ga ulanishining ahamiyati yo'q. Chunki, KK qurilmasida generatsiyalanayotgan to'g'ri ketma-ketlikli reaktiv quvvat faqat KK quvvatiga bog'liq bo'ladi.

a , b , va c fazalarda KK (sig'im reaktiv quvvat Q_a , Q_b , Q_c) lar ulangan bo'lsin (6.14- rasm, a). KK fazalaridagi toklar sig'im xarakterda bo'lganligi sababli mos ravishda o'zlarining faza kuchlanishlaridan 90° ga oldinda bo'ladi (6.14- rasm, b). Bu toklar:

$$\left. \begin{aligned} \dot{I}_{Ka} &= I_{Ka} e^{j90^\circ} = jI_{Ka}, \\ \dot{I}_{Kb} &= I_{Kb} e^{-j30^\circ} = I_{Kb} \left(\frac{\sqrt{3}}{2} - j\frac{1}{2} \right), \\ \dot{I}_{Kc} &= I_{Kc} e^{j210^\circ} = I_{Kc} \left(-\frac{\sqrt{3}}{2} - j\frac{1}{2} \right). \end{aligned} \right\} \quad (6.39)$$

a fazadagi KK generatsiyalayotgan to'g'ri ketma-ketlikli tok:

$$\dot{I}_{Kal} = \frac{1}{3} (\dot{I}_{Ka} + a\dot{I}_{Kb} + a^2\dot{I}_{Kc}). \quad (6.40)$$

(6.40) formulaga (6.39) dagi toklar ifodalarini qo'yib, tegishli o'zgartirishlardan keyin quyidagini hosil qilamiz:

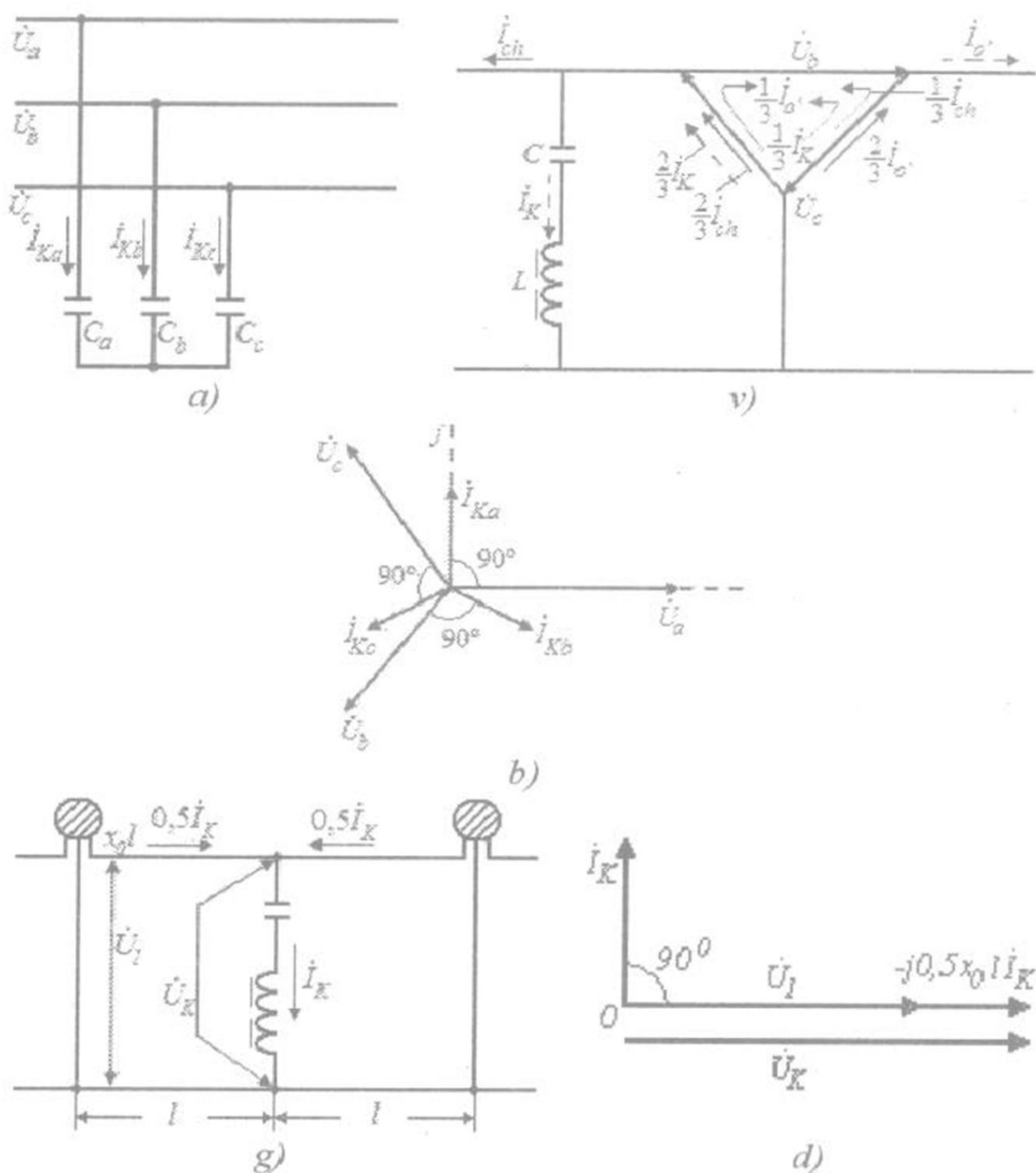
$$\dot{I}_{Kal} = \frac{1}{3} j (\dot{I}_{Ka} + \dot{I}_{Kb} + \dot{I}_{Kc}). \quad (6.41)$$

KK dagi faza toklarining modul qiymatlari:

$$I_{Ka} = \frac{Q_a}{U_a}, \quad I_{Kb} = \frac{Q_b}{U_b}, \quad I_{Kc} = \frac{Q_c}{U_c}. \quad (6.42)$$

Manba kuchlanishlari simmetrik bo'lganda $U_a = U_b = U_c = U$. $Q_a + Q_b + Q_c = Q_K$ ekanligini hisobga olib hamda (6.41) ni (6.40) ga qo'yib, quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$I_{Kal} = j \frac{1}{3} \left(\frac{Q_a}{U} + \frac{Q_b}{U} + \frac{Q_c}{U} \right) = j \frac{Q_K}{U}. \quad (6.43)$$



6.14- rasm. KK ni ulash sxemalari (a, v, g) va vektor diagrammalari (b, d)

KK da generatsiyalanayotgan to'g'ri ketma-ketlikli quvvat:

$$Q_{K1} = (I_{Ka1} + I_{Kb1} + I_{Kc1})U. \quad (6.44)$$

$I_{Ka1} = I_{Kb1} = I_{Kc1}$ bo'lganligi sababli (6.42) ni (6.44) ga qo'yib, quyidagi formulaga ega bo'lamiz:

$$Q_{K1} = \left(\frac{Q_K}{3U} + \frac{Q_K}{3U} + \frac{Q_K}{3U} \right) U = Q_K \quad (6.45)$$

Demak, KK to'g'ri ketma-ketlikli reaktiv quvvati uning o'rnatilgan reaktiv quvvatiga teng va u quvvatni fazalar bo'yicha taqsimlanishiga bog'liq emas. KK ni simmetriyalovchi effekti uning quvvatini fazalar bo'yicha taqsimlanishiga bog'liq bo'ladi.

Teskari ketma-ketlikli tok:

$$I_{Ka2} = \frac{1}{3}(I_{Ka} + a^2 I_{Kb} + a I_{Kc}). \quad (6.46)$$

Agar KK quvvati $Q_K = Q_a$ (KK faqat a fazada o'rnatilgan bo'lsa), u holda a faza teskari ketma-ketlikli toki (6.45) ga ko'ra

$I_{Ka2} = \frac{Q_K}{U}$ ga teng bo'ladi. I_{Ka2} ning bu qiymati uning erishishi

mumkin bo'lgan eng katta qiymati hisoblanadi. Bunda $I_{Ka1} = \frac{Q_K}{3U}$ qiymatni saqlab qoladi. Demak, KK ni bitta fazada o'rnatilishi I_{Ka1} va I_{Ka2} toklarning bir biriga teng bo'lgan eng katta qiymatlarini paydo qiladi.

O'zgaruvchan tok tortuvchi nimstansiyalarida to'g'ri ketma-ketlikli reaktiv quvvatni kompensatsiyalash bilan birga yuklama va kuchlanishlarni simmetriyalash vazifalari nazarda tutilishi bois, ushbu tarmoqlarda orqada qoluvchi fazaga ulangan bir fazali KK keng qo'llaniladi (6.14- rasm, v).

KK toki transformatorning 27,5 kV kuchlanishli chulg'amlar fazalari bo'yicha quyidagicha taqsimlanadi (6.14- rasm, v ga qarang!):

$$\left. \begin{aligned} I_{Ka} &= \frac{2}{3} I_K, \\ I_{Kb} &= -\frac{1}{3} I_K, \\ I_{Kc} &= -\frac{1}{3} I_K. \end{aligned} \right\} \quad (6.47)$$

KK generatsiyalayotgan to'g'ri va teskari ketma-ketlikli toklar mos ravishda:

$$\left. \begin{aligned} I_{Ka1} &= \frac{1}{3}(I_{Ka} + a I_{Kb} + a^2 I_{Kc}), \\ I_{Ka2} &= \frac{1}{3}(I_{Ka} + a^2 I_{Kb} + a I_{Kc}). \end{aligned} \right\} \quad (6.48)$$

KK hisobidan paydo bo'lgan teskari ketma-ketlikli toklar ta'siri natijasida tizimdagi teskari ketma-ketlikli toklar keskin kamayadi.

a faza uchun yuqorida aytib o'tilgan mulohazalar b va c fazalar uchun ham o'rinli, faqat tegishli vektorlar a fazadagiga nisbatan mos ravishda 120° va 240° ga siljigan bo'ladi. Shunday qilib, KK ni mavjudligi reaktiv quvvatni kompensatsiyalash bilan birga tortish yuklamasini simmetriyalash imkonini beradi.

Tortish tarmog'idagi energiya isrofini kamaytirish maqsadida o'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkalarida KK ni tortuvchi nimstansiyalarda emas, balki tortish tarmog'ining seksiyalash postlarida, fider zonalarida o'rnatiladi (6.14- rasm, g). Bunda tortish tarmog'idagi energiya isrofi kamayishi bilan bir qatorda KK generatsiyalayotgan quvvat fider zonadagi elektrovoz iste'mol qilayotgan quvvatga sezilarli darajada bog'liq bo'lib qoladi. Katta yuklamalarda tortish tarmog'idagi kuchlanish yo'qolishi ortadi, seksiyalash postidagi kuchlanish va KK generatsiyalayotgan quvvat kamayadi. Aslini olganda aynan shu rejimda KK dan katta quvvat talab etilishi kerak.

Fider zonada yuklama bo'lmaganda KK undagi yagona yuklama (sig'im xarakterli) hisoblanadi. Tortish tarmog'idagi kuchlanish pasayishi ($-j0,5x_0 I_K$) tortuvchi nimstansiya kuchlanishi $\dot{U}_1$ bilan arifmetik qo'shiladi (6.14- rasm, d), natijada esa seksiyalash postida kuchlanish $\dot{U}_K$ ortadi. Bu paytda KK eng katta quvvat generatsiyalaydi, ammo fider zonada yuklama bo'lmaganligi sababli bu quvvat keraksiz bo'lib qoladi. KK ning o'zi fider zonada yagona yuklama bo'lib qolganligi sababli uni energiya bilan ta'minlash ta'minlash tarmog'i uchun samarasiz aktiv quvvat isrofiga sababchi bo'ladi. Bundan tashqari, $\dot{U}_K$ kuchlanish bu rejimda kontakt tarmog'i uchun maksimal ruxsat etilgan 29 kV kuchlanishdan ortib ketishi mumkin.

Rossiya Federatsiyasidagi "ФНИИЖТ" (Rossiya temir yo'l transporti ilmiy-tadqiqot instituti) olimlari o'tkazgan tadqiqotlarga ko'ra, KK qurilmalarini seksiyalash postlarida o'rnatilishi sutkaning 20-23% davomida postlardagi kuchlanish 29 kV dan yuqori bo'lishini ta'minlaydi. KK seksiyalash postida o'rnatilganda u ikkita yondosh tortuvchi nimstansiyadan ta'minlanadi. "Parma" sxemasi bo'yicha ulangan 6 ta tortuvchi nimstansiya fider zonalarining (2.10- rasm, b ga qarang!) 4- sidan

boshqa barchasida zonalarini bitta nimstansiyadan ta'minlash orqada qoluvchi zona, boshqa nimstansiyadan ta'minlash esa — ilgarilovchi zona bo'yicha amalga oshiriladi. Demak, $0,5I_K$ tok bitta nimstansiya orqada qoluvchi yelkasidan o'tib, tortish yuklamasini simmetriyalasa (ikki marta kam samara bilan), qolgan $0,5I_K$ tok yondosh nimstansiya ilgarilovchi yelkasi bo'ylab o'tadi va nosimmetriyani oshiradi. KK ni tortuvchi nimstansiyalar yoki seksiyalash postlarida o'rnatish masalasi aniq texnik-iqtisodiy hisob-kitoblar orqali hal qilinadi.

6.14- rasm, v dan ko'rinib turibdiki, KK kondensatorlariga ketma-ket L induktivlikli reaktor ulangan. Reaktor, bir tomondan elektrovoz toki yuqori garmonikalarini KK kondensatorlaridan o'tishidan himoya qilsa (bu toklar kondensatorlarda katta miqdordagi energiya isrofiga sababchi bo'ladi), ikkinchi tomondan, elektrovoz tokining katta qiymatli garmonikalarini kondensator batareyalari orqali shuntlab, ularni ta'minlovchi tarmoqdan o'tishidan himoyalaydi. Shu maqsadda reaktor va KK kondensatorlari ma'lum og'ish (rasstroyka) bilan 3- garmonika chastotasiga kuchlanish rezonansiga sozlanadi, ya'ni quyidagi rezonans sharti bajariladi:

$$3\omega L \cong \frac{1}{3\omega C}, \quad (6.49)$$

bu yerda $\omega = 314 \text{ rad/s}$ - 50 Hz li asosiy garmonika burchak chastotasi.

Binobarin, $f = 50 \text{ Hz}$ chastotada reaktor induktiv qarshiligi quyidagiga teng bo'lishi lozim:

$$x_L = \omega L = \frac{1}{9\omega C} = \frac{1}{9} x_C, \quad (6.50)$$

ya'ni 50 Hz chastotali reaktor induktiv qarshiligi shu chastotadagi kondensatorlar sig'im qarshiligining $1/9$ qismiga teng bo'lishi lozim. KK toki:

$$I_K = \frac{U_K}{Z_K} = \frac{U_K}{x_C - x_L} = \frac{U_K}{x_C - 1/9 x_C} = \frac{9 U_K}{8 x_C}. \quad (6.51)$$

Kondensatorlar qismalaridagi kuchlanish:

$$U_C = I_K x_C = \frac{9}{8} U_K. \quad (6.52)$$

Demak, zanjirdagi reaktor hisobiga kondensatorlar qismalaridagi kuchlanish KK ga berilgan U_K dan 9/8 marta (12,5%) ga yuqori. KK dagi kuchlanish tortish tarmog'idagi eng yuqori ruxsat etilgan kuchlanish 29 kV ga teng bo'lganda:

$$U_{C_{max}} = \frac{9}{8} 29 = 32,7 \text{ kV.}$$

Nominal kuchlanishda esa: $U_{C_{nom}} = \frac{9}{8} 27,5 = 31 \text{ kV.}$

KK qurilmasining eng katta (o'rnatilgan) sig'im quvvati:

$$Q_{Co'r} = U_{C_{max}} I_{K_{max}} = \frac{9}{8} \cdot 29 \cdot \frac{9}{8} \cdot \frac{29}{x_c} = \left(\frac{9}{8} \cdot 29\right)^2 \cdot \frac{1}{x_c}. \quad (6.53)$$

Nominal sharoitda esa: $Q_{C_{nom}} = U_{C_{nom}} I_{K_{nom}} = \left(\frac{9}{8} \cdot 27,5\right)^2 \cdot \frac{1}{x_c}.$

KK qurilmasi 29 kV kuchlanishda ishonchli ishlashi uchun 27,5 kV nominal kuchlanishda KK generatsiyalayotgan quvvat o'rnatilgan quvvatdan $\left(\frac{9}{8} \cdot 29\right)^2 : \left(\frac{9}{8} \cdot 27,5\right)^2 = 1,11$ marta kichik bo'lishi lozim.

Nominal sharoitda KK generatsiyalayotgan quvvat:

$$Q_{K_{nom}} = U_{nom} I_{K_{nom}} = 27,5 \cdot \frac{9}{8} \cdot \frac{27,5}{x_c} = \frac{9}{8} \cdot \frac{27,5^2}{x_c}.$$

Nominal sharoitda KK generatsiyalayotgan quvvat KKning o'rnatilgan quvvatidan $\left(\frac{9}{8} \cdot 29\right)^2 : \frac{9}{8} \cdot 27,5^2 = 1,25$ marta kichik.

Shunday qilib, KK kondensatorlariga ketma-ket reaktor ulanishi KK foydalanayotgan quvvatni kamaytiradi. Reaktor va KK kondensatorlari 3- garmonika chastotasiga rezonansga sozlanganligi bois elektrovoz tokining eng katta qiymatli garmonikalari uchun qarshiligi nolga teng bo'lgan (reaktor va kondensatorlar aktiv qarshiliklarini hisobga olmaganda) shoxobchani hosil qiladi. Buning natijasida tortish yuklamasi 3-garmonikasi elektrovozdan tortish tarmog'i orqali ushbu shoxobchaga o'tadi va deyarli ta'minlovchi manbaga bormaydi.

Masala. I- rusumli nimstansiya orqada qoluvchi fazasiga $Q_{Co'r} = 5,6 \text{ Mvar}$ o'rnatilgan quvvatli KK qurilmasi ulangan. KK qurilmasidagi kuchlanish 25 kV. KK qurilmasi ulanmasdan avval tortish yuklamasi to'g'ri va teskari ketma-ketlikli toklari mos ravishda $\dot{I}_{a1} = 300e^{-j37^\circ} \text{ A}$ va $\dot{I}_{a2} = 150e^{-j97^\circ} \text{ A}$. KK ulangandan keyin

tortish yuklamasi to'g'ri va teskari ketma-ketlikli toklari hamda toklar nosimmetriya koeffitsiyenti topilsin.

Yechish. KK kondensatorlari qarshiligi (4.53) formula asosida quyidagicha aniqlanadi:

$$x_c = \frac{9U_{\max}}{8} \frac{1}{Q_{\text{Co'r}}} = \left(\frac{9}{8} \cdot 29\right)^2 \cdot \frac{1}{5,6} = 190 \, \Omega.$$

Ko'rilayotgan rejim uchun KK dagi tok (4.51) formulaga ko'ra:

$$I_K = \frac{9}{8} \cdot \frac{U_K}{(-jx_c)} = j \frac{9}{8} \cdot \frac{28}{190} = j166 \, \text{A}.$$

KK hisobidan transformator faza chulg'amlaridan o'tadigan toklar (4.47) ga ko'ra:

$$I_{Ka} = \frac{2}{3} I_K = \frac{2}{3} \cdot j166 = j110,6 \, \text{A}; \quad I_{Kb} = I_{Kc} = -\frac{1}{3} I_K = -\frac{1}{3} \cdot j166 = -j55,3 \, \text{A}.$$

KK tomonidan generatsiyalanayotgan to'g'ri va teskari ketma-ketlikli toklar (4.48) ga ko'ra:

$$I_{Ka1} = \frac{1}{3} (j110,6 - a \frac{1}{3} j55,3 - a^2 \frac{1}{3} j55,3) = j55,3 \, \text{A},$$

$$I_{Ka2} = \frac{1}{3} (j110,6 - a^2 \frac{1}{3} j55,3 - a \frac{1}{3} j55,3) = j55,3 \, \text{A}.$$

KK ulangandan keyingi to'g'ri va teskari ketma-ketlikli toklar:

$$\begin{aligned} I_{a1\Sigma} &= I_{a1} + I_{Ka1} = 300e^{-j37^\circ} + j55,3 = 300\cos 37^\circ - j300\sin 37^\circ + j55,3 = \\ &= 240 - j124,7 = 270e^{-j39^\circ 20'} \, \text{A}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{a2\Sigma} &= I_{a2} + I_{Ka2} = 150e^{-j97^\circ} + j55,3 = 150\cos 97^\circ - j150\sin 97^\circ + j55,3 = \\ &= -18,3 - j149 + j55,3 = -18,3 - j92,7 = 93,96e^{-j258^\circ 50'} \, \text{A}. \end{aligned}$$

KK ulanmagan va ulangandan keyingi toklar nosimmetriya koeffitsiyentlari mos ravishda:

$$\varepsilon_{I2} = \frac{I_{a2}}{I_{a1}} = \frac{150}{300} = 0,5,$$

$$\varepsilon_{I2} = \frac{I_{a2\Sigma}}{I_{a1\Sigma}} = \frac{93,96}{270} = 0,348.$$

Shunday qilib, KK qurilmasini ulanishi natijasida teskari ketma-ketlikli tok 150 A dan 93,96 A gacha kamaydi, nosimmetriya koeffitsiyenti – 0,5 dan 0,348 gacha, to'g'ri ketma-ketlikli tok – 300 A dan 270 A gacha, to'g'ri ketma-ketlikli tok bo'yicha kuchlanish va tok orasidagi faza siljish burchagi 37° dan

31°20' gacha kamaydi. Binobarin, KK tortish yuklamasini simmetriyalash va reaktiv quvvatni kompensatsiyalashda muhim vosita hisoblanadi.

6.9. Bo'ylama kompensatsiya

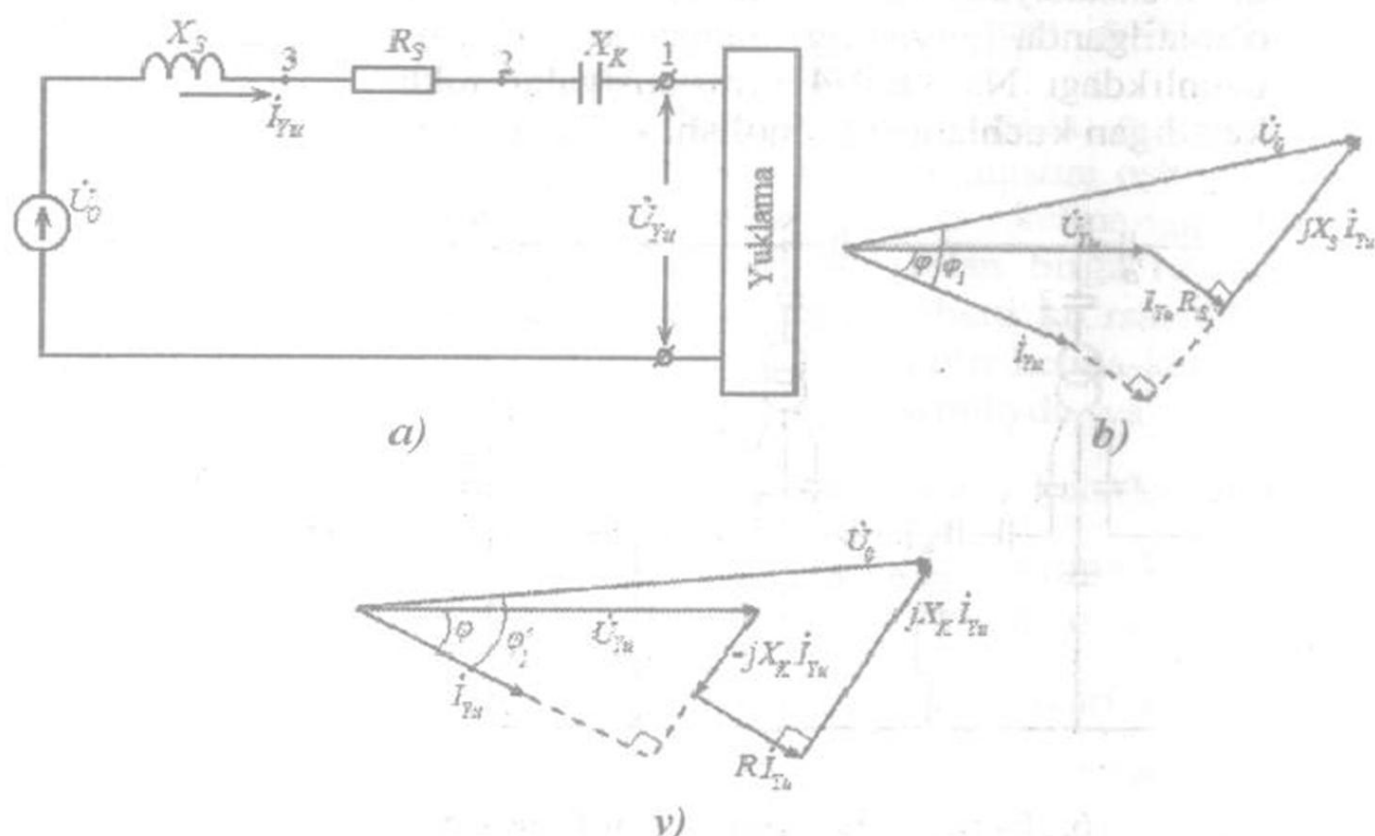
O'zgaruvchan tok lokomotiviga berilayotgan kuchlanish tashqi elektr ta'minoti tizimi, nimstansiya transformatorlari va tortish tarmog'idagi kuchlanish yo'qolishlari hisobiga kamayadi. Bunda induktiv qarshilik asosiy rolni o'ynaydi. Ushbu induktiv qarshilik ta'sirini yuklamaga kondensator batareyalarini ketma-ket ulab, ya'ni bo'ylama kompensatsiya (BK)ni amalga oshirib kamaytirish mumkin. Bunda nafaqat BK qurilmasidan keyingi kuchlanish, balki tortish yuklamasini manbaga nisbatan quvvat koeffitsiyenti ham ortadi.

BK ning ushbu omilga ta'sirini bir fazali yuklama misolida ko'rib chiqamiz (6.15- rasm, *a*). Bunda zanjirning 1- nuqtasidagi I_{YK} tok va U_{YK} kuchlanish hamda ular orasidagi faza siljish burchagi φ berilgan. BK qurilmasi ulanmagan holatda zanjirning 1- va 2- nuqtalari orasidagi potentsiallar farqi nolga teng. Unda $\dot{U}_0 = \dot{U}_{Yu} + R_S \dot{I}_{Yu} + jX_S \dot{I}_{Yu}$. Bu tenglama asosida qurilgan vektor diagramma 6.15- rasm, *b* da keltirilgan. $\dot{I}_{Yu}$ tok bilan $\dot{U}_0$ orasidagi faza siljish burchagi φ_1 $\dot{I}_{Yu}$ bilan $\dot{U}_{Yu}$ orasidagi φ burchakdan sezilarli darajada katta.

BK qurilmasi zanjirning 1- va 2- nuqtalari orasiga uning elementlariga ketma-ket ulangandan keyingi umumiy kuchlanish Kirxgof 2- qonuni asosida quyidagiga teng bo'ladi:

$$\dot{U}_0 = \dot{U}_{Yu} - jx_K \dot{I}_{Yu} + R_S \dot{I}_{Yu} + jx_S \dot{I}_{Yu}. \quad (6.54)$$

(6.54) tenglama asosida qurilgan vektor diagramma 6.15- rasm, *v* da keltirilgan. Undan ko'rinib turibdiki, $\dot{U}_0$ bilan $\dot{I}_{Yu}$ orasidagi φ_1 burchak φ_1 dan kichik. BK ulanganda yuklama kuchlanishi ortadi. Bunga (6.54) tenglamadan $\dot{U}_{Yu}$ ni topib ham ishonch hosil qilish mumkin, ya'ni $\dot{U}_{Yu} = \dot{U}_0 - j(X_S - X_K)\dot{I}_{Yu} - R_S \dot{I}_{Yu}$. $\dot{U}_{Yu}$ kuchlanishning ortishi induktiv qarshilikdagi kuchlanishni (yoki uning bir qismini) BK sig'im qarshiligidagi kuchlanish pasayishi kompensatsiyalashi natijasida yuz beradi.



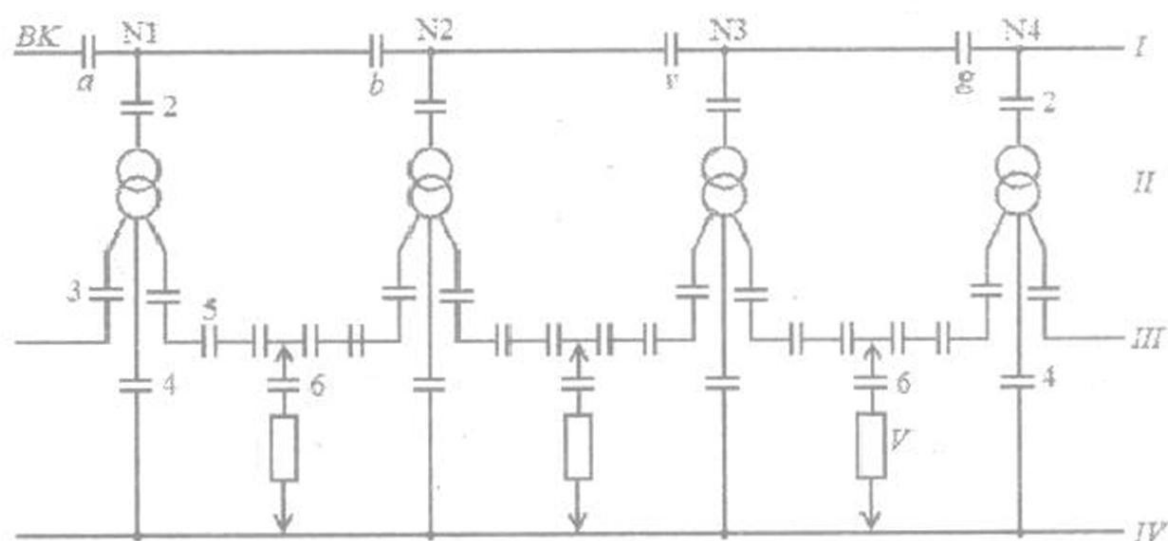
6.15- rasm. Bo'ylama kompensatsiyaning ulanish sxemasi (a) va vektor diagrammalari (b, v): b – BK siz; v – BK bilan

BK ning asosiy vazifasi tizim reaktiv qarshiligini kamaytirish bo'lsa-da, uni qo'llash liniya boshidagi kuchlanish va tok orasidagi faza siljish burchagini ham kamaytiradi, bu esa tizim quvvat koeffitsiyentini oshishiga olib keladi.

BK qurilmasi manba bilan yuklama (elektrovaz) oralig'idagi liniyaning istalgan nuqtasida o'rnatilishi mumkin. BK ning o'rnatilish joyiga qarab uning ishlash sharoiti va yuklama kuchlanishiga ta'siri turlicha bo'ladi 6.16- rasmda BK ni temir yo'l elektr ta'minoti tizimining turli qismlarida joylashish sxemasi keltirilgan. BK qurilmasida kuchlanish sakrashi undan o'tayotgan tokka proporsional. Agar BK orqali bitta yuklama toki o'tayotgan bo'lsa, u holda BK dagi kuchlanish sakrashi shu yuklama tokiga bog'liq bo'ladi. Bunda shuni hisobga olish kerakki, BK qurilmasidan keyindagi kuchlanish shu nuqtaga ulangan elektr uskuna uchun ruxsat etilgan kuchlanishdan yuqori bo'lmasligi lozim.

BK qurilmalari sxemaning a, b, v, g nuqtalarida o'rnatilganda (6.16- rasimga qarang!) ular orqali nimstansiyalar natijaviy toklari o'tadi va mos nimstansiyagacha bo'lgan kuchlanish yo'qolishi

kompensatsiyalanadi. Masalan, BK qurilmasi v nuqtada o'rnatilganda liniyaning manbadan N3 nimstansiyagacha bo'lgan uzunlikdagi N3 va N4 nimstansiyalar toklari hisobidan yuzaga keladigan kuchlanish yo'qolishi kompensatsiyalanadi.



6.16- rasm. BK qurilmasini temir yo'l elektr ta'minoti tizimining turli qismlarida joylashish sxemasi:

I – yuqori kuchlanish uzatish liniyasi; *II* – tortuvchi nimstansiyalar; *III* – kontakt tarmog'i; *IV* – relslar; *V* – elektrovozlari

BK tortuvchi nimstansiya kirish shinalari (nuqta 2) da o'rnatilganda esa shu nimstansiya toki hisobidan liniyada yuzaga keladigan kuchlanish yo'qolishini kompensatsiyalaydi. BKning bunday joylashishida boshqa yuklamalar hisobidan BK o'rnatilgan nimstansiyagacha, BK o'rnatilgan nimstansiya yuklamasidan boshqa nimstansiyalargacha bo'lgan uzunlikdagi liniyada kuchlanish yo'qolishlarini kompensatsiyalash imkoniyati bo'lmaydi. Albatta, X_K qiymatini liniyada boshqa nimstansiyalar toklaridan yo'qoladigan kuchlanishni kompensatsiyalaydigan darajada kattaroq tanlash mumkin. Ammo boshqa yuklamalar bo'lganda (yoki ularning kichik qiymatlarida) BK qurilmasi o'rnatilgan nimstansiya yuklamasi ortganda undagi kuchlanish ruxsat etilgan miqdor (29 kV) dan ortib ketishi mumkin.

BK qurilmalari sxemaning nuqta 3 (kontakt tarmog'ini ta'minlovchi fider)larida o'rnatilganda liniyadagi kuchlanish yo'qolishidan tashqari BK qurilmasi o'rnatilgan fider zonadagi toklar hisobidan tortuvchi nimstansiya transformatorlarida yo'qoladigan kuchlanishni kompensatsiyalashi mumkin. Agar

tortuvchi nimstansiyalarda bir fazali transformatorlardan foydalanilayotgan bo'lsa, u holda BK qurilmasi so'ruvchi (qaytuvchi) sim(nuqta 4)da o'rnatilishi mumkin.

BK qurilmasi uch fazali transformator orqada qoluvchi fazasida o'rnatilganda teskari ketma-ketlikli kuchlanishni oshiradi. BK qaytuvchi fiderda o'rnatilganda to'g'ri ketma-ketlikli kuchlanish yo'qolishi keskin kamayadi, shu bilan birga teskari ketma-ketlikli kuchlanish ortadi. Hisoblashlar shuni ko'rsatadiki, BK qurilmasini qaytuvchi fiderda o'rnatilishi to'g'ri ketma-ketlikli kuchlanish yo'qolishiga deyarli ta'sir ko'rsatmaydi va faqat

$X_K = \frac{1}{3} X_{\Sigma 2}$ bo'lganda nimstansiya shinasidagi kuchlanishni simmetriyalaydi (bu yerda $X_{\Sigma 2}$ - tizimning teskari ketma-ketlikli tokka qarshiligi) yoki to'g'ri ketma-ketlikli kuchlanish yo'qolishini

kompensatsiyalaydi, ammo $X_K = \frac{2}{3} X_{\Sigma 1}$ bo'lganda teskari ketma-ketlikli kuchlanishni ikkidan ko'proq marta oshirib yuboradi (bu yerda $X_{\Sigma 1}$ - tizimning to'g'ri ketma-ketlikli tokka qarshiligi).

BK qurilmalari tortuvchi nimstansiya yelkalarining orqada qoluvchi va ilgarilovchi fazalarida o'rnatilganda va $X_K = \frac{2}{3} X_{\Sigma 1}$ bo'lganda to'g'ri ketma-ketlikli kuchlanish yo'qolishi amalda to'liq kompensatsiyalanadi. Shu bilan birga, BK qurilmasidan keyingi kuchlanish tarkibida teskari ketma-ketlikli kuchlanishning ortib ketish effekti kuzatilmaydi.

Shunday qilib, BK qaytuvchi fiderda va nimstansiya ikkala yelkalarida o'rnatilgan sxemalarni o'zaro taqqoslab aytish mumkinki, to'g'ri ketma-ketlikli kuchlanish yo'qolishini eng kichik qiymatgacha kamaytirish maqsadida X_K qarshilik

$X_K = \frac{2}{3} X_{\Sigma 1}$ munosabatda tanlanganda, ikkala sxema ham

elektrovozlarga bir xil ta'sir ko'rsatadi. Ikkala sxemadagi BK qurilmalarining elektr energiyasi sifat ko'rsatkichlariga ta'sirini

o'zaro taqqoslash BK qaytuvchi fiderda $X_K = \frac{1}{3} X_{\Sigma 2}$ mezon bilan,

ikkala yelkadagi BK lar $X_K = \frac{2}{3} X_{\Sigma 1}$ mezon bilan o'rnatilganda ma'noga ega bo'ladi.

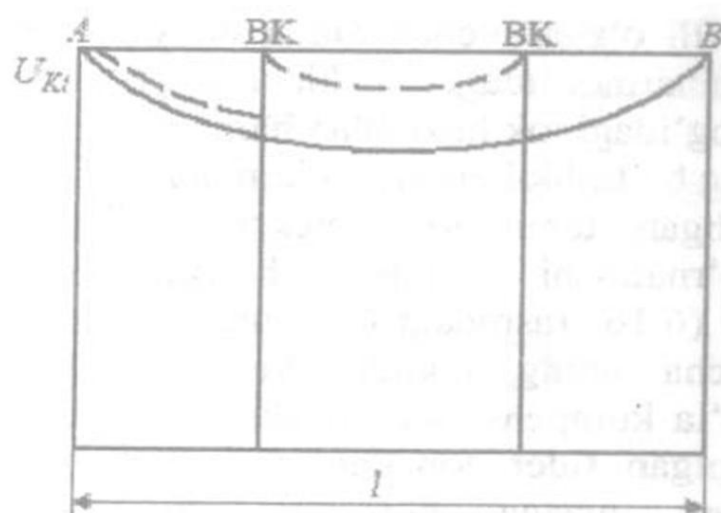
BK qurilmasi qaytuvchi fiderda o'rnatilgan sxemani $X_K = \frac{1}{3} X_{\Sigma 2}$ shart bajarilgandagini qo'llash maqsadga muvofiq bo'ladi. Bunda BK qurilmasi undan keyingi kuchlanishlarni sezilarli darajada simmetriyalaydi va to'g'ri ketma-ketlikli kuchlanishni kam kompensatsiyalaydi. Bu sxema $X_K = \frac{2}{3} X_{\Sigma 1}$ bo'lganda BK dan keyingi kuchlanish tarkibidagi teskari ketma-ketlikli tashkil etuvchilarni oshishiga sababchi bo'ladi, ammo to'g'ri ketma-ketlikli kuchlanish yo'qolishini deyarli to'la kompensatsiyalaydi va tortish tarmog'idagi elektr energiyasi sifat ko'rsatkichlariga kam ta'sir etadi.

BK qurilmalari tortuvchi nimstansiya ikkala yelkalari fazalarida o'rnatilgan sxema to'g'ri ketma-ketlikli kuchlanish yo'qolishini samarali kompensatsiyalaydi, teskari ketma-ketlikli kuchlanish rejimiga deyarli ta'sir ko'rsatmaydi hamda elektr energiya sifat ko'rsatkichlariga samarali ta'sir ko'rsatadi.

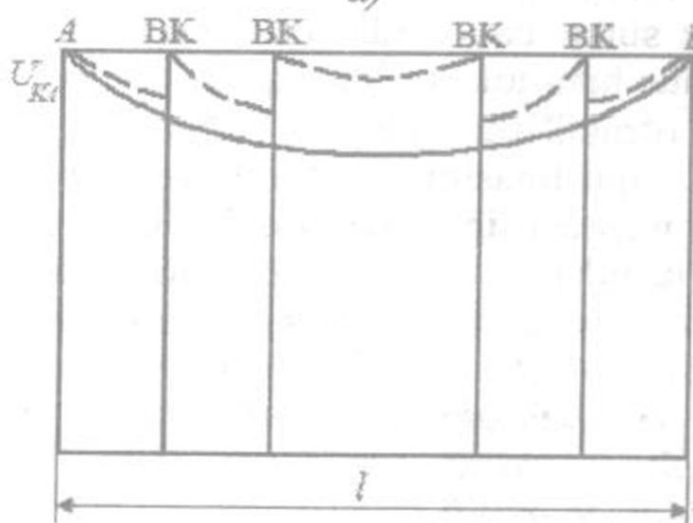
Agar bir fazali transformatorlar ochiq uchburchak sxemasida foydalanilayotgan bo'lsa, har bir transformatoridagi kuchlanish yo'qolishi BK qurilmalarini fiderlarda o'rnatib kompensatsiyalanadi. Bunda Y/Δ sxemada transformatorlar chulg'amlaridagi o'zining fider tokidan yuzaga keladigan kuchlanish yo'qolishini kompensatsiyalash mumkin. Yondosh fider zona yuklamasidan yuzaga keladigan kuchlanish yo'qolishi esa kompensatsiyalanmay qoladi. Shuning uchun ham BK qurilmasini qaytuvchi fiderda o'rnatish yondosh fider zonalarini toklaridan yuzaga keladigan kuchlanish yo'qolishlarini kompensatsiyalash imkonini beradi, natijada ular kuchlanishlari simmetriyasi ta'minlanadi.

Kuchlanish yo'qolishini kompensatsiyalash maqsadida BK qurilmalari kontakt tarmog'i bo'ylab tarqoq holda o'rnatilishi ham mumkin (6.16- rasmdagi 5- nuqtalar). Bunda kontakt tarmog'ining BK o'rnatiladigan qismi seksiyalanadi va seksiyalash ajratkichi BK qurilmasi bilan shuntlanadi.

Agar A va B tortuvchi nimstansiyalar orasidagi uzunligi l bo'lgan fider zonada yuklamalar tekis taqsimlangan, deb qabul qilinsa, u holda BK qurilmalari kontakt tarmog'ida o'rnatilmagan holat uchun kuchlanishni fider zona bo'ylab o'zgarishi parabola ko'rinishda bo'ladi (6.17- rasm).



a)



b)

6.17- rasm. BK qurilmalari kontakt tarmog'i bo'ylab tarqoq joylashgan va fider zonada yuklamalar tekis taqsimlangan holat uchun kontakt tarmog'i kuchlanishini fider zona bo'ylab o'zgarishi: *a* – 2 ta BK da; *b* – 4 ta BK da; uzluksiz egri chiziqlar BK o'rnatilmagan holat uchun; uzlukli chiziqlar BK o'rnatilgan holat uchun

O'rnatilgan BK qurilmalari sonining ortib borishiga qarab bu egri chiziq tekislana boradi (6.17- rasm, *a* da BK qurilmalari soni 2 ta, 6.17- rasm, *b* da esa – 4 ta).

6.17- rasmdagi grafiklardan ko'rinadiki, elektrovoz BK qurilmasidan o'tayotganda kuchlanish o'z qiymatini sakrab o'zgartiradi. Bu sakrash X_K qancha katta bo'lsa, shuncha katta qiymatga teng bo'ladi. Shuning uchun ham X_K qiymati tanlanayotganda elektrovoz kuchlanishining ruxsat etilgan sakrab o'zgarish qiymatini inobatga olish zarur bo'ladi.

Ikkita yo'lli o'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkalarida bitta yo'l kontakt tarmog'idagi kuchlanish yo'qolishi boshqa yo'l kontakt tarmog'idagi tok hisobidan ham yuzaga keladi. Kuchlanish yo'qolishining bu tashkil etuvchisi kompensatsiyalanmaydi.

Elektrlashgan temir yo'l elektr ta'minoti tizimining BK qurilmasi o'rnatilishi mumkin bo'lgan so'nggi joyi –bu elektrovozdir (6.16- rasmdagi 6- nuqtalar). Bu holatda manbadan elektrovozgacha uning tokidan yuzaga keladigan kuchlanish yo'qolishi to'la kompensatsiyalanishi mumkin. Bunda elektrovoz harakatlanayotgan fider zonadagi va yondosh fider zonalaridagi yuklamalardan yuzaga keladigan kuchlanish yo'qolishlari kompensatsiyalanmaydi.

Elektrovoz sutka davomida to'xtovsiz harakatda bo'lmasligi va shuning uchun ham tok iste'mol qilmasligi bois, BK qurilmasini elektrovozda o'rnatilishi yuqori samara bermaydi. Bundan tashqari, BK qurilmasini elektrovozda o'rnatilishi gabarit o'lchamlari va massasi jihatidan noqulayliklar tug'diradi. Shuning uchun ham bu usuldan amalda juda kam foydalaniladi.

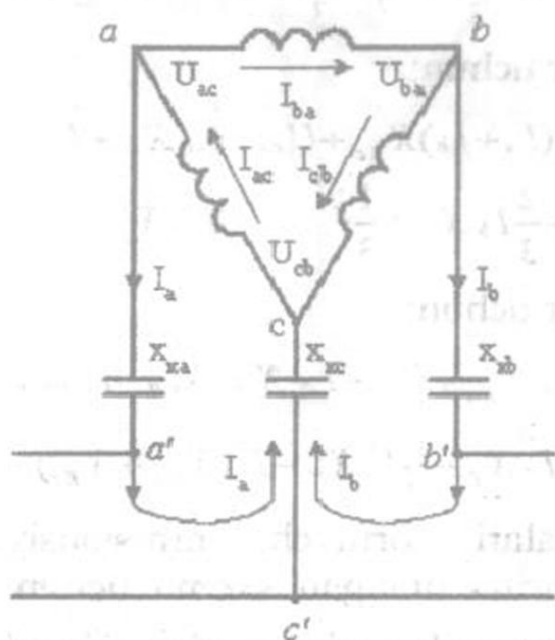
BK ning muhim afzalligi shundan iboratki, unda kuchlanish yo'qolishining reaktiv tashkil etuvchisi kompensatsiyasi avtomatik va noinersion ravishda amalga oshiriladi. BK ning bu xususiyati tez va tasodifiy o'zgarib turadigan tortish yuklamasi uchun ayniqsa muhim hisoblanadi.

BK qurilmasi elektrovoz va notortuvchi iste'molchilar kuchlanishlaridagi yuqori garmonikalarga ham ta'sir ko'rsatadi. Ta'minlash manbasida kuchlanish sinusoidal bo'lganda ham tizimdagi nochiziqli element (ferromagnit o'zakli transformatorlar, po'latdan yasalgan relslar va hokazo)lar ta'sirida zanjirdagi toklar tarkibida asosiy garmonikadan tashqari yuqori chastotali garmonikalar paydo bo'ladi. Bu toklar tizimda nosinusoidal kuchlanish pasayishini hosil qiladi. Elektr ta'minoti tizimining induktiv qarshiligi undan o'tayotgan tok chastotasiga to'g'ri proporsional. Demak, garmonika tartibining ortib borishi bilan tizim induktiv qarshiligi ortib boradi. Sig'im qarshilik esa chastotaga teskari proporsional ravishda o'zgaradi. Shuning uchun ham zanjirga BK qurilmasining ulanishi uning istalgan garmonikaga bo'lgan reaktiv qarshiligini kamaytiradi.

6.18- rasmda Y/Δ sxemada ulangan (birlamchi chulg'amlari rasmda keltirilmagan) tortuvchi nimstansiya transformatori ikkilamchi tomoniga BK qurilmalarini ulanish sxemasi keltirilgan.

Unda X_{Ka} , X_{Kb} , X_{Kc} - kondensatorlar batareyalari sig'imi qarshiliklari; U_{ac} , U_{cb} , U_{ba} - kondensator batareyalari ulangandan keyingi kuchlanishlar.

Ko'rilayotgan zanjir uchun Kirxgof 1- qonuni asosida quyidagi tenglamalar sistemasini tuzamiz:



6.18- rasm. Tortuvchi nimstansiyaning ta'minlovchi va qaytuvchi fiderlarida BK qurilmalarini ulanish sxemasi

$$\left. \begin{aligned} I_{ba} + I_{ac} + I_{cb} &= 0, \\ -I_{ba} + I_{ac} + 0 \cdot I_{cb} &= I_a, \\ I_{ba} + 0 \cdot I_{ac} - I_{cb} &= I_b. \end{aligned} \right\} \quad (6.55)$$

Yuqoridagi sistemani I_{ba} , I_{ac} va I_{cb} toklarga nisbatan yechib:

$$\left. \begin{aligned} I_{ba} &= -\frac{1}{3}I_a + \frac{1}{3}I_b, \\ I_{ac} &= \frac{2}{3}I_a + \frac{1}{3}I_b, \\ I_{cb} &= -\frac{1}{3}I_a - \frac{2}{3}I_b. \end{aligned} \right\} \quad (6.56)$$

Tegishli konturlar uchun Kirxgof 2- qonuni asosida quyidagi tenglamalarni tuzamiz:

$a'abb'$ kontur uchun:

$$\begin{aligned}\dot{U}_{a'b'} &= -\dot{I}_b X_{Kb} + \dot{U}_{ab} - \dot{I}_{ba} X_T + \dot{I}_a X_{Ka} = \\ &= \dot{U}_{ab} + \frac{1}{3} \dot{I}_a X_T - \frac{1}{3} \dot{I}_b X_T - \dot{I}_b X_{Kb} + \dot{I}_a X_{Ka},\end{aligned}\quad (6.57)$$

$c'cbb'$ kontur uchun:

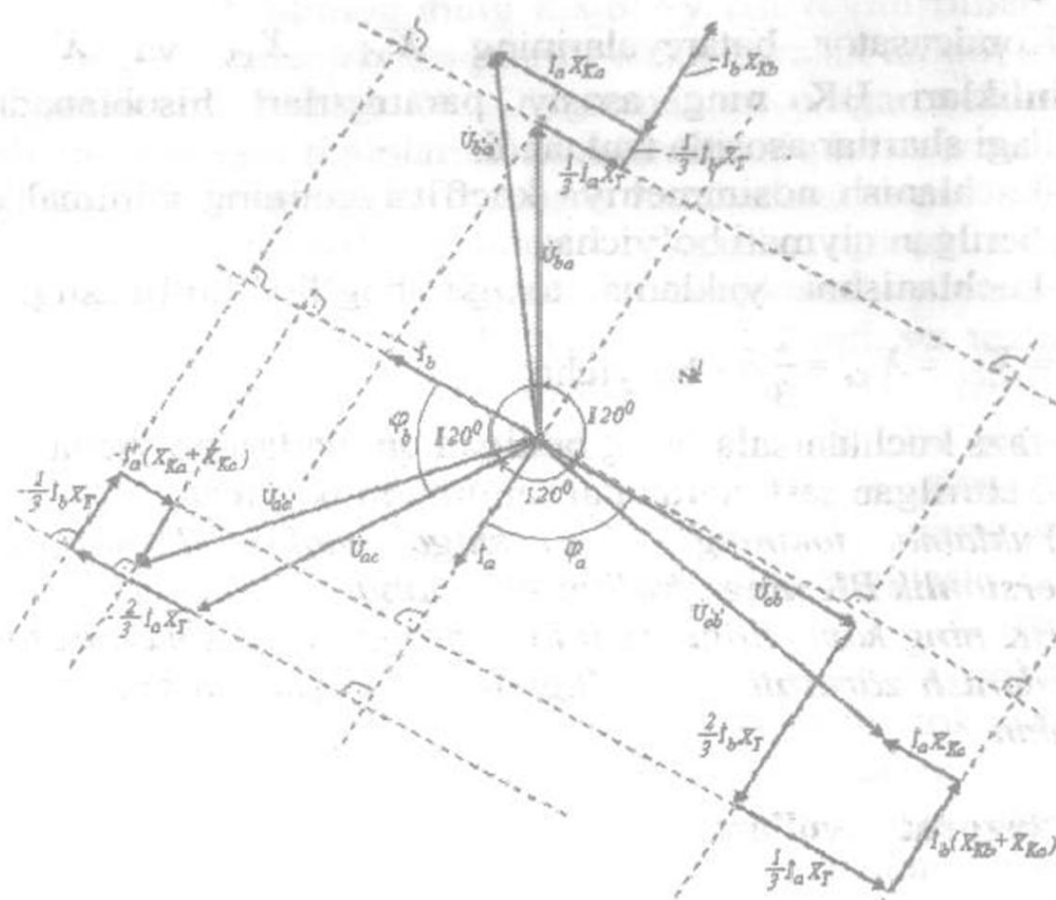
$$\begin{aligned}\dot{U}_{c'b'} &= (\dot{I}_a + \dot{I}_b) X_{Kc} + \dot{U}_{cb} - \dot{I}_{cb} X_T + \dot{I}_b X_{Kb} = \\ &= \dot{U}_{cb} + \frac{2}{3} \dot{I}_b X_T + \frac{1}{3} \dot{I}_a X_T + \dot{I}_b (X_{Kb} + X_{Kc}) + \dot{I}_a X_{Kc},\end{aligned}\quad (6.58)$$

$a'acc'$ kontur uchun:

$$\begin{aligned}\dot{U}_{a'c'} &= -\dot{I}_a X_{Ka} + \dot{U}_{ac} - \dot{I}_{ac} X_T - (\dot{I}_a + \dot{I}_b) X_{Kc} = \\ &= \dot{U}_{ac} - \frac{2}{3} \dot{I}_a X_T - \frac{1}{3} \dot{I}_b X_T - \dot{I}_a (X_{Ka} + X_{Kc}) - \dot{I}_b X_{Kc}.\end{aligned}\quad (6.59)$$

BK qurilmalari tortuvchi nimstansiya ta'minlovchi va qaytuvchi fiderlarida ulangan sxema uchun vektor diagrammani $\dot{U}_{ab}$, $\dot{U}_{ac}$, $\dot{U}_{cb}$ simmetrik kuchlanishlar vektorlari tizimini kompleks tekislikda o'zaro 120° siljigan holatda qurishdan boshlaymiz (6.19-rasm). $\dot{U}_{a'b'}$, $\dot{U}_{c'b'}$ va $\dot{U}_{a'c'}$ kuchlanishlar vektorlarini (6.57) – (6.59) tenglamalar asosida quramiz. Bundan avval $\dot{I}_a$ tok vektorini $\dot{U}_{cb}$ kuchlanish vektoridan φ_a burchakka, $\dot{I}_b$ tok vektorini esa $\dot{U}_{ac}$ kuchlanish vektoridan φ_b burchakka orqada qolgan holatda quramiz. $\dot{U}_{a'b'}$, $\dot{U}_{c'b'}$ va $\dot{U}_{a'c'}$ kuchlanishlar vektorlarini qurish tartibini $\dot{U}_{c'b'}$ kuchlanish vektorini (6.58) tenglama asosida $\dot{U}_{c'b'}$ kuchlanish vektorini qurish misolida ko'rib chiqamiz. $\dot{I}_b$ tokni transformator cb chulg'amida hosil qilgan $\frac{2}{3} \dot{I}_b X_T$ kuchlanish pasayishi induktiv xarakterga ega bo'lganligi sababli uni $\dot{I}_b$ tok vektoridan 90° ga ilgarilagan holatda $\dot{U}_{ac}$ kuchlanish vektorining oxiriga qo'yamiz. $\dot{I}_a$ tokni transformator cb chulg'amida hosil qilgan $\frac{1}{3} \dot{I}_a X_T$ kuchlanish pasayishi ham induktiv xarakterli

bo'lganligi bois uni ham $\dot{I}_a$ tok vektoridan 90° ga ilgarilagan $\frac{2}{3}\dot{I}_b X_T$ holatda $\frac{1}{3}\dot{I}_a X_T$ vektor oxiriga quramiz. $\dot{I}_b$ tokni BK qurilmalari X_{Kb} va X_{Kc} sig'im qarshiliklarida hosil qilgan



6.19- rasm. BK qurilmalari tortuvchi nimstansiya shinalarida ulangan sxema uchun vektor diagramma

$\dot{I}_b(X_{Kb} + X_{Kc})$ kuchlanish pasayishi vektori $\dot{I}_b$ tok vektoridan 90° ga orqada qoladi va uni ham $\frac{1}{3}\dot{I}_a X_T$ vektor oxiriga quramiz. $\dot{I}_a$ tokni X_{Kc} sig'im qarshilikda hosil qilgan kuchlanish pasayishi $\dot{I}_a X_{Kc}$ vektori ham $\dot{I}_a$ tok vektoridan 90° ga orqada qolgan holatda $\dot{I}_b(X_{Kb} + X_{Kc})$ vektori oxiriga ulanadi. $\dot{U}_{ba}$ kuchlanish vektorining boshini $\dot{I}_a X_{Kc}$ kuchlanish pasayishi vektori oxiri bilan ulovchi vektor $\dot{U}_{cb}$ vektorni tashkil etadi.

Agar zanjirning aktiv qarshiligi hisobga olinmasa, u holda uning induktiv qarshiliklaridagi kuchlanish pasayishlari BK qurilmalari sig'im qarshiliklaridagi kuchlanish pasayishlari bilan to'la kompensatsiyalanganda tortuvchi nimstansiya shinalaridagi kuchlanish yuklamaga bog'liq bo'lmaydi va salt ish kuchlanishiga teng bo'ladi.

Kondensator batareyalarining X_{Ka} , X_{Kb} va X_{Kc} sig'im qarshiliklari BK ning asosiy parametrlari hisoblanadi. Ular quyidagi shartlar asosida tanlanadi:

-kuchlanish nosimmetriya koeffitsiyentining minimal qiymati yoki berilgan qiymati bo'yicha;

-kuchlanishni yuklama tokiga bog'liq bo'lmasligi sharti:

$$X_{Ka} = X_{Kb} = X_{Kc} = \frac{1}{3} X_T \text{ bo'yicha;}$$

-faza kuchlanishlarining berilgan qiymatlari bo'yicha;

-keltirilgan sarf-xarajatlar minimumi bo'yicha.

Yuklama tokining o'zgarishiga maksimal sezgirligi va noinersionlik BK ning afzalligi hisoblanadi.

BK ning kamchiligi sifatida katta quvvatli kondensatorlardan foydalanish zarurati mavjudligi va narxi yuqoriligini aytib o'tish mumkin.

Nazorat savollari

1. Elektrlashgan temir yo'llar elektr ta'minoti tizimida kuchlanish qiymatini kamayishi qanday salbiy oqibatlarga olib keladi? 2. Elektrlashgan temir yo'llar elektr ta'minoti tizimida nosimmetrik rejim qanday salbiy oqibatlarga olib keladi? 3. Elektrlashgan temir yo'llar elektr ta'minoti tizimida tok va kuchlanishlar nosinusoidalligi qanday salbiy oqibatlarga olib keladi? 4. Elektr energiyasi sifat ko'rsatkichlari qanday parametrlar bilan baholanadi? 5. Kuchlanish sifati qanday parametrlar bilan baholanadi? 6. Kuchlanish qiymatining og'ishi nima va uning ruxsat etilgan chegaraviy qiymati qancha? 7. Kuchlanish o'zgarishining ko'lam δU , va fliker miqdori P_f bilan tavsiflanuvchi kuchlanish tebranishi nima? 8. Fliker nima? 9. Kuchlanish o'zgarishi shaklining nosinusoidalligi qanday koeffitsiyent bilan tavsiflanadi? 10. Kuchlanish nosimmetriyasi deganda nimani tushunasiz va u qanday koeffitsiyentlar bilan baholanadi? 11. Kuchlanish yo'qolib qolishi (barbod bo'lishi)

deganda nimani tushunasiz? 12. Kuchlanish impulsi nima? 13. Vaqtinchalik o'ta kuchlanish deganda nimani tushunasiz? 14. Chastota og'ishi nima va u qanday me'yorlangan? 15. Kontakt tarmog'idagi kuchlanish miqdori qanday omillarga bog'liq bo'ladi? 16. Tortish tarmog'ining majburiy ish rejimi nima? 17. Tortish tarmog'i kuchlanishi miqdorini elektr harakat tarkibi ishiga ta'sirini tushuntirib bering! 18. O'zgaras va o'zgaruvchan tok tortish elektr ta'minoti tizimlarida kuchlanish miqdori normalarini keltiring! 19. Nimstansiyalararo zonada harakatlanayotgan poyezd pantografidagi kuchlanish miqdori o'zgarib turishi qanday omillarga bog'liq? 20. Kuchlanish miqdorini poyezdning o'zgaruvchan tok fider zonasi bo'ylab o'tish vaqti va tezligiga ta'siri qanday o'ziga xos xususiyatlarga ega? 21. Tortuvchi nimstansiya shinalarigacha bo'lgan kuchlanish yo'qolishini aniqlash uchun tortish tarmog'ini ta'minlash va almashlash sxemalarini chizing va izohlang! 22. Tortuvchi nimstansiya shinalarigacha bo'lgan kuchlanish yo'qolishini aniqlash uchun vektor diagrammani chizing va izohlang! 23. Tortuvchi nimstansiya chap va o'ng yelkalaridagi kuchlanish yo'qolishini aniqlash formulalarini yozing! 24. O'zgaruvchan tok tortish tarmog'idagi energiya rekuperatsiyasi jarayonida reaktiv energiya tortish rejimidagi yo'nalishini saqlab qolish sabablarini ayting! 25. Tortuvchi nimstansiyadagi quvvat isrofini qanday usullar yordamida hisoblash mumkin? 26. Nosimmetrik yuklamali tortuvchi nimstansiyadagi quvvat isroflarini hisoblash formularini yozing! 27. Nosimmetrik yuklamali elektr uzatish liniyalaridagi quvvat isroflarini hisoblashga doir sxemani chizing! 28. Nosimmetrik yuklamali elektr uzatish liniyalaridagi quvvat isroflarini hisoblash formularini yozing! 29. Elektr energiyasi sifat ko'rsatkichlarini oshirishning passiv usullariga qanday usullar kiradi? 30. Elektr energiyasi sifat ko'rsatkichlarini oshirishning aktiv usullariga qanday usullar kiradi? 31. Transformatorlar yordamida kuchlanishni rostlash qanday amalga oshiriladi? 32. Ko'ndalang kompensatsiya nima? 33. Bo'ylama kompensatsiya qurilmasini temir yo'l elektr ta'minoti tizimining turli qismlarida joylashish sxemasini keltiring va izohlab bering! 34. Ko'ndalang va bo'ylama kompensatsiya usullarini o'zaro qiyosiy taqqoslang!

7 - BOB. TORTISH ELEKTR TA'MINOTI TIZIMI PARAMETRLARINI TANLASH

7.1. Umumiy ma'lumotlar

Tortish elektr ta'minoti tizimining asosiy parametrlariga nimstansiyalar soni, ular orasidagi masofa, quvvati (agregatlar soni va quvvati) va kontakt tarmog'i simlarining kesimi kiradi. Tortish elektr ta'minoti tizimini elektr hisobida yuqorida qayd etilgan parametrlarni aniqlashdan tashqari, elektr energiyasi bilan ta'minlash sxemasini tanlash, kontakt tarmog'ini seksiyalash postlari va parallel ulash punktlari joylarini tanlash, tashqi elektr ta'minoti va qisqa tutashish toklaridan himoyalash sxemalarini tanlash va hisoblash ko'zda tutiladi.

Tortish elektr ta'minoti tizimi parametrlarini tanlash o'ta murakkab masala hisoblanadi. Bu parametrlarni tanlashda uni iqtisodiy baholash muhim ahamiyat kasb etadi. Tortish elektr ta'minoti tizimini hisoblash natijalariga ko'ra temir yo'lni elektrlashtirishning to'la loyihasi amalga oshiriladi. Ushbu loyiha asosida katta hajmli qurilish-montaj ishlari rejalashtiriladi va amalga oshiriladi.

Tortish elektr ta'minoti tizimini loyihalashda kapital qo'yilmalarning eng yuqori samaradorligini ta'minlash asosiy tamoyil (mezon) hisoblanadi.

Tortish elektr ta'minoti tizimida yuklamalar kattaligi va koordinatasini o'zgarib turishi ularni hisoblash masalasini qiyinlashtiradi, chunki bunday hollarda statsionar yuklamali tizimlarni hisoblash usullaridan foydalanib bo'lmaydi. Bu xususiyat tortuvchi nimstansiya transformatorlarini tanlashda yaqqol namoyon bo'ladi. Chunki, tortish tarmog'idagi boshqa elektrotexnik qurilma (masalan, to'g'irlagich yoki invertor)lardan qizish vaqt doimiysi τ ning kattaligi va o'zgaruvchan yuklamada transformator izolatsiyasi o'z xususiyatini muntazam yo'qotib borishi (eskirishi) bilan keskin farq qiladi. Bu holat transformator quvvatini tanlash jarayonini murakkablashtiradi. Bu jarayonni soddalashtirish maqsadida murakkab, foydalanishda noqulay bo'lgan empirik formulalarni approksimatsiyalash yo'li bilan muhandislik hisoblashlarda qulay bo'lgan soddaroq formulalar hosil qilinadi.

Tortish elektr ta'minoti tizimini bir-biridan tortuvchi nimstansiyalar soni va ularning o'zaro joylashishi, ta'minlash sxemalarining turi, elektr uzatish liniyasi va kontakt tarmog'i simlari ko'ndalang kesim yuzalari va boshqa texnik parametrlari bilan farq qiluvchi bir nechta variantlarini loyihalash mumkin. Bunda ularning texnik imkoniyatlari, ya'ni poyezdlar harakat o'lchamlari, temir yo'lining o'tkazish va tashish qobiliyati, tizimning ishlashda ishonchliligi va yana boshqa parametrlari bo'yicha deyarli bir xil bo'lishi mumkin. Bunday holatlarda variantlar iqtisodiy mezonlar bo'yicha tanlanadi. Kapital qo'yilmalar va yillik sarf-xarajatlar eng kam bo'lgan variant maqsadga muvofiq deb topiladi.

Taqqoslanayotgan variantlarning iqtisodiy samaradorlik mezoni sifatida quyidagi formuladan foydalaniladi:

$$(K_2 - K_1)/(C_1 - C_2) = T_{1,2}, \quad (7.1)$$

bu yerda K_1, K_2 - taqqoslanayotgan variantlar kapital qo'yilmalari, so'm; C_1, C_2 - shu variantlar yillik sarf-xarajatlari, so'm/yil.

(7.1) nisbat vaqt o'lchovi (yil) da o'lchanib, xarajatlarni qoplash muddati deb ataladi, ya'ni u qancha muddatda ikkinchi variant bo'yicha ortiqcha sarflangan kapital qo'yilmalar yillik sarf-xarajatlar kamayishi hisobidan qoplanishini ko'rsatadi. (7.1) formula quyidagi ko'rinishda ham ifodalanadi:

$$(C_1 - C_2)/(K_2 - K_1) = \frac{1}{T_{1,2}} = E_{1,2}. \quad (7.2)$$

$E_{1,2}$ kattalik samaradorlik koeffitsiyenti deb ataladi.

Agar $T_{1,2}$ yoki $E_{1,2}$ kattaliklar qiymatlari ularning me'yoriy qiymatlari T_m yoki E_m larga mos ravishda teng bo'lsa, u holda o'zaro taqqoslanayotgan variantlar teng baholi (teng kuchli) deb hisoblanadi. Temir yo'l transporti uchun $T_m = 10$ yil va unga mos ravishda $E_m = 0,10$. Energetik tizimlarni qurishda esa $T_m = 8$ yil va $E_m = 0,12$.

Narxi qimmatroq variantni foydalilik sharti $T_{1,2} < T_m$ yoki $E_{1,2} > E_m$.

(7.2) ifodani tegishlicha o'zgartirib, quyidagini hosil qilamiz:

$$K_1 E_{1,2} + C_1 = K_2 E_{1,2} + C_2. \quad (7.3)$$

Tenglikning har bir tomoni keltirilgan yillik sarf-xarajatlar deb ataladi, ya'ni

$$C_k = C + KE_m. \quad (7.4)$$

(7.4) ifoda haqiqiy yillik sarf-xarajatlar va T_m yiliga taqsimlangan kapital qo'yilma qismi yig'indisini tavsiflaydi. Keltirilgan yillik sarf-xarajatlar quyidagi formula yordamida ham aniqlanish ham mumkin:

$$C_k = C_{eks} + \alpha K + KE_m = C_{eks} + (\alpha + E_m)K, \quad (7.5)$$

bu yerda C_{eks} — ko'rib chiqilayotgan variant uchun yillik ekspluatatsion sarf-xarajatlar; α — amortizatsion ajratmalar.

Ayrim hollarda izlanayotgan parametr juda ko'p qiymatlarga teng bo'lib chiqishi va yuqorida keltirilgan usul yordamida qulay variantni tanlash imkoni bo'lmay qolishi mumkin. Elektr energiyasi uzatilayotgan simlar optimal kesimini tanlash bunga yaqqol misol bo'la oladi.

Yillik chiqim (sarf-xarajat)lar quyidagi tashkil etuvchilarga ajratiladi:

$$Ch_i = Ch_m + Ch_{kt} + Ch_{yo.q} \quad (7.6)$$

bu yerda Ch_m — tortuvchi nimstansiyadagi chiqimlar, so'm; Ch_{kt} — kontakt tarmog'idagi chiqimlar, so'm; $Ch_{yo.q}$ — yordamchi qurilmalardagi chiqimlar, so'm.

Tortuvchi nimstansiyadagi chiqimlar o'z navbatida quyidagi chiqimlarni o'z ichiga oladi:

$$Ch_m = Ch_{m.x} + Ch_{m.a} + Ch_{m.\Delta W} \quad (7.7)$$

bu yerda $Ch_{m.x}$ — tortuvchi nimstansiyaga xizmat ko'rsatishdagi chiqimlar, so'm; $Ch_{m.a}$ — amortizatsion ajratmalarga chiqimlar, so'm; $Ch_{m.\Delta W}$ — tortuvchi nimstansiyadagi elektr energiyasi isrofi bilan bog'liq bo'lgan chiqimlar, so'm.

Amortizatsion ajratmalar quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$Ch_{m.a} = E_{m.a} K_m \quad (7.8)$$

bunda $E_{m.a}$ — nimstansiyalar bo'yicha amortizatsion ajratmalar me'yori, %; K_m — tortuvchi nimstansiya qurilishiga sarf etiladigan kapital xarajatlar, so'm.

Tortuvchi nimstansiyadagi elektr energiyasi isrofi bilan bog'liq bo'lgan chiqimlarni quyidagi formula bilan hisoblash mumkin:

$$Ch_{m,\Delta W} = 8760 \Delta P_{sh} \beta_e, \quad (7.9)$$

bu yerda 8760 – bir yildagi soatlar soni; ΔP_{sh} – reaktiv quvvat iqtisodiy ekvivalentini hisobga olgan holdagi shartli quvvat isrofi, kW; β_e – elektr energiyasi narxi, so'm/kW·h.

Simmetrik yuklama uchun:

$$\Delta P_{sh} = n_t (\Delta P_{s,ish} + k_{yukl} \Delta Q_{s,ish}) + \frac{k_{yukl}^2}{n_t} (\Delta P + \Delta Q), \quad (7.10)$$

bu yerda n_t – tortuvchi nimstansiyadagi transformatorlar soni; $\Delta P_{s,ish}$, $\Delta Q_{s,ish}$ – transformatorning salt ish rejimidagi mos ravishda aktiv va reaktiv quvvat isroflari, kW, kvar; ΔP , ΔQ – transformator yuklama rejimidagi aktiv va reaktiv quvvat isroflari, kW, kvar; k_{yukl} – transformator yuklanish koeffitsiyenti.

Kontakt tarmog'idagi yillik chiqimlar:

$$Ch_{kt} = Ch_{kt,a} + Ch_{kt,\Delta W}, \quad (7.11)$$

bunda $Ch_{kt,a} = E_{kt,a} + K_{kt}$ – amortizatsion ajratmalarga chiqimlar; $E_{kt,a}$ – kontakt tarmog'i bo'yicha amortizatsion chiqimlar me'yori, %; K_{kt} – kontakt tarmog'ini qurish uchun sarflanadigan kapital xarajatlar, so'm; $Ch_{kt,\Delta W} = \beta_e \Delta W_y$ – kontakt tarmog'idagi elektr energiyasi isrofi bilan bog'liq bo'lgan chiqimlar, so'm; ΔW_y – kontakt tarmog'idagi bir yillik elektr energiyasi isrofi, kW·h.

Tortish elektr ta'minoti tizimining loyiha variantlari yillik keltirilgan sarf xarajatlar bo'yicha o'zaro iqtisodiy taqqoslanadi. Taqqoslanayotgan variantlar texnik jihatdan teng baholi bo'lishi lozim. Texnik teng baholilik ko'rsatkichi bo'lib nimstansion zonalarning belgilangan o'tkazish qobiliyatini ta'minlashi xizmat qiladi.

Minimal yillik keltirilgan sarf-xarajatga ega bo'lgan variant optimal variant hisoblanadi, ya'ni:

$$C_{opt} = C_{min}. \quad (7.12)$$

Tortish elektr ta'minoti tizimini hisobi deganda uning solishtirma elektr energiyasi miqdori, tortuvchi nimstansiyalar soni, quvvati va ular orasidagi masofani hisoblash, kontakt osmasi

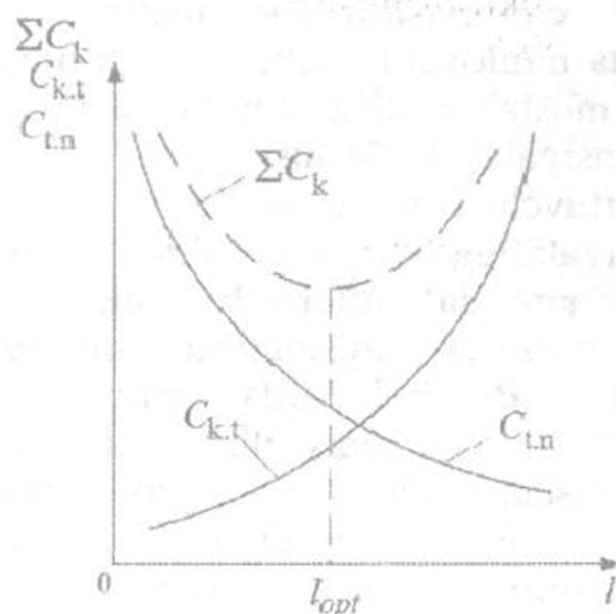
simlari kesimi yuzasini aniqlash hamda seksiyalash postlari va parallel ulanish punktlarining joylashish o'rinlarini aniqlash nazarda tutiladi. Shuning bilan birga elektrlashtirilayotgan temir yo'l uchastkasining haqiqiy o'tkazish qobiliyatiga tortuvchi nimstansiyalar o'zaro optimal joylashtirilgan holat uchun elektr ta'minoti tizimi parametrlari va ko'rsatkichlarining ta'siri baholanadi.

7.2 Tortuvchi nimstansiyalarni o'zaro joylashish variantini tanlash

Tortuvchi nimstansiyalararo masofa tortish elektr ta'minoti tizimining asosiy parametrlaridan hisoblanadi, chunki elektrlashgan temir yo'l ishchi ko'rsatkichlarining aksariyat ko'pchiligi ushbu parametrga bog'liq. Bu masofani kamaytirish alohida tortuvchi nimstansiyalar quvvatini, kontakt tarmog'i va uni ta'minlovchi elektr uzatish liniyalaridagi elektr energiyasi isrofini, kontakt tarmog'i simlari kesimi va kontakt tarmog'i va elektr uzatish liniyalari narxlarini kamaytirish imkonini beradi. Bundan tashqari, fider toklari kamayadi, qisqa tutashish toklari ortadi, bu esa undan himoyalaniшни yengillashtiradi, kontakt tarmog'ining aloqa liniyasi va boshqa past kuchlanishli liniyalarga ta'sirini kamaytiradi. Kontakt tarmog'i qarshiligini kamaytirish tortuvchi nimstansiyalar tashqi xarakteristikalarini tortish yuklamalari taqsimlanishiga ta'sirini oshiradi, ya'ni ko'p yuklangan tortuvchi nimstansiya yuklamasini kamaytirib, kam yuklangan nimstansiya yuklamasini oshiradi. Elektrlashgan temir yo'l uchastkasida tortuvchi nimstansiyalar sonini ko'paytirilishi notortuvchi iste'molchilar elektr ta'minoti sharoitini yaxshilanishiga olib keladi.

Shuning bilan birga uchastkada tortuvchi nimstansiyalar sonining ortishi nimstansiyalar va ularni ta'minlovchi elektr uzatish tizimini qurish xarajatlarini oshishiga olib keladi. Tortuvchi nimstansiyalar sonini oshirish zaxiralash shartlariga ko'ra zaxira quvvatini oshirishni talab etadi. Bu esa tortuvchi nimstansiyalardagi qurilmalardan foydalanish darajasini pasayishiga olib keladi. Bundan tashqari, tortuvchi nimstansiyalar sonini oshirish ularni normal ish rejimini ta'minlash va texnik xizmat ko'rsatish, avtomatika va teleboshqarishga sarflanadigan xarajatlarni keskin ortishiga olib keladi.

Tortuvchi nimstansiyalararo masofani iqtisodiy texnik jihatdan asoslangan optimal qiymatini topish ulardagi qurilmalardan ratsional foydalanish, xarajatlarni minimumga keltirish, elektr energiyasi isrofi va tahchil rangli metallar sarfini iqtisodiy asoslangan minimumga erishish imkonini beradi (7.1- rasm). 7.1- rasmda keltirilgan grafiklar tahlili shuni ko'rsatib turibdiki, $\sum C_k = f(l)$ grafik tortuvchi nimstansiyalararo masofaning optimal qiymatiga mos keluvchi yaqqol minimumga ega.



7.1- rasm. Kontakt tarmog'i va tortuvchi nimstansiyalar qurilishiga sarflanadigan keltirilgan yillik ekspluatatsion xarajatlar C_{kt} va C_{tn} va ular yig'indisi $\sum C_k$ ni tortuvchi nimstansiyalararo masofaga bog'liqlik egri chiziqlari

Umumiy holda tortuvchi nimstansiyalararo masofaning uzaytirilishi kapital qo'yilmalarni kamayishiga olib keladi, ammo bunda yillik ekspluatatsion xarajatlari ortadi.

Tortuvchi nimstansiyalarni o'zaro joylashishiga yangi texnikalarni qo'llanilishi ham ta'sir ko'rsatadi. Yangi tejamkor qurilmalar, elektr ta'minotining ratsional sxemalari, avtomatika va teleboshqaruvni tadbiq etilishi, nimstansiyalarga xizmat ko'rsatuvchi personallarni keskin kamaytirish imkoniyatini yuzaga kelishi va qurilish-montaj ishlarining takomillashtirilishi tortuvchi nimstansiyalar umumiy narxini pasaytiradi va ular orasidagi masofani birmuncha qisqartirish imkonini beradi.

Shuni ta'kidlab o'tish joizki, ayrim yangi texnikalarni tadbiq etilishi tortuvchi nimstansiyalararo masofani nisbatan uzaytirilishiga sharoit tug'diradi. Bunga kuchlanishni avtomatik rostlash, reaktiv quvvatni kompensatsiyalash, elektr energiyasi rekuperatsiyasi va boshqalarni keltirib o'tish kifoya. Shuning uchun ham tortuvchi nimstansiyalararo optimal masofani tanlash texnik-iqtisodiy jihatdan asoslanishi lozim.

Tortuvchi nimstansiyalar joylashishiga tashqi elektr ta'minoti tizimi konfiguratsiyasi va kuchlanish miqdori ham sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Agar elektrlashtirilgan temir yo'l va uni elektr energiyasi bilan ta'minlovchi elektr uzatish liniyalari bir vaqtning o'zida bir-biriga moslab qurilsa, u holda elektr uzatish liniyalarini tortuvchi nimstansiyalar joylashishiga ta'siri sezilarsiz darajada bo'ladi. Agar tortuvchi nimstansiyalar avvaldan mavjud bo'lgan elektr uzatish liniyalariga ulansa, u holda bu ulanish punktlarining narxlari turli variantlarda turlicha bo'ladi. 220 kV kuchlanishli elektr uzatish liniyalariga ulanishda bu xususiyat ayniqsa sezilarli darajada bo'ladi. Bu holatlarda tortuvchi nimstansiyalararo masofalarni uzaytirilishi iqtisodiy jihatdan samaraliroq bo'ladi.

Tortuvchi nimstansiyalarni o'zaro joylashish variantlari ular orasidagi o'rtacha masofa bo'yicha belgilanadi. Bu masofa quyidagi empirik formula asosida aniqlanadi:

$$l_{or} = \frac{W_y}{8760 P_{or}}, \quad (7.13)$$

bu yerda W_y - elektr energiyasining yillik sarfi, kW·h; P_{or} - temir yo'l uchastkasining 1 km uzunlik birligiga to'g'ri keluvchi yillik yuklama quvvatining o'rtacha qiymati, kW/km.

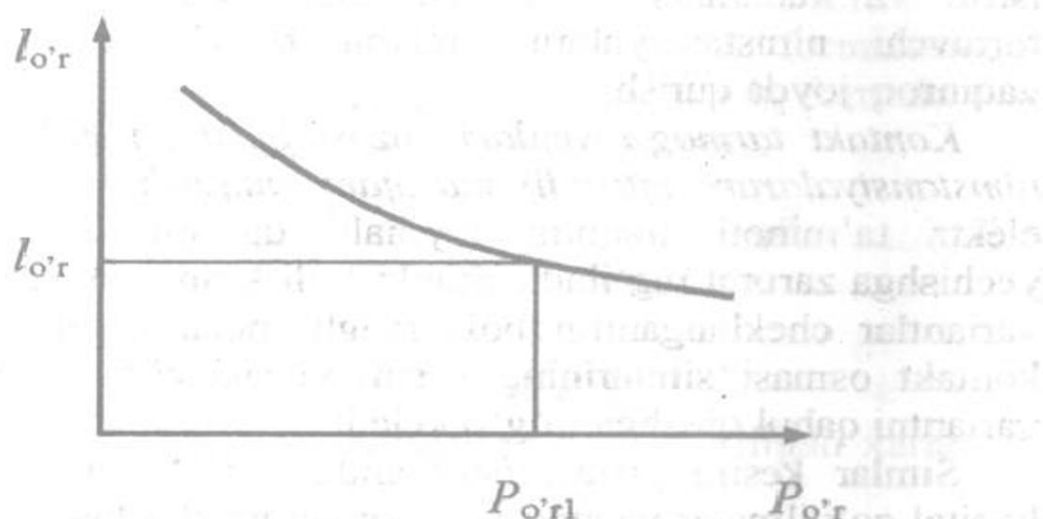
Tortuvchi nimstansiyalar orasidagi o'rtacha masofaning yillik yuklama quvvatining o'rtacha qiymatiga bog'liqlik grafigi 7.2-rasmda keltirilgan.

Ko'rib chiqilayotgan variantlar uchun tortuvchi nimstansiyalar soni quyidagicha aniqlanishi mumkin:

$$n_1 = \frac{L}{l_{or}} + 1, \quad n_2 = n_1 - 1, \quad n_3 = n_1 + 1, \quad (7.14)$$

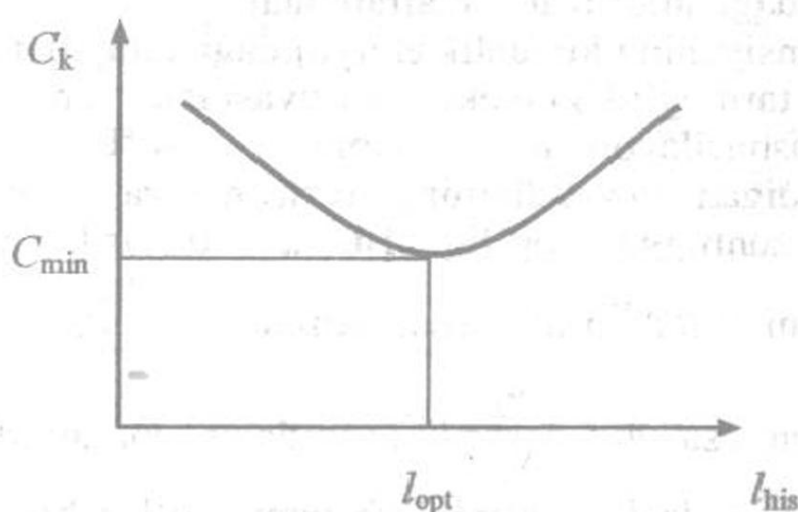
bu yerda L - elektrlashtirilayotgan temir yo'l uchastkasining uzunligi, km.

Aniqlanadigan har bir n uchun tortuvchi nimstansiyalar o'zaro joylashishining bir nechta varianti bo'lishi mumkin. Ushbu variantlardan optimal varianti tanlanadi.



7.2- rasm. O'rtacha yuklama quvvatini tortuvchi
nimstansiyalar orasidagi masofaga ta'siri

Optimal variantni aniqlashning nazariy asosi bo'lib keltirigan xarajatlar C_K ni tortuvchi nimstansiyalar orasidagi masofa l_{or} ga bog'liqlik funksiyasi xizmat qiladi (7.3- rasm).



7.3- rasm. Tortuvchi nimstansiyalar joylashishining optimal
variantini aniqlash

Keltirilgan xarajatlar(kapital qo'yilmalar va ekspluatatsion xarajatlar samaradorlik koeffitsiyentini hisobga olgan holdagi yig'indisi)dan tashqari texnik va maishiy omillarni hisobga olish lozim. Texnik omil – tortuvchi nimstansiyalarni stansiyalarda qurish, chunki barcha poyezdlar to'xtab, harakatga kelishda katta tok iste'mol qiladi. Agar tortuvchi nimstansiyalar stansiyalardan uzoqda qurilsa, u holda poyezdlar harakatni boshlashdagi quvvat

isrofi va kuchlanish yo'qolishi ortib ketadi. Maishiy omil – tortuvchi nimstansiyalarni imkoni boricha aholi punktlariga yaqinroq joyda qurish.

Kontakt tarmog'i simlari yuzasi berilgan holatda tortuvchi nimstansiyalararo iqtisodiy masofani aniqlash. O'zgaruvchan tok elektr ta'minoti tizimini loyihalashda bu turdagi masalani yechishga zarurat tug'iladi, chunki turli kesim yuzaga ega bo'lgan variantlar cheklanganligi bois rangli metallni tejash maqsadida kontakt osmasi simlarining kesim yuzasi eng minimal bo'lgan variantni qabul qilishga to'g'ri keladi.

Simlar kesim yuzasi berilganda kontakt tarmog'i bo'yicha kapital qo'yilmalar va amortizatsion ajratmalar hisobga olinmaydi, chunki ular tortuvchi nimstansiyalararo masofaga bog'liq bo'lmaydi. Shu boisdan nimstansiya bahosining uning quvvatiga bog'liq bo'lmagan qismi hisobga olinmaydi. Shunday qilib, bu holatda nimstansiyalararo iqtisodiy masofa l_{iq} ni aniqlashda quyidagilar hisobga olinishi lozim:

-nimstansiya bahosining uning quvvatiga bog'liq bo'lmagan qismi va undagi amortizatsion ajratmalar;

-nimstansiyaning kundalik ehtiyojidagi xarajatlar;

-tortish tarmog'idagi elektr energiyasi isrofining qiymati.

Elektrlashtirilayotgan temir yo'l uchastkasida harakatlanadigan poyezdlarning o'rtacha va maksimal sonlari uchastka uzunligiga bog'liq. Bunday uchastkadagi poyezdlar o'rtacha soni bitta yo'lli liniya uchun $n_{or} = \frac{1,5N}{N_0 l_1} l$, ikkita yo'lli

liniya uchun esa $n_{or} = \frac{120N}{N_0 vt} l$ formulalar yordamida aniqlanishi

mumkin, bu yerda l – ta'minlash temir yo'l uchastkasi uzunligi, km; l_1 – bir yo'lli liniya ajratish punktlari orasidagi o'rtacha masofa, km; v – ikkita yo'lli liniyadagi poyezdning o'rtacha yurish tezligi, km/soat; t – ikkita yo'lli liniyadagi poyezdlar oralig'i, min.

l_{iq} ni aniqlash formulasini keltirib chiqarish temir yo'lning qabul qilingan ta'minlash sxemasi (bir tamonlama yoki ikki tamonlama) va uchastkadagi yo'llar soniga bog'liq. Misol tariqasida ikkita yo'lli bir tomonlama elektr energiyasi bilan ta'minlanayotgan temir yo'l uchastkasi uchun l_{iq} ni tanlash ketma-ketligini ko'rib chiqamiz.

Ushbu kitob ilovasidagi 1- jadvalda keltirilgan tortish yoki kontakt tarmog'idagi aktiv quvvat o'rtacha isrofi ΔP formulasidagi $n_{o'r}$ ni o'rniga yuqorida keltirilgan qiymatini qo'yib, formula ikki tomonini l ga bo'lsak, quyidagi ifodani hosil qilamiz.

$$A = \frac{\Delta P}{l} = \frac{r_a}{i^2} \cdot \frac{120N}{N_0 v t} l \left[\alpha + 0.61 \left(\frac{120N}{N_0 v t} l - 1 \right) \right] = pl + ql^2, \quad (7.15)$$

bunda
$$p = \frac{r_a I^2 N (\alpha - 0.61)}{15.2 N_0 v t}, \quad q = \frac{r_a I^2 N^2}{0.207 N_0^2 v^2 t^2}.$$

Tortuvchi nimstansiyalar bo'yicha yillik keltirilgan xarajatlar ko'rilayotgan holat uchun quyidagiga teng:

$$C_K = \frac{B(E_M + \alpha_m) + X}{2l} + Spl + Sql^2, \text{ so'm/km}, \quad (7.16)$$

bu yerda B – nimstansiya bahosining uning quvvatiga bog'liq bo'lmagan qismi, so'm; α_m – tortuvchi nimstansiyalar bo'yicha amortizatsion kvota; X – bitta tortuvchi nimstansiyaning kundalik ehtiyoji uchun zarur bo'ladigan xarajatlar, so'm/yil; S – 1 kW·h yil elektr energiyasi isrofining narxi, so'm, ya'ni 1kW·h elektr energiyasi narxini bir yildagi soatlar soni (8760 soat)ga ko'paytmasi.

Yillik keltirilgan xarajatlar C_K minimum bo'ladigan l qiymatini aniqlash uchun (7.16) ni l bo'yicha olingan hosila ifodasini nolga tenglab, uni l ga nisbatan yechish lozim bo'ladi, ya'ni:

$$\frac{dC_K}{dl} = -\frac{B(E_M + \alpha_m) + X}{2l^2} + pC + 2Sql = 0$$

yoki
$$B(E_M + \alpha_m) + X = 2Spl^2 + 4Sql^3. \quad (7.17)$$

(7.17) tenglama uchinchi tartibli bo'lganligi sababli uni grafik usulda yechish qulayroq. Buning uchun bitta koordinata tekisligida $M = 2Spl^2 + 4ql^3$ ni l ga bog'liqlik grafigini qurish va unda $M = B(E_M + \alpha_m) + X$ to'g'ri chiziqni o'tkazish kerak bo'ladi. Tortuvchi nimstansiyalararo iqtisodiy masofa $l_{iq} = 2l$.

Texnik iqtisodiy hisoblashlarda $\alpha_m = 0,057$ va $X = 10,54 \text{ mln.so'm/yil}$ (shartli ravishda) deb qabul qilinishi mumkin.

7.3. Tortuvchi nimstansiya quvvatini hisoblash

Tortuvchi nimstansiyalar quvvati elektrlashgan temir yo'llar elektr ta'minoti tizimining asosiy parametrlaridan hisoblanadi. Bu quvvat asosida tortuvchi nimstansiyadagi transformatorlar soni va nominal quvvati tanlanadi.

Tortuvchi nimstansiyalar transformatorlari quvvatini bevosita aniqlashga o'tishdan avval uni hisoblab topishga ta'sir etuvchi omillarga biroz to'xtalib o'tamiz.

Transformator ish jarayonida uning cho'lg'amlari va ferromagnit o'zagida issiqlikka aylanuvchi quvvat isrofi yuz beradi. Buning natijasida transformator ayrim elementlari, xususan chulg'am, moy va ferromagnit o'zak qiziydi. Transformator qizishi uning balandligi bo'yicha bir xil taqsimlanmaydi. Qizigan moy qatlamlarining pastdan yuqoriga sirkulyatsiyasi natijasida moy yuqori qatlamining harorati eng yuqori bo'lib, cho'lg'amning eng qizigan nuqtasi uning yuqori qismida bo'ladi (7.4- rasm).

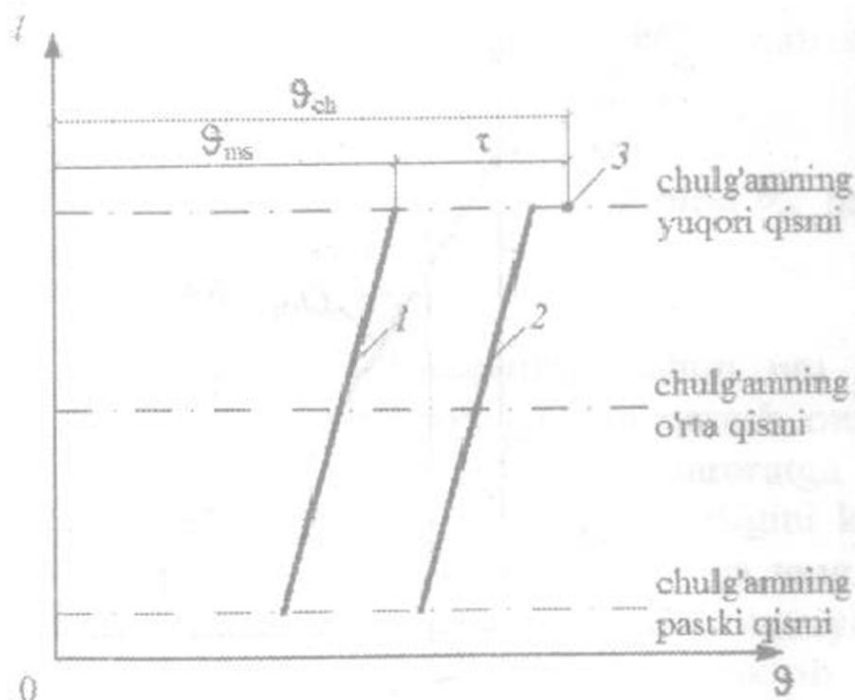
Chulg'am eng qizigan nuqtasining harorati:

$$\theta_{ch} = \tau + v_{ms} + \theta_{sov}, \quad (7.18)$$

bu yerda θ_{sov} – sovutuvchi muhit harorati.

Transformator moyi yuqori qatlami harorati $v_{ms} + \theta_{sov}$ ga teng.

Transformator nominal yuklamada ishlaganda $\tau = 23^{\circ}\text{C}$ va $v_{ms} = 55^{\circ}\text{C}$. Sovutuvchi muhit harorati 20°C bo'lganda (7.18) ga ko'ra $\theta_{ch} = 98^{\circ}\text{C}$. Bu haroratni shartli ravishda moy eng qizigan nuqtasining nominal harorati deb qabul qilish mumkin. Chulg'am o'ramlararo izolatsiyasi ma'lum bir qiymatli elektr va mexanik mustahkamlikka ega. Uzoq muddat yuqori harorat ostida bo'lgan izolatsiya elastiklikni yo'qotib, mo'rt bo'lib qoladi. Moyli muhitda ishlab turgan izolatsiyaning eskirishi harorat, elektr maydoni, suv, kislorod, moyni oksidlanishi va boshqa omillarga bog'liq bo'ladi. Ammo bu omillardan hal qiluvchisi haroratdir. Olimlar tomonidan o'tkazilgan laboratoriya sinovlari shuni ko'rsatadiki, agar tolali izolatsiya mexanik mustahkamligini saqlab tursa, u holda uning elektr mustahkamligining sifati pasaymaydi. Tolali izolatsiya hatto elastiklikni to'la yo'qotganda ham mexanik jihatdan shikastlanmasa, yuqori elektr mustahkamligini saqlab turadi. Elastikligini yo'qotib qurib qolgan, mo'rt izolatsiya transformator normal ishlab turganda va ayniqsa qisqa tutashish rejimlarida

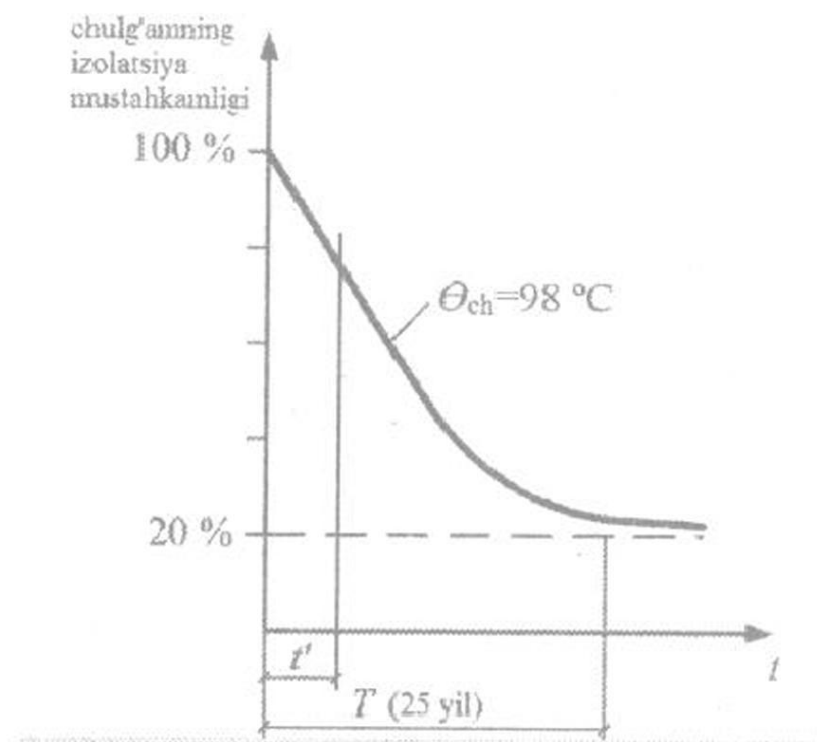


7.4- rasm. Transformator moyi va cho'lg'amini sovutuvchi muhitga nisbatan qizishini uning balandligi bo'yicha taqsimlanishining soddalashtirilgan sxemasi:

l – transformator baki va chulg'ami vertikal bo'yicha chiziqli o'lchami;
 v – sovutuvchi muhitga nisbatan qizishi; 1- moyni sovutuvchi muhitga nisbatan qizishini chulg'am balandligi bo'yicha o'zgarishi; 2- chulg'am qismini sovutuvchi muhitga nisbatan o'rtacha qizishini uning balandligi bo'yicha o'zgarishi; 3- chulg'amning eng qizigan nuqtasi; v_{ms} – moy yuqori qatlamini sovutuvchi muhitga nisbatan qizishi; v_{ch} – chulg'amni sovutuvchi muhitga nisbatan eng issiq nuqtasining qizishi; τ – chulg'amni moyga nisbatan eng issiq nuqtasining qizishi.

yuzaga keladigan fitrash va dinamik zo'rayish ta'sirida sinishi mumkin. Shunday qilib, izolatsiyaning yemirilish (eskirish) darajasini uning elektr mustahkamligiga qarab baholab bo'lmaydi. Izolatsiya eskirishining o'lchovini faqat uning mexanik mustahkamligini yo'qotishdan izlash kerak.

Transformator chulg'amining harorati o'zgarmas saqlanganda izolatsiya mustahkamligi uning dastlabki qiymatidan to 20% ga yetguncha bir tekis va juda sekin kamayadi hamda foydalanishga yaroqsiz holga keladi (7.5- rasm). Agar chulg'am eng qizigan nuqtasining harorati uning nominal qiymati ($\theta_{dn} = 98^{\circ}\text{C}$) ga teng bo'lsa, u holda transformator me'yoriy hujjatlarda belgilangan foydalanish muddati $T=25$ yilga teng bo'ladi.



7.5- rasm. Transformator chulg'ami izolatsiyasining eskirish grafigi

Transformator chulg'ami izolatsiyasining to mexanik mustahkamligini yo'qotishgacha bo'lgan vaqt T "izolatsiya hayoti" ning davomiyligi deb ataladi:

$$T = Ae^{-\alpha\theta_{ch}}, \quad (7.19)$$

bu yerda A – izolatsiya sinfi bilan aniqlanuvchi koeffitsiyent; α – izolatsiyaning eskirish muddatini belgilovchi doimiy koeffitsiyent.

O'rnatilgan me'yoriy hujjatlarga ko'ra chulg'am izolatsiyasi haroratining $6^{\circ}C$ ga ortishi uning eskirish muddatini ikki marta qisqartiradi. Unga $\alpha=0,115$ qiymat mos keladi (bu izolatsiya eskirishining 6° li qoidasi deb ataladi). Haqiqatan ham chulg'am haroratining θ_{ch} va $\theta_{ch}+6^{\circ}$ qiymatlarida eskirish muddatlarining (7.19) formulaga ko'ra nisbati:

$$\frac{T_{\theta_{ch}}}{T_{\theta_{ch}+6^{\circ}}} = \frac{Ae^{-\alpha\theta_{ch}}}{Ae^{-\alpha(\theta_{ch}+6^{\circ})}} = e^{\alpha \cdot 6} = e^{0,1156} \approx 2. \quad (7.20)$$

Izolatsiya eskirish jarayonini 7.5- rasmdagi grafikka ko'ra bir tekis, deb hisoblab va (7.19) formuladan foydalangan holda t' vaqt mobaynidagi izolatsiya eskirishini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$\xi = \frac{t'}{T} = \frac{t'}{A} e^{\alpha\theta_{ch}}. \quad (7.21)$$

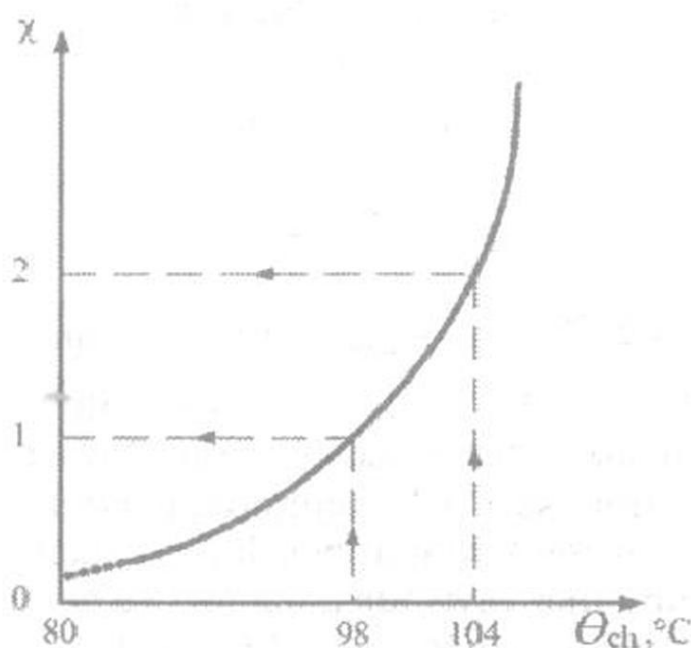
Haroratning nominal qiymati θ_{chn} da izolatsiya eskirishi:

$$\xi_n = \frac{t'}{A} e^{\alpha \theta_{\text{chn}}} \quad (7.22)$$

ξ / ξ_n nisbat chulg'am izolatsiyasi eskirishining θ_{ch} haroratdagi nisbiy qiymati deb ataladi, ya'ni:

$$\chi = e^{\alpha(\theta_{\text{ch}} - \theta_{\text{chn}})} \quad (7.23)$$

χ kattalik vaqtga bog'liq bo'lmaganligi uchun uni izolatsiya eskirishining nisbiy tezligi (intensivligi) deb qarash mumkin. χ ning qiymati haqiqiy haroratda nominal haroratga nisbatan izolatsiya eskirish tezligi necha marta katta ekanligini ko'rsatadi. Masalan, transformator bir yil ishlaganda $\chi = 2$ ga teng bo'lsa, u holda transformatorning bir yillik ish jarayonida izolatsiya nominal haroratda ishlagandagi ikki yillik muddatga eskirib ulguradi. Bunday rejimda ishlagan transformator ishlash muddati 25 yilga emas, balki 12,5 yilga teng bo'ladi. (7.23) formulaga mos keluvchi grafik 7.6- rasmda keltirilgan.



7.6- rasm. Transformator chulg'ami izolatsiyasi nisbiy eskirishini uning haroratiga bog'liqligi

Grafik nochiziq xarakterga ega bo'lib, bu xususiyat ayniqsa harorat nominal qiymatidan oshganda yaqqol seziladi. Grafikdan ko'rinib turibdiki, harorat nominal qiymatdan 6° ga (98° dan 104° gacha)

ortganda, izolatsiyaning eskirish tezligi (7.23) formulaga ko'ra 2 marta ortadi.

Transformator ma'lum bir yuklamada ishlayotganda τ va v_{ms} lar mos ravishda ma'lum vaqt oralig'ida o'zlarining turg'un qiymatlarigacha o'zgaradi. Transformator yuklamasi o'zgarmas bo'lganda hamda chulg'am va moy issiqlik almashinish nuqtayi nazaridan bir jinsli deb hisoblanganda τ va v_{ms} lar vaqt bo'yicha quyidagi qonuniyatlar bo'yicha o'zgaradi:

$$\left. \begin{aligned} \tau &= \tau_0 e^{-\frac{t}{T_{ch}}} + \tau_T (1 - e^{-\frac{t}{T_{ch}}}), \\ v_{ms} &= v_{ms,0} e^{-\frac{t}{T_{ms}}} + v_{ms,T} (1 - e^{-\frac{t}{T_{ms}}}). \end{aligned} \right\} \quad (7.24)$$

bu yerda τ_0 va $v_{ms,0}$ — chulg'amni moyga va moy yuqori qatlamini sovutuvchi muhitga nisbatan mos ravishda boshlang'ich qizishlari; $\tau_T, v_{ms,T}$ — transformator yuklamasiga mos keluvchi τ va v_{ms} larning turg'un qiymatlari; T_{ch} va T_{ms} — mos holda transformator chulg'ami va moyi issiqlik vaqt doimiylari.

τ_T va $v_{ms,T}$ quyidagi empirik formulalar yordamida aniqlanadi:

$$\left. \begin{aligned} \tau_T &= \tau_{T,n} (0,64k^2 + 0,36k), \\ v_{ms,T} &= v_{ms,Tn} \left(\frac{1+ak^2}{1+ak} \right)^m. \end{aligned} \right\} \quad (7.25)$$

bu yerda $\tau_{T,n} = 23^\circ\text{C}$ va $v_{ms,Tn} = 55^\circ\text{C}$ — transformator nominal yuklamada ishlaganda τ_T va $v_{ms,T}$ qiymatlari; $k = I/I_n$ — transformator nisbiy yuklamasi; a — transformator qisqa tutashish rejimidagi isrofini salt ish rejimidagi isrofiga nisbati; m — transformator sovutish turiga bog'liq bo'lgan kattalik; I, I_n — transformatorning mos ravishda amaldagi va nominal yuklamalari.

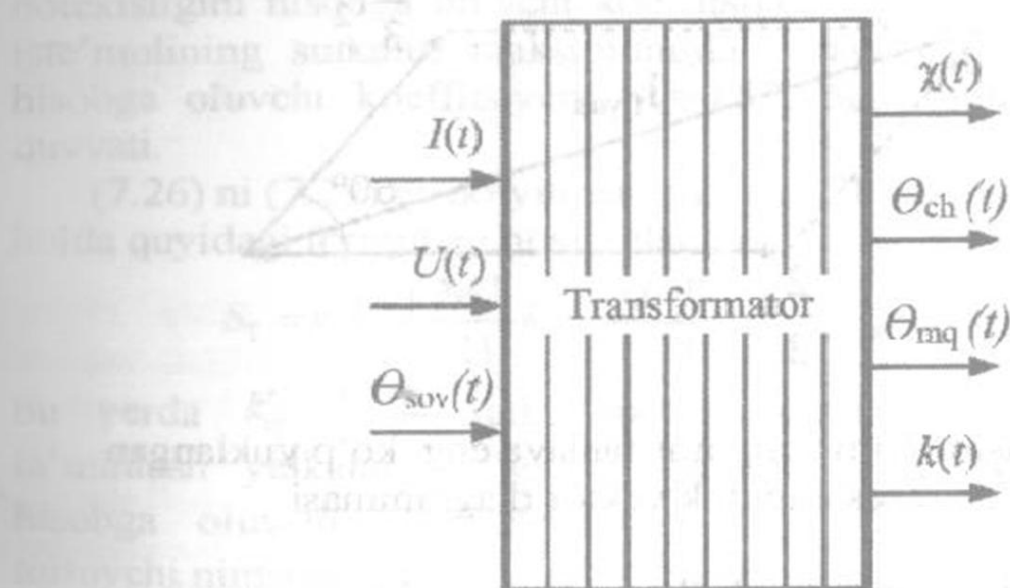
Shunday qilib, transformator issiqlik ajralishi natijasida o'ramlararo izolatsiyada tiklanmaydigan o'zgarishlar yuz berishi oqibatida uning mexanik mustahkamligi pasayadi. Izolatsiyaning eskirishi va yemirilishi natijasida undan foydalanish muddati va transformator ishlash vaqti qisqardi. Bu jarayonni izohlash maqsadida transformator ko'p qutblik, ya'ni qora quti deb qaralishi mumkin. Uning kirishiga vaqt bo'yicha o'zgaruvchi va issiqlik holatini belgilovchi kattaliklar ta'sir ko'rsatadi, chiqishida esa vaqt bo'yicha o'zgaruvchi va chulg'am izolatsiyasi holatini va

transformator qoldiq ish resursini baholashga ko'maklashuvchi kattaliklar hosil bo'ladi (7.7- rasm).

7.7- rasmga ko'ra transformator kirishida quyidagi uchta vaqt bo'yicha o'zgaruvchi va uning issiqlik holatini belgilovchi kattalik mavjud: Yuklama toki $I(t)$, kirish shinalaridagi kuchlanish $U(t)$ va sovutuvchi muhit (atrofdagi havo) harorati $\theta_{sov}(t)$. Transformator chiqishida chulg'am izolatsiyasi va uni ekspluatatsiya sharoitini belgilovchi quyidagi kattaliklar keltirilgan: nisbiy eskirish $\chi(t)$, chulg'am eng qizigan nuqtasi harorati $\theta_{ch}(t)$, moy yuqori qatlami harorati $\theta_{mq}(t)$ va transformator nisbiy yuklamasi $k(t)$.

Agar quyidagi shartlar bajarilsa, u holda istalgan elektr energiyasi iste'molchisini ta'minlovchi transformator quvvatining hisobiy qiymati to'g'ri aniqlangan deb hisoblanadi:

1. Foydalanish muddatida (transformator uchun 25 yil) chulg'am izolatsiyasi nisbiy eskirishi 1 ga teng bo'lishi lozim. Agar transformator yuklamasi butun foydalanish muddati davomida yilma-yil o'zgarmasa, u holda hisoblash davri sifatida bir yil olinadi.



7.7- rasm. Transformator issiqlik holatini belgilovchi omillar va uning izolatsiyasi holatini baholashda ko'maklashuvchi ko'rsatkichlari

2. Muntazam yuklamada ishlayotgan transformator chulg'ami eng qizigan nuqtasining maksimal harorati 140°C dan, 110 kV kuchlanishli avariya rejimidagi o'ta yuklama ostida ishlayotgan transformatorlar uchun 160°C , 110 kV dan yuqori kuchlanishda

ortganda, izolatsiyaning eskirish tezligi (7.23) formulaga ko'ra 2 marta ortadi.

Transformator ma'lum bir yuklamada ishlayotganda τ va v_{ms} lar mos ravishda ma'lum vaqt oralig'ida o'zlarining turg'un qiymatlarigacha o'zgaradi. Transformator yuklamasi o'zgarmas bo'lganda hamda chulg'am va moy issiqlik almashinish nuqtayi nazaridan bir jinsli deb hisoblanganda τ va v_{ms} lar vaqt bo'yicha quyidagi qonuniyatlar bo'yicha o'zgaradi:

$$\left. \begin{aligned} \tau &= \tau_0 e^{\frac{t}{T_{ch}}} + \tau_T (1 - e^{\frac{t}{T_{ch}}}), \\ v_{ms} &= v_{ms,0} e^{\frac{t}{T_{ms}}} + v_{ms,T} (1 - e^{\frac{t}{T_{ms}}}). \end{aligned} \right\} \quad (7.24)$$

bu yerda τ_0 va $v_{ms,0}$ – chulg'amni moyga va moy yuqori qatlamini sovutuvchi muhitga nisbatan mos ravishda boshlang'ich qizishlari; $\tau_T, v_{ms,T}$ – transformator yuklamasiga mos keluvchi τ va v_{ms} larning turg'un qiymatlari; T_{ch} va T_{ms} – mos holda transformator chulg'ami va moyi issiqlik vaqt doimiylari.

τ_T va $v_{ms,T}$ quyidagi empirik formulalar yordamida aniqlanadi:

$$\left. \begin{aligned} \tau_T &= \tau_{T,n} (0,64k^2 + 0,36k), \\ v_{ms,T} &= v_{ms,Tn} \left(\frac{1+ak^2}{1+ak} \right)^m. \end{aligned} \right\} \quad (7.25)$$

bu yerda $\tau_{T,n} = 23^\circ\text{C}$ va $v_{ms,Tn} = 55^\circ\text{C}$ – transformator nominal yuklamada ishlaganda τ_T va $v_{ms,T}$ qiymatlari; $k = I/I_n$ – transformator nisbiy yuklamasi; a – transformator qisqa tutashish rejimidagi isrofini salt ish rejimidagi isrofiga nisbati; m – transformator sovutish turiga bog'liq bo'lgan kattalik; I, I_n – transformatorning mos ravishda amaldagi va nominal yuklamalari.

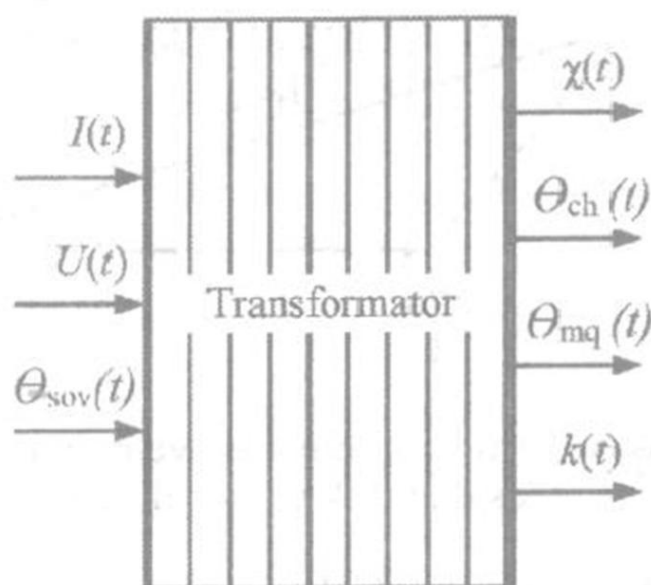
Shunday qilib, transformator issiqlik ajralishi natijasida o'ramlararo izolatsiyada tiklanmaydigan o'zgarishlar yuz berishi oqibatida uning mexanik mustahkamligi pasayadi. Izolatsiyaning eskirishi va yemirilishi natijasida undan foydalanish muddati va transformator ishlash vaqti qisqardi. Bu jarayonni izohlash maqsadida transformator ko'p qutblik, ya'ni qora quti deb qaralishi mumkin. Uning kirishiga vaqt bo'yicha o'zgaruvchi va issiqlik holatini belgilovchi kattaliklar ta'sir ko'rsatadi, chiqishida esa vaqt bo'yicha o'zgaruvchi va chulg'am izolatsiyasi holatini va

transformator qoldiq ish resursini baholashga ko'maklashuvchi kattaliklar hosil bo'ladi (7.7- rasm).

7.7- rasmga ko'ra transformator kirishida quyidagi uchta vaqt bo'yicha o'zgaruvchi va uning issiqlik holatini belgilovchi kattalik mavjud: Yuklama toki $I(t)$, kirish shinalaridagi kuchlanish $U(t)$ va sovutuvchi muhit (atrofdagi havo) harorati $\theta_{sov}(t)$. Transformator chiqishida chulg'am izolatsiyasi va uni ekspluatatsiya sharoitini belgilovchi quyidagi kattaliklar keltirilgan: nisbiy eskirish $\chi(t)$, chulg'am eng qizigan nuqtasi harorati $\theta_{ch}(t)$, moy yuqori qatlami harorati $\theta_{mq}(t)$ va transformator nisbiy yuklamasi $k(t)$.

Agar quyidagi shartlar bajarilsa, u holda istalgan elektr energiyasi iste'molchisini ta'minlovchi transformator quvvatining hisobiy qiymati to'g'ri aniqlangan deb hisoblanadi:

1. Foydalanish muddatida (transformator uchun 25 yil) chulg'am izolatsiyasi nisbiy eskirishi 1 ga teng bo'lishi lozim. Agar transformator yuklamasi butun foydalanish muddati davomida yilma-yil o'zgarmasa, u holda hisoblash davri sifatida bir yil olinadi.



7.7- rasm. Transformator issiqlik holatini belgilovchi omillar va uning izolatsiyasi holatini baholashda ko'maklashuvchi ko'rsatkichlari

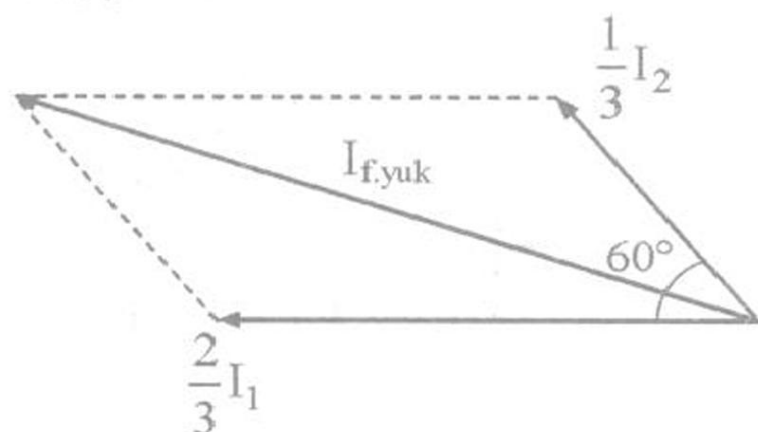
2. Muntazam yuklamada ishlayotgan transformator chulg'ami eng qizigan nuqtasining maksimal harorati 140°C dan, 110 kV kuchlanishli avariya rejimidagi o'ta yuklama ostida ishlayotgan transformatorlar uchun 160°C , 110 kV dan yuqori kuchlanishda

ishlayotgan transformatorlar uchun esa 140°C dan oshmasligi lozim.

3. Moy yuqori qatlami harorati muntazam yuklamalar uchun 95°C dan, avariya o'ta yuklanishda esa 115°C dan oshmasligi lozim.

4. Transformator nisbiy yuklamasining maksimal qiymati muntazam yuklama uchun 1,5 dan, avariya o'ta yuklama uchun esa 2,0 dan oshmasligi lozim.

O'zgaruvchan tok tortuvchi nimstansiyasining quvvatini tanlash eng ko'p yuklangan faza toki $I_{f,yuk}$ bo'yicha amalga oshiriladi (7.8- rasm). Ushbu rasmda keltirilgan vektor diagrammadan ko'rinib turibdiki, eng ko'p yuklangan fazadagi tok kamroq yuklangan yelkasi toki I_2 ning $\frac{1}{3}$ qismi va ko'proq yuklangan ta'minlash yelkasi toki I_1 ning $\frac{2}{3}$ qismi geometrik yig'indisidan iborat, ya'ni:



7.8- rasm. Tortuvchi nimstansiya eng ko'p yuklangan fazasidagi tok vektor diagrammasi

$$I_{fyuk}^2 = \frac{1}{9}I_2^2 + \frac{4}{9}I_1^2 + 2 \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{2}{3}I_1I_2 \cdot \cos 60^{\circ} = \frac{1}{9}(I_2^2 + 4I_1^2 + 2I_1I_2)$$

yoki
$$I_{fyuk} = \frac{1}{3}\sqrt{4I_1^2 + I_2^2 + 2I_1I_2} \approx \frac{1}{3}(2I_1 + 0,65I_2). \quad (7.26)$$

Tortuvchi nimstansiya ta'minlash yelkalaridagi toklar quyidagi formulalar yordamida aniqlanadi:

$$I_1 = \frac{W'}{24U}, \quad (7.27)$$

$$I_2 = \frac{W''}{24U}, \quad (7.28)$$

bu yerda W' , W'' – tortuvchi nimstansiya mos ravishda eng ko'p va eng kam ta'minlash yelkalarida bir sutka davomidagi elektr energiyasi sarflari.

Sutka davomidagi poyezdlar harakati va fazalar yuklamalari notekisligini, kontakt tarmog'idagi elektr energiyasi isrofini va tuman yuklamasini hisobga olgan holda tortuvchi nimstansiya transformatori quvvatini quyidagi ifoda yordamida aniqlash mumkin:

$$S_T = 3UI_{f,yuk} k_f k_{kt} k_{nt} + k_0 S_R, \quad (7.29)$$

ushbu formulada k_f – ko'p yuklangan va kam yuklangan chulg'amlardan moyli vanna va ferromagnit o'zak orqali issiqlik ajralishini hisobga oluvchi koeffitsiyent, $k_f=0,9$; k_{kt} – kontakt tarmog'idagi elektr energiyasi isrofini hisobga oluvchi koeffitsiyent, o'zgaras tok uchun $k_{kt}=1,05$ va o'zgaruvchan tok uchun $k_{kt}=1,03$; k_{nt} – sutka mobaynidagi poyezdlar harakati notekisligini hisobga oluvchi koeffitsiyent; k_0 – elektr energiyasi iste'molining sutkalik maksimumida tuman yuklamasi ulushini hisobga oluvchi koeffitsiyent, $k_0=0,57$; S_R – tuman yuklamasi quvvati.

(7.26) ni (7.29) ga qo'yib va (7.27), (7.28) ni hisobga olgan holda quyidagi formulani hosil qilamiz:

$$S_T = k_f k_{KT} \left(\frac{2W'_{io}}{24} k'_{nt} + \frac{0,65W''_{io}}{24} k''_{nt} \right) + k_0 S_R, \quad (7.30)$$

bu yerda k'_{nt} , k''_{nt} – sutka mobaynida tortuvchi nimstansiya ta'minlash yelkalari bo'yicha poyezdlar harakati notekisligini hisobga oluvchi koeffitsiyentlar; W'_{io} , W''_{io} – intensiv oyda tortuvchi nimstansiya yelkalari bo'yicha elektr energiyasi sarflari.

Transformator quvvati:

$$S_T = k_f k_{KT} \left(\frac{2W'_{io}}{24} + \frac{0,65W''_{io}}{24} \right) \frac{0,9N_0}{N_{io}} + k_0 S_R, \quad (7.31)$$

bu formulada N_0 – bir sutkalik maksimal harakat o'lchamlari, poyezdlar juftligi; N_{io} – intensiv oydagi o'rtacha harakat o'lchamlari, poyezdlar juftligi.

Tortuvchi nimstansiyada ikkita pasaytiruvchi transformator o'rnatiladi. Bu transformator har birining nominal quvvati $S_{nom} \geq S_T$ munosabatda bo'lishi lozim.

Pasaytiruvchi transformator rusumini tanlash. Transformator nominal quvvati, kuchlanishi va chulg'amlari soniga qarab tanlanadi, masalan, ТДТНДЖ. Bu transformator rusumi quyidagicha izohlanadi: Т – uch fazali (трёхфазный); Д – shamollatish tizimli moyli sovutish (масляное охлаждение с дутьем); Т – uchta chulg'amli (трёхобмоточный); Н – kuchlanishi yuklama ostida rostlanuvchi (с регулированием напряжения под нагрузкой); Ж – temir yo'l transporti uchun (для железнодорожного транспорта). 110 kV kuchlanish uchun transformator quvvati 10000, 16000 va 25000 kVA ni, 220 kV kuchlanish uchun esa – 25000 va 40000 kVA ni tashkil etadi.

Bir fazali transformatorlardan foydalanilganda ularning quvvati eng ko'p yuklangan ta'minlash yelkasi yuklamasi bo'yicha aniqlanadi. Bunda tortuvchi nimstansiya har bir ta'minlash yelkasida bittadan transformator o'rnatiladi, uchinchi transformator zaxirada turadi.

7.4. Kontakt osmasi iqtisodiy kesimini aniqlash

Kontakt osmasi simlarining kesimi tortish elektr ta'minoti tizimining quyidagi parametrlariga ta'sir ko'rsatadi.

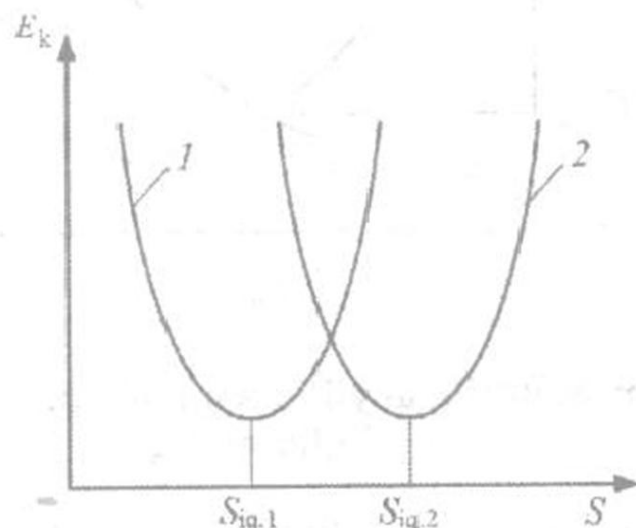
- 1) kontakt osmasidagi elektr energiyasi isrofi;
- 2) tortish tarmog'i kuchlanishi miqdori;
- 3) kontakt tarmog'i simlarining qizishi.

Kontakt osmasi simlari kesimini tanlashda tashqi elektr ta'minoti tizimi simlari kesimini tanlashda foydalanilgan usullar foyda bermaydi. Kontakt osmasi ish rejimlari elektr uzatish liniyalari ish rejimlaridan farq qilganligi bois simlar kesimini tanlashda tok iqtisodiy zichligidan foydalanish imkoni bo'lmaydi. Chunki, kontakt osmasi simlaridan tok uning uzunligi bo'ylab bir xil qiymatga teng emas va uzluksiz ravishda o'zgarib turadi. Statsionar yuklamali elektr tarmoqlarida esa yuklamalar liniya oxirida joylashgan. Shuning uchun ham liniya oxiridagi tokni hisoblashdan simlar ko'ndalang kesim yuzasi va materialiga bog'liq bo'lgan elektr energiyasi isrofini hisoblashga o'tish maqsadga muvofiq bo'ladi. Kesim yuzasi ortishi bilan kontakt osmasi narxi bir tekis oshishiga, elektr energiyasi isrofi kamayishidan hosil bo'ladigan iqtisodiy samara pasayishiga e'tibor berilsa, kesim yuzasi o'zgarishining biror bir qiymatida yillik keltirilgan xarajatlar minimum qiymatga teng bo'ladi.

Kontakt osmasi simlari iqtisodiy kesimini aniqlashda quyidagi ikki xil yondashuv mavjud:

- 1) faqat elektr energiyasi isrofini hisobga olib aniqlash;
- 2) elektr energiyasi isrofi va kontakt osmasi simlari kesimini poyezdlarning harakat tezligiga ta'sirini birgalikda hisobga olib aniqlash.

Kontakt tarmog'idagi kuchlanish sifatini simlar kesimini oshirish hisobiga yaxshilash ko'pchilik hollarda iqtisodiy nuqtayi nazardan maqsadga muvofiq bo'lmaydi. Chunki, kuchlanish sifatini kuchlanishni avtomatik rostlash qurilmalarini qo'llash natijasida oshirish mumkin. Yillik keltirilgan xarajatlarni kontakt osmasi simlari kesimiga bog'liqlik grafiklari 7.9- rasmda keltirilgan. Bu grafiklar tahlili shuni ko'rsatadiki, birinchi yondoshuvda C_k ning minimal qiymatiga mos keluvchi kesim yuzasining qiymati $S_{iq.1}$ ikkinchi yondoshuvdagi $S_{iq.2}$ qiymatidan ancha kichik.



7.9- rasm. Yillik keltirilgan xarajatlarni kontakt osmasi simlari kesimiga bog'liqlik grafiklari:

1- faqat elektr energiyasi isrofi hisobga olinganda; 2- elektr energiyasi isrofi va kontakt tarmog'i kuchlanish miqdori birgalikda hisobga olinganda

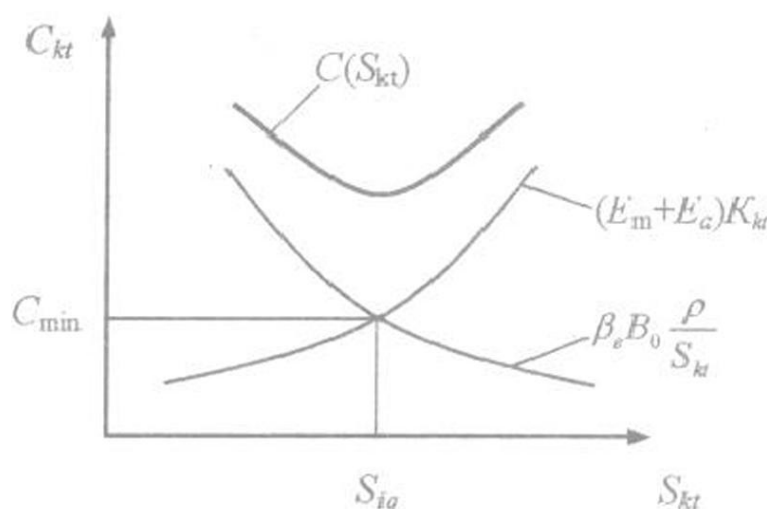
Shuning uchun ham kontakt osmasi simlari iqtisodiy kesimi uning qiymatiga poyezdlar harakati tezligining ta'sirini hisobga olmasdan aniqlanadi.

Kontakt osmasi kesimiga bog'liq bo'lgan keltirilgan xarajatlar quyidagicha yoziladi:

$$C_{kt} = (E_M + E_a)k_{kt} + \beta_e \Delta W_y, \quad (7.32)$$

bu yerda E_M , E_a – mos ravishda kapital qo'yilmalar va amortizatsion ajratmalar samaradorligi koeffitsiyentlari; k_{kt} – kontakt tarmog'i inshootining narxi; β_e – elektr energiyasi narxi; $\Delta W_y = B_0 \frac{\rho}{S_{kt}}$ kontakt osmasidagi yillik elektr energiyasi isrofi; B_0 – kontakt osmasidagi shartli yillik elektr energiyasi isrofi, $\text{kW} \cdot \text{h} \cdot \text{km} / \Omega$; ρ – kontakt osmasi solishtirma elektr qarshiligi, $\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{km}$; S_{kt} – kontakt osmasi kesimi, mm^2 .

Keltirilgan yillik xarajatlarni kontakt osmasi kesimiga bog'liqlik grafigi 7.10- rasmda keltirilgan.



7.10- rasm. Keltirilgan yillik xarajatlarni kontakt osmasiga bog'liqlik grafigi

Uzunligi 1 km va kesimining yuzasi 10^{-6} m^2 bo'lgan kontakt osmasi simlarining narxi k_a . Unda:

$$k_{kt} = k_a (S_M - S_d), \quad (7.33)$$

bunda S_M – kontakt osmasining mis ekvivalentidagi yuzasi, m^2 ; S_d – kontakt osmasi doimiy yuzasi, m^2 .

Kontakt osmasi kesimi kontakt simi, uni ushlab turuvchi tros va kuchaytiruvchi sim kesimlari yig'indisidan tashkil topadi. Bu simlar mexanik mustahkamligi bo'yicha ham tanlanadi. Kontakt simi va ushlab turuvchi tros rusumlari "Kontakt tarmog'i" fanida batafsil o'rganiladi.

(7.33) ifodani (7.32) formulaga qo'yib, quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$C_{kt} = (E_m + E_a)K_a S_M - (E_m + E_a)K_a S_d + \beta_e B_0 \frac{\rho}{S_{kt}}. \quad (7.34)$$

7.8- rasmdagi $C_{kt}(S_{kt})$ grafikdan ko'rinib turibdiki, $\frac{dC_{kt}}{dS_M} = 0$ da $S_M = S_{iq}$ shart bajariladi.

Quyidagi tenglamani yozamiz:

$$\frac{dC_{kt}}{dS_M} = (E_m + E_a)k_a - \beta_e B_0 \frac{\rho}{S_{kt}^2} = 0. \quad (7.35)$$

(7.35) tenglamani S_{kt} ga nisbatan yechib:

$$S_{iq} = \sqrt{\frac{\beta_e B_0 \rho}{(E_m + E_a)k_a}}. \quad (7.36)$$

(7.36) formula kontakt osmasi iqtisodiy kesimini topish imkonini beradi, ya'ni $S_M = S_{iq}$ bo'lganda yillik keltirilgan xarajatlar minimal bo'ladi.

S_{iq} ni (7.36) formula yordamida aniqlashda ba'zi bir qiyinchiliklar yuzaga keladi, ya'ni (7.36) dagi E_m va E_a lar o'rnatilgan me'yoriy hujjatlardan olinsa, k_a va β_e ning qiymatlari o'zgarib turadi. Odatda, ushlab turuvchi tros, bitta yoki ikkita kontakt simlari avvaldan texnik mulohazalarga tayangan holda elektrovoz ishga tushish toki, yuk poyezdi massasi va ba'zi bir boshqa mexanik ko'rsatkichlar qiymatlariga ko'ra tanlanadi. Kontakt osmasi simlari kesimining yetishmagan qismi kuchaytiruvchi alyuminiy sim kesimi hisobiga to'ldiriladi. Bu sim kesimi quyidagi formula asosida hisoblanadi:

$$S_{k.a} = 1,7(S_M - S_d), \quad (7.37)$$

bu yerda 1,7 – alyuminiy solishtirma qarshiligi mis solishtirma qarshiligidan necha marta kattaligini ko'rsatuvchi koeffitsiyent.

Kuchaytiruvchi sim sifatida Al85 markali alyuminiy sim qo'llaniladi.

7.5. Kontakt osmasi qizish toki va uni tekshirish

Kontakt tarmog'i normal ishlashi uchun undagi simlarning tok ta'sirida qizishi ruxsat etilgan chegaradan chiqmasligi lozim. O'rnatilgan me'yorlarga ko'ra noqulay yuklama va atmosfera sharoitlarida kontakt osmasi simlarining eng yuqori ruxsat etilgan

harorati mis simlar uchun 100°C va alyuminiy simlar uchun 80°C ni tashkil etishi lozim.

Kontakt simlari me'yorida ortiq qiziganda dastlabki sifatini yo'qotadi, tez yeyiluvchan bo'lib qoladi va qisman mexanik mustahkamligini yo'qotadi. Kontakt osmasi simlarining qizishi va sovushini ularning mexanik mustahkamligiga ta'sirini inobatga oluvchi aniq hisoblashni amalga oshirish birmuncha murakkab. Chunki, bunda o'zgaruvchan tortish yuklamasini, atrof muhit haroratini, havoning harakat tezligini inobatga olish va harorat hamda uning davomiyligini material sifatiga ta'sirini baholash talab qilinadi. Agar atrof muhit harorati 40°C ni tashkil etsa, u holda mis sim harorati undan eng ko'pi bilan 60°C ga, alyuminiy simniki esa 40°C ga ortishiga ruxsat etiladi.

Kontakt tarmog'i uchun issiqlik hisoblarini amalga oshirishda undagi simlar qizishini eng og'ir rejimlarini inobatga olgan holda hisobiy sxemalarni tanlash lozim bo'ladi. Bunga misol tariqasida poyezdlararo oraliq minimal bo'lgan bir guruh poyezdlar harakatlanayotgan rejimni keltirish mumkin. Bundan tashqari, o'zaro parallel ulangan mis va alyuminiy simlar solishtirma elektr o'tkazuvchanliklarini, kontakt osmasi simlarida boshqa simlardagi toklar induksiyaalaydigan turli o'zaro induksiya EYKlarini yuklamalarni simlararo taqsimlanishiga ta'sirini hisobga olish kerak bo'ladi. Kontakt osmasi simlarining qizishi bo'yicha ruxsat etilgan toklarning yig'indisi alohida simlarning qizishi bo'yicha ruxsat etilgan toklar yig'indisidan kichik bo'ladi.

Kontakt tarmog'i simlari qizishida vaqt doimiysi qiymati shundayki, qizish jarayoni boshlangandan 15-20 minut o'tgandan keyin simlar harorati turg'unlashadi. Shuning uchun ham loyihalashda taqqoslash uchun 1, 3 va 20 minutdagi tok o'rtacha kvadratik (ta'sir etuvchi) qiymati hisoblanadi. Ikkita yo'lli uchastkalarda simlar qizishini hisoblashda har doim yo'llar kontakt tarmog'i o'zaro ulanmagan eng og'ir rejim nazarda tutiladi.

Tortuvchi nimstansiya maksimal effektiv (ta'sir etuvchi) fider toki poyezdlar iste'mol qilayotgan toklarga nisbatan bir tekis bo'lganda umumiy holda quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$I_{ef} = \frac{(W_t - W_r)N_0 k_d}{TU} \sqrt{\frac{C_1 T}{N_0(t_t + t_r)} \cdot \frac{(W_t + W_r)^2}{(W_t - W_r)} + 1 - \frac{C_2 T}{N_0 t}}, \quad (7.38)$$

bu yerda W_t – poyezdlar tortish rejimida iste'mol qilayotgan elektr energiyasining ko'rib chiqilayotgan fider uchastkasiga keltirilgan qiymati; W_r – rekuperatsiya rejimidagi xuddi shunday energiya; N_0 – uchastkaning o'tkazish qobiliyati; k_d – elektrovozning o'z ehtiyojlari uchun iste'mol qilayotgan elektr energiyasini hisobga oluvchi koeffitsiyent; T – hisoblash davri (sutka); U – kontakt tarmog'ining hisobiy kuchlanishi; C_1 va C_2 – kontakt tarmog'ini elektr energiyasi bilan ta'minlash sxemasiga bog'liq bo'lgan koeffitsiyentlar (ikki tomonlama ta'minlanish sxemasi uchun mos ravishda 1,4 va 1,33 ga, bir tomonlama ta'minlanish sxemasi uchun esa – 1,1 va 1,0 teng); t_t – ko'rib chiqilayotgan yo'l nimstansiyalararo zonasi bo'ylab poyezdni tok iste'mol qilgan holda yurish vaqti; t_r – rekuperatsiya rejimidagi xuddi shunday vaqt; t – poyezdni nimstansiyalararo zona bo'ylab yurish to'la vaqti.

I_{ef} tokni bilgan holda uning kontakt simi, ushlab turuvchi tros va kuchaytiruvchi sim orqali o'tadigan toklarni aniqlash va ularni mos ravishda tegishli sim uchun ruxsat etilgan qiymatlari bilan taqqoslash mumkin:

$$\begin{aligned} I_{ef.k} &= I_{ef} \frac{S_k}{S_{k0}} < I_{r.k}, \\ I_{ef.t} &= I_{ef} \frac{S_t}{S_{k0}} < I_{r.t}, \\ I_{ef.kuch} &= I_{ef} \frac{S_{kuch}}{S_{k0}} < I_{r.kuch}, \end{aligned} \quad (7.39)$$

bu yerda $I_{ef.k}$, $I_{ef.t}$, $I_{ef.kuch}$, S_k , S_t , S_{kuch} – effektiv tokning mos ravishda kontakt simi, ushlab turuvchi tros va kuchaytiruvchi simdagi qismlari va ularning kesimlari; S_{k0} – kontakt osmasi simlarining mis ekvivalentidagi kesimi; $I_{r.k}$, $I_{r.t}$, $I_{r.kuch}$ – kontakt simi, ushlab turuvchi tros va kuchaytiruvchi simdagi toklarning simlarning qizishi bo'yicha ruxsat etilgan qiymatlari.

O'zgaruvchan tok tortish tarmog'ida (7.39) shartlar birmuncha xatolik beradi, ya'ni, hattoki $S_k = S_t$ bo'lganda ham rels zanjiridagi tokning elektromagnit ta'siri natijasida tokning katta qismi kontakt simi orqali o'tadi.

Agar kontakt osmasi simlari qizishi bo'yicha tekshirishdan o'tkazilsa, u holda (7.39) shartlar bajarilishini ta'minlash lozim. Bu

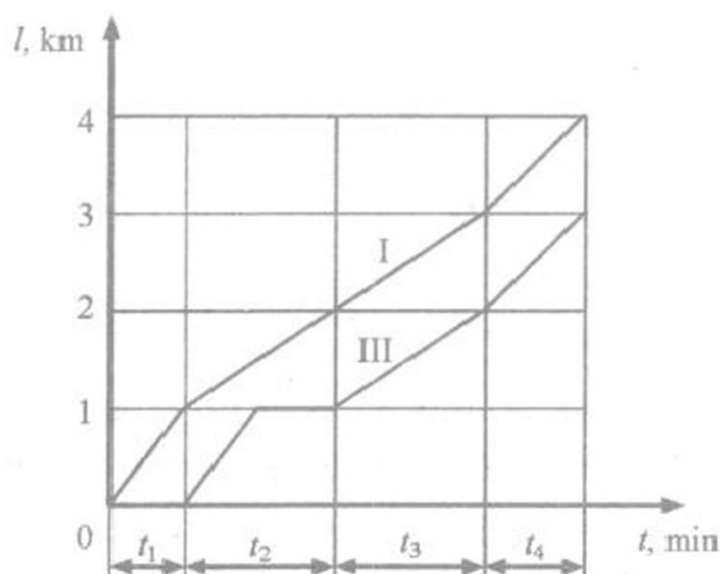
muammo kontakt osmasining tortuvchi nimstansiyaga yaqin joylashgan qismi kesimini oshirish hisobiga yoki fider tokining maksimal effektiv qiymatini kamaytirish, masalan poyezdlararo minimal oraliqni oshirish hisobiga hal qilinishi mumkin.

Shunday qilib, kontakt osmasi simlarining tarkibi uning aniqlangan iqtisodiy kesimidan kelib chiqqan holda "kontakt simi + ushlab turuvchi tros + kuchaytiruvchi sim" ko'rinishida tanlanadi. masalan: M120+2MΦ100+A185.

7.6. Elektrlashgan temir yo'l uchastkasining o'tkazish qobiliyati

Poyezdlar harakatini tashkil etish asosida ularni oraliq usuli bo'yicha jo'natish yotadi. Poyezdlararo oraliq ularni avtoblokirovka tizimi bilan chegaralangan peregon uchastka bo'ylab yurish vaqtiga bog'liq.

Nimstansiyalararo zona o'tkazish qobiliyatini belgilovchi peregon limitlovchi deb ataladi (7.11- rasm).



7.11- rasm. Poyezdlarni nimstansiyalararo zona bo'ylab harakat grafigi: l – nimstansiyalararo zona uzunligi, km; $t_1 - t_4$ – mos ravishda 1- 4- peregonlar bo'ylab poyezdni yurish vaqti

To'xtovsiz harakatlanuvchi poyezdlararo minimal oraliq θ poyezdlarni 1- 2- peregon bo'ylab eng katta yurish vaqtiga teng

bo'ladi. Bu holatda (7.6- rasmga qarang!) $\theta = t_2$. Binobarin, 1- 2- peregona limitlovchi peregona bo'ladi.

Nimstansiyalararo zona o'tkazish qobiliyati N_0 T vaqt (bu vaqt, odatda bir sutkaga teng) mobaynida poyezdlar soni bilan aniqlanadi:

$$N_0 = \frac{T}{\theta} \quad (7.40)$$

Ikkita yo'li uchastkalar uchun θ 6 – 10 minutga teng, deb qabul qilinadi. Binobarin :

$$N_0 = \frac{24 \cdot 60}{6} = 240 \quad \text{va} \quad N_0 = \frac{24 \cdot 60}{10} = 144,$$

ya'ni sutka mobaynidagi poyezdlar maksimal soni $N_0 = 240 - 144$ poyezdlar juftligiga teng bo'ladi.

Nazorat savollari

1. Tortish elektr ta'minoti tizimining asosiy parametrlariga nimalar kiradi? 2. Tortish elektr ta'minoti tizimi parametrlarini tanlashning qanday o'ziga xos xususiyatlari mavjud? 3. Tortish elektr ta'minoti tizimlari variantlarini o'zaro taqqoslashda iqtisodiy samaradorlik mezoni sifatida qanday formuladan foydalaniladi? 4. Temir yo'l transporti uchun xarajatlarni qoplash muddati va samaradorlik koeffitsiyenti qanchani tashkil etadi? Energetik tizimlar uchun-chi? 5. Tortuvchi nimstansiyadagi elektr energiyasi isrofi bilan bog'liq bo'lgan chiqimlar qanday formula bilan hisoblanadi? 6. Tortish elektr ta'minoti tizimining loyiha variantlari texnik jihatdan teng baholigi qanday ko'rsatkich bilan aniqlanadi? 7. Tortish elektr ta'minoti tizimining qanday varianti optimal variant hisoblanadi? 8. Tortish elektr ta'minoti tizimining hisobi deganda nima nazarda tutiladi? 9. Tortuvchi nimstansiyalararo masofani iqtisodiy texnik jihatdan asoslangan optimal qiymatini topish zarurati qanday omillar bilan asoslanadi? 10. Tortuvchi nimstansiyalar orasidagi o'rtacha masofa qanday formula yordamida hisoblanadi? 11. Tortuvchi nimstansiyalar o'zaro joylashishi optimal variantini aniqlashning nazariy asosi bo'lib nima xizmat qiladi? 12. Kontakt tarmog'i simlari yuzasi berilgan holatda tortuvchi nimstansiyalararo iqtisodiy masofa qanday aniqlanadi? 13. Elektrlashtirilayotgan temir yo'l uchastkasida harakatlanadigan poyezdlarning o'rtacha va maksimal sonlari qanday formulalar yordamida hisoblanadi? 14.

Tortuvchi transformator moyi va chulg'amini sovutuvchi muhitga nisbatan qizishini uning balandligi bo'yicha taqsimlanishini tushuntirib bering! 15. Moyli muhitda ishlab turgan izolyastiyaning eskirishi qanday omillarga bog'liq? 16. Tortuvchi transformator chulg'ami eskirishi grafigi chizing va izohlang! 17. Qanday shartlar bajarilsa istalgan elektr energiyasi iste'molchisini ta'minlovchi transformator quvvatining hisobiy qiymati to'g'ri aniqlangan deb hisoblanadi? 18. Tortuvchi nimstansiya ta'minlash yelkalaridagi toklar qanday formulalar yordamida aniqlanadi? 19. Sutka davomidagi poyezdlar harakati va fazalar yuklamalari notekisligi, kontakt tarmog'idagi elektr energiyasi isrofini va tuman yuklamasini hisobga olgan holda tortuvchi nimstansiya transformatori quvvati qanday formulalar yordamida aniqlanadi? 20. Kontakt osmasi simlarining kesimi tortish elektr ta'minoti tizimining qanday parametrlariga ta'sir ko'rsatadi? 21. Kontakt osmasi simlari iqtisodiy kesimini aniqlashda necha xil yondashuv mavjud? 22. Kontakt osmasi kesimiga bog'liq bo'lgan keltirilgan xarajatlar qanday formula yordamida ifodalanadi? 23. Yillik keltirilgan xarajatlarni kontakt osmasi simlari kesimiga bog'liqlik grafiklarini keltiring va izohlab bering! 24. Kontakt osmasi iqtisodiy kesimini aniqlash formulasini yozing! 25. Kontakt osmasi qizish toki qanday aniqlanadi? 26. Elektrlashgan temir yo'l uchastkasining o'tkazish qobiliyati qanday aniqlanadi?

8-BOB. ELEKTRLASHGAN TEMIR YO'LLARNING YONDOSH LINIYALARGA TA'SIRI VA UNDA HIMOYALASH

8.1. Umumiy ma'lumotlar

Bizga "Elektrotexnikaning nazariy asoslari" kursidan ma'lumki, istalgan o'zgaruvchan tok zanjiri o'zining ish rejimi paytida uni o'rab turgan atrof muhitda elektromagnit maydon hosil qiladi. Bu o'zgaruvchan elektromagnit maydon atrof muhitda joylashgan boshqa zanjirlarda kuchlanishlar va toklarni induksiylaydi. Bu kuchlanishlar va toklar ba'zi holatlarda inson hayoti va salomatligiga xavf tug'dirishi hamda zanjirdagi qurilmalar va izolatsiya uchun ularning ish faoliyatiga salbiy ta'sir ko'rsatishi va hattoki ularni ishdan chiqishiga sababchi bo'lishi mumkin. Agar bir zanjirning boshqa zanjirga elektromagnit ta'siri undagi element va qurilmalarni ishdan chiqishi xavfini tug'dirsa, u holda bunday ta'sir *xavfli* deb nomlanadi. Agar ushbu ta'sir zanjirdagi normal elektromagnit jarayon (masalan, aloqa liniyalari bo'ylab uzatilayotgan foydali elektr signal)ni buzilishga olib kelsa, u holda bunday ta'sir *xalaqit beruvchi* deb nomlanadi.

Katta quvvatli elektr energiyasini uzatuvchi zanjirlar (masalan, yuqori kuchlanishli elektr uzatish liniyalari, elektrlashgan temir yo'llar tortish tarmog'i) kichik quvvatli elektr energiyasini uzatuvchi zanjirlar (masalan, aloqa liniyalari, rels zanjirlari)ga katta ta'sir ko'rsatadi. Aksincha ta'sir esa juda sezilarsiz darajada bo'lib, uni hisobga olmasa ham bo'ladi.

Ta'sir darajasi ta'sir etuvchi va ta'sirda bo'lgan zanjirlar simmetrikligiga ko'p jihatdan bog'liq bo'ladi. Agar zanjir simlari mos ravishda bir xil birlamchi (aktiv qarshiligi, induktivligi, sig'imi, izolatsiya o'tkazuvchanligi) va ikkilamchi (to'lqin qarshiligi va elektromagnit to'lqinning tarqalish koeffitsiyenti) parametrlarga ega bo'lsa, u holda bunday zanjir simmetrik hisoblanadi. Agar bunday zanjir barcha simlaridagi tok va kuchlanishlar kattaliklari jihatdan teng va faza bo'yicha o'zaro 180° ga (ikkita simli zanjirda) yoki 120° ga (uchta simli zanjirda) siljigan bo'lsa, u holda simlardagi kuchlanishlar vektor yig'indisi nolga teng bo'lib, nol ketma-ketlikli toklar (yerga o'tadigan toklar) mavjud bo'lmaydi. Simmetrik zanjirni yondosh zanjirlarga ta'siri minimal darajada bo'ladi, u ham o'zaro ta'sirda bo'lgan zanjirlar

ayrim qismlari orasidagi bog'lanish parametrlari har xil bo'lganda, ya'ni ko'ndalang simmetriyada yuzaga keladi. Odatda, zanjir simlari absolyut bir xil qiymatli parametrlarga ega bo'lmashligi bois, barcha ikkita va uchta simli elektr zanjirlari qisman yoki to'la nosimmetrik bo'ladi.

Yondosh zanjirlarga ta'sir ko'rsatuvchi elektrlashgan temir yo'l zanjiri tortuvchi nimstansiya, tortish tarmog'i va elektrovozni o'z ichiga olgan konturdan iborat. O'z navbatida tortish tarmog'i tarkibiga ta'minlovchi va so'ruvchi (qaytuvchi) simlar, kontakt tarmog'i simlari, relslar va yer kiradi. Tortish tarmog'ining yondosh zanjirlarga ta'sir etuvchi kuchlanishi uning ishchi o'zgaruvchan tok kuchlanishiga teng, yerdan o'tayotgan tok kattaligi esa ishchi tok kattaligiga yaqin bo'ladi. Shuning uchun ham tortish tarmog'i bitta simli bir fazali va qaytuvchi tokining bir qismi yer orqali o'tadigan to'la nosimmetrik zanjir bo'lib, yondosh zanjirlarga kuchli elektromagnit ta'sir ko'rsatadi.

Elektrlashgan temir yo'llar unga yaqin joylashgan, uzatilayotgan elektr energiyasi miqdori kichik bo'lgan havo va kabel liniyalariga ta'sir ko'rsatadi. Bu liniyalarga aloqa, radio, teleboshqarish liniyalari, yoritish elektr tarmoqlari, avtoblokirovka rels zanjirlari, yondosh temir yo'l kontakt tarmog'ining manbadan ajratilgan qismi va hokazolar kiradi. Bundan tashqari, metall tayanchlar va inshootlarning yer osti qismlari, metall quvurlar, estakadalar va temir yo'l yaqinidagi boshqa ob'ektlar ham ushbu ta'sir ostida bo'ladi.

Agar ta'sir etuvchi va ta'sir ostida bo'lgan liniyalar orasidagi masofa (yaqinlashish kengligi) temir yo'l uchastkasi uzunligi bo'ylab bir xil bo'lsa, u holda bunday yaqinlashish parallel, agar ushbu masofa temir yo'l uchastkasi uzunligi bo'ylab o'zgaruvchan bo'lsa, u holda bunday yaqinlashish qiyshiq, agar temir yo'l uchastkasi uzunligi bo'ylab parallel va o'zgaruvchan yaqinlashish qismlarga ega bo'lsa – murakkab yaqinlashish hisoblanadi.

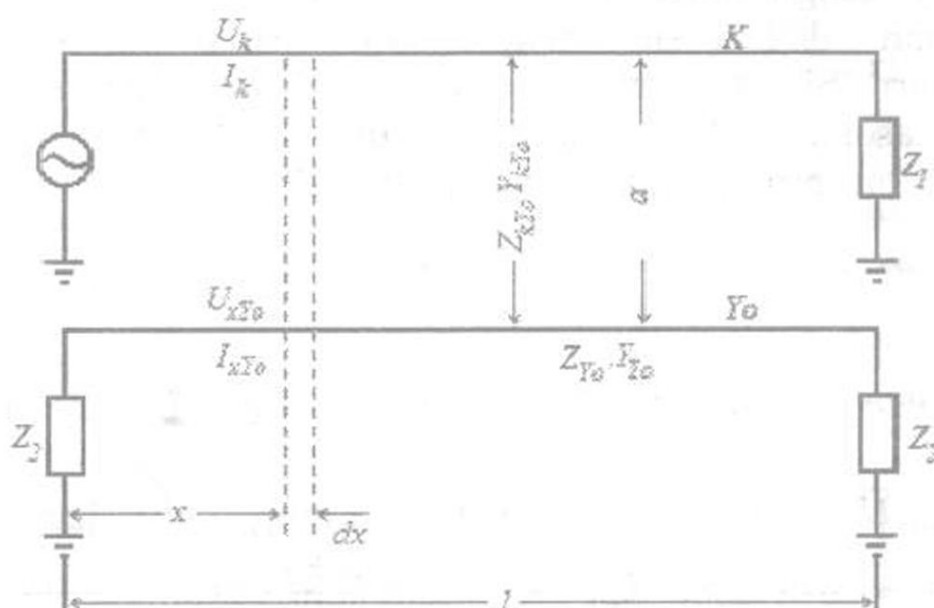
Bir simli liniya – kontakt tarmog'ini bitta simli yondosh liniyaga elektromagnit ta'sirini ko'rib chiqamiz. Agar yondosh liniya ikkita simli bo'lsa, unda uni ikkita bir simli liniya majmuasi ko'rinishida qarash mumkin. Hisoblashlarni biroz soddalashtirish maqsadida liniya yaqinlashishini o'zaro parallel deb hisoblash mumkin. Bunda liniyalarni o'zaro bog'lovchi parametrlar liniya uzunligi bo'ylab o'zgarmaydi, deb qabul qilish imkoni yuzaga keladi.

Yuqorida keltirilgan soddalashtirishlarni hisobga olib yondosh liniyada induksiyalangan kuchlanish va toklarni unga ta'sir ko'rsatuvchi kontakt tarmog'i kuchlanishi va toki hamda ushbu zanjirlarni o'zaro bog'lovchi parametrlarga bog'liqlik qonuniyatini 8.1- rasmda keltirilgan sxema uchun ko'rib chiqamiz.

8.1- rasmdagi bir jinsli liniya dx elementar uzunlikdagi uchastkasi uchun quyidagi differensial tenglamalar sistemasini Kirxgof qonunlari asosida hosil qilish mumkin:

$$\left. \begin{aligned} -\frac{dU_{xYo}}{dx} &= \underline{Z}_{kYo} I_k + \underline{Z}_{Yo} I_{xYo}, \\ -\frac{dI_{xYo}}{dx} &= -\underline{Y}_{kYo} U_k + \underline{Y}_{Yo} U_{xYo}, \end{aligned} \right\} \quad (8.1)$$

bu yerda U_k , I_k - kontakt tarmog'i kuchlanishi va toki; U_{xYo} , I_{xYo} - yondosh liniyaning x uzunlikdagi nuqtasi va yer orasidagi kuchlanish va yondosh liniyaning shu koordinatasidagi tok;



8.1- rasm. Kontakt tarmog'i K va yondosh liniya Yo ni o'zaro yaqinlashish sxemasi: a - yaqinlashish kengligi; l - yaqinlashish uzunligi

$\underline{Z}_{Yo} = r_{Yo} + j\omega L_{Yo}$ - yondosh liniyaning to'la kompleks qarshiligi, r_{Yo} - uning aktiv tashkil etuvchisi; L_{Yo} - induktivligi; ω - o'zgaruvchan tok burchak chastotasi; $\underline{Y}_{Yo} = g_{Yo} + j\omega C_{Yo}$ - yondosh liniyaning to'la kompleks o'tkazuvchanligi; g_{Yo} - izolatsiya

o'tkazuvchanligi; $C_{Yo} = C_{yer} + C_{k.t.}$ - yondosh liniyaning sig'imi; C_{yer} , $C_{k.t.}$ - yondosh liniyaning mos ravishda yerga va kontakt tarmog'iga nisbatan sig'implari, odatda $g_{Yo} \ll \omega C_{Yo}$ va shuning uchun $Y_{Yo} \approx j\omega C_{Yo}$ deb qabul qilish mumkin; $Z_{k.t.Yo} = j\omega M_{k.t.Yo}$ - kontakt tarmog'i va yondosh liniya o'rtasidagi o'zaro induksiya qarshiligi (o'zaro magnit bog'lanish parametri); $M_{k.t.Yo}$ - kontakt tarmog'i va yondosh liniya o'rtasidagi o'zaro induktivlik; $Y_{k.t.Yo} = g_{k.t.Yo} + j\omega C_{k.t.Yo}$ - kontakt tarmog'i va yondosh liniya orasidagi o'zaro o'tkazuvchanlik (o'zaro elektr bog'lanish parametri); $g_{k.t.Yo}$, $C_{k.t.Yo}$ - shu zanjirlar orasidagi mos ravishda aktiv o'tkazuvchanlik va sig'im, odatda $g_{k.t.Yo} \ll \omega C_{k.t.Yo}$ va shuning uchun ham $Y_{k.t.Yo} \approx j\omega C_{k.t.Yo}$ deb qabul qilish mumkin.

Yuqorida keltirilgan parametrlar liniya uzunligi birligi (1 km)ga keltirilgan.

(8.1) tenglamalar chiziqli birinchi tartibli va bir jinsli bo'lmagan differensial tenglamalar sistemasi bo'lib, uning yechimlari Sizga "Oliy matematika" va "Elektrotexnikaning nazariy asoslari" kurslaridan ma'lum. Shuning uchun ham bu yerda yechimning natijaviy ifodalarini keltirish bilan cheklanamiz:

$$\left. \begin{aligned} U_{xYo} &= (U_{oYo} - k_2 U_k) \operatorname{ch} \underline{\gamma} x - Z_{TYo} (I_{oYo} + k_1 I_k) \operatorname{sh} \underline{\gamma} x + k_2 U_k, \\ I_{xYo} &= -\frac{U_{oYo} - k_2 U_k}{Z_{TYo}} \operatorname{sh} \underline{\gamma} x + (I_{oYo} + k_1 I_k) \operatorname{ch} \underline{\gamma} x - k_1 I_k. \end{aligned} \right\} \quad (8.2)$$

bu yerda U_{oYo} , I_{oYo} - U_{xYo} va I_{xYo} larning $x=0$ dagi qiymatlari;

$$k_1 = \frac{Z_{k.t.Yo}}{Z_{Yo}} = \frac{j\omega M_{k.t.Yo}}{r_{Yo} + j\omega L_{Yo}}; \quad k_2 = \frac{Y_{k.t.Yo}}{Y_{Yo}} = \frac{g_{k.t.Yo} + j\omega C_{k.t.Yo}}{g_{Yo} + j\omega C_{Yo}} \approx \frac{C_{k.t.Yo}}{C_{k.t.Yo} + C_{er}}; \quad (8.3)$$

$\underline{\gamma} = \sqrt{Z_{Yo} Y_{Yo}}$ - elektromagnit to'liqinning yondosh liniya bo'ylab

tarqalish koeffitsiyenti; $Z_{TYo} = \sqrt{\frac{Z_{Yo}}{Y_{Yo}}}$ - yondosh liniyaning to'liqin qarshiligi.

(8.2) tenglamalar elektrlashgan temir yo'lining elektromagnit maydoni ta'sirida yondosh liniyada induksiyalangan kuchlanish va tokning liniya uzunligi bo'ylab taqsimlanish qonuniyatlarini ifodalaydi.

Yondosh liniyadagi kuchlanish va tok unda elektromagnit maydonning bir butun ta'sirida induksiyaalansa-da, ushbu ta'sirni tahlil qilish va hisoblashni soddalashtirish maqsadida uni alohida-alohida elektr va magnit ta'sirlarga ajratish maqsadga muvofiq bo'ladi. Elektr ta'sir kontakt tarmog'idagi kuchlanish ta'sirida yondosh liniyada yerga nisbatan potensial induksiyaalanishidir. Bu ta'sirni alohida o'rganishda kontakt tarmog'idagi tok nolga teng, deb hisoblanadi. Magnit ta'sir natijasida kontakt tarmog'idagi o'zgaruvchan tok magnit maydoni yondosh liniyada bo'ylama EYK induksiyaalaydi. Bu EYK liniya bo'ylab taqsimlangan bo'lib, uning ta'sirida unda yerga nisbatan kuchlanish va yondosh liniyada tok hosil bo'ladi.

Bundan tashqari, tortish tarmog'i bir simli liniyalarga, yerlangan inshootlar va kommunikatsiyalarga galvanik ta'sir ham ko'rsatadi.

8.2. Elektrlashgan temir yo'llarning yondosh liniyalarga ta'siri

8.2.1. Kontakt tarmog'ining elektr ta'siri

Agar kuchlanish ostida bo'lgan kontakt tarmog'ida yuklama yo'qligi sababli undagi tok nolga teng bo'lsa, u holda kontakt tarmog'i yondosh liniyalarga faqat elektr ta'sir ko'rsatadi. Quyidagi turli xil xususiy holatlar uchun kontakt tarmog'ining elektr ta'sirida bo'lgan yondosh liniya bo'ylab kuchlanish va toklarning (8.2) tenglamalar asosida taqsimlanish qonuniyatlarini ko'rib chiqamiz (8.2- rasm):

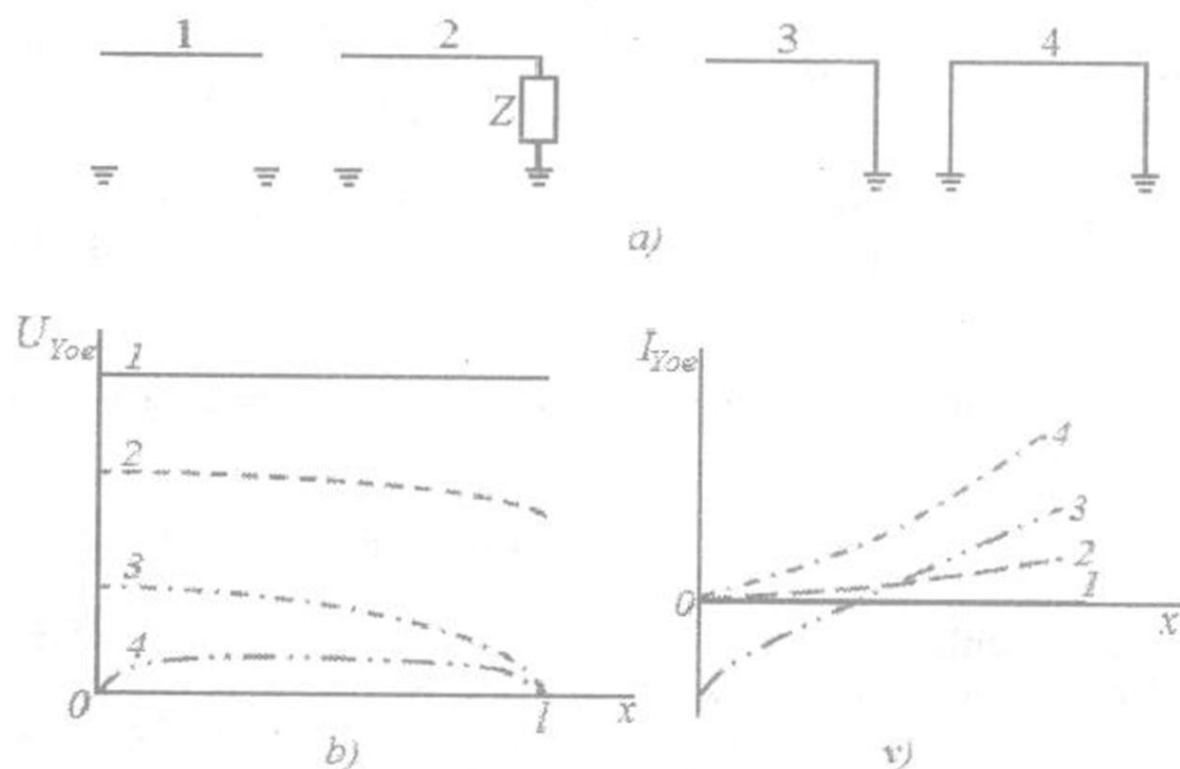
1) yondosh liniya yerdan izolatsiyalangan (8.2- rasm, *a* dagi 1- holat), ya'ni $Z_2 = \infty$. Bunday holatda $I_{x0Yo} \Big|_{x=0} = 0$ va $I_{xlYo} \Big|_{x=l} = 0$;

2) yondosh liniyaning oxiri ($x=l$) $Z=Z_2$ qarshilik orqali yerlangan, liniyaning boshi esa izolatsiyalangan (8.2- rasm, *a* dagi 2- holat). Bunda $x=0$ da $I_{oeYo} = 0$, $x=l$ da esa $U_{eYo} = I_{eYo} Z_2$;

3) yondosh liniya boshi izolatsiyalangan, oxiri esa yerlangan (8.2-rasm, *a* dagi 3- holat). Bunda $x=0$ da $Z_2 = \infty$ va $I_{oeYo} = 0$, $x=l$ da esa $Z_2 = 0$ va $U_{eYo} = 0$;

4) yondosh liniyaning boshi va oxiri yerlangan (8.2- rasm, *a* dagi 4- holat). Bunda $x=0$ va $x=l$ da $Z_2=0$ va $U_{yoe0}=U_{yoe0}=0$.

Yuqorida qayd etilgan har bir holat uchun $I_k=0$ va tegishli chegaraviy shartlarda yondosh liniyadagi kuchlanish va tokning liniya uzunligi bo'ylab taqsimlanishni ularning umumiy tenglamalari (8.2) dan aniqlash mumkin.



8.2- rasm. Kontakt tarmog'ining elektr ta'siri ostida bo'lgan yondosh liniyaning yerga nisbatan kuchlanishining va undagi tokning liniya uzunligi bo'yicha taqsimlanishi:

a – yondosh liniya turli holatlari sxemalari; *b* va *v* – kuchlanish va tok taqsimlanishlari; 1 – liniya yerdan izolatsiyalangan; 2 – liniya oxiri Z_2 qarshilik orqali yerlangan; 3 – liniya oxiri yerlangan; 4 – liniya boshi va oxiri yerlangan

Har bir xususiy holat uchun (8.2) tenglamalar va ularning grafiklari (8.2- rasm, *b* va *v*)ning tahlili shuni ko'rsatadiki, elektr ta'sir ostida bo'lgan yondosh liniyada uning boshi va oxiri yerdan izolatsiya qilingan holat uchun eng katta qiymatli kuchlanish induksiyanadi (8.2- rasm, *b*). Bu kuchlanish o'zgarish qonuniyatini aniqlash uchun (8.2) ning ikkinchi tenglamasiga

$I_k = 0$ va chegaraviy shartlarga ko'ra $I_{eY0} = I_{eY00} = 0$ larni $x = l$ uchun qo'yib quyidagi tenglamani hosil qilamiz:

$$0 = -(U_{oY0} - k_2 \dot{U}_k) \frac{\text{sh} \gamma l}{Z_{TY0}},$$

bunda $\dot{U}_{oY0} = k_2 \dot{U}_k$. Bu qiymatni (8.2) ning birinchi tenglamasiga qo'yib va $\dot{I}_k = 0$ ekanligini inobatga olib qo'yidagini hosil qilamiz:

$$\dot{U}_{eY0} = k_2 \dot{U}_k. \quad (8.4)$$

Shunday qilib, kontakt tarmog'i yerdan izolatsiyalangan yondosh liniyaga elektr ta'siri ($\dot{I}_2 = 0$) natijasida induksiyalangan kuchlanish kattaligi yondosh liniya uzunligi bo'ylab doimiy saqlanadi (8.2- rasm, b dagi 1- chiziq). Bu kuchlanish kontakt tarmog'i kuchlanishiga va qiymati $C_{k,lY0}$ va C_{yer} sig'imlar bilan aniqlanadigan sig'im bog'lanish koeffitsiyenti k_2 ga to'g'ri proporsional. k_2 koeffitsiyent "kontakt tarmog'i – yondosh liniya" tizimidagi elektrostatik maydon potensial tenglamalaridan topilishi mumkin.

Biz $\dot{U}_{eY0}$ kuchlanishni taqribiy hisoblashda foydalaniladigan natijaviy ifodasini keltirish bilan cheklanamiz:

$$\dot{U}_{eY0} = \frac{2\dot{U}_k}{\ln \frac{2b}{\rho}} \frac{bcl_k}{(a^2 + b^2 + c^2)l_{Y0}} = K \dot{U}_k \frac{bcl_k}{(a^2 + b^2 + c^2)l_{Y0}}, \quad (8.5)$$

bu yerda a – kontakt simi va yondosh liniyaning o'zaro yaqinlashish kengligi; b, c – mos ravishda kontakt simi va yondosh liniya balandliklari; l_k, l_{Y0} – mos ravishda kontakt tarmog'i va yondosh liniya uzunligi; ρ – kontakt simi yuzasining radiusi.

O'zgaruvchan tok tortish tarmoqlari uchun kontakt tarmog'ining kontakt simi va ushlab turuvchi troslarga ajratilishini

hisobga olib bitta yo'lli uchastka uchun taqriban $K = \frac{2}{\ln \frac{2b}{\rho}} = 0,4$,

ikkita yo'lli uchastka uchun esa $K = 0,6$ deb olinishi mumkin.

Masala. Bir fazali o'zgaruvchan tok bitta va ikkita yo'lli tortish tarmog'ida kontakt tarmog'ini yondosh liniyaga ko'rsatadigan elektr ta'sirini quyidagi qiymatlar uchun

hisoblaymiz: $U_k = 25 \text{ kV}$; $I_k = 0$; $a = 15 \text{ m}$ va $a = 100 \text{ m}$; $b = 7,5 \text{ m}$; $c = 6 \text{ m}$; $l_k = l_{Yo}$.

(8.5) formulaga ko'ra bitta yo'lli uchastka uchun: $a = 15 \text{ m}$ bo'lganda:

$$U_{eYo} = KU_k \frac{bc}{a^2 + b^2 + c^2} \frac{l_k}{l_{Yo}} = 0,4 \cdot 25 \cdot 10^3 \frac{7,5 \cdot 6}{15^2 + 7,5^2 + 6^2} = 1420 \text{ V},$$

$a = 100 \text{ m}$ bo'lganda esa: $U_{eYo} = 45 \text{ V}$.

Ikkita yo'lli uchastka uchun:

$a = 15 \text{ m}$ da $U_{eYo} = 2125 \text{ V}$, $a = 100 \text{ m}$ da $U_{eYo} = 67 \text{ V}$.

Yuqorida keltirilgan hisoblashlardan ko'rinib turibdiki, kontakt tarmog'i va yondosh liniyaning o'zaro yaqinlashish kengligi uzoqlashishi bilan yondosh liniyada induksiyanayotgan kuchlanish keskin kamayadi.

Kuchlanish ostida bo'lgan kontakt tarmog'i faqat yerdan ma'lum masofada joylashgan yondosh liniyalarga elektr ta'sir ko'rsatadi. Masalan, yer yuzasida joylashgan izolatsiyalangan sim uchun $C = 0$, deb hisoblash mumkin. $C = 0$ bo'lganda (8.5) formulaga ko'ra $U_{eYo} = 0$ bo'ladi. Yuzasi metall qobiq bilan qoplangan va yerlangan kabel liniyasi kontakt tarmog'i elektr ta'siridan himoyalangan, deb hisoblanadi. Ko'p yo'lli kontakt tarmog'ining bironta yo'li kontakt tarmog'ining ta'mirlash uchun ajratilgan qismida kuchlanish ostida bo'lgan qo'shni kontakt tarmog'ining elektr ta'siri ostida kattaligi bir necha kilovoltga teng potensial induksiyanishi mumkin. Shuning uchun ham kontakt tarmog'ining manbadan ajralgan qismi ikkala tomondan ham yerlanishi talab etiladi. Elektrlashgan temir yo'l yaqinida joylashgan va yerlangan metall inshootlarga ham katta qiymatli potensial induksiyanadi. Buni oldini olish maqsadida temir yo'ldan 10 m va undan ham yaqinda joylashgan barcha metall konstruksiyalar (ko'priklar, yo'l o'tkazgichlar, svetoforlar, alohida turgan tayanchlar, gidrokolonkalar, binolar tomlari va boshqalar) yerlanishi talab etiladi.

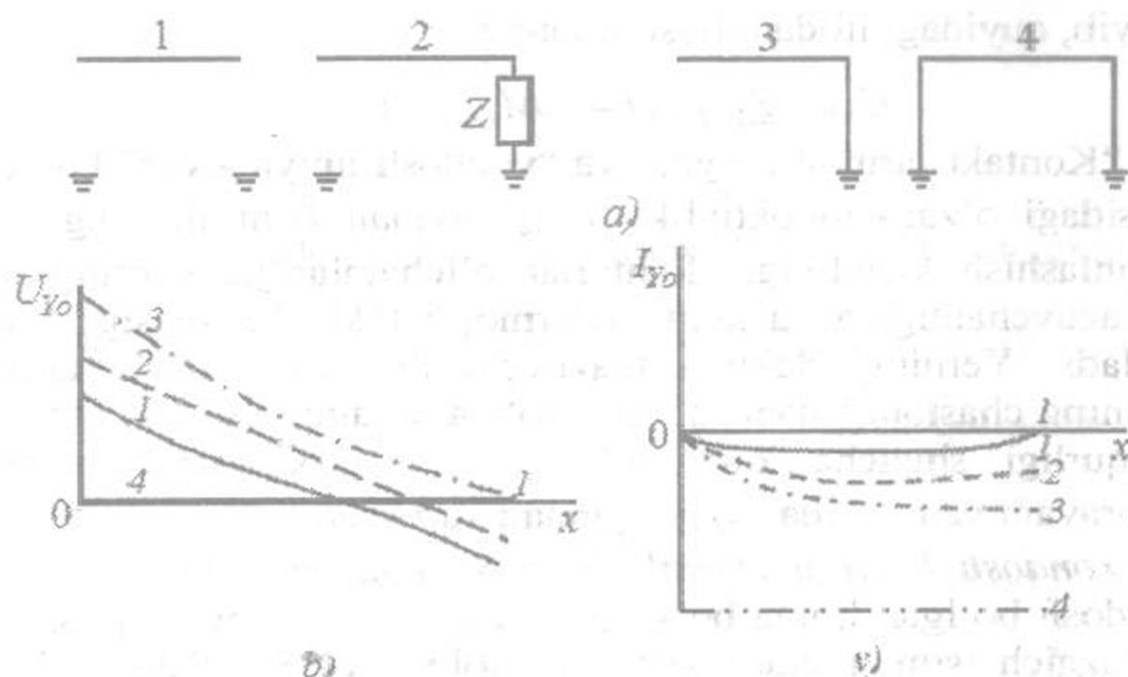
8.2.2. Kontakt tarmog'ining magnit ta'siri

Kontakt tarmog'i va yondosh liniyaning o'zaro yaqinlashish kengligi nisbatan katta qiymatda bo'lganda ular orasidagi sig'im (elektr) bog'lanish inobatga olmaslik darajasida kichik bo'lib, ular

orasidagi magnit bog'lanish sezilarli darajada bo'ladi va (8.2) tenglamalarda $k_2 = 0$ deb, qabul qilish mumkin.

Magnit ta'sirni o'rganishda yondosh liniyaning avvalgi paragrafda ko'rib chiqilgan to'rtta xususiy holatlaridan foydalanamiz. Faqat chegaraviy shartlar uchun yozilgan kattaliklar indeksidagi "e" harfini "m" ga almashtirish lozim bo'ladi.

Har bir holat uchun $k_2 = 0$ ekanligini va chegaraviy shartlardan foydalanib (8.2) tenglamalardan kontakt tarmog'ining yondosh liniyaga magnit ta'siri natijasida undagi induksiyanadigan kuchlanish va tok formulalarini topish mumkin. 8.3- rasmda ushbu formulalar asosida qurilgan grafiklar keltirilgan.



8.3- rasm. Kontakt tarmog'ining magnit ta'siri ostida bo'lgan yondosh liniyaning yerga nisbatan kuchlanishi va undagi tokning liniya uzunligi bo'yicha taqsimlanishi:

a - yondosh liniya turli holatlari sxemalari; b va v - kuchlanish va tok taqsimlanishlari; 1 - liniya yerdan izolatsiyalangan; 2 - liniya oxiri Z_2 qarshilik orqali yerlangan; 3 - liniya oxiri yerlangan; 4 - liniya boshi va oxiri yerlangan

Grafiklar tahlili shuni ko'rsatadiki, yondosh liniyada induksiyanadigan kuchlanish (yerga nisbatan) 3- holat, ya'ni yondosh liniyaning boshi va oxiri yerlangan holat uchun eng katta qiymatda bo'ladi (8.3- rasmdagi 3- liniya). Bunda yondosh liniyaning yerlanmagan chegarasidagi kuchlanish kontakt tarmog'idagi tokning yondosh liniyada hosil qilgan bo'ylama EYK

E_{kYo} ga teng bo'ladi. Bu holat yondosh liniyadagi xavfli kuchlanish miqdorini aniqlashda hisobga olinishi lozim.

Oxiri yerlangan va kontakt tarmog'ining magnit ta'sirida bo'lgan yondosh liniya boshidagi kuchlanishni topamiz. $k_2 = 0$, $I_{oYo} = 0$ va $U_{Yo} = 0$ ekanligini hisobga olib, (8.2) ning birinchi tenglamasidan $x = l$ uchun quyidagi tenglamani hosil qilamiz:

$$0 = U_{oYo} \operatorname{ch} \gamma l - Z_{TYo} k_1 I_k \operatorname{sh} \gamma l, \text{ bundan } U_{oYo} = Z_{TYo} k_1 I_k \operatorname{th} \gamma l. \quad (8.6)$$

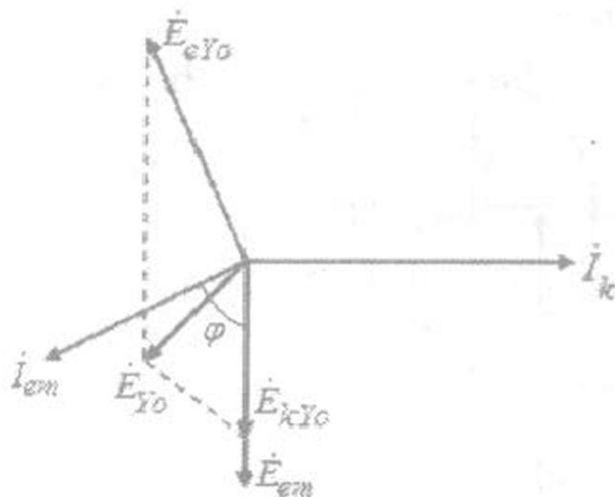
50 Hz chastotada γl kattalik odatda, juda kichik qiymatga teng bo'ladi, shuning uchun katta xatoliksiz $\operatorname{th} \gamma l \approx \gamma l$, deb qabul qilish mumkin. Buni inobatga olib va Z_{TYo} , γ , k_1 ifodalarini (8.6) ga qo'yib, quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$U_{oYo} = Z_{k,l,Yo} I_k l = j\omega M_{k,l,Yo} I_k l = -E_{kYo}. \quad (8.7)$$

"Kontakt tarmog'i - yer" va "yondosh liniya - yer" konturlari orasidagi o'zaro induktivlik $M_{k,l,Yo}$ qiymati konturlarning o'zaro yaqinlashish kengligiga, konturlar o'lchamlariga, yerning elektr o'tkazuvchanligiga va kontakt tarmog'i toki chastotasiga bog'liq bo'ladi. Yerning elektr o'tkazuvchanligi va kontakt tarmog'i tokining chastotasi qancha katta bo'lsa, tokning yer bo'ylab o'tish chuqurligi shuncha kam bo'ladi, ya'ni konturlar o'lchamlari kichrayadi va natijada $M_{k,l,Yo}$ qiymati kamayadi.

Yondosh liniyani ekranlash. Agar kontakt tarmog'i va unga yondosh bo'lgan liniya bo'ylab ikkala uchi yerlangan qo'shimcha o'tkazgich sim joylashtirilsa, u holda ushbu o'tkazgich sim yondosh liniya uchun ma'lum darajada elektromagnit ekran vazifasini o'taydi. Bu jarayon quyidagicha yuz beradi. Kontakt tarmog'i orqali I_k tok o'tganda yondosh liniyada $E_{kYo} = -j\omega M_{k,l,Yo} I_k l = -Z_{kYo} I_k l$ ifoda bilan aniqlanuvchi bo'ylama EYK induksiyanlanadi. Bu EYK vektori I_k tok vektoridan 90° ga orqada qoladi (8.4- rasm). Ekranlovchi o'tkazgichda ham I_k hisobidan $\dot{E}_{em}$ EYK induksiyanlanadi. Ekranlovchi o'tkazgich kontakt tarmog'iga yondosh liniyaga nisbatan yaqinroq joylashtirilsa, $\dot{E}_{em}$ EYK $\dot{E}_{kYo}$ dan kattaroq bo'ladi. $\dot{E}_{em}$ EYK ekranlovchi o'tkazgichda $\dot{I}_{em}$ tokni hosil qiladi. $\dot{I}_{em}$ tok vektori $\dot{E}_{em}$

EYK vektoridan φ burchakka orqada qoladi. φ burchak ekranlovchi o'tkazgichning aktiv va induktiv qarshiliklarining qiymatlariga bog'liq. I_{em} tok o'z navbatida ekranlovchi o'tkazgich atrofida ikkilamchi elektromagnit maydon hosil qiladi.



8.4- rasm. Yondosh liniyani ekranlashga oid vektor diagramma

Bu maydon kuch chiziqlari yondosh liniyani kesib o'tishi natijasida unda I_{em} tok vektoridan 90° ga orqada qoluvchi $\dot{E}_{eyo}$ EYK ni induksiyalaydi. Shunday qilib, yondosh liniya $\dot{E}_{kyo}$ va $\dot{E}_{eyo}$ EYKlar algebraik yig'indisiga teng bo'lgan $\dot{E}_{yo}$ EYK hosil bo'ladi.

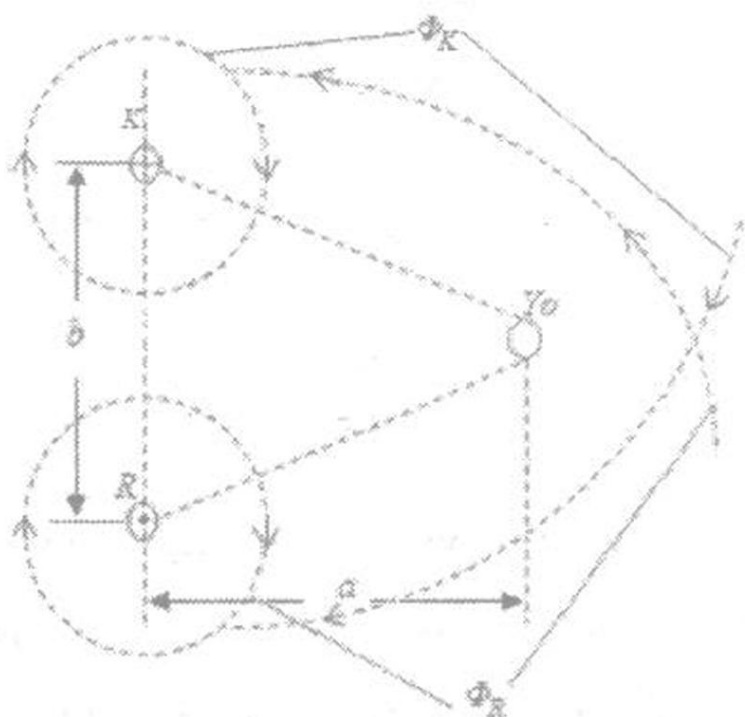
8.4- rasmdagi vektor diagrammadan ko'rinib turibdiki, $\dot{E}_{kyo}$ va $\dot{E}_{eyo}$ EYKlar qanchalik modul jihatdan bir-biriga, ular orasidagi burchak esa 180° ga yaqin bo'lsa, natijaviy EYK $\dot{E}_{yo}$ shunchalik kichik, qo'shimcha o'tkazgichning ekranlovchi xususiyati esa shunchalik katta bo'ladi.

Yondosh liniyalardagi natijaviy EYKni unda kontakt tarmog'i toki induksiyalagan EYKga nisbati ekranlash koeffitsiyenti deb ataladi:

$$r_e = \frac{\dot{E}_{yo}}{\dot{E}_{kyo}}. \quad (8.8)$$

Relslarning ekranlash xususiyati. Ikkala uchi yerlangan o'tkazgich simning ekranlash effekti mohiyatini o'rganganimizdan keyin relsdan o'tayotgan tokning ekranlovchi ta'sirini ko'rib

chiqishimiz mumkin bo'ladi. Kontakt tarmog'i simi, yondosh liniya va rels tolasini o'zaro joylashish shartli sxemasi 8.5- rasmda keltirilgan. Relslardan o'tayotgan toklarni yondosh liniya uchun ekranlovchi ta'sirini kontakt tarmog'i va relslar toklari magnit maydonlari kuch chiziqlarining yondosh liniyani turli yo'nalishlarda kesib o'tishi bilan izohlanadi (8.5- rasimga qarang!).



8.5- rasm. Kontakt tarmog'i simi, yondosh liniya va rels tolasining o'zaro joylashish sxemasi:

Φ_K, Φ_R - mos ravishda kontakt tarmog'i va rels tokidan hosil bo'lgan magnit oqimlari kuch chiziqlari

Ikkala toklar yondosh liniyada bir-biriga o'zaro qarama-qarshi yo'nalishdagi bo'ylama EYKlarni induksiylaydi. Natijaviy EYK esa kontakt tarmog'i tokining yondosh liniyada induksiylaydigan EYKdan kichik bo'ladi. Kontakt tarmog'i va rels toklaridan yondosh liniyada hosil bo'lgan natijaviy bo'ylama EYK E_{Yo} ni topishda ustma-ustlash prinsipidan foydalaniladi, ya'ni E_{Yo} har bir tokning magnit maydonidan yondosh liniyada alohida-alohida induksiylangan EYKlar vektor yig'indisi ko'rinishida quyidagicha topiladi:

$$E_{Yo} = -Z_{k,l,Yo} I_{k,l} - Z_{r,Yo} I_r = -j\omega l (M_{k,l,Yo} I_{k,l} + M_{r,Yo} I_r), \quad (8.8)$$

bu yerda $\underline{Z}_{r.Yo} = j\omega M_{r.Yo}$, $M_{r.Yo}$ - rels va yondosh liniya orasidagi mos ravishda o'zaro induktiv qarshilik va o'zaro induktivlik. $\underline{Z}_{k.T.Yo}$; $\underline{Z}_{r.Yo}$ qarshiliklar ushbu kitobning 3- bobida keltirilgan formulalar asosida hisoblab topilishi mumkin.

Yondosh liniya kontakt tarmog'i va relslarga nisbatan simmetrik joylashtirilganda (8.5- rasmga qarang!), $\underline{Z}_{k.T.Yo} = \underline{Z}_{r.Yo}$, ya'ni $M_{k.T.Yo} = M_{r.Yo}$ deb hisoblash mumkin. Unda

$$E_{Yo} = -j\omega M_{k.T.Yo} I_k \left(1 + \frac{I_r}{I_k}\right). \quad (8.9)$$

Kitobning 3- bobida keltirilgan formulalarga tayanib hamda I_k va I_r toklarning faza jihatdan o'zaro qarama-qarshi yo'nalganligini e'tiborga olib, quyidagi munosabatni hosil qilishimiz mumkin:

$$\frac{I_r}{I_k} = -\frac{\underline{Z}_{k.T.r}}{\underline{Z}_r}, \quad (8.10)$$

bu yerda $\underline{Z}_{k.T.r} = j\omega M_{k.T.r}$ - kontakt tarmog'i va rels orasidagi o'zaro qarshilik; $\underline{Z}_r$ - rels to'la qarshiligi.

(8.10) ni inobatga olsak, (8.9) ifoda quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$E_{Yo} = -j\omega M_{k.T.Yo} I_k \left(1 - \frac{\underline{Z}_{k.T.r}}{\underline{Z}_r}\right). \quad (8.11)$$

Agar $I_r = I_k$ shart bajarilganda edi, u holda $E = 0$ bo'lar edi. Ammo ushbu toklar qiymat jihatdan o'zaro teng emas, faza jihatdan esa o'zaro 180° dan farq qiladi. (8.10) dan:

$$\begin{aligned} I_r &= -\frac{\underline{Z}_{k.T.r}}{\underline{Z}_r} I_k = -\frac{j\omega M_{k.T.r}}{R_r + j\omega L_r} I_k = -\frac{\omega^2 M_{k.T.r}^2 L_r + j\omega M_{k.T.r} R_r}{R_r^2 + \omega^2 L_r^2} I_k = \\ &= \frac{\sqrt{(\omega^2 M_{k.T.r}^2)^2 L_r^2 + \omega^2 M_{k.T.r}^2 R_r^2}}{R_r^2 + \omega^2 L_r^2} I_k = \frac{\sqrt{R_r^2 + \omega^2 M_{k.T.r}^2} - \omega M_{k.T.r}}{(\sqrt{R_r^2 + \omega^2 L_r^2})^2} I_k = \\ &= \frac{\omega M_{k.T.r}}{\sqrt{R_r^2 + \omega^2 L_r^2}} I_k. \end{aligned} \quad (8.12)$$

(8.12) tenglamadagi I_k tok koeffitsiyentining surati maxrajidan kichik va shuning uchun $I_r < I_k$. Shunday qilib,

yondosh liniya tortish tarmog'iga nisbatan simmetrik joylashganda ham yondosh liniyadagi natijaviy bo'ylama EYK noldan farqli bo'ladi.

Shuni aytib o'tish joizki, yaqinlashish kengligi a ning ortishi bilan yondosh liniyadagi bo'ylama EYK qiymati o'zaro induksiya koeffitsiyenti kamayishi hisobiga kamayadi. Ammo bu kamayish elektr ta'sir natijasida yondosh liniyada induksiyalangan kuchlanish kamayishiga nisbatan ancha kichik qiymatda bo'ladi. Masalan, $a=15$ m dan $a=100$ m ga oshirilganda elektr ta'sir kuchlanishi 31,7 marta kamayadi, magnit ta'sir EYKi esa atiga 2,1 martaga kamayadi, xolos.

Kabel qobig'ining ekranlovchi ta'siri. Tortish tarmog'ini yondosh kabel liniyasiga magnit ta'siri uning yondosh havo (havoda joylashgan) liniyasiga magnit ta'siri ta'sir ko'rsatish sharoiti jihatidan ancha farq qiladi. Bu farq shundan iboratki, kabel metall qobig'iga ega bo'lib u yerlangan. Shuning uchun ham kabelning metall qobig'i ekran vazifasini bajaradi. Kabel qobig'i ideal ekranlash koeffitsiyenti (bu koeffitsiyent kabel qobig'ining ekranlovchi ta'siri koeffitsiyenti deb ham nomlanadi) qobiqning ikkala uchini yerlash qarshiligi va qobiq bo'ylab to'la qinni tarqalish koeffitsiyenti γ_q nolga teng va $Z_{k.t.Yo} = Z_{k.t.q}$ ($Z_{k.t.q}$ - kontakt tarmog'i va kabel qobig'i orasidagi o'zaro induktiv qarshilik) bo'lganda hamda yaqinlashish kengligi katta bo'lganda quyidagicha aniqlanadi:

$$r_q = 1 - \frac{Z_{q.Yo}}{Z_q} = 1 - \frac{j\omega M_{q.Yo}}{R_q + j\omega L_q} = \frac{R_q + j\omega(L_q - M_{q.Yo})}{R_q + j\omega L_q}, \quad (8.13)$$

bu yerda $Z_{q.Yo}$, $M_{q.Yo}$ - kabel qobig'i va kabel simlari orasidagi mos ravishda o'zaro induktiv qarshilik va o'zaro induktivlik; $Z_q = R_q + j\omega L_q$ - kabel qobig'ining to'la qarshiligi.

Katta xatoliksiz $M_{q.Yo} \approx L_q$ deb qabul qilish mumkin. Unda

$$r_q = \frac{R_q}{R_q + j\omega L_q}, \quad (8.14)$$

Real sharoitlarda kabelning haqiqiy ekranlash koeffitsiyenti:

$$r_{q.h} = r_q + (1 + r_q) \frac{1 - e^{-\gamma_q l}}{\gamma_q l}. \quad (8.15)$$

(8.15) formula tahlili shuni ko'rsatadiki, kabel metall qobig'ining ekranlash imkoniyatini oshirish uchun qobiq aktiv qarshiligi R_q ni kamaytirish, uning induktivligi L_q ni hamda ta'sir etuvchi tok chastotasini oshirish talab etiladi.

8.2.3. Kontakt tarmog'ining galvanik ta'siri

Yerlangan yondosh liniyalar (bitta simli zanjirlar – telegraf, signalizatsiya va blokirovka liniyalari, metall inshootlarning yerlangan qismlari va hokazo) elektrlashgan temir yo'llarning magnit ta'siridan tashqari galvanik ta'siri ostida ham bo'ladi. Galvanik ta'sir relslardan yerga o'tadigan daydi toklar ta'siri ostida yuzaga keladi. Bunda relslar va unga tegib turgan yer qismining potentsiali yerning relslardan uzoqda joylashgan qismining potentsialiga nisbatan ortadi. Bundan tashqari, rels potentsiali uning uzunligi bo'ylab ham o'zgaradi. Bu o'zgarish kontakt tarmog'i tokiga, relslar qarshiliklariga, rels va yer orasidagi o'tish qarshiligiga va yerning elektr o'tkazuvchanligiga bog'liq bo'ladi.

Daydi toklar ta'sirida yondosh liniya yerlangan qismlarining potentsiallari har xil qiymatga ega bo'lib qolishi natijasida yondosh liniya tashqi potentsiallar farqi – galvanik kuchlanish U_{rog} ta'siri ostida bo'ladi.

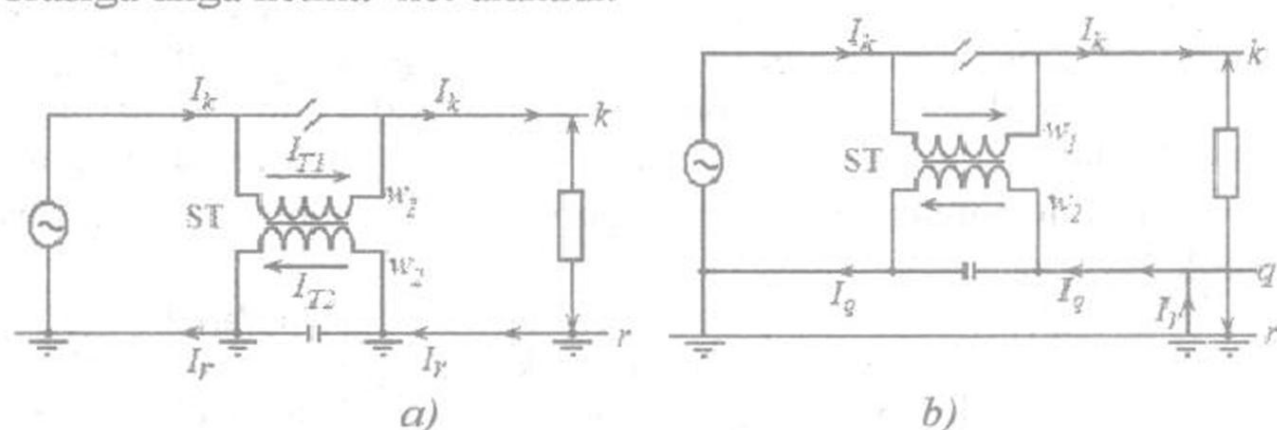
Yondosh liniya temir yo'l liniyasiga nisbatan parallel, u bilan burchak ostida yoki unga perpendikulyar joylashgan bo'lishi mumkin. Bunda yondosh liniyaning ikkala yerlangan qismi yoki ulardan bittasi daydi toklar natijasida yuzaga keladigan potentsiallar ta'sirida bo'lishi mumkin. Ikkinchi holatda yondosh liniyaning ikkinchi yerlangan qismi yerning potentsiali nolga teng bo'lgan qismida joylashgan bo'lishi mumkin. Ana shu holatda U_{rog} kuchlanishi eng katta qiymatga ega bo'ladi.

8.3. Yondosh liniyalarni elektrlashgan temir yo'llar ta'siridan himoyalash

Elektrlashgan temir yo'llarda yondosh liniyalarni ekranlashda aloqa kabellarining metall qobiqlari, kontakt tarmog'i yoki yondosh liniya tayanchlarida osilgan va yerlangan tros – simlar, temir yo'l relslari va metall quvurlardan foydalanish mumkin. Ammo bular yetarli darajada yondosh liniyani kontakt tarmog'ining elektromagnit ta'siridan himoyalay olmaydi.

Masalan, temir yoʻl relslari magnit taʼsirni oʻrtacha 2 martagacha kamaytirish imkonini beradi. (8.12) formula tahlili shuni koʻrsatadiki, relslar ekranlash xususiyatini oshirish uchun relslar qarshiliklarini kamaytirish yoki kontakt tarmogʻi bilan relslar orasidagi oʻzaro induktivlikni oshirish kerak boʻladi. Bunda relsdan oʻtayotgan tok qiymati va relslarning ekranlash qobiliyati ortadi. Relslar qarshiligini kamaytirishning deyarli imkoniyati yoʻq. *Relslardan oʻtayotgan tok qiymatini oshirishda soʻruvchi (relslardan yerga oʻtayotgan toklarni relsga qayta soʻrib oluvchi) transformatorlardan foydalaniladi.*

Soʻruvchi transformatorlarni tortish tarmogʻiga ulashning ikkita sxemasi mavjud (8.6- rasm). Ikkala sxemada ham soʻruvchi transformator (ST) birlamchi chulgʻami kontakt tarmogʻi simiga ketma-ket ulanadi. Birinchi sxema (8.6- rasm, a)da ST ikkilamchi chulgʻami relslarga ketma-ket ulangan, ikkinchi sxema (8.6- rasm, b)da esa ST ikkilamchi chulgʻami qaytuvchi sim deb ataluvchi sim orasiga unga ketma- ket ulanadi.



8.6- rasm. Soʻruvchi transformatorni tortish tarmogʻiga ulash sxemalari:

a – ikkilamchi chulgʻam bevosita relslarga ulangan sxema; b – ikkilamchi chulgʻam qaytuvchi simga ulangan sxema; w_1 , w_2 , I_{T1} , I_{T2} – soʻruvchi transformator birlamchi va ikkilamchi chulgʻamlaridagi mos ravishda oʻramlar soni va toklar; I_k , I_r , I_q – mos ravishda kontakt tarmogʻi, relslar va qaytuvchi simdagi toklar

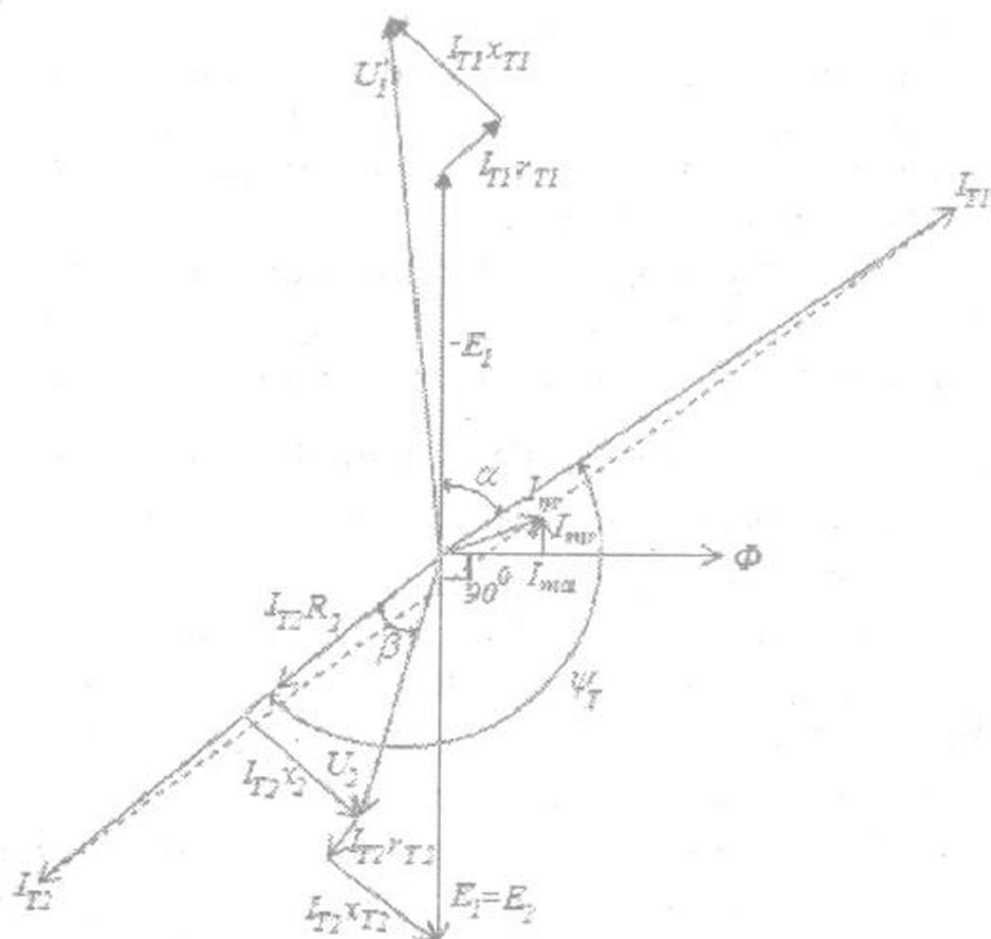
8.6- rasm, a) dagi sxemada ST yuklama zanjirining qarshiliklariga relslar, yer va ular orasidagi oʻtish qarshiliklari kiradi. 8.6- rasm, b) dagi sxemada esa – qaytuvchi sim qarshiligi ham kiradi. Birinchi sxemada yuklama qarshiligi bir Ω ning ulushi kattaligida boʻlsa, ikkinchi sxemada bu qarshilik 1-3 Ω ni tashkil etadi. Shunday qilib, ST yuklama qarshiligi juda kichik boʻlgan

kuch transformatoridir, ya'ni ST tok transformatorlari rejimiga yaqin bo'lgan rejimda ishlaydi. Uning transformatsiya koeffitsiyenti birga yaqin yoki birga teng bo'ladi.

ST ishlash prinsipini uning vektor diagrammasini qurish va tahlil etish orqali o'rganamiz (8.7- rasm). ST birlamchi chulg'amidan o'tayotgan $\dot{I}_{T1} = \dot{I}_{T2}$ tok transformator o'zagida Φ magnit oqimini hosil qiladi. Elektromagnit induksiya qonuniga ko'ra bu magnit oqimi ST ikkala chulg'amida ham undan 90° ga orqada qoluvchi $\dot{E}_1$ va $\dot{E}_2$ EYK larni induksiyalaydi. $\dot{E}_2$ EYK ta'sirida ST ikkilamchi zanjirida $\dot{I}_{T2}$ tok hosil bo'ladi.

Amalda ST vektor diagrammasini $\dot{I}_{T2}$ tok vektorini qurishdan boshlash qulay hisoblanadi (8.7- rasmga qarang!). Bu tok vektori kattaligi va yo'nalishini tanlab uni kompleks tekislikda joylashtirganimizdan keyin ST yuklama qarshiligi $Z_2 = R_2 + jX_2$ dagi kuchlanish pasayishining aktiv tashkil etuvchisi $\dot{I}_{T2}R_2$ ni $\dot{I}_{T2}$ tok vektorini yo'nalishiga mos ravishda, uning reaktiv tashkil etuvchisi $\dot{I}_{T2}X_2$ ni esa $\dot{I}_{T2}$ tok vektoridan 90° ga ilgariyuvchi vektor ko'rinishda tasvirlaymiz. Ushbu kuchlanish pasayishi aktiv va reaktiv tashkil etuvchilarining vektor yig'indisi ST ikkilamchi chulg'ami qismalaridagi kuchlanish $\dot{U}_2$ ni tashkil etadi. Bu kuchlanish $\dot{I}_{T2}$ tok vektoridan β burchakka ilgariyaydi (8.7- rasmga qarang!). $\dot{U}_2$ kuchlanish vektoriga ST ikkilamchi chulg'amida pasaygan kuchlanishning aktiv $r_{T2}\dot{I}_{T2}$ va reaktiv $x_{T2}\dot{I}_{T2}$ tashkil etuvchilarini tegishli qo'shib ikkilamchi chulg'amdagi EYK $\dot{E}_2$ vektorini hosil qilamiz.

Avval ta'kidlab o'tganimizdek, $\dot{E}_2$ EYK vektori uni induksiyalagan Φ magnit oqimi vektoridan 90° ga orqada qoladi. Φ magnit oqimini hosil qilish uchun magnitlovchi tok $\dot{I}_m$ zarur bo'ladi. Uning aktiv tashkil etuvchisi $\dot{I}_{ma}$ yo'nalishi bo'yicha Φ magnit oqimi vektoriga mos, reaktiv tashkil etuvchisi $\dot{I}_{mr}$ esa undan 90° ga ilgariyaydi.



8.7- rasm. So'ruvchi transformator vektor diagrammasi

Umumiy magnitlovchi tok $I_m = \dot{I}_{ma} + \dot{I}_{mr} = I_{T1} + I_{T2}$ ga teng. Ushbu tenglikdan $\dot{I}_{T1} = -\dot{I}_{T2} + \dot{I}_m$. So'nggi tenglama yordamida $\dot{I}_{T1}$ tok vektorini quramiz. Shunday qilib, magnitlovchi tok $\dot{I}_m$ hisobiga $\dot{I}_{T1}$ va $\dot{I}_{T2}$ toklar vektorlari orasidagi faza siljish burchagi 180° dan biroz kichik, ya'ni $\varphi_T < 180^\circ$ va qiymatlari jihatdan $I_{T2} < I_{T1}$ bo'ladi.

Transformatorlar ishlash prinsipiga ko'ra $\dot{E}_2 = -\dot{E}_1$ bo'ladi. Vektor diagrammada $-\dot{E}_1$ vektorni joylashtirib, unga birlamchi chulg'amdagi kuchlanish pasayishining aktiv $\dot{I}_{T1}r_{T1}$ va reaktiv $\dot{I}_{T1}x_{T1}$ tashkil etuvchilari tegishlicha qo'shiladi va ST kirishidagi kuchlanish $\dot{U}_1$ vektori hosil qilinadi. $\dot{U}_1$ kuchlanish vektori $\dot{I}_{T1}$ tok vektoridan α burchakka oldinda bo'ladi.

Amalda har bir fider zonada ma'lum bir l_c oraliq masofa bilan bir nechta ST ulanadi. Agar ko'rilayotgan temir yo'l uchastkasida bitta elektrovoz harakatlanmoqda, deb hisoblasak, u holda

tortuvchi nimstansiyadan elektrovozgacha bo'lgan kontakt tarmog'idan bitta qiymatli tok I_k o'tadi, deb qabul qilish mumkin. ST bo'lmaganda elektrovozdan yerga tok relslarning elektrovozdan chap va o'ng tomondagi biroz kengligi bo'ylab yerga o'tib qaytuvchi fider orqali tortuvchi nimstansiyaga qaytadi. Buning oqibatida $I_R < I_k$ bo'lib, relslarning yondosh liniyani ekranlash xususiyati sezilarli darajada past bo'ladi.

Tortish tarmog'iga STlar ulanganda esa relslarning ST ulangan qismidagi toki STlarning toklarni relslarga qayta so'rish effekti hisobiga kontakt tarmog'i toki qiymatiga yaqin bo'ladi, ya'ni $I_R = I_{T2} \cong -I_k$. Relslarning elektrovozdan o'ngda va tortuvchi nimstansiyadan chapdagi qismlaridan yerga o'tadigan tok kamayadi va nimstansiya bilan elektrovoz orasidagi relslardagi tok miqdori oshadi, ya'ni boshqacha qilib aytganda, transformator relslardagi toklarning yerga o'tgan qismini so'rib olib, yana relsga qaytaradi. "So'ruvchi transformator" atamasi ham ana shu effekt hisobiga paydo bo'lgan. Bu effektga ko'ra I_r toki qiymat jihatdan I_k tokiga yaqin bo'lib qolishi natijasida relslarning yondosh liniyani ekranlash xususiyati ortadi.

Shuning bilan birga, STlar oralig'ida relslarning STlardan uzoqlashgan qismlarida tok relslardan yerga sirqib o'tadi. Bu tok kattaligi relslar bilan yer orasidagi o'tish qarshiligiga va STlar orasidagi masofaga bog'liq bo'ladi. Odatda, STlarni anker uchastkalarining o'zaro bog'langan joylarida tortish tarmog'iga ulash maqsadga muvofiq hisoblanadi. Shuning uchun ham qo'shni STlar orasidagi masofa bitta anker uchastka uzunligi (1,5 km)ga teng bo'lganda relslarning yondosh liniyani STlar yordamida ekranlash xususiyati ancha yuqori, ammo bu natijaga erishish uchun fider zonadagi STlar soni ko'p bo'lishi talab etiladi. Bu esa tortish tarmog'i narxini oshirib yuboradi. STlar orasidagi masofa 4,5 - 6 km bo'lganda ekranlash xususiyati keskin kamayadi.

8.6- rasm, *b* da keltirilgan ST ikkilamchi chulg'ami qaytuvchi simga ulangan sxemada relslarning yondosh liniyani ekranlash effekti yuqori. Bu sxemada elektrovoz toki faqat qisqa, ya'ni (elektrovozdan unga eng yaqin bo'lgan relslarni qaytuvchi sim bilan ulovchi tutashma simgacha bo'lgan masofadagina relslardan va qisman yer orqali o'tadi. Uchastkaning boshqa qismida bu tok qaytuvchi sim orqali tortuvchi nimstansiyaga boradi. 8.6- rasm, *b*

da keltirilgan sxemada ekranlash effekti yuqori bo'lganligi sababli u amaliyotda keng qo'llaniladi.

Nazorat savollari

1. Bir zanjirning boshqa zanjirga xavfli elektromagnit ta'siri deb qanday ta'sirga aytiladi? 2. Bir zanjirning boshqa zanjirga xalaqit beruvchi elektromagnit ta'siri deb qanday ta'sirga aytiladi? 3. Nima uchun simmetrik zanjirni yondosh zanjirlarga ta'siri minimal darajada bo'ladi? 4. Ta'sir etuvchi va ta'sir ostida bo'lgan liniyalar uchun yaqinlashish kengligi nima? 5. Ta'sir etuvchi va ta'sir ostida bo'lgan liniyalar uchun oddiy yaqinlashish nima? 6. Ta'sir etuvchi va ta'sir ostida bo'lgan liniyalar uchun murakkab yaqinlashish nima? 7. O'zgaruvchan tok elektrlashgan temir yo'llarning yondosh liniyalarga ta'siri qanday o'ziga xos xususiyatlarga ega? 8. Kontakt tarmog'i va yondosh liniyani o'zaro yaqinlashish almashlash sxemasini chizing va izohlab bering! 9. Elektrlashgan temir yo'lining elektromagnit maydoni ta'sirida yondosh liniyada induktsiyalangan kuchlanish va tokning liniya uzunligi bo'ylab taqsimlanish qonuniyatlarini ifodalovchi tenglamalarini yozing! 10. Elektrlashgan temir yo'llarning yondosh liniyalarga elektromagnit ta'sirini alohida-alohida elektr va magnit ta'sirlarga ajratish nima uchun maqsadga muvofiq hisoblanadi? 11. Elektrlashgan temir yo'llarning yondosh liniyalarga elektr ta'sirini tushuntirib bering! 12. Elektrlashgan temir yo'llarning yondosh liniyalarga magnit ta'sirini tushuntirib bering! 13. Elektrlashgan temir yo'llarning yondosh liniyalarga galvanik ta'sirini tushuntirib bering! 14. Yondosh liniyani qo'shimcha o'tkazgich sim yordamida ekranlash prinsipini tushuntirib bering! 15. Relslarning ekranlash xususiyati tushuntirib bering! 16. Kabel metall qobig'ining ekranlovchi xususiyati tushuntirib bering! 17. So'ruvchi transformatorni tortish tarmog'iga ulash sxemalarini chizing va ishlash prinsipini tushuntirib bering!

9-BOB. TORTISH TARMOG'IDAGI QISQA TUTASHISH TOKLARIDAN HIMOYALASH

9.1. Umumiy ma'lumotlar

Tortish tarmog'idagi qisqa tutashishlar sabablari va oqibatlari. Kontakt tarmog'i bir qator (mexanik, meteorologik, kimyoviy va boshqa) omillar ta'siri ostida faoliyat ko'rsatadi va tortish elektr ta'minoti tizimining zaxiraga ega bo'lmagan elementi hisoblanadi. Shuning uchun ham kontakt tarmog'ining yuqori ishlash ishonchligini saqlash maqsadida uni qisqa tutashish toklaridan himoyalashga maxsus talablar qo'yiladi. Tortish tarmog'idagi qisqa tutashishlar sabablari va oqibatlariga oid ma'lumotlar bilan qisqacha tanishib chiqamiz.

Tortish tarmog'ida qisqa tutashishlarga olib keluvchi sabablarni shartli ravishda quyidagi ikkita guruhga ajratish mumkin: 1) tasodifiy xarakterdagi sabablar; 2) ekspluatatsion xarakterdagi sabablar. Birinchi guruh sabablarga atmosfera va kommutatsion o'ta kuchlanishlar sababli kontakt tarmog'i izolatorlari ishdan chiqishi («перекрытые»), tabiiy ofatlar oqibatida kontakt tarmog'ining kuchlanish ostida bo'lgan qismini uning yerlangan qismiga tegib ketishi, kontakt tarmog'i o'ta kuchlanishlarni chegaralovchilarini ishdan chiqishi. Ikkinchi guruh sabablar ko'pchilikni tashkil etadi: ifloslanish va mexanik shikastlanish natijasida kontakt tarmog'i izolatorlarining elektr mustahkamligini yo'qotishi, kontakt osmasi va elektrovoz tok qabul qilgichining noto'g'ri rostlanishi natijasida ularning noto'g'ri o'zaro ta'sirlashishi, kontakt tarmog'iga texnik xizmat ko'rsatuvchi personalning xato harakati, kontakt tarmog'iga kran va boshqa mexanizmlarning tegishi va hokazo.

Katta qiymatli qisqa tutashish toklari ham, kichik qiymatli qisqa tutashish toklari ham xavfli. Katta qiymatli qisqa tutashish toklarida tortuvchi nimstansiya elektr qurilmalari katta elektrodinamik kuch ta'sirida bo'ladi. Bu kuch ta'sirida transformator chulg'amlari ularning o'qi va radial yo'nalishlar bo'ylab siljishga olib keladi. Kichik qiymatli qisqa tutashish toklari kontakt simlaridan uzoq muddat davomida o'tganda simlarni kuyishiga sababchi bo'ladi.

Tortish tarmog'ini qisqa tutashish toklaridan himoyalash tasnifi va himoyasiga qo'yiladigan talablar.

Hozirgi kunda 5310200 – elektr energetikasi (temir yo‘l transporti) ta’lim yo‘nalishi o‘quv rejasida “Releli himoya” fanini alohida fan sifatida o‘rganish ko‘zda tutilmagan. Releli himoya to‘g‘risidagi ma’lumotlar “Tortuvchi nimstansiyalar” fani dasturiga bitta bo‘lim sifatida kiritilgan va hajmi ma’lum darajada cheklangan. Shuni inobatga olib, tortish tarmog‘idagi qisqa tutashish toklaridan himoyalash masalalariga bevosita o‘tishdan avval releli himoyaning asosiy turlari va unga qo‘yiladigan asosiy talablarga biroz bo‘lsa-da to‘xtalib o‘tamiz.

Qisqa tutashishni aniqlash uchun foydalaniladigan fizik belgiga ko‘ra himoyalash quyidagi turlarga bo‘linadi:

1) tokli himoya (tok kattaligiga sezgir bo‘lgan (reaksiya qiladigan) himoya); 2) minimal kuchlanish bo‘yicha himoya (kuchlanish kattaligiga sezgir bo‘lgan himoya – potensial himoya);

3) tokning ortib borish tezligi $\frac{dI}{dt}$ ga sezgir bo‘lgan himoya; 4) tok orttirmasi (sakrashi) ΔI ga sezgir bo‘lgan himoya – impulsli himoya; 5) masofaviy himoya (o‘zgarmas tokda qarshilik kattaligiga, o‘zgaruvchan tokda esa kompleks qarshilik moduli va argumentiga sezgir bo‘lgan himoya); 6) kuchlanish va tok orasidagi faza siljish burchagiga sezgir bo‘lgan himoya; 7) tok shakli bo‘yicha himoya (yuqori garmonikalarning foiz ulushiga sezgir bo‘lgan himoya – 3- garmonika bo‘yicha himoya).

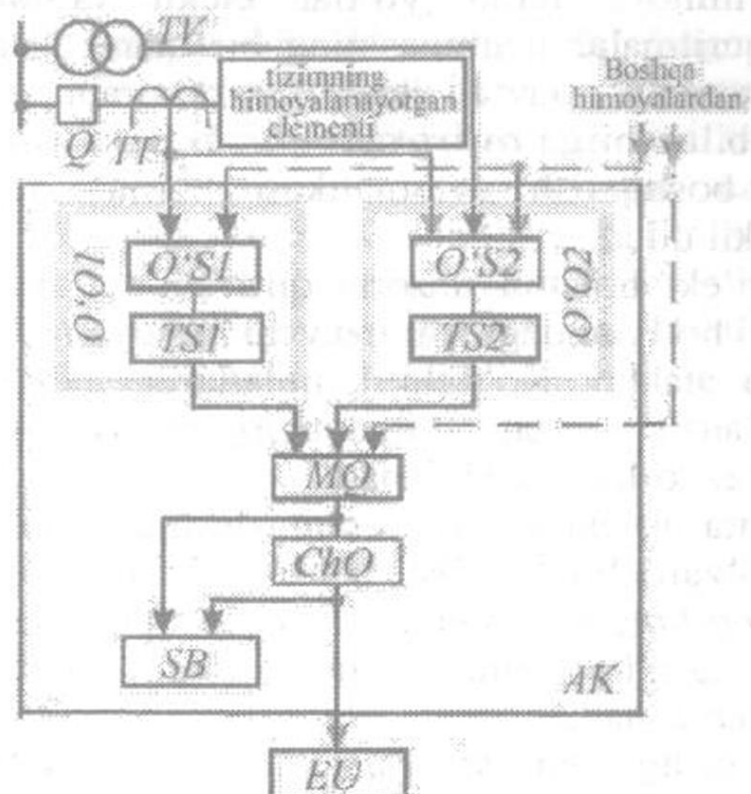
1-, 2-, 4- va 5- bandlarda keltirilgan himoya turlari o‘zgarmas va o‘zgaruvchan tok temir yo‘l uchastkalarida qo‘llaniladi. Faqat 5- bandda keltirilgan himoya o‘zgarmas tokda qarshilik bo‘yicha himoya deb nomlanadi. 3- banddagi himoya faqat o‘zgarmas tok temir yo‘l uchastkalarida, 6- va 7- bandlardagi himoya turlari faqat o‘zgaruvchan tok temir yo‘l uchastkalarida qo‘llaniladi.

Qisqa tutashish toklaridan himoyalash qurilmalariga quyidagi asosiy talablar qo‘yiladi:

1) qisqa tutashish sodir bo‘lgan zanjir qismini o‘z vaqtida manbadan ishonchli ajratish; 2) qisqa tutashish sodir bo‘lmaganda himoya qurilmasi soxta(adashtiruvchi) ishlab ketmasligi; 3) seleksiya(saralash) xususiyatining mavjudligi (himoyalash zonasidan tashqaridagi qisqa tutashishlarda himoya qurilmasining ishlab ketmasligi); 4) tezkorligi (qisqa tutashishni ajratish vaqti uning salbiy oqibatlarini oldini olishga ulgurishi).

Yuqoridagi talablarga javob beradigan himoya qurilmasini tanlashda undan foydalanish xarajatlari nisbatan kam bo'lishiga ham e'tibor beriladi.

Qisqa tutashish va anormal rejimlarni aniqlaydigan hamda zarurat bo'lganda uzgich kontaktlarini ajratish mexanizmiga ta'sir ko'rsatadigan avtomatik qurilma *releli himoya* deb ataladi. Releli himoya bir yoki bir nechta *o'lchash organlari* $O'O1, O'O2, \dots$, *mantiqiy qism* MQ va *chiqish organi* ChO dan tashkil topadi (9.1-rasm). Har bir o'lchash organi *o'lchash*



9.1- rasm. Releli himoya funksional sxemasi

elementi (sxemasi) $O'S1, O'S2, \dots$ va *taqqoslash elementi (sxemasi)* $TS1, TS2, \dots$ ni o'z ichiga oladi. Releli himoya AK kirishiga tok TT va kuchlanish TV transformatorlaridan bir yoki bir nechta himoyalaniyotgan ob'ekt rejimlari to'g'risida axborot tashuvchi signallar uzatiladi. O'lchash organlari o'zlariga uzatilgan axborot (tok, kuchlanish, ularning nisbati, ular orasidagi faza burchagi va boshqa)larni tahlil qiladi va zarurat bo'lganda mantiqiy qism kirishiga beriladigan diskret signalni shakllantiradi. O'lchash organlarida tok, kuchlanish, qarshilik va boshqa turdagi relelar qo'llanilishi mumkin.

Himoyaning mantiqiy qismida barcha o'lchash organlari chiqishidan uzatilgan diskret signallar belgilangan dastur bo'yicha tahlil qilinadi va himoyaning kutish vaqti shakllantiriladi. Agar avvaldan belgilangan shart bajarilayotgan bo'lsa, u holda *MQ* chiqishida chiqish organi *ChO* ga uzatiladigan signal paydo bo'ladi. Ushbu signal *ChO* da kuchaytiriladi va *Q* uzgichni uzish uchun uning elektromagnit uzgich *EU* g'altagiga beriladi. Releli himoya va uning alohida o'lchash organlari ishga tushganligi to'g'risidagi axborot signalizatsiya bloki *SB* da shakllanadi.

Releli himoya temir yo'llar elektr ta'minoti tizimidagi avtomatik qurilmalar majmuasining bir qismi hisoblanadi. Releli himoya avtomatik qayta ulash va zaxirani avtomatik ulash qurilmalari bilan birga *avariyaga qarshi avtomatik tizim* (avariya rejimlarida boshqarish avtomatikasi tizimi) deb nomlanuvchi tizimni tashkil qiladi.

Bitta ob'ekt holatini nazorat qiluvchi va avariya rejimlarida unga tegishli bo'lgan uzgichni uzuvchi himoya *individual (xususiy)* himoya deb ataladi. Ko'pchilik holatlarda individual himoyalar o'zaro bog'lanadi va bunda himoyaning asosiy xossalari (sezgirlik, selektivlik, tezkorlik) yaxshilanadi.

Agar bitta ob'ekt kirish va chiqishi (liniya boshi va oxiri) dagi himoyalar o'zaro bog'lanilsa, u holda bunday himoyalar *o'zaro bo'ylama bog'langan* deyiladi. Agar umumiy shinalarga ulangan himoyalar o'zaro bog'lanilsa, u holda ular *ko'ndalang bog'langan himoyalar* deb ataladi.

Hozirgi vaqtga kelib *tokli himoya* eng ko'p qo'llanilmoqda. Bu himoyaga ta'sir etuvchi kattalik bo'lib himoya ulangan joydagi elektr uskuna tok o'tkazuvchi qismidan o'tayotgan tok xizmat qiladi. Agar ta'sir etuvchi kattalik (nazorat qilinayotgan tok) *himoyaning o'rnatmasi* deb ataluvchi va qiymati avvaldan belgilab qo'yilgan qiymatdan ortsa, u holda himoya ishga tushadi. Tokli himoya qisqa tutashish va anormal rejimlar toklari normal rejim ishchi toklaridan sezilarli darajada katta bo'lgan holatlarda samarali hisoblanadi.

Uch fazali o'zgaruvchan tok tizimlarida, ayrim holatlarda, himoyaning o'lchash organi tokning simmetrik tashkil etuvchilari filtrlari orqali ulanadi. Bunda sezilarli darajada toklar nosimmetriyasi paydo bo'lishi bilan kechadigan qisqa tutashishlar va anormal rejimlarga bo'lgan himoya sezgirliги ortadi.

O'lchash organi himoya qilinayotgan ob'ekt boshi va oxiridagi yoki umumiy shinalarga ulangan parallel shoxobchalardagi toklar qiymatlari yoki fazalarini taqqoslashga asoslangan himoya *differensial tokli himoya* deb ataladi. Agar himoya qilinayotgan ob'ektdagi, masalan, elektr uzatish liniyasi boshi va oxiridagi toklar taqqoslansa, u holda bunday himoya *bo'ylama*, agar parallel liniyalar toklari taqqoslansa – *ko'ndalang differensial tokli* himoyalar hisoblanadi. Differensial himoyalar o'zaro bog'langan himoyalar turkumiga kiradi. Ular absolyut selektivlikka ega bo'lib, tezkor hisoblanadi.

Ta'sir etuvchi kattalik sifatida kuchlanish olingan himoyalar *kuchlanish, voltmetrli yoki potensial himoya* deb ataladi. Bu tur himoyalarda kuchlanish relelari o'lchash organi vazifasini bajaradi. Potensial himoyani uch fazali tizimning nafaqat faza va liniya kuchlanishlariga relelarni ulab, balki ularning simmetrik tashkil etuvchilariga ham mo'ljallab amalga oshirish mumkin. So'nggi holatda himoya kuchlanishlar nosimmetriyasi kuchayishi bilan kechadigan qisqa tutashishlarga sezgir bo'ladi. Buning uchun kuchlanish relelari kuchlanishlar simmetrik tashkil etuvchilari filtrlari orqali ulanadi.

35 kV va undan ham yuqori kuchlanishli elektr uzatish liniyalarida, o'zgaruvchan tok kontakt tarmoqlarida *masofaviy himoyalar* keng qo'llaniladi. Bu himoyalarning o'lchash o'rgani sifatida qarshilik relelaridan foydalaniladi. Rele kirishiga himoya qilinayotgan liniya tok transformatorlaridan $\underline{I}_r$ tok va kuchlanish transformatorlaridan $\underline{U}_r$ kuchlanish beriladi. Rele kirishidagi qarshilik $\underline{Z}_r$ qiymati avvaldan belgilangan $\underline{Z}_{ish.t}$ qarshilikka teng yoki undan kichik, ya'ni $\underline{Z}_r \leq \underline{Z}_{ish.t}$ bo'lganda u ishga tushadi. Bunda $\underline{Z}_r$ qarshilik quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$\underline{Z}_r = \frac{\underline{U}_r}{\underline{I}_r} = \frac{U_r}{I_r} e^{j\varphi_r}, \quad (9.1)$$

bu yerda φ_r - $\underline{I}_r$ va $\underline{U}_r$ vektorlar orasidagi faza siljish burchagi.

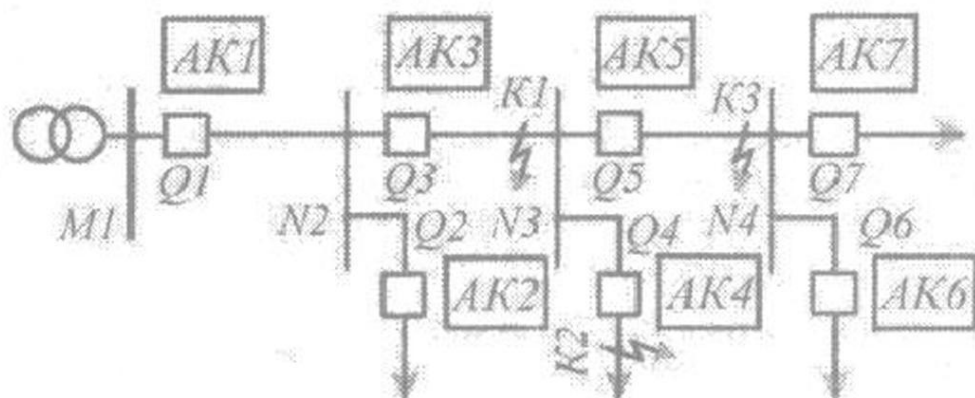
Masofaviy himoya boshqa himoyalardan, masalan, tokli himoyadan farqli ravishda bitta emas, balki quyidagi uchta parametrga reaksiya qiladi: tok, kuchlanish va ular orasidagi faza siljish burchagi. Bunday himoya anormal rejimlarni normal rejimlardan nisbatan aniq farqlaydi va hattoki qisqa tutashish toki normal rejim tokidan kichik bo'lganda ham ishga tushadi.

O'zgaruvchan tok tortish tarmoqlari himoyasida kuchlanish va tok egri chiziqlari tarkibidagi yuqori garmonikalarning ulushiga reaksiya qiladigan relelar ham qo'llaniladi.

Hozirgi vaqtga kelib tortish tarmoqlari himoyasida *teleblokirovka* (masofadan ajratish qurilmasi) qo'llanilmoqda. Bu qurilmalar bo'ylama o'zaro bog'langan himoyalar turkumiga mansub bo'lib, elektr uzatish liniyasi bitta uchidagi himoya shu uchdagi o'ziga tegishli uzgichni uzish bilan birga liniyaning ikkinchi uchidagi uzgichni uzish uchun telemexanika kanali orqali topshiriq beradi.

Releli himoyada o'lchash organiga ta'sir qiluvchi kattalik noelektr kattalik bo'lgan himoyalar ham qo'llanilmoqda. Masalan, transformatorlar uchun *gazli*, elektrovozlar o'zgartkich agregatlari uchun esa *issiqlik* himoyalardan foydalanilmoqda. Gazli himoyada uning o'lchash organi transformator moyida gaz hosil bo'lish intensivligiga, issiqlik himoyada esa yarim o'tkazgichli asboblarning haroratiga reaksiya qiladi.

Selektivlik (saralash-tanlash) qobiliyati – bu himoyaning talab qilingan tezkorlik bilan uzgichlar yordamida elektr ta'minoti tizimining faqat shikastlangan qismini uzish xossasidir. Elektr energiyasi manbayi *M1* ni *N2*, *N3*, *N4* ni stansiyalar bilan o'zaro bog'lovchi elektr tarmog'ini ko'rib chiqaylik (9.2- rasm). Elektr tarmog'i alohida uchastkalarida *Q1*, *Q2*, ..., *Q7* uzgichlar o'rnatilgan bo'lib, har bir uzgich mustaqil releli himoya qurilmalari *AK1*, *AK2*, ..., *AK7* ga ega.



9.2- rasm. Elektr tarmog'i sxemasi

Selektivlik prinsipiga ko'ra, agar qisqa tutashish *K2* nuqtada sodir bo'lsa, u holda *Q4* uzgich, *K3* nuqtadagi qisqa tutashishda esa *Q5* uzgich uzilishi lozim. Himoya selektivligi shikastlangan

minimal uchastkani ajratish va demak, mumkin qadar ko'proq iste'molchilarni normal elektr energiyasi ta'minotini saqlash imkoniyatini yaratadi.

Berilgan himoya zonasidagi qisqa tutashishlar *ichki*, undan tashqarida sodir bo'ladiganlari esa *tashqi* qisqa tutashishlar deb ataladi. Agar himoya faqat ichki shikastlanishlarga reaksiya qilish imkoniyatiga ega bo'lsa, u holda uning selektivligi *absolyut* hisoblanadi. Bunday hossaga, masalan, bo'ylama differensial himoya va tokli kesma himoyasi ega. Ammo ayrim holatlarda himoya tashqi qisqa tutashishlarga ham reaksiya qilishi, ya'ni noselektiv ishlashi talab etiladi. Odatdagi holatlarda faqat ichki qisqa tutashishlarga selektiv reaksiya qiladigan, ammo zarurat bo'lganda tashqi qisqa tutashishlarga ham reaksiya qiladigan himoya *nisbiy* selektivlik xususiyatiga ega bo'lgan himoya hisoblanadi.

Nisbiy selektivlikka ega bo'lgan himoyalarda yondosh uchastkalar uzgichlarini zaxiralashda qo'llaniladi. Chunonchi, odatdagi sharoitlarda $Q3$ uzgich (9.2- rasimga qarang!) faqat $N2$ va $N3$ nimstansiyalar orasidagi shikastlanishlarda, masalan, $K1$ nuqtadagi qisqa tutashishda uzilishi lozim. Agar bu uzgich $K3$ nuqtada sodir bo'ladigan qisqa tutashishda ham uzilsa, u holda himoyaning bu faoliyati o'rinsiz, ya'ni noselektiv deb baholanadi. Chunki bunda $Q3$ emas, balki $Q5$ uzgich uzilishi lozim.

Ammo $K3$ nuqtadagi qisqa tutashishda biron bir sababga ko'ra $Q5$ uzgich uzilmasa, u holda $Q3$ uzgich uzilishi kerak bo'ladi. Buni amalga oshirish uchun $AK3$ himoya nisbiy selektivlik xossasiga ega bo'lishi lozim bo'ladi.

Nisbiy selektivlik, odatda, kutish vaqti yordamida amalga oshiriladi. Masalan, $Q5$ uzgichga ta'sir etuvchi $AK5$ himoya $AK6$ va $AK7$ himoyalarga nisbatan kattaroq kutish vaqtiga ega bo'lishi lozim. $Q3$ uzgichga ta'sir etuvchi $AK3$ himoya esa $AK4$ va $AK5$ himoyalarga nisbatan kattaroq kutish vaqtiga ega bo'lishi lozim va hokazo. Bunda qisqa tutashishlarda, masalan, $K3$ nuqtadagi qisqa tutashishda barcha himoyalardan avval $AK5$ himoya ishga tushadi va $Q5$ uzgichni uzadi. Agar $AK5$ himoya biron bir sababga ko'ra ishga tushmasa, u holda $AK3$ himoya kutish vaqti bilan ishga tushadi va $Q3$ uzgichni uzadi.

Ichki qisqa tutashishlarda selektivlik himoyalash qobiliyati va tezkorlik bilan tavsiflanadi. Nazorat qilinayotgan ob'ektda sodir bo'layotgan barcha turdagi qisqa tutashishlardan himoyalashni

ta'minlash xususiyati himoyalash qobiliyati deb ataladi. Ammo ayrim holatlarda himoya ba'zi bir qisqa tutashishlarga reaksiya qila olmaydi. Himoya nazorat qilayotgan zonaning qisqa tutashishlarga reaksiya qila olmaydigan qismi *o'lik zona* deb ataladi. O'lik zonalar odatda zaxiradagi himoyalar yordamida bartaraf etiladi.

Himoya tezkorligi qisqa tutashishni ajratish uchun zarur bo'lgan vaqt bilan belgilanadi. Shikastlangan uchastkani ajratish vaqti qancha kam bo'lsa, shuncha:

- elektr stansiyalar generatorlarining parallel ishlash barqarorligi yuqori bo'ladi, chunki sinxronizmning buzilishi energotizimdagi eng og'ir avariya hisoblanadi.

- izolatsiya, tok o'tkazuvchi qismlar, elektromexanik apparatlar, jihozlar va tarmoqlar ishdan chiqishi kamayadi;

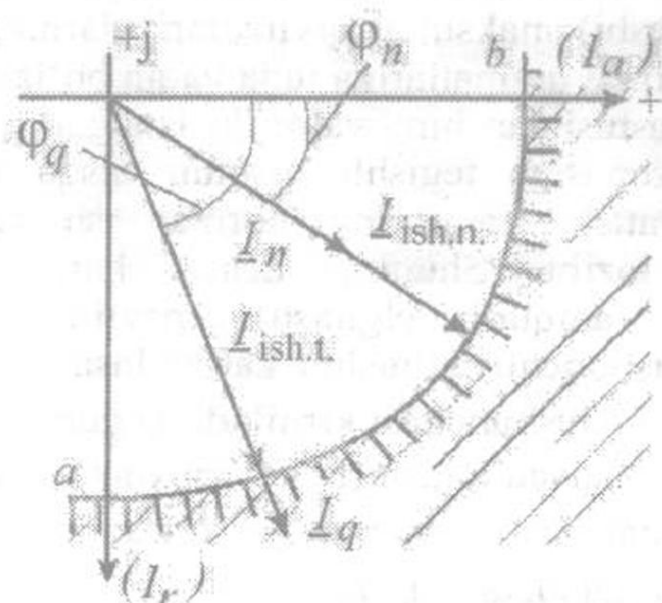
- texnologik jarayonlar, elektr harakat tarkibi ish faoliyatiga salbiy ta'sir etuvchi kuchlanish kamayishining davomiyligi kamayadi. Avtoblokirovkani ta'minlovchi yuqori kuchlanishli liniyada kuchlanish kamayishi svetofoor ish faoliyati buzilishiga sabab bo'ladi va oqibatda poyezdlar harakati xavfsizligini pasaytiradi.

Yuqorida keltirilgan sabablarga ko'ra 300-500 kV li elektr uzatish liniyalaridagi shikastlanishlar 0,1-0,12 s dan ortiq bo'lmagan vaqt oralig'ida manbadan ajratilishi, 110-220 kV li tarmoqlarda – 0,15-0,3 s, 6-10 kV li tarmoqlarda esa – 1,5-3 s dan ortiq bo'lmagan vaqt oralig'ida manbadan ajratilishi lozim. Tortish tarmoqlarida qisqa tutashish davomiyligi qancha katta bo'lsa, kontakt simlarining kuyish ehtimoli shuncha katta bo'ladi. Kontakt simlari kuymasligi uchun shikastlanishlarni manbadan ajratish vaqti 0,12-0,14 s dan oshmasligi lozim. Shikastlanishni manbadan ajratish to'la vaqti himoya va uzgichni ishga tushish vaqtlari yig'indisidan iborat. O'zgaruvchan tok uzgichlari 0,06-0,12 s vaqtda uziladi.

Ta'sir etish vaqti 0,1 s dan oshmaydigan himoyalar tezkor hisoblanadi. Zamonaviy elektron himoyalar ta'sir etish vaqti 0,01-0,04 s ni tashkil etadi.

Barqaror ishlashi. Himoyaning bu xossasi ichki qisqa tutashishlarga sezgirligi, tashqi qisqa tutashishlarga va normal rejimlarga sozlanmaganligi (sezgir emasligi) bilan tavsiflanadi. Masalan, Q7 uzgichdan normal va qisqa tutashish rejimlarida o'tadigan toklarni ko'rib chiqaylik (9.2- rasmga qarang!). Aytaylik, uzgichga ta'sir etadigan himoya liniya tokiga sezgir bo'lsin.

Ma'lumki, normal rejimda φ_n faza burchagi, odatda, $35-45^\circ$ dan oshmaydi. Qisqa tutashish rejimida esa bu burchak $65-75^\circ$ gacha etadi. Toklar kompleks tekisligida haqiqiy o'q tokning aktiv tashkil etuvchisi, mavhum o'q esa uning reaktiv tashkil etuvchisi bilan mos tushadi (9.3- rasm), deb hisoblasak, unda $\underline{I}_n$ tok vektori normal rejimda uzgichdan o'tadigan tokka, $\underline{I}_q$ tok vektori esa – qisqa tutashish rejimidagi tokka mos keladi.



9.3- rasm. Toklar kompleks tekisligi

Kompleks tekislikda himoyaning ishga tushish (shtrixlangan) sohasi va ishga tushmaydigan sohasini chegaralab turuvchi ab egri chizig'ining bo'lagi keltirilgan. Agar normal rejim yoki qisqa tutashishdagi liniya toki vektori shtrixlangan sohaga to'g'ri kelsa, u holda himoya ishga tushadi. Himoya ishga tushadigan eng kichik tok (unga mos keluvchi faza burchagi $\varphi_{ish.t.}$) ishga tushish toki $I_{ish.t.}$ deb ataladi. Qisqa tutashishda $\underline{I}_q > \underline{I}_{ish.t.}$ va $\varphi_{ish.t.} = \varphi_q$ shart bajarilganda himoya ishga tushadi. O'ta yuklanish rejimida $\underline{I}_n > \underline{I}_{ish}$ va $\varphi_{ish.t.} = \varphi_n$ bo'lganda ham himoya ishga tushadi.

Sezgirlik – himoya zonasidagi shikastlanishlarga himoyaning reaksiya qilish qobiliyati. Shikastlangan joy qancha elektr energiyasi manbayidan uzoqda bo'lsa, qisqa tutashish toki shuncha kichik bo'ladi.

Himoya o'rnatma(ustavka)sini tanlash bo'yicha umumiy qoidalar. Himoya o'rnatma(ustavka)sini tanlash nuqtayi nazaridan

barcha himoyalar shartli ravishda quyidagi ikkita guruhga bo'linadi: I- guruh – qisqa tutashish jarayonida qiymati ortib boradigan kattaliklarga sezgir bo'lgan himoyalar (masalan, tok, uning orttirmasi(sakrashi), tokning o'sish tezligi, kuchlanish bilan tok orasidagi faza siljish burchagi, quvvat); II- guruh - qisqa tutashish jarayonida qiymati kamayadigan kattalikka sezgir bo'lgan himoyalar (masalan, kuchlanish, qarshilik, yuqori garmonikalarning ulushi). Shuni aytib o'tish joizki, zamonaviy elektr harakat tarkiblarida tok ortib borish tezligi va uning orttirmasi(sakrashi) maksimal qiymatlari ularning qisqa tutashish rejimidagi minimal qiymatlariga juda yaqin bo'ladi.

Qisqa tutashishdan himoyalovchi istalgan qurilma zanjirning himoyalash zonasiga tegishli qismini qisqa tutashish paytida ishonchli ajratish, zanjirning normal ish rejimida esa uni ajratmasligi lozim. Shuning uchun ham istalgan himoya o'rnatmasini aniqlash(belgilash) paytida zanjirni qisqa tutashishdan ishonchli ajratishni kafolatlash maqsadida sezgirlik koeffitsiyenti k_s tushunchasi kiritiladi. I- guruh himoyalari uchun bu koeffitsiyent qisqa tutashishda himoya sezadigan fizik kattalik minimal qiymati $A_{q,min}$ ni himoya o'rnatmasi qiymati $A_{o,m}$ ga nisbati bilan aniqlanadi, ya'ni:

$$k_s = \frac{A_{q,min}}{A_{o,m}} \quad (9.2)$$

II- guruh himoyalari uchun sezgirlik koeffitsiyenti himoya o'rnatmasi qiymati $A_{o,m}$ ni qisqa tutashish paytida himoya sezadigan(reaksiya qiladigan) fizik kattalik maksimal qiymati $A_{q,max}$ ga nisbatiga teng, ya'ni:

$$k_s = \frac{A_{o,m}}{A_{q,max}} \quad (9.3)$$

Himoyalovchi zanjirning normal ish rejimida himoyaning soxta ishlab ketmasligini kafolatlash maqsadida ishonchlilik koeffitsiyenti k_{ish} (ba'zi hollarda zaxira koeffitsiyenti deb ham ataladi) tushunchasi kiritiladi. I- guruh himoyalari uchun bu koeffitsiyent himoya o'rnatmasi qiymati $A_{o,m}$ ni himoyalovchi zanjirning ish rejimi paytidagi himoya sezadigan fizik kattalik maksimal qiymati $A_{ish,max}$ ga nisbati bilan aniqlanadi, ya'ni:

$$k_{ish} = \frac{A_{o'm}}{A_{ish,max}} \quad (9.4)$$

II- guruh himoyalari uchun ishonchlilik koeffitsiyenti himoyalalanuvchi zanjirning ish rejimi paytidagi himoya sezadigan fizik kattalik minimal qiymati $A_{ish,min}$ ni himoya o'rnatmasi qiymati $A_{o'm}$ ga nisbati bilan aniqlanadi, ya'ni:

$$k_{ish} = \frac{A_{ish,min}}{A_{o'm}} \quad (9.5)$$

I- va II- guruh himoyalari uchun o'rnatma qiymati umumiy holda quyidagi munosabatlar asosida tanlanadi:

$$A_{ish,max} \leq A_{o'm} \leq A_{q,min} \text{ va } A_{q,max} \leq A_{o'm} \leq A_{ish,min} \quad (9.6)$$

(9.2), (9.4) va (9.6) larni inobatga olib I- guruh himoyalari uchun o'rnatmani aniqlashning quyidagi umumiy ifodasini hosil qilamiz:

$$k_{ish} A_{ish,max} \leq A_{o'm} \leq \frac{A_{q,min}}{k_s}; [\varphi_{o'm} = \varphi_{qmin}], \quad (9.7)$$

bu yerda $A_{o'm}$ - A kattalik va $\varphi_{o'm}$ faza burchagiga sezgir bo'lgan himoya o'rnatmasi; A_{qmin} , $\varphi_{o'r}$ - himoya zonasining oxirida q.t. sodir bo'lganda nazorat qilinayotgan kattalikning eng kichik qiymati va unga mos faza burchagi;

II- guruh himoyalari uchun esa (9.3), (9.5) va (9.6) larni inobatga olib:

$$k_s A_{q,max} \leq A_{o'm} \leq \frac{A_{ish,min}}{k_s}; [\varphi_{o'm} = \varphi_{qmax}], \quad (9.8)$$

A_{qmax} , φ_{qmax} - himoya zonasining oxirida q.t. bo'lganda nazorat qilinayotgan kattalikning eng katta qiymati va unga mos faza burchagi.

Himoyani tashqi qisqa tutashishlarga sozlanmasligi (ishga tushmasligi) uning o'rnatmasi $A_{ish,i}$ ni quyidagi shartlar bo'yicha tanlash asosida amalga oshiriladi:

$$A_{o'm} \geq k_{sm} A'_{q,max}; [\varphi_{o'r} = \varphi_{q,max}] \quad (9.9)$$

$$A_{om} \leq A'_{q,min} / k_{sm}; \quad [\varphi_{or} = \varphi_{q,min}] \quad (9.10)$$

bu yerda $A'_{q,max}$, $\varphi_{q,max}$ - yondosh uchastka boshida qisqa tutashish sodir bo'lganda nazorat qilinayotgan kattalik A ning eng katta qiymati va unga mos faza burchagi; $A'_{q,min}$, $\varphi_{q,min}$ - yondosh uchastka boshida qisqa tutashish yuz berganda nazorat qilinayotgan kattalik A ning eng kichik qiymati va unga mos faza burchagi; k_{sm} - sozlanmaslik (ishga tushmaslik) koeffitsiyenti.

9.2. O'zgaruvchan tok tortish tarmoqlarida himoyaga qo'yiladigan asosiy talablar bajarilishining o'ziga xos xususiyatlari

Himoya qurilmalariga qo'yiladigan tezkorlik, selektivlik va barqaror ishlash imkoniyati kabi asosiy talablarni o'zgaruvchan tok tortish tarmoqlarida bajarilishi o'ziga xosligi bilan ajralib turadi. Bu o'ziga xoslik tortish elektr ta'minoti tizimining normal va avariya rejimlari, iste'molchi(elektrovoz)lar, tarmoqni ta'minlash sxemalari va qo'llanilayotgan kommutatsion apparatlarning o'ziga xos xususiyatlari bilan izohlanadi.

Elektr energiyasi iste'molchilari bo'lgan elektr lokomotivlar tortish tarmog'i bo'ylab muntazam ravishda harakatda bo'ladi. Kuchlanish manbayini ajratish va uni yana avtomatik qayta ulash lokomotiv kuch zanjirida kuchlanishning qo'shimcha ortishi bilan kechadi. Bu holat tortuvchi motorlar kollektorida doiraviy shakldagi alangalanishga, poyezdning silkinishiga va hattoki undagi zanjirli asboblarning sinishiga sabab bo'lishi mumkin. Shuning uchun ham himoya qurilmalari ish sharoitini shunday tashkil etish lozimki, bunda ularning aybi bilan xato o'chirishlar yuz bermasin.

Foydalanish jarayonida kontakt tarmog'ini ta'minlash sxemasi vaqtincha (ta'mirlash maqsadida uning bironta seksiyasi ajratilishi, seksiyalash postlarini taftish qilish maqsadida tizimdan ajratilishi, avariya natijasida ikki tomonlama ta'minlash sxemasi bir tomonlama taminlash sxemasiga o'tkazilishi va hokazo sabablar natijasida) o'zgartirilishi mumkin. Bunday o'zgartirishlar paytida iloji boricha himoya zonasida "o'lik zona", ya'ni q.t.da himoya

ishga tushmay qoladigan zona bo'lmashligi lozim. Aksincha holatlarda esa himoya qayta sozlashni talab etadi.

Himoya yuqori kuchlanishli uzgichlarga ta'sir ko'rsatadi. Hozirgi kunda asosan moyli uzgichlar bilan birga vakuumli uzgichlar keng qo'llanilmoqda. Himoya uchun asosiy masala – bu uzish vaqti. Moyli uzgichlarda bu vaqt 0,08 – 0,11 s ni, vakuumli uzgichlarda esa 0,04 -0,06 s ni tashkil etadi.

O'zgaruvchan tok tortish tarmog'idan foydalanishda himoyaga qo'yiladigan asosiy talablar bajarilishining o'ziga xos xususiyatlarini ko'rib chiqamiz.

Tezkorlik. Kontakt tarmog'i simlari kuyishini oldini olish maqsadida q.t.da tarmoq tegishli seksiyasini manbadan ajratish vaqtini imkon qadar qisqartirish lozim. Kontakt simini kuyishi uni elektrovoz tok qabul qilgichi bilan o'zaro ta'sir nuqtasi - o'tli yoy hosil bo'lgan joyida yuz beradi. Kontakt simini kuyib yumshashi uni o'ta qizishi natijasida sodir bo'ladi.

Elektrovozda shikastlanishlar yuzaga kelganda q. t. toki tortish tarmog'i va tok qabul qilgich orqali o'tadi. Tok qabul qilgichni kontakt simiga bosilish (tiralish) kuchi uncha katta emas, shuning uchun ham simni tok qabul qilgichga tegib turgan joyida issiqlik ajralib chiqadi va sim qiziydi.

Agar MΦ-100 markali kontakt simi 200°C gacha qizisa, u holda uning mexanik mustahkamligi keskin pasayadi va buning natijasida sim uzilishi mumkin. Simning qizish harorati uning kontakt joyidan o'tayotgan tok kattaligiga va shu tokning o'tish vaqtiga bog'liq bo'ladi. Masalan, MΦ-100 markali kontakt simi orqali 3 kA va undan-katta tok o'tganda sim $t=0,44$ s vaqtda kuyadi.

Q.t. paytida hosil bo'ladigan ochiq elektr yoyi kontakt simiga yanada ko'proq salbiy ta'sir ko'rsatadi. Yoy simga kuchli issiqlik ta'sirini o'tkazadi: sim yuzasi shikastlanadi, uning ayrim qismlari eriydi, sim kesim yuzasi va mustahkamligi kamayadi. Bunda kontakt simini uzilishi uning issiqlikdan cho'zilishi yoki qisqarishini kompensatsiyalovchi qurilmaning simni cho'zuvchi kuchi ta'sirida yuz beradi. Yoyning simni yaroqsiz holatga keltiruvchi ta'siri yoydagi tok kattaligi va uning o'tish vaqtiga ko'paytmasi bilan tavsiflanadi hamda amper-sekund(A·s)larda o'lchanadi. Ushbu ko'paytma qancha katta qiymatda bo'lsa, simni uzilish ehtimoli shuncha katta bo'ladi.

Mis kontakt simidan 500 – 2000 A tok o'tayotganda u 280 – 350 A·s li yoy ta'sirida qolsa, u simni kuyishi uchun yetarli

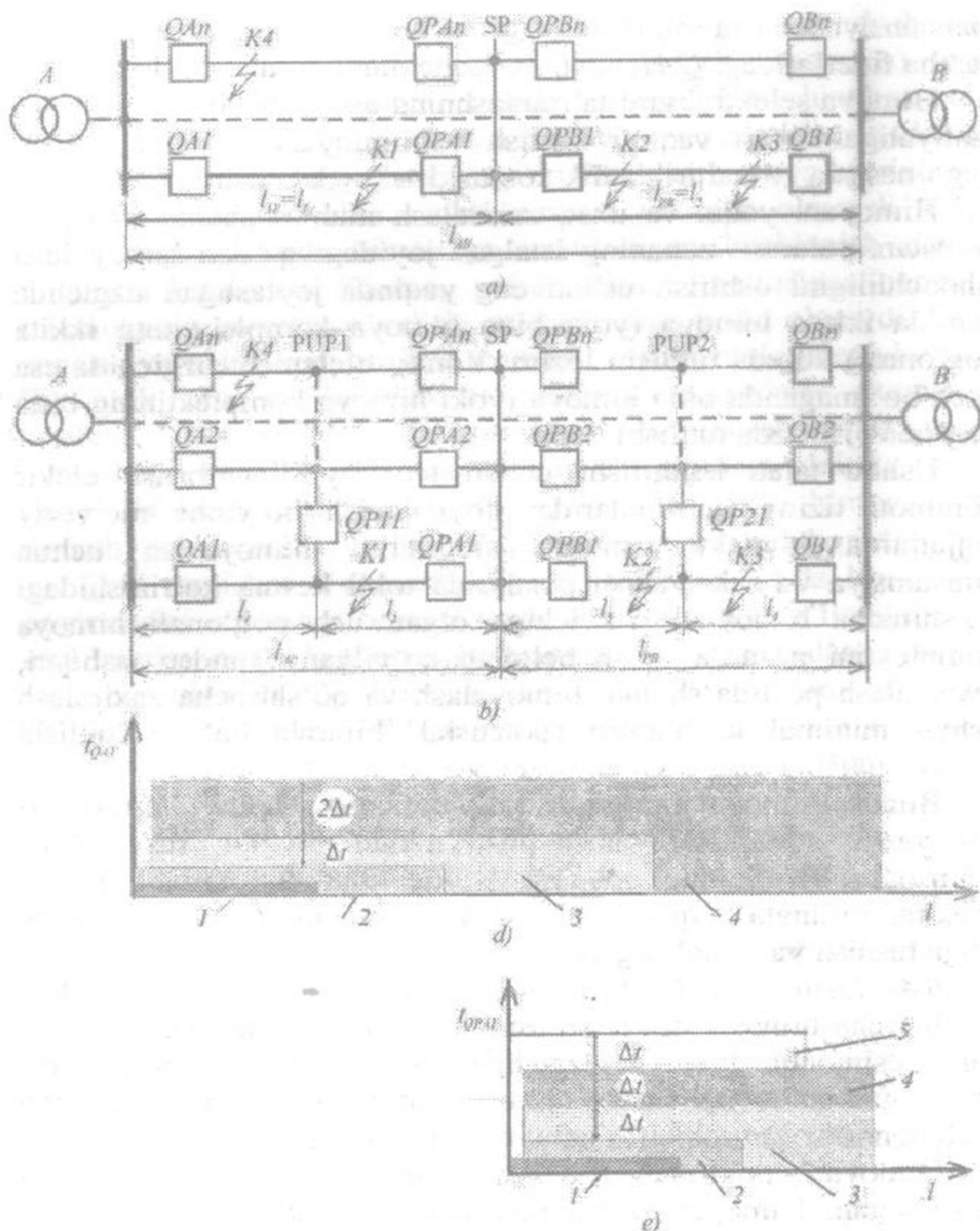
bo'lishi mumkin. 2000 A tokli yoy simni 0,15 – 0,17 s vaqtda kuydirishi mumkin.

Kontakt simi kuyishini oldini olish uchun q.t. rejimida tarmoq tegishli qismini manbadan nafaqat tezkor ajratish, balki barqaror shikastlanishlarda uni avtomatik qayta ulash (AQU) qurilmalari tomonidan manbaga qayta ulanishiga yo'l qo'ymaslik lozim bo'ladi. Chunki, elektr yoy hosil bo'lish bilan yuz beradigan q.t.larda sim juda tez qiziydi, manbadan ajratilgandan keyin simni sovish jarayoni esa juda sekin kechadi. Masalan, 200°C gacha qizishga ulgurgan MΦ-100 markali sim manbadan ajratilgandan keyingi o'tgan 20 s vaqt mobaynida uning harorati atigi 15 – 30°C ga pasayadi, xolos. AQU qurilmasi 0,5 – 5 s ichida ishga tushadi va qizib turgan sim yana elektr yoy ta'sirida bo'ladi hamda 0,08 s da simni uzilish xavfi yuzaga keladi. Zamonaviy uzgichlarning zanjirni manbadan tezkor uzish vaqtdan kelib chiqib shuni aytish mumkinki, agar elektr yoy hosil bo'lishi bilan kechadigan q.t.da AQU qurilmasi zanjirni yana manbaga ulasa, u holda eng tezkor uzgich ham simni kuyishdan saqlab qola olmaydi.

Shunday qilib, q.t. rejimida kontakt tarmog'i simlarini kuyishdan saqlab qolish uchun tarmoq shikastlangan qismini 0,12 – 0,14 s dan ortiq bo'lmagan vaqt mobaynida manbadan ajratish va barqaror qisqa tutashishlarda AQU qurilmasini ishga tushishiga yo'l qo'ymaslik lozim. Zamonaviy tezkor uzgichlar talab qilingan vaqt mobaynida zanjirni uzish imkoniyatiga ega.

Selektivlik (saralash qobiliyati). Q.t. yuz berganda shikastlangan joyga yaqin bo'lgan uzgichlar ishga tushishi lozim. Agar shikastlanish tugun sxemada ta'minlanayotgan ko'p yo'lli uchastkaning *A* nimstansiyasi va *SP* seksiyalash posti orasidagi zonada, masalan *K1* nuqtada sodir bo'lsa (9.4- rasm, *a*) unda selektivlik shartiga ko'ra *QA1* va *QPA1* uzgichlar ishga tushishi lozim. Bunda *K1* nuqtada yuz bergan q.t. hisobidan *QPA_n*, *QPB1*, *QPB_n* uzgichlardan ham q.t. toki o'tsa-da, ular ishga tushmasligi (uzilmasligi) lozim. *K2* yoki *K3* nuqtalardagi qisqa tutashishlarda *QB1* va *QPB1* uzgichlar uzilishi, seksiyalash postining boshqa uzgichlari uzilmasligi lozim. *K4* nuqtada (*QAn* uzgich yaqinida) shikastlanish sodir bo'lganda *QAn* va *QPA_n* uzgichlar uzilishi, *QA1* uzgich esa uzilmasligi kerak.

Shinalardagi, masalan *A* nimstansiya shinalaridagi q.t.larda



9.4- rasm. O'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkasi ta'minlanish sxemasi va himoyasining selektivligi

ular qaysi uzgich orqali pasaytiruvchi transformatoridan elektr energiyasi olayotgan bo'lsa, o'sha uzgich (rasmda ko'rsatilmagan) uzilishi lozim. Bundan tashqari, shikastlangan joy yondosh *B*

nimstansiyadan ta'minlanmasligi uchun kontakt tarmog'ining barcha fiderlaridagi $QAI, \dots, QAn$ uzgichlar ham uzilishi lozim.

Himoya selektivligini ta'minlashning asosiy usuli – bu himoya faoliyatiga kutish vaqtini kiritish va himoya(yoki uning ayrim pog'onasi)da yo'naltirilganlik xossasidan foydalanishdir.

Himoyani yaqin va uzoq zaxiralash muhim ahamiyatga ega. Nimstansiyalararo zonaning istalgan joyidagi q.t.dan himoyalash ishonchliligini oshirish uchun eng yaqinda joylashgan uzgichda kamida ikkita himoya (yoki bitta himoya komplektining ikkita pog'onasi) ko'zda tutilishi lozim. Yondosh element uzgichida esa hech bo'lmaganda bitta himoya (yoki himoya komplektining bitta pog'onasi) ko'zda tutilishi lozim.

Ushbu talab bajarilishi uchun temir yo'llar tortish elektr ta'minoti tizimi qurilmalaridan foydalanish bo'yicha me'yoriy hujjatlarda kontakt tarmog'i fiderlarini himoyalash uchun nimstansiya va seksiyalash postlarida tokli kesma ko'rinishidagi qo'shimcha himoyani o'z ichiga olgan uch pog'onali himoya komplektini nazarda tutish belgilab qo'yilgan. Bundan tashqari, seksiyalash postida shinani himoyalash va qo'shimcha zaxiralash uchun minimal kuchlanish (potensial) himoya ko'zda tutilishi lozim.

Bunday himoyalarning nimstansiya uchun selektivlik grafiklari 9.4- rasm, *d* da, seksiyalash posti uchun esa 9.4- rasm, *e* da keltirilgan. Grafikning abssissa o'qida himoya q.t.ni sezadigan masofa, ordinata o'qida esa himoya(yoki uning pog'onasi)ning ishga tushish vaqti qo'yilgan.

9.4- rasm *d* da QAI uzgichdagi tokli kesma ko'rinishidagi qo'shimcha himoyaning ta'sir zonasi 1 raqami bilan belgilangan. Bu qo'shimcha himoya uzgichga yaqin bo'lgan joyda sodir bo'ladigan q.t.da uni tezkor ajratish hamda yo'naltirilgan himoya o'lik zonasini qamrab olish uchun mo'ljallangan.

Himoya 2- pog'onasining ta'sir zonasi grafikda 2 raqami bilan belgilangan. Himoyaning bu pog'onasi ham kutish vaqtiga ega emas. Seksiyalash postidan keyin, masalan K2 (9.4- rasm, *a*) nuqtada q.t. yuz berganda ishga tushib ketmasligi uchun himoya pog'onasining ta'sir zonasi seksiyalash posti shinasigacha yetmasligi lozim. Himoya 1- pog'onasi sifatida, umuman olganda, tokli kesmadan foydalanish mumkin, ammo, ko'pincha, unga nisbatan mo'tadilroq himoya zonasiga ega bo'lgan masofaviy himoya qo'llaniladi.

Himoya 1- pog'onasi nimstansiya shinasi yoki yondosh fider uzgichi yaqinidagi, masalan $K4$ nuqtada (9.4- rasm, *a*) sodir bo'ladigan q.t.larda ishga tushib ketmasligini hisobga olib sozlanishi lozim. Buning uchun u nimstansiya yaqinidagi q.t.larda

o'lik zonaga ega bo'lmagan yo'naltirilgan himoya ko'rinishida bo'lishi lozim, aks holda u tokli kesmani zaxiralay olmaydi. Yaqin masofadagi q.t.larda himoyaga uzatiladigan kuchlanish deyarli nolgacha kamayadi. Shuning uchun ham yo'naltirilgan qarshilik relelari yoki quvvat yo'nalishi relelari ishga tusha olmaydi. O'lik zonasiz yo'naltirilgan himoya maxsus "xotira" blokiga ega bo'ladi. Bu blok chiqish kuchlanishi relening taqqoslash sxemasiga beriladi. "Xotira" bloki maxsus konturdan iborat bo'lib, uning kirishidagi kuchlanish yo'qolganda, chiqishidagi doimiy fazali sinusoidal kuchlanish birdaniga yo'qolmasdan, balki himoya ishga tushishi uchun yetarli bo'lgan vaqt mobaynida so'nib boradi.

QAI uzgichni $K4$ nuqtada yuz beradigan q.t.da himoya 1- pog'onasini sozlashni boshqa usuli amalda keng qo'llaniladi. Bu usul bunday q.t.larda B nimstansiyaning QAI uzgichidan o'tadigan tokining qiymati 2- himoya zonasida (9.4- rasm, *b*) sodir bo'ladigan q.t.larda A shu nimstansiyaning uzgichdan o'tadigan tokining qiymatidan ancha kichikligiga asoslangan. Buni amalga oshirish uchun himoya 1- pog'onasi tokli ishga tushirish organi bilan jihozlanadi. Bu organ $K4$ nuqtadagi qisqa tutashishda QAI uzgichdagi tok qiymatidan katta bo'lgan holatdagina 1- pog'ona himoyasini ishga tushishiga ruxsat beradi.

9.4- rasm, *d* da himoya 2- pog'onasining ta'sir zonasi 3 raqami bilan belgilangan. Bu zona Δt kutish vaqtiga ega. Himoyaning bu pog'onasi 1- pog'ona ishlamaydigan uzunligi l_{AP} bo'lgan zonadagi shikastlanishlarda ishga tushishga mo'ljallangan. Bundan tashqari, 2- pog'ona himoyasi 1- pog'ona himoya uchun yaqin zaxiralashni amalga oshiradi. Himoya 2- pog'onasi sifatida masofaviy himoya qo'llaniladi.

Himoya 3- pog'onasining ta'sir zonasi 4 raqami bilan belgilangan (9.4- rasm, *d*). Bu pog'ona QAI uzgich himoyasining 1- va 2- pog'onalarining yaqin zaxiralanishini amalga oshiradi. Bundan tashqari, 3- pog'ona himoyasi l_{PB} zonadagi shikastlanishlarda $QPB1, \dots, QPBn$ uzgichlar uzoq zaxiralanishini va ular himoyasini amalga oshiradi. 3- pog'onada normal rejim maksimal yuklamasidan boshlab sozlangan masofaviy himoya qo'llaniladi. Masofaviy himoya bu pog'onasining kutish vaqti 2-

pog'ona himoyasi kutish vaqtidan bir-ikki pog'ona katta olinadi. Kutish vaqtining bunday olinishiga sabab shuki, seksiyalash postida uch pog'onali himoya ko'zda tutilgan bo'lib, 3- pog'ona selektivlikni ta'minlash maqsadida nimstansiya uzgichidagi 3- pog'ona himoyasidan avval ishga tushishi lozim bo'ladi. Seksiyalash postidagi Rossiya Federatsiyasida ishlab chiqarilgan "YЭЗФ" himoya komplektida ikki pog'onali himoya qo'llaniladi. Bunday holatda nimstansiya himoyasining 3- pog'onasi kutish vaqti 2- pog'onasi kutish vaqtiga nisbatan bitta pog'ona (Δt)ga katta olinishi mumkin.

Elektron himoyalar uchun Δt kutish vaqti 0,3 s ga, elektromexanik himoyalarda esa bu vaqt 0,4 – 0,6 s ga teng, deb qabul qilingan.

Seksiyalash posti uzgichlari himoyasi uchun selektivlik grafigi ham xuddi yuqoridagiga o'xshash quriladi. (9.4- rasm, e). Tokli kesma (qo'shimcha himoya) 1 va 1- pog'ona himoyasi 2 kutish vaqtlarisiz amalga oshiriladi. Yondosh fiderlardagi q.t.larda o'rinsiz (noselektiv) ishga tushishlarni oldini olish maqsadida 1- pog'onaning ta'sir zonasi yondosh nimstansiya shinasigacha bormasligi lozim. 1- pog'ona tokli kesma va masofaviy himoyalar ishga tushish o'rnatmalari qiymatlari QBI uzgich uzilgan holatda QAI uzgich himoyasi uchun yozilgan formulalar yordamida tanlanadi. Bu pog'ona yo'naltirilgan himoya ko'rinishida bo'lishi lozim, aks holda, seksiyalash posti "orqa" tomonidagi shikastlanishlarda u ishga tushib ketadi. Masalan, agar $QPB1$ uzgich himoyasi yo'naltirilmagan bo'lsa, u holda $K1$ nuqtada q.t. sodir bo'lganda himoya o'rinsiz ishga tushishi mumkin.

Aytib o'tish joizki, seksiyalash posti uzgichlari himoyasining 2- va 3- pog'onalari, umuman olganda, yo'naltirilmagan bo'lishi ham mumkin. Chunki ular kutish vaqtiga ega. Bu holatda seksiyalash posti "orqa" tomonidagi shikastlanishlarda ham himoya o'rinsiz ishga tushmaydi, chunki bunday shikastlanishlar boshqa (masalan, $QPA1$) uzgich himoyasi tomonidan kutish vaqtisiz manbadan ajratiladi. Shunday bo'lsa-da, selektivlik shartini ishonchliroq amalga oshirish maqsadida himoyaning 2- va 3- pog'onalari yo'naltirilgan himoya ko'rinishida amalga oshirilishi maqsadga muvofiq bo'ladi. Odatda, uchala pog'ona ham masofaviy himoya ko'rinishida amalga oshiriladi.

Seksiyalash postidagi yo'naltirilgan himoyalar o'lik zonasi tokli kesma ko'rinishidagi qo'shimcha himoya bilan qoplanadi. Bu

shikastlanishlarda ikkinchi(zaxira) himoya sifatida minimal kuchlanish himoyasi xizmat qiladi. Bu himoyaning ta'sir zonasi 9.4- rasm, e da 5 raqami bilan belgilangan. Uning kutish vaqti 3-pog'ona himoyasi kutish vaqtidan bir pog'ona katta. Minimal kuchlanish himoyasi (potensial himoya) boshqa pog'onali himoyalardan (agar ular yo'naltirilgan himoya ko'rinishida bo'lsa) farqli ravishda seksiyalash posti shinalaridagi q.t.larga reaksiya qiladi. Shuning uchun ham minimal kuchlanish himoyasi seksiyalash posti barcha uzgichlarini uzadigan qilib yasaladi.

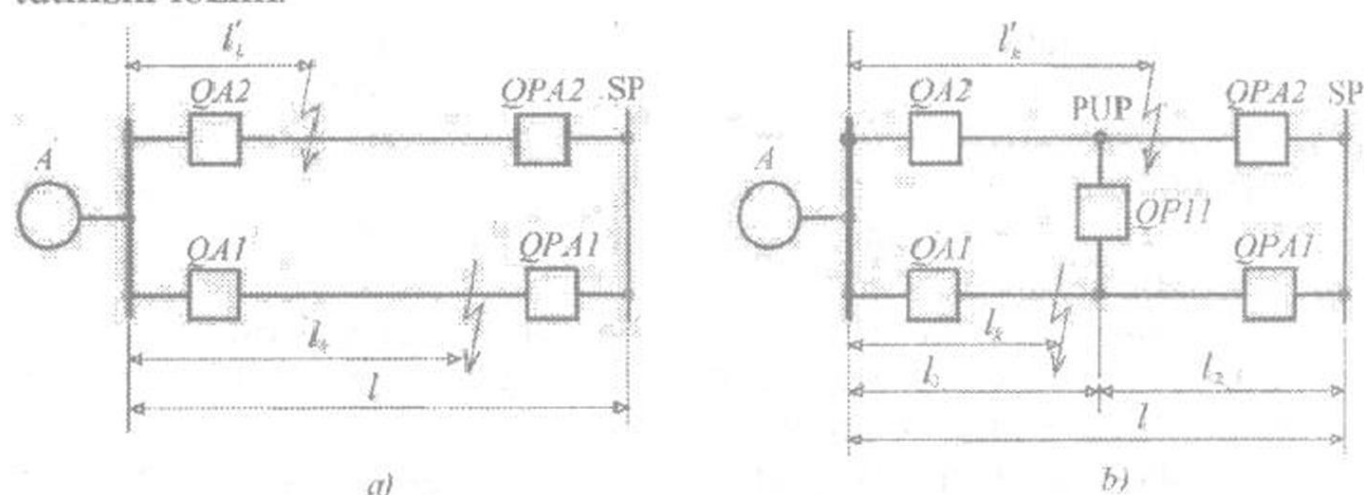
Parallel ta'minlash sxemasi(9.4- rasm, b)da nimstansiya va seksiyalash posti uzgichlari himoyalarning selektivlik grafiklari tugun sxemali ta'minlashdagidek ko'rinishda bo'lsa-da, himoyani amalga oshirish biroz qiyinlashadi. *KI* nuqtada q.t. sodir bo'lganda (9.4- rasm, b) ikkita emas, balki uchta (*QA1*, *QPA1* va *QP11*) uzgichlar ajratilishi lozim bo'ladi. Agar *KI* nuqta seksiyalash posti yaqinida joylashgan bo'lsa, u holda *A* nimstansiyadan shikastlangan joyga oqib kelayotgan tok *QA1*, *QA2*, ..., *QAn* uzgichlar o'rtasida teng ulushga bo'linadi va har bir uzgichdan o'tayotgan tok kattaligi ular himoyasini ishga tushishi uchun yetarli bo'lmasligi mumkin.

Seksiyalash posti yaqinidagi q.t.da *QP11* uzgichdagi tok amalda nolga teng bo'ladi va himoya tokka reaksiya qiladigan bo'lsa, u ishga tushmaydi. *KI* nuqta *QP11* uzgichga yaqin joylashganligi bois uning himoyasi (tokli kesma yoki 1- pog'onali himoya) kutish vaqtisiz ishga tushadi va uzgichni ajratadi. Bunda sxemadagi tok taqsimlanishi o'zgaradi va *QP11* uzgichdan *KI* nuqtaga qarab tok o'tadi. Buning natijasida bu uzgich ajraladi. Shundan keyin *QA1* uzgichdagi tok ortadi va u ham uziladi.

Shunday qilib, *QA1*, *QPA1* va *QP11* uzgichlar bir vaqtda o'chirilmaydi, ya'ni ketma-ket(kaskadli): avval bittasi, keyin ikkinchisi, keyin esa uchinchisi o'chiriladi.

Uzgichlarni ketma-ket o'chirilishi shikastlangan joyni elektr energiyasi bilan ta'minlanish vaqtini oshirib yuboradi, ya'ni qisqa q.t.ni bartaraf etish vaqtini oshiradi. Bu vaqtni parallel ulash punktlaridagi 1- pog'ona himoyasi sifatida kutish vaqtisiz minimal kuchlanish (potensial) himoyasini qo'llab qisqartirish mumkin. Bunda q.t.da *QP11* va *QPA1* uzgichlar bir vaqtda o'chiriladi. Zaxira sifatida kutish vaqti nolga teng bo'lgan maksimal tok yoki masofaviy himoyadan foydalanish mumkin. Bu himoya qurilmasi 1- parallel ulash punkti (PUP1) dagi *QP11* va 2- parallel ulash punkti (PUP2) dagi *QP21* uzgichlarni ketma-ket o'chiradi.

Bir tomonlama sirtmoqli ta'minlash sxemasi (9.5- rasm)da nimstansiya va seksiyalash posti uzgichlarida tugunli ta'minlash sxemasidagidek himoyalar qo'llaniladi. Agar seksiyalash postida potensial himoya bo'lmasa, nimstansiya yaqinidagi q.t.da ($l_k = 0$ yoki $l'_k = 0$) seksiyalash postidagi himoya kaskadli, ya'ni nimstansiyadagi mos uzgich o'chirilgandan keyin ishga tushadi. Shikastlangan joyni ajratishni tezlashtirish maqsadida seksiyalash postida undagi bitta yoki ikkala uzgichni o'chirishga mo'ljallangan va kutish vaqti nolga teng bo'lgan potensial himoya ko'zda tutilishi lozim.



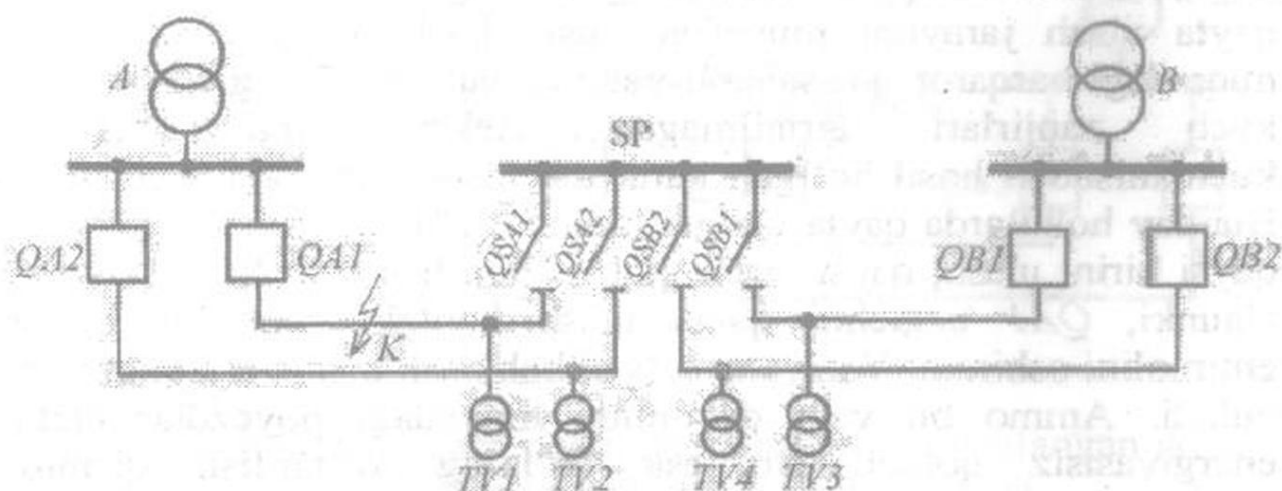
9.5- rasm. Sirtmoqli ta'minlash sxemalari:
a – parallel ulash punktisiz; b – parallel ulash punktli

Noselektiv himoyalar. Bunday himoyalar kontakt tarmog'idagi kuyishlar sonini kamaytirishda yoki seksiyalash postlari tezkor uzgichlar bilan jihozlanmaganda qo'llaniladi. Nimstansiyalararo zonaning istalgan nuqtasida q.t.lar yuz berganda zonani ta'minlovchi yondosh nimstansiyalar uzgichlari kutish vaqtisiz uziladi. Bunda q.t.lar tezkor ravishda manbalardan ajratiladi va kontakt osmalari simlarining kuyish ehtimoli keskin kamayadi.

Yondosh nimstansiyalar uzgichlari uzilgandan so'ng seksiyalash postlaridagi mos uzgichlar uzilishi va zonaning shikastlanmagan uchastkalari yana manbaga ulanishi lozim. Bunda bajariladigan amallar ketma-ketligi seksiyalash posti har bir fiderida himoya ko'zda tutilgan yoki tutilmaganligiga bog'liq bo'ladi.

Agar seksiyalash postlari uzgichlar bilan emas, balki motor yuritmalari ajratkichlar bilan jihozlangan bo'lsa, u holda bunday postlarda releli himoya bo'lmaydi. Bunday holatlarda q.t.lar sodir

bo'lganda ularni manbadan ajratish va zonaning shikastlanmagan uchastkalarini manbaga qayta ulash ketma-ketligi quyidagicha bo'ladi. Aytaylik, K nuqtada q.t. sodir bo'ldi (9.6- rasm). Yondosh nimstansiyalardagi $QA1$, $QA2$, $QB1$, $QB2$ uzgichlar uzilgandan va kontakt tarmog'i manbasiz qolganidan keyin seksiyalash posti barcha fiderlaridagi $QSA1$, $QSA2$,



9.6- rasm. Seksiyalash posti ajratkichlar bilan jihozlangan ikkita yo'lli uchastka tugunli ta'minlash sxemasi

$QSB1$, $QSB2$ ajratkichlar ajratiladi. Shundan keyin AQU qurilmasi yondosh nimstansiyalardagi avval uzilgan barcha $QA1$, $QA2$, $QB1$, $QB2$ uzgichlarni qayta ulaydi. Zonaning shikastlanmagan uchastkalaridagi $QA2$, $QB1$, $QB2$ uzgichlar ulangan holda ishlashni davom ettiradi, shikastlangan uchastka uzgichi $QA1$ yana uziladi va shu holatda qoladi. Bundan keyin seksiyalash postining kuchlanish paydo bo'lgan uchastkalaridagi $QSA2$, $QSB1$, $QSB2$ ajratkichlar ulanadi. $QSA1$ ajratkich ulanmaydi, chunki $QA1$ uzgich uzilganligi sababli kontakt tarmog'ining $QA1$ uzgich va $QSA1$ ajratkich bilan chegaralangan qismida kuchlanish bo'lmaydi. Kuchlanish mavjudligi seksiyalash postida o'rnatilgan $TV1-TV4$ kuchlanish transformatorlari yordamida nazorat qilinadi.

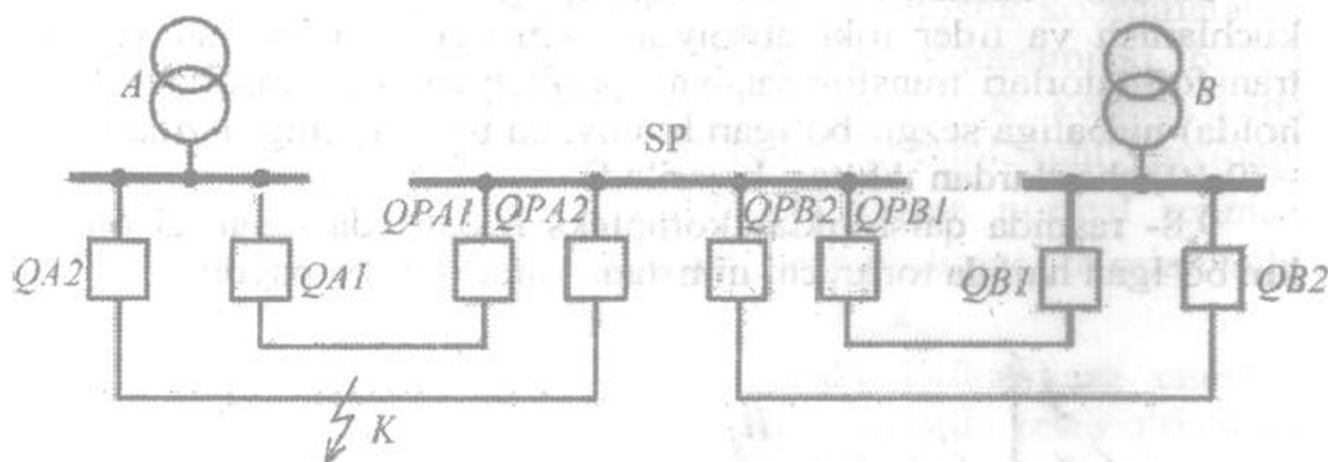
Uzgichlar bilan jihozlanmagan seksiyalash postlari ular bilan jihozlanganlariga nisbatan, albatta ancha arzon. Ammo nimstansiyalararo zona shikastlanmagan uchastkalarini qayta elektr energiyasi bilan ta'minlashning yuqorida keltirilgan ketma-ketligi seksiyalash postidan foydalanish ishonchligini pasaytiradi.

Masalan, quyidagi xarakterli holatni ko'rib chiqaylik: K nuqtada q.t. yuz berganda ko'tarilish qismiga ega bo'lgan yondosh yo'lda og'ir massali poyezdlar harakatlanmoqda, deylik. Yondosh nimstansiyalar uzgichlari uzilgandan keyin seksiyalash postidagi ajratkichlar ajratiladi. Shundan keyin AQU qurilmasi nimstansiyalar uzgichlarini qayta ulaydi. Bunda $QB1$ va $QB2$ uzgichlar muvaffaqiyatli ulanadi, $QA1$ va $QA2$ uzgichlar uchun esa qayta ulash jarayoni muvaffaqiyatsiz kechadi: $QA1$ uzgich K nuqtadagi barqaror q.t. sababli yana uziladi, $QA2$ uzgich yo'ldagi kuch zanjirlari ajratilmagan elektrovozlariga berilgan kuchlanishdan hosil bo'lgan katta tok hisobidan yana o'chiriladi. Bunday holatlarda qayta uzilgan ikkita ($QA1$ va $QA2$) uzgichlarni qaysi birini ulash, qaysi birini ulamaslikni hal etish kerak bo'ladi. Chunki, $QA1$ uzgichni qayta ulash kontakt simlarini kuyish ehtimolini oshiradi. Vaziyatni to'g'ri baholash uchun esa vaqt talab etiladi. Ammo bu vaqt davomida liniyadagi poyezdlar elektr energiyasiz qoladi. Bu esa yo'lning ko'tarilish qismida harakatlanayotgan poyezdlarni to'xtab qolishiga va harakat grafigini buzilishiga sabab bo'lishi mumkin.

Seksiyalash postlari uzgichlar va ularni himoyalovchi qurilmalar bilan jihozlangan holatda temir yo'l uchastkasi elektr ta'minoti tizimini himoyalash quyidagi ketma-ketlikda amalga oshiriladi (9.7- rasm). K nuqtada qisqa tutashish bo'lganda $QA1$, $QA2$, $QB1$, $QB2$ uzgichlar uziladi. Shundan keyin seksiyalash postidagi (shikastlangan joyga eng yaqin bo'lgan) $QPA2$ uzgich uziladi. Keyin AQU qurilmasi $QA1$, $QA2$, $QB1$, $QB2$ uzgichlarni qayta ulaydi. $QA2$ uzgich (K nuqtadagi barqaror q.t. tufayli) yana uziladi va shu holatda qoladi.

Seksiyalash postida uzgichlar mavjudligi noselektiv himoyada quyidagi afzalliklarga olib keladi: ulab-o'chirishlar soni kamayadi, bu esa kommutatsion apparatlar eskirish muddatini birmuncha oshiradi; shikastlanmagan uchastkalarni elektr energiyasi bilan qayta ta'minlash tezlashadi, chunki postdagi sekin harakatga keladigan motor yuritmalik ajratkichlar ajratilishi va qayta ulanishiga vaqt sarf bo'lmaydi; shikastlanmagan uchastkalarni elektr energiyasi bilan ta'minlanish ishonchliligi ortadi. So'nggi afzallik quyidagicha izohlanadi: $QA1$ uzgichni AQU qurilmasi yordamida qayta ulash muvaffaqiyatsiz bo'lganda $QA1$ va $QPA1$ uzgichlar bilan chegaralangan shikastlanmagan uchastkadagi elektrovozlar manbasiz qolmaydi. Chunki ular elektr energiyasi bilan B nimstansiyadan muvaffaqiyatli ulangan $QB1$ va $QB2$ (yoki

ularni bittasi) hamda uzilmagan $QPA1$, $QPB1$, $QPB2$ uzgichlar orqali ta'minlanadi. Shuning uchun ham energodispatcherda vaziyatni baholash va $QA1$ uzgichni qayta ulash mumkinligi to'g'risida qaror qabul qilish uchun vaqt yetarli bo'ladi.



9.7- rasm. Seksiyalash posti uzgichlar bilan jihozlangan ikkita yo'lli uchastka tugunli ta'minlash sxemasi

Tortuvchi nimstansiyalar va seksiyalash postlari uzgichlarida o'rnatiladigan himoya xuddi selektiv himoya singari, ammo kutish vaqtisiz amalga oshiriladi.

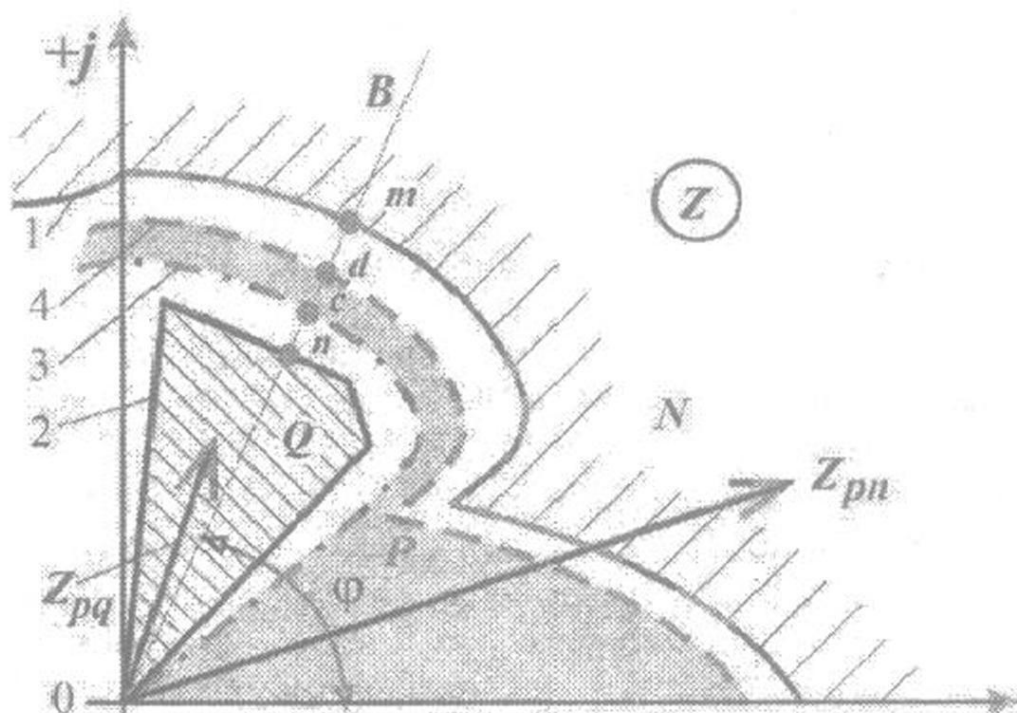
Barqaror ishlash qobiliyati. Himoyalar ishga tushish o'rnatmalari shunday tanlanishi kerakki, unda himoya o'ziga tegishli zonadagi q.t.larda ishonchli ishlashi, zonadan tashqaridagi q.t. va zonadagi normal rejim makisimal yuklamalarida ishga tushmasligi lozim. Bundan tashqari, himoyalar yaqin va uzoq zaxiralash shartlarini ta'minlashi lozim.

1- pog'ona himoyasi o'rnatmasini tanlash nisbatan oson hal etiladi. Bunda himoya zonasidagi q.t. toklari, odatda, normal rejim maksimal yuklamasidan ancha katta bo'ladi. Tortuvchi nimstansiya uzgichi uchun 3- pog'ona himoyasi o'rnatmasini tanlash murakkabroq kechadi. Bu uzgichdan normal rejimda o'tadigan tok 800 A dan ortib ketishi mumkin. Tortuvchi nimstansiyadan uzoqda (yondosh tortuvchi nimstansiya yaqinida) joylashgan nuqtasidagi q.t.da tok 400 A ga yaqin bo'lishi mumkin. Agar 3- pog'ona himoyasi sifatida, masalan, maksimal tokli himoya qo'llanilsa va uning o'rnatmasi normal rejim maksimal tokigacha bo'lgan oraliqda ishga tushmasligi uchun 800 A dan kattaroq tanlansa, u holda himoya uzoqda joylashgan nuqtadagi q.t.ga reaksiya qila olmay qoladi. Shuning uchun ham 3- pog'ona

himoyasi uchun bunday himoya mutlaqo yaramaydi. Bunday holatlarda q.t.ni normal rejimdan qo'shimcha biron bir parametr, masalan, faza burchagi yordamida farqlay oladigan himoyani tanlash lozim bo'ladi.

Tortish tarmog'i kirish qarshiligi moduli shinalardagi kuchlanish va fider toki absolyut qiymatlari (kuchlanish va tok transformatorlari transformatsiya koeffitsiyentlarini hisobga olgan holda) nisbatiga sezgir bo'lgan himoyada bir vaqtning o'zida (9.7) – (9.10) shartlardan ikkitasi bajariladi.

9.8- rasmda qarshiliklar kompleks tekisligida uzunligi 60-65 km bo'lgan hamda tortuvchi nimstansiyalar orasida paydo



9.8- rasm. Kontakt tarmogʻi uchun releli himoya yordamida oʻlchanadigan qarshiliklar kompleks tekisligi

bo'ladigan muvozanatlovchi toklar va rekuperatsiyani hisobga oluvchi normal rejimlar sohasi N va q.t.lar sohasi Q tasvirlangan. Normal rejimda qarshilik relesi qismalarida o'lchanadigan Z_{pn} qarshilik vektorining uchi N sohaning istalgan nuqtasida joylashishi mumkin. Q.t. rejimida esa o'sha rele qismalarida o'lchanadigan Z_{pq} qarshilik vektorining uchi Q sohaning istalgan nuqtasida joylashishi mumkin.

Normal rejimda qarshilik relesi o'rinsiz ishlab ketmasligi va q.t. rejimida ishonchli ishlashi uchun $Z_{ish.t.} = f(\varphi_p)$ xarakteristika N va Q sohalar chegara chiziqlari 1 va 2 orasidan o'tishi lozim.

Qarshilik relesi xarakteristikasining chegara chiziqlari joylashadigan P sohani topamiz. Kompleks tekislik koordinatalari boshidan OB nurni shunday burchak ostida o'tkazamizki, bunda ushbu nur N va Q sohalarni kesib o'tsin. Oc kesma qisqa tutashishda himoya ishonchli ishlashini ta'minlovchi quyidagi shart bilan aniqlanadi: $Oc \geq k_r \cdot On$. Od kesma normal rejimda himoyani ishonchli ravishda ishga tushmasligini ta'minlovchi quyidagi shart bilan aniqlanadi: $Od \leq Om / k_{qay} k_{zax}$.

Qarshilik relesi ishga tushish xarakteristikasining chegara chizig'i OB nurni cd kesmaning istalgan nuqtasida kesib o'tishi va ushbu kesma chegarasidan chiqmasligi lozim. φ burchakning boshqa qiymatlari uchun ham c va d nuqtalar aniqlanadi. Shunday ketma-ketlikda aniqlangan c va d nuqtalar mos ravishda birlashtirilib, P sohaning chegara chiziqlari 3 va 4 hosil qilinadi. Rele ishga tushish xarakteristikasining chegara chiziqlari ushbu P sohada joylashtiriladi. Himoya zonasi qancha kichik bo'lsa, On kesma uzunligi shuncha kichik bo'ladi.

Himoya barqaror ishlashining muhim ko'rsatkichlaridan biri – bu uning tortish tarmog'i normal rejimiga sezgir bo'lmashligi (sozlanmaganligi)dir. Normal rejimga sozlanmaganlik (9.9) va (9.10) formulalar yordamida aniqlanadi. Himoya ishga tushish o'rnatmalarini tanlash shartlari uning normal rejimga sozlanmaganlik shartlarini ham qanoatlantirilishi lozim.

Tortuvchi nimstansiyalarda qo'shimcha himoya yoki I-pog'ona himoyasi sifatida qo'llaniladigan tokli kesma, odatda, (9.9) shartni hisobga olgan holda amalga oshiriladi. Mo'tadil ta'sir zonaga va normal rejimga sozlanmaganlik xususiyati yaxshiligi sababli tortish tarmog'i fiderlari himoyasi uchun masofaviy himoya qo'llaniladi.

Parallel ulash punktlari himoyasi yo'naltirilmagan bo'lishi lozim. Potensial himoyadan boshqa barcha himoyalar faqat nimstansiya yoki seksiyalash postidagi tegishli uzgich uzilgandan keyin belgilangan nuqtalardagi q.t.larga sezgir bo'ladi.

Masalan, $QP2I$ uzgich uchun $K2$ va $K3$ nuqtalar belgilangan nuqtalar hisoblanadi va $QPBI$ yoki QBI uzgichlar uzilmaguncha $QP2I$ uzgichdan tok o'tmaydi (9.4- rasm, b). Shuning uchun ham

asosiy himoya sifatida potensial himoya tanlanishi lozim. Zaxira himoyasi sifatida esa tokli kesma tanlanishi mumkin.

Normal rejimga sozlanmaslik. Yuklama oshganda yoki nimstansiyalar orasidagi masofa katta bo'lganda N soha chegarasi qarshiliklar kompleks tekisligi koordinatalari boshiga yaqinlashib qoladi (9.8- rasmga qarang!). Bunda nm kesma shunchalik qisqaradiki, Od kesma Oc kesmadan kichik bo'lib qoladi. Bunday holatda (9.2) shart asosida tanlangan himoya uchun (9.10) shart bajarilishi mumkin emas. Natijada himoya tortish tarmog'ining normal rejimida ham o'rinsiz ishga tusha boshlaydi.

Ushbu holatni oldini olish uchun normal rejimni q.t. rejimidan farqlashga yordam beruvchi qo'shimcha belgilardan foydalanish kerak bo'ladi. Bunday belgilar sifatida fider toki tarkibidagi yuqori garmonikalar ulushi va unda aperiodik tashkil etuvchi mavjudligidan foydalaniladi. Tortish tarmog'ining normal rejimida yuqori garmonikalar ta'sir etuvchi (yoki o'rtacha) qiymatini asosiy (birinchi) garmonika ta'sir etuvchi (yoki o'rtacha) qiymatiga nisbati 7 – 8% dan kam bo'lmaydi. Q.t. rejimida esa bu ko'rsatkich 3 – 4% dan oshmaydi.

Kontakt simida muz paydo bo'lganda undan elektrovoz tok qabul qilgichiga tok uzatish intensiv ravishda uchqun paydo bo'lishi bilan kechadi. Bunda tok faza burchagi q.t. rejimidagi qiymatgacha ortadi. Bunday paytda agar himoya xarakteristikasi faza burchagi o'zgarishiga sezgir bo'lsa, u holda himoya o'rinsiz ishga tushadi. Uchqun paydo bo'lganda normal rejimda yuqori garmonikalarning ulushi ortadi. Shuning uchun ham himoya jarayonida bir vaqtning o'zida tok faza burchagi va undagi yuqori garmonikalar ulushini nazorat qilish himoyaning barqaror ishlash imkoniyatini oshiradi.

Elektr harakat tarkibi transformatorlarini kontakt tarmog'i kuchlanishi ostida ishga tushirishda amplitudasi 1000 – 1200 A, faza burchagi esa 70 – 80° ga etadigan magnitlovchi tok sakrashi yuz beradi.

Bu tok 0,2 – 0,4 s dan keyin o'zining nominal qiymatidan kichik qiymatgacha kamayadi. Ammo maxsus choralar ko'rilmasa, tezkor himoya bu holatni q.t. rejimi deb qabul qilib, kontakt tarmog'i fiderini manbadan uzadi. Transformator ulanganda magnitlovchi tok shakli keskin nosinusoidal shaklda bo'ladi. Bu tok shakli sinusoidadan quyidagi belgilari bilan keskin farq qiladi: katta qiymatli aperiodik tashkil etuvchining mavjudligi; tok musbat yarim to'lqini aperiodik tashkil etuvchi tomonga yo'nalgan bo'lib,

asosi 180 – 240° ga teng bo'lgan bo'rtib chiqqan shaklga ega; bir fazali transformatoridan foydalanilganda manfiy yarim to'liqini mavjud emas va magnitlovchi tok yondosh impulslari orasidagi vaqt uzunligi (50 Hz chastotada) 6,6 ms dan kam emas; ikkinchi garmonikaning ulushi 15% dan kam emas. Magnitlovchi tok so'nish mobaynida shakli sinusoidaga yaqinlashib boradi.

Bunday rejimda himoya sezgirligini pasaytirish maqsadida uning kirish qismiga transreaktor yoki differentsatsiyalovchi zveno ulanadi.

9.3. O'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkalaridagi qisqa tutashish toklaridan tokli himoya

Tokli himoya fider bo'ylab o'tayotgan tokning o'rnatma tok bilan taqqoslashga asoslangan, ya'ni fider toki o'rnatma tokdan ortsa, himoya ishga tushadi va o'ziga tegishli zonani manbadan ajratadi.

O'zgarmas tok temir yo'l uchastkalaridagi qisqa tutashish toklaridan tokli himoyadan farqli ravishda o'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkalaridagi qisqa tutashish toklaridan tokli himoya sezuvchi va ijro elementlaridan tashkil topadi. Sezuvchi element komplekti (majmuasi) eng oddiy holda - bu tok relesidan tashkil topadi, ijro elementi vazifasini esa yuqori kuchlanishli uzgich bajaradi. Shuning uchun ham qisqa tutashishdan ajratish vaqti t_{ajr} quyidagi ikkita tashkil etuvchi yig'indisidan iborat bo'ladi:

$$t_{ajr} = t_{him} + t_{uzg} \quad , \quad (9.11)$$

bu yerda t_{him} - himoya komplektining ishga tushish vaqti; t_{uzg} - yuqori kuchlanishli uzgich ishga tushish vaqti.

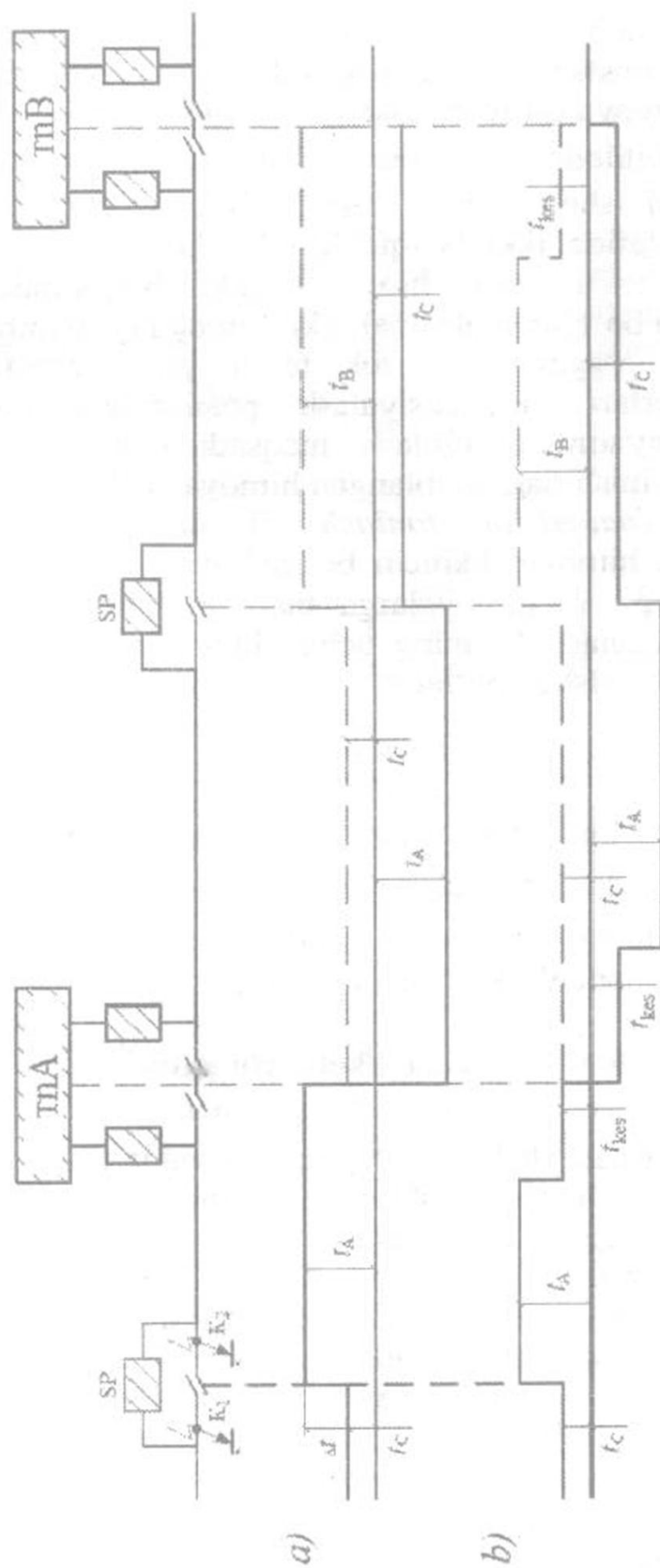
Tortuvchi nimstansiya fiderlari va seksiyalash postlarida moyli, elegazli, havoli va vakuumli uzgichlar o'rnatiladi. Moyli uzgichlar ishga tushish vaqti 0,08-0,11 s, vakuumli uzgichlarniki esa - 0,04-0,06 s. Elektromexanik tok relelarining ishga tushish vaqti 0,03-0,1 s (elektron tok relelariniki esa - 0,01-0,04 s) oraliqda bo'ladi. Shuning uchun ham t_{ajr} ning minimal qiymati 0,15-0,25 s ni tashkil etadi. Qisqa tutashish tokining aperiodik tashkil etuvchisi 0,08-0,1 s vaqt mobaynida so'nib ulgirishini inobatga olsak, tortish tarmog'idagi qisqa tutashish rejimida qisqa tutashish toki to himoya ishga tushguncha o'zining turg'un qiymatiga erishib ulguradi. Shunday qilib, o'zgaruvchan tok temir

yo'l uchastkalarida nimstansiyalararo zonaning istalgan nuqtasida yuzaga kelgan qisqa tutashishda tokli himoya qurilmasi faqat qisqa tutashish tokining o'tish vaqtini cheklaydi, xolos, ya'ni yuqorida aytib o'tilganidek, himoya ishga tushgunga qadar qisqa tutashish toki o'zining turg'un qiymatiga erishib ulguradi.

Bir va ikki tomonlama ta'minlanuvchi, har bir fider zonasi seksiyalash postiga ega bo'lgan o'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkasini ko'rib chiqamiz (9.9- rasm).

Aytaylik, bir tomonlama ta'minlanish zonasining seksiyalash posti yaqinidagi K_1 nuqtasida qisqa tutashish yuz bergan bo'lsin. Bu nuqtadagi qisqa tutashishda himoya ishga tushishini seleksiyalash shartiga ko'ra seksiyalash posti SP dagi himoya qurilmasi ishga tushishi lozim. Ammo qisqa tutashishning dastlabki momentida nimstansiya fideridagi himoya qurilmasini ishga tushishi uchun potensial imkoniyatlar paydo bo'ladi, chunki K_1 nuqtadagi qisqa tutashish toki K_2 nuqtada yuz beradigan qisqa tutashish tokiga qiymat jihatdan amalda teng bo'ladi (9.9- rasm, *b* ga qarang!). K_2 nuqtada qisqa tutashish yuz berganda nimstansiya fideridagi himoya qurilmasi ishga tushishi lozim. Nimstansiya fideridagi himoyaning o'rnatma toki SP dagi himoyaning o'rnatma tokidan ancha katta. K_1 nuqtada qisqa tutashish yuz berganda nimstansiya fideridagi himoya ishga tushib ketmasligi uchun u Δt vaqtga kutuvchi qilib tanlanadi. Bu kutish vaqti elektromexanik himoyalar uchun 0,4-0,6 s, elektron himoyalar uchun esa 0,3 s qilib belgilanadi. Nimstansiya fiderlari va SP laridagi himoyalarni Δt ning berilgan qiymati uchun vaqt diagrammalari 9.9- rasm, *a* da keltirilgan. Bu rasmda t_A - A nimstansiya fideridagi himoyaning ishga tushish vaqti, t_S - seksiyalash postidagi himoyaning ishga tushish vaqti.

Ammo nimstansiya fideridagi himoyaning ishga tushish vaqtini belgilab qo'yilishi, agar maxsus choralar ko'rib qo'yilmasa, salbiy oqibatlarga olib kelishi mumkin: nimstansiyaga yaqin bo'lgan zonada qisqa tutashish yuz berganda va qisqa tutashish toki katta qiymatga teng bo'lganda uning zona bo'ylab o'tish vaqti Δt kutish vaqti hisobiga ko'payadi, natijada esa ushbu temir yo'l



9.9- rasm. Himoya qurilmalarining ishga tushish vaqt diagrammalari:

a – nimstansiya fiderlarida kesma tokli himoyasi bo‘lmagan himoya qurilmalari uchun; b – nimstansiya fiderlarida kesma tokli himoyasi bo‘lgan himoya qurilmalari uchun

uchastkasida salbiy oqibatlar yuzaga keladi. Buning oldini olish maqsadida nimstansiya fideridagi tokli himoya komponentida tegishli zonani himoya qiluvchi tokli kesma («токовая отсечка») himoyasi ko'zda tutiladi (9.9- rasm, b). Bu diagrammada t_{kes} - tokli kesma himoyasini ishga tushish vaqti. Shunday qilib, tortuvchi nimstansiya fiderlarida ikki bosqichli tokli himoya qo'llaniladi, birinchisi sifatida tokli kesma himoyasi, ikkinchisi sifatida esa - kutish vaqtiga ega bo'lgan maksimal tokli himoya qo'llaniladi.

Ikkita yo'lli o'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkalarida nimstansiya fiderlari va seksiyalash postlaridagi himoyalar selektivlik xususiyatini ta'minlash maqsadida maksimal tokli yo'naltirilgan ko'rinishidagi qutblangan himoya qo'llaniladi.

Himoya o'rnatmasini tanlash. Tortuvchi nimstansiya fiderlaridagi tokli himoya ikkinchi bosqichining o'rnatmasi tokli himoya birinchi guruh himoyalarga taalluqli ekanligidan kelib chiqqan holda tanlanadi. Shuning uchun ham o'rnatmani tanlash sharti quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$k_{ish} I_{ish,max} \leq I_{o'm} \leq \frac{I_{q,min}}{k_s} \quad (9.12)$$

bu yerda $I_{ish,max}$ - nimstansiya fideridagi ishchi tokning maksimal qiymati; $I_{q,min}$ - fiderdan o'tayotgan minimal q.t. toki (himoya qilinayotgan zonaning eng uzoq nuqtasida q.t yuz berganda); $k_{ish} = 1,1-1,2$ - ishonchlilik koeffitsiyenti; $k_s = 1,5$ - sezgirlik koeffitsiyenti.

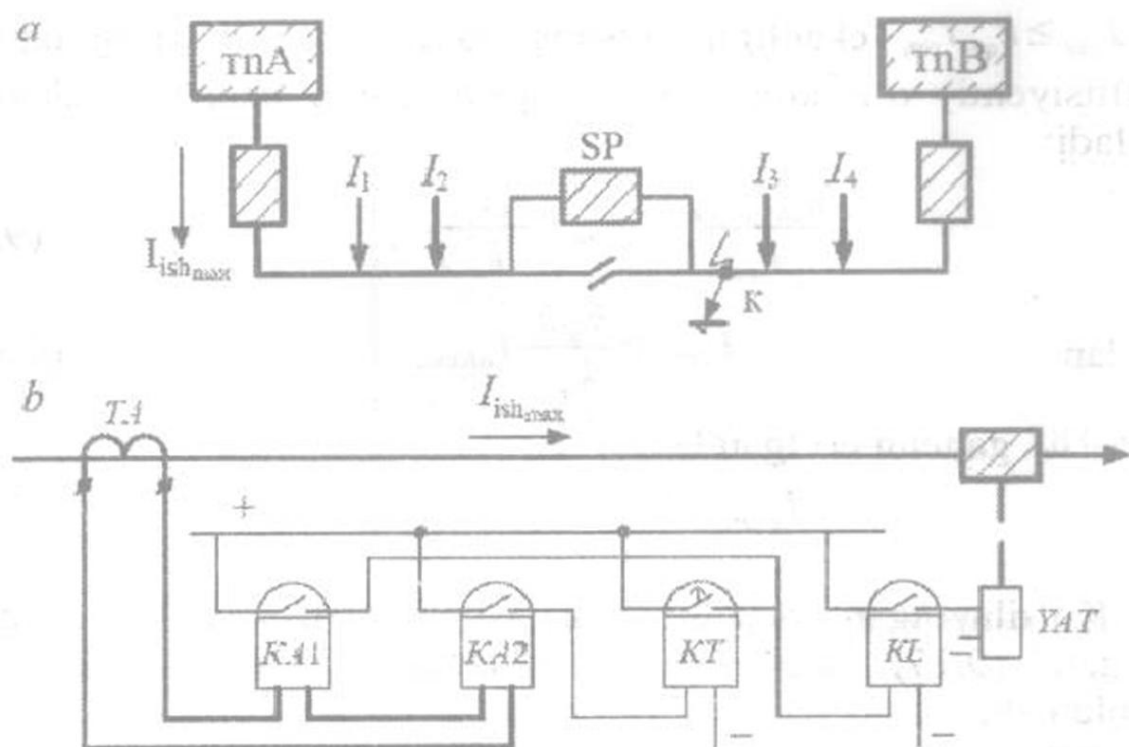
(9.12) munosabatdan quyidagi kelib chiqadi:

$$I_{q,min} \geq k_{ish} k_s I_{ish,max} = 1,1 \cdot 1,5 I_{ish,max} = 1,65 I_{ish,max} \quad (9.13)$$

(9.13) shartni bajarilishi ko'rilayotgan zonada qisqa tutashish tokidan himoya ta'minlanishini bildiradi. (9.13) ifoda himoyalananayotgan zonada yuklama (elektrovaz) bo'lmaganda o'rinli. Zonada tortish yuklamasi mavjud bo'lganda (9.13) shart har doim ham himoya funksiyasi ishonchli bajarilishini kafolatlay olmaydi. Shu holatni ko'rib chiqamiz. Kontakt tarmog'i ikki tomonlama ta'minlanayotgan hamda seksiyalash postiga ega bo'lgan nimstansiyalararo zonani ko'rib chiqamiz (9.10- rasm).

Aytaylik, zonada katta tortish yuklamasi bo'lganda seksiyalash posti yaqinida joylashgan K nuqtada q.t. yuz berdi. A tortuvchi nimstansiya fideridan I_1, I_2, I_3 va I_4 yuklamalar hisobidan $I_{ish,max}$ tok o'tadi (9.10-rasm, a ga qarang!).

Fiderga o'rnatilgan maksimal tokli himoya komplekti sxemasi 9.10- rasm, *b* da keltirilgan. Bu sxemada *KA1* tok relesi kesma tok himoyasi funksiyasini bajaradi. Rele ishga tushganda "+" potensial birdaniga *KL* oraliq rele chulg'amiga beriladi. *KL* relening ishga tushishi natijasida kuchlanish nimstansiya fideriga o'rnatilgan *YAT* uzgichning uzuvchi g'altagiga beriladi. *KA2* tok relesi himoya ikkinchi bosqichi funksiyasini bajaradi va tok himoya o'rnatma tokidan ortganda ishga tushadi. Bunda ketma-ket ravishda *KT* va *KL* relelarni kutish vaqti bilan ulash uchun vaqt relesini ishga tushiradi.



9.10- rasm. Himoyalalanayotgan zonada tortish yuklamasi bo'lganda himoya o'rnatmasini aniqlashga oid sxemalar: *a* – nimstansiyalararo zonada q.t. bo'lganda unda tortish yuklamalarining joylashish sxemasi; *b* – tortuvchi nimstansiya fideridagi maksimal tokli himoya sxemasi

Zonaning *K* nuqtasida q.t. yuz berganda seleksiyalash shartiga ko'ra seksiyalash posti va *B* tortuvchi nimstansiya fideridagi himoyalar ishga tushishi lozim. Ammo q.t. ning boshlang'ich momentida *K* nuqta *A* tortuvchi nimstansiyadan ham elektr energiyasi bilan ta'minlanadi. Q.t. toki fiderdagi $I_{ish_{max}}$ tokka qo'shilishi natijasida *A* nimstansiya fideridagi himoya komplektining *KA2* relesini ishga tushiradi. Seksiyalash posti va *B*

tortuvchi nimstansiya fiderida himoyalar ishga tushgandan keyin ham A tortuvchi nimstansiya fideridan qiymati $I_{ish,max}$ ga yaqin bo'lgan tok o'tishda davom etadi. Agar maxsus choralar ko'rilmasa, u holda $K42$ ishga tushgandan keyin ma'lum ushlanish vaqtidan keyin KT va KL relelari ishga tushadi va natijada A nimstansiya fideridagi uzgich ishga tushadi. Bu holat oldini olish uchun $K42$ rele KT ishga tushgunga qadar dastlabki holatiga qaytishi lozim. Buning uchun quyidagi shart bajarilishi zarur:

$$I_{qay} \geq k_{ish} I_{ish,max}, \quad (9.14)$$

bu yerda I_{qay} — $K42$ tok releni dastlabki holatiga qaytish toki.

$I_{qay} \geq k_{qay} I_{o'm}$ ekanligini hisobga olib (k_{qay} — relening qaytish koeffitsiyenti) o'rnatma tokni tanlash uchun shart quyidagicha yoziladi:

$$\frac{k_{ish} I_{ish,max}}{k_{qay}} \leq I_{o'm} \leq \frac{I_{q,min}}{k_s}. \quad (9.15)$$

Bundan

$$I_{q,min} \geq \frac{k_{ish} k_s}{k_{qay}} I_{ish,max}. \quad (9.16)$$

$k_{qay} = 0,85$ ga teng bo'lganda:

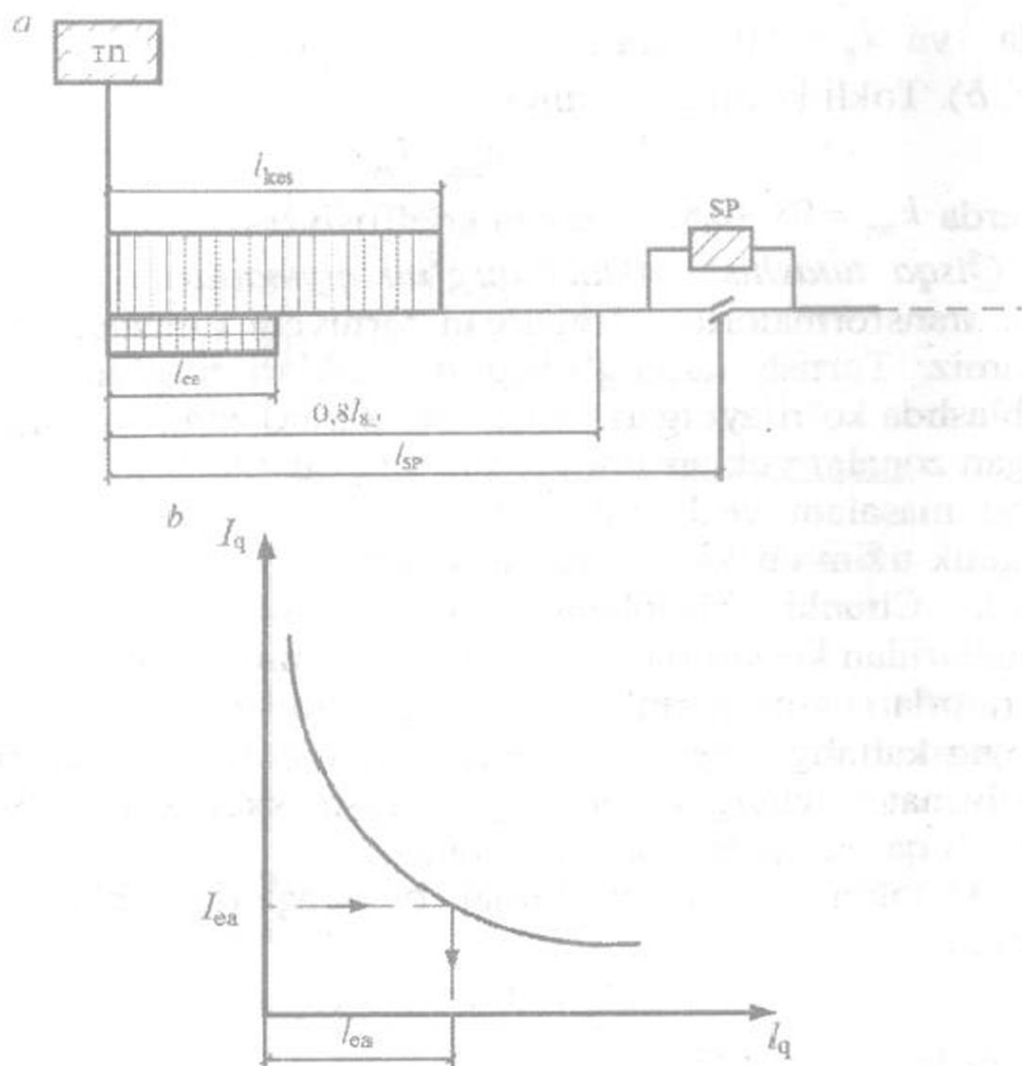
$$I_{q,min} \geq 1,94 I_{ish,max}. \quad (9.17)$$

Ko'rilayotgan zona himoyasi ishonchli ishlashi uchun hosil qilingan (9.17) shart (9.13) shartga nisbatan kafolatliroq hisoblanadi.

Tokli kesma o'rnatmasini tanlash himoya qilinayotgan zona uzunligiga bevosita bog'liq bo'ladi. Tokli kesma yordamida himoya qilinadigan zona uzunligini tanlashni 9.11- rasm yordamida tushuntiramiz.

Tokli kesma yordamida himoya qilinadigan zona uzunligi l_{kes} quyidagi shartdan keib chiqqan holda aniqlanadi (9.11- rasm, a ga qarang!):

$$l_{ea} \leq l_{kes} \leq 0,8 l_{sp}, \quad (9.18)$$



9.11- rasm. Tokli kesma oʻrnatmasini aniqlashga oid sxema va grafik: *a* – tokli kesma yordamida himoya qilinadigan zona uzunligini tanlash uchun sxema; *b* – elektrovoz havoli uzgichi ishga tushmagan davrdagi zona uzunligini aniqlash uchun grafik

bu yerda l_{ea} – zonaning shunday uzunligiki, bu oraliqda elektrovozdagi havoli uzgich elektrovozdagi q.t. quvvatini ajratish imkoniyatiga ega boʻlmaydi; l_{sp} – tortish tarmogʻidan seksiyalash postigacha boʻlgan masofa $l_{kes} \leq 0,8l_{sp}$ shart bajarilishini taʼminlash zonaning seksiyalash postidan keyingi nuqtalarida yuz beradigan q.t.larda tortuvchi nimstansiya fideridagi himoyaning noselektiv ishlab ketishini oldini olish uchun zarur boʻladi.

l_{ea} kattalik qiymati elektrovoz uzgichi BOB-25 ni uzish toki I_{ea} qiymatini belgilovchi uzish quvvati qiymatidan kelib chiqqan

holda va $I_q = f(l_q)$ funksiya grafigi yordamida topiladi (9.11-rasm, b). Tokli kesma o'ratma toki:

$$I_{o'm.kes} = k_{zax} \cdot I_{ea} \quad (9.19)$$

bu yerda $k_{zax} = 0,8 - 0,85$ – zaxira koeffitsiyenti.

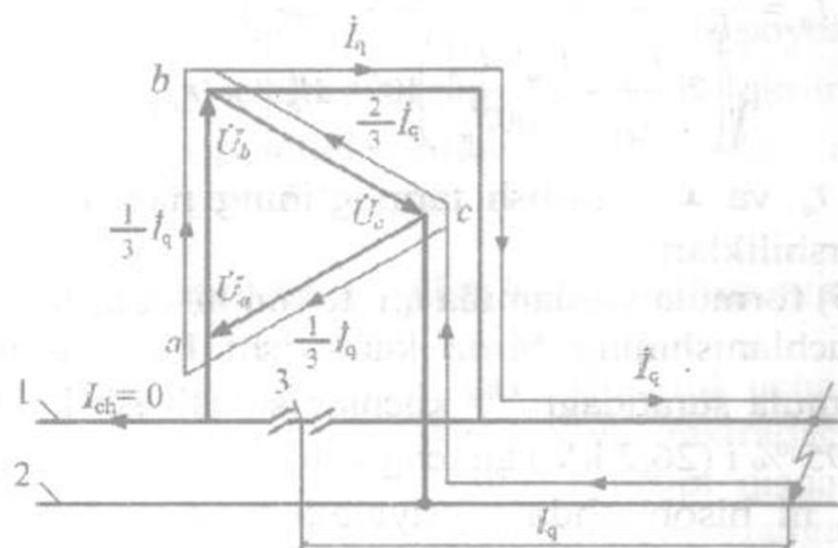
Qisqa tutashish toklari turg'un qiymatlarini aniqlash. Uch fazali transformatorlar o'rnatilgan tortuvchi nimstansiyani ko'rib chiqamiz. Tortish tarmog'idagi q.t. toklari turg'un qiymatlarini hisoblashda ko'rilayotgan nimstansiyalararo zona va unga yondosh bo'lgan zonalar yuklamalarining ta'siri, odatda, hisobga olinmaydi. Ushbu masalani yechishda temir yo'l uchastkasini ta'minlovchi energetik tizim cheksiz katta quvvatga ega, deb hisoblash mumkin bo'ladi. Chunki, hisoblanayotgan q.t. toklari yuklama toklari qiymatlaridan keskin farq qilmaydi va ta'minlovchi energetik tizim generatorlari ish rejimlariga deyarli ta'sir ko'rsatmaydi. Q.t. tokining kattaligi energetik tizim va transformator qarshiliklariga, transformator chulg'amlarining ulanish sxemalariga va tortish tarmog'i qarshiligiga bog'liq bo'ladi.

Q.t. tokining turg'un qiymati quyidagi tenglamadan topilishi mumkin:

$$\dot{U}_n = \Delta \dot{U}_{TN} + \Delta \dot{U}_{TT}, \quad (9.20)$$

bu yerda $\dot{U}_n = 27,5 \text{ kV}$ – transformator tortish chulg'amidagi nominal kuchlanish; $\Delta \dot{U}_{TN}$ – tashqi elektr ta'minoti va tortuvchi nimstansiyada q.t. toki hisobidan yuzaga keladigan kuchlanish pasayishi. $\Delta \dot{U}_{TT}$ – tortish tarmog'ida q.t. tokidan hosil bo'ladigan kuchlanish pasayishi.

Nimstansiya tortish transformatorlari ikkilamchi chulg'amlarining ulanish sxemasi va ular kuchlanishlari vektor diagrammasi 9.12- rasmda birgalikda keltirilgan. Q.t. tortuvchi nimstansiyadan o'ngda, undan l_q masofa uzoqlikda yuz berdi va nimstansiyaning chap ta'minlash yelkasidagi tortish yuklamasi I_{ch} nolga teng, deb qabul qilamiz. Tortish tarmog'i bo'ylab o'tayotgan q.t. toki I_q nimstansiya ta'minlash yelkasi yuklamasining taqsimlanish qoidasiga ko'ra transformator fazalari o'rtasida quyidagicha taqsimlanadi: I_q tokning $\frac{2}{3}$ qismi c faza chulg'amiga, qolgan faza chulg'amlariga $\frac{1}{3}$ qismdan (9.12- rasimga qarang!).



9.12- rasm. Qisqa tutashish toki turg'un qiymatini hisoblashga oid sxema: 1- kontakt tarmog'i; 2 - relslar; 3 - neytral qo'yilma

Agar energetik tizim va transformator aktiv qarshiliklari inobatga olinmasa, u holda:

$$\Delta \dot{U}_{TN} = j(X'_S + X'_T) \frac{2}{3} \dot{I}_q, \quad (9.21)$$

bunda X'_S – energetik tizim bitta fazasining 27,5 kV kuchlanishga keltirilgan induktiv qarshiligi; X'_T – transformator bitta fazasining 27,5 kV kuchlanishga keltirilgan induktiv qarshiligi.

Tortish tarmog'idagi kuchlanish pasayishi:

$$\Delta \dot{U}_{TT} = (R_{TT} + jX_{TT}) \dot{I}_q, \quad (9.22)$$

bu yerda R_{TT} va X_{TT} – mos ravishda tortish tarmog'ining q.t. yuz bergan joyigacha bo'lgan aktiv va induktiv qarshiliklari.

(9.21) va (9.22) larni (9.20) ga qo'yib, quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$\dot{U}_n = \frac{2}{3} \dot{I}_q j(X'_S + X'_T) + \dot{I}_q (R_{TT} + jX_{TT}), \quad (9.23)$$

Undan
$$\dot{I}_q = \frac{\dot{U}_n}{\frac{2}{3} j(X'_S + X'_T) + \dot{I}_q (R_{TT} + jX_{TT})} \quad (9.24)$$

X'_S va X'_T parametr qiymatlari ushbu darslikning 4- bobida keltirilgan formulalar yordamida aniqlanadi. Ularni (9.24) ga qo'yib, q.t. toki modul qiymatini topishimiz mumkin:

$$I_q = \frac{U_n}{\sqrt{\left[2 \left(\frac{U_n^2}{S_{q,x}} + \frac{U_q \% U_n^2}{100 S_n} \right) 10^3 + x l_q \right]^2 + (r_a I_q)^2}}, \quad (9.25)$$

bu yerda r_a va x – tortish tarmog‘ining mos ravishda aktiv va reaktiv qarshiliklari.

(9.25) formula yordamida q.t. tokini hisoblashda ta‘minlovchi manba kuchlanishining biroz kamayishi hisobga olinadi, ya‘ni (9.25) formula suratidagi U_n kuchlanish salt ish kuchlanish (27,5 kV) ning 95 % i (26,2 kV) ga teng deb olinadi.

$I_{q,\min}$ ni hisoblashda seksiyalash postlari bo‘lmagan bir va ikki yo‘lli uchastkalarda I_q masofa nimstansiyalararo zona uzunligiga, seksiyalash postlari mavjud bo‘lgan uchastkalarda – tortuvchi nimstansiyadan seksiyalash postigacha bo‘lgan masofaga teng qilib olinadi.

Tortuvchi nimstansiya va seksiyalash postlari fiderlaridagi ishchi maksimal toklar quyidagi formulalar yordamida aniqlanadi:

-ikki tomonlama ta‘minlanayotgan va kontakt osmalari o‘zaro ulanmagan ikkita yo‘lli uchastka uchun:

$$I_{ish,\max} = I_{qim} + I'_{juft} (n_{juft} - 1); \quad (9.26)$$

-kontakt osmalari o‘zaro tugun va parallel ulangan hamda har biri tortuvchi nimstansiyalar va seksiyalash postining taxminan o‘rtalarida joylashgan ikkita parallel ulash punktlariga ega bo‘lgan ikkita yo‘lli uchastka uchun:

$$I_{ish,\max} = I_{qim} + \frac{I'_{juft}}{2} (n_{juft} - 1) + \frac{I'_{toq}}{2} n_{toq}; \quad (9.27)$$

-to‘liq parallel ulangan sxema uchun:

$$I_{ish,\max} = \frac{I_{qim}}{2} + \frac{I'_{juft}}{2} (n_{juft} - 1) + \frac{I'_{toq}}{2} n_{toq}, \quad (9.28)$$

bu yerda I'_{juft} va I'_{toq} - hisobiy massali yuk poyezdini nimstansiyalararo zona bo‘ylab yurish vaqtida iste‘mol qilayotgan tokining ko‘rilayotgan tortuvchi nimstansiya mos ravishda juft va toq yo‘llari fideriga keltirilgan o‘rtacha qiymatlari (taqribiy hisoblashlarda bu tok $I/2$ ga teng deb qabul qilinishi mumkin, bu yerda I - poyezdning nimstansiyalararo zona bo‘ylab yurish mobaynidagi o‘rtacha toki); n_{juft} va n_{toq} - ko‘rilayotgan

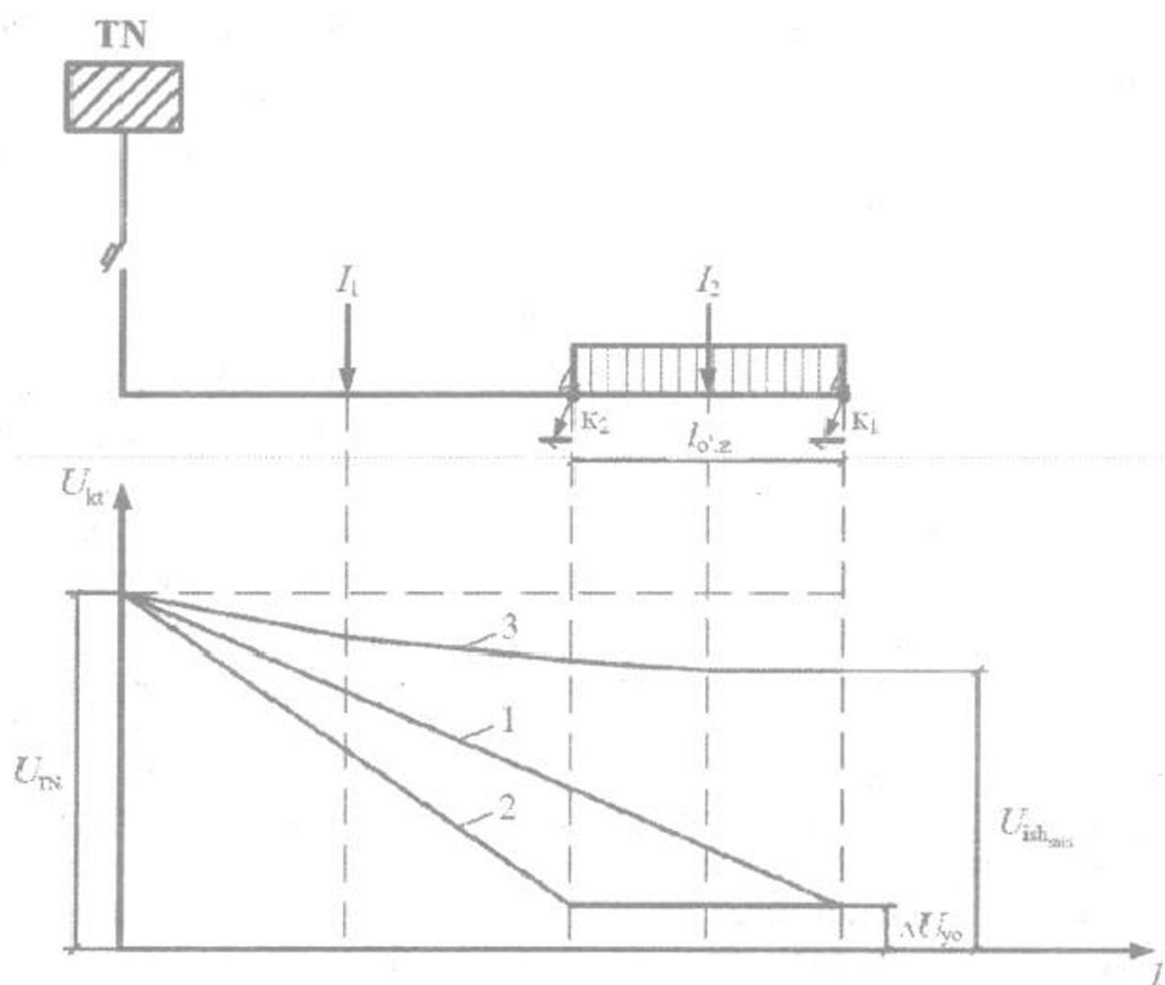
nimstansiyalararo zona juft va toq yo'llarida bir vaqtning o'zida harakatlanishi mumkin bo'lgan hisobiy massali yuk poyezdlarining maksimal soni; I_{qim} - elektrovozning o'rnidan qimirlash toki (tortuvchi motorlar parallel ulangan holatda avtomatik xarakteristikaga chiqish toki).

9.4. Minimal kuchlanish bo'yicha himoya

Bu tur himoya o'zgaras va o'zgaruvchan tok uchastkalarida qo'llaniladi hamda, odatda, qo'shimcha yoki zaxiradagi himoya sifatida qaraladi. Bu himoyaning ishlash prinsipi qisqa tutashuv rejimidagi kuchlanishlarni o'zaro taqqoslashga asoslangan. Bunda ushbu maqsad uchun tortish tarmog'ining eng maqbul nuqtasi tanlanadi. Kuchlanishlarni taqqoslash uchastkada o'rnatilgan va tortuvchi nimstansiyalar, seksiyalash postlari va parallel ulash punktlaridagi uzgichlar bilan bog'langan potensial relelar yordamida amalga oshiriladi. Potensial relelar sifatida minimal kuchlanish releleri qo'llaniladi. Bu relelar o'zgaras tok temir yo'l uchastkalarida qo'shimcha qarshiliklar, o'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkalarida esa transformator orqali tortish tarmog'iga ulanadi. Rele o'rnatilgan joydagi kuchlanish uning o'rnatma kuchlanishigacha yoki undan ham kichik qiymatgacha kamaysa, rele ishga tushadi.

Minimal kuchlanish bo'yicha himoyaning ishlash prinsipini bir tomonlama ta'minlanuvchi va oxirida "o'lik zona" ga ega bo'lgan fider zona misolida ko'rib chiqamiz (9.13- rasm).

Q.t. rejimi uchun kontakt tarmog'i kuchlanishining o'zgarish xarakterini ko'rib chiqamiz. Shuni hisobga olishimiz lozimki, q.t. nuqtasida yoy hosil bo'ladi. Q.t. nuqtasidagi kontakt tarmog'ining kuchlanishi nominal qiymatining 15-18% ini tashkil etadi. Q.t. zonaning tortuvchi nimstansiyadan eng uzoq bo'lgan K_1 nuqtasida yuz berganda kontakt tarmog'i kuchlanishining zona uzunligi bo'ylab taqsimlanishi qiya joylashgan to'g'ri chiziq ko'rinishida bo'lib, uning qiymati zona boshida tortuvchi nimstansiya shinasidagi kuchlanish U_{TN} ga teng bo'ladi (9.13-rasmdagi 1-chiziq). K_2 nuqta ("o'lik" zonaning boshi)da q.t. yuz berganda ham U_{kt} kuchlanishining o'zgarish xarakteri saqlanib qolsa-da, qiyalik burchagi o'zgaradi (9.13-rasmdagi 2- chiziq). Rasmdagi gorizontaal uzlukli to'g'ri chiziq zonada yuklama va q.t. bo'lmagan holat uchun kuchlanish miqdorini bildiradi.



9.13- rasm. Kontakt tarmog'ining ish va q.t. rejimlarida kuchlanishning taqsimlanish diagrammalari: 1 - K_1 nuqtada q.t. yuz berganda; 2 - K_2 nuqtada q.t. yuz berganda; 3 - ish rejimida

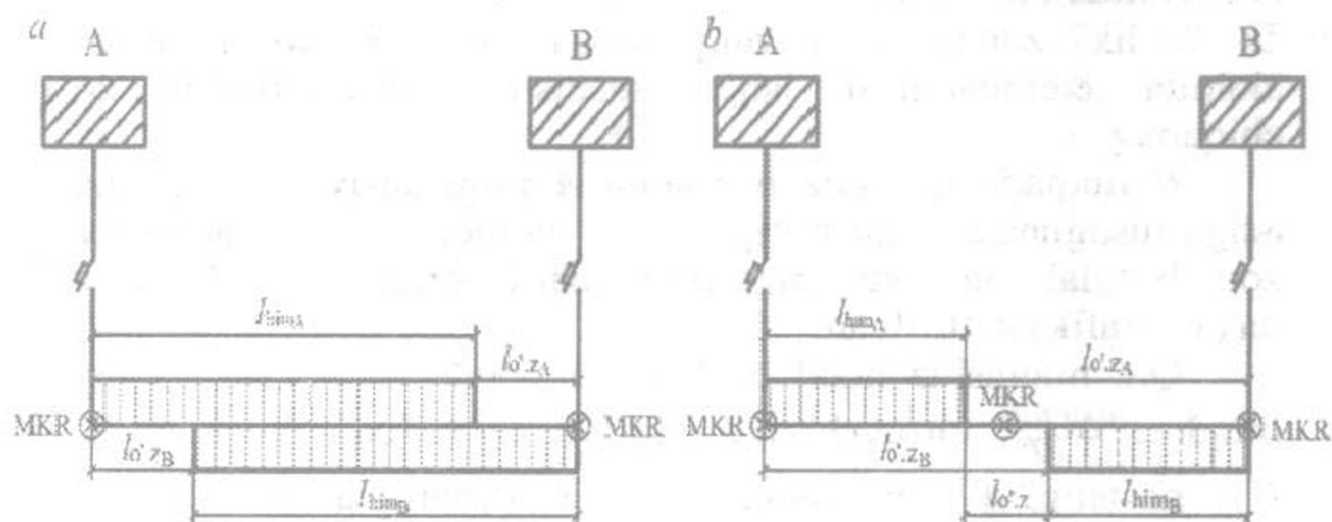
Tortish tarmog'ining katta yuklamali ish rejimida (zonada I_1 va I_2 yuklamalar ko'rsatilgan) kontakt tarmog'i kuchlanishini zona uzunligi bo'yicha o'zgarish grafigi $U_{kt} = f(l)$ ham pasayib boruvchi siniq chiziqdan iborat bo'lib, uning zona oxiridagi minimal qiymati $U_{ish.min}$ nominal kuchlanish qiymatining 60-66% ini tashkil etadi (9.13-rasmdagi 3- siniq chiziq). Rasmdagi $U_{ish.min}$ va ΔU_{yo} qiymatlarini o'zaro taqqoslab $U_{ish.min} > \Delta U_{yo}$ ekanligiga amin bo'lamiz (bu yerda ΔU_{yo} - q.t. nuqtasida hosil bo'ladigan yoyda pasaygan kuchlanish miqdori). Ushbu ikkala kuchlanish orasidagi katta farq himoyaning o'rnatma kuchlanishini shunday tanlash imkonini beradiki, natijada himoya q.t. rejimida ishga tushadi, ish rejimida esa ishga tushmaydi.

Minimal kuchlanish bo'yicha himoya o'rnatmani tanlash nuqtayi nazaridan II- guruh himoyalari guruhiga mansubligi hisobga olinsa, uning o'rnatma kuchlanishi (9.8) formula asosida quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$k_s U_{qmax} \leq U_{o'm} \leq \frac{U_{ishmin}}{k_{ish}}, \quad (9.29)$$

bu yerda $U_{qmax} > \Delta U_{yo}$ (releling o'rnatish joyiga qarab);
 $k_{ish} = 1,1 - 1,3$; $k_s = 1,3 - 1,5$.

Potensial relelarni o'rnatish joyini tanlashda ikki xil holat mavjud. Bu holatlarning birinchisida yondosh tortuvchi nimstansiyalar maksimal tokli himoya zonalari bir-birini berkitadi (yopadi) (9.14- rasm, a). Bu holatda A va B tortuvchi nimstansiya



9.14- rasm. Minimal kuchlanish relelarini o'rnatish joylari ko'rsatilgan ikki tomonlama ta'minlanayotgan temir yo'l uchastkasi sxemasi: a - yondosh tortuvchi nimstansiyalar tokli himoya zonalari bir-birini berkitgan holat; b - yondosh tortuvchi nimstansiyalar tokli himoya zonalari umumiy "o'lik" zonaga ega bo'lgan holat

fiderlarida o'rnatilgan tezkor uzgichlar nimstansiyalararo zonani to'liq himoya qila olmaydi.

Har bir tezkor uzgich (TU) nimstansiyalararo zonaning katta qismi (l_{himA} va l_{himB} uchastkalar)ni q.t. dan himoya qilish bilan bir qatorda yondosh tortuvchi nimstansiyalar yaqini ($l_{o.zA}$ va $l_{o.zB}$ uchastkalar)da "o'lik" zonalarga ham ega (9.14- rasm, a ga qarang!). Bunday holatda har bir tortuvchi nimstansiyada bittadan minimal kuchlanish relesi (MKR) o'rnatiladi.

Ikkinchi holatda, ya'ni yondosh tortuvchi nimstansiyalar tokli himoya zonalarini bir-birini berkitmagan (yopmagan) holatda zonada uchta MKR o'rnatiladi (9.14- rasm, b). Uchinchi rele "o'lik" zonaning o'rtasida o'rnatiladi.

Minimal kuchlanish bo'yicha himoya turlari. Ushbu himoya asosan uch turga bo'linadi: voltmetrli blokirovka; 2) teleblokirovka; 3) potensial himoya.

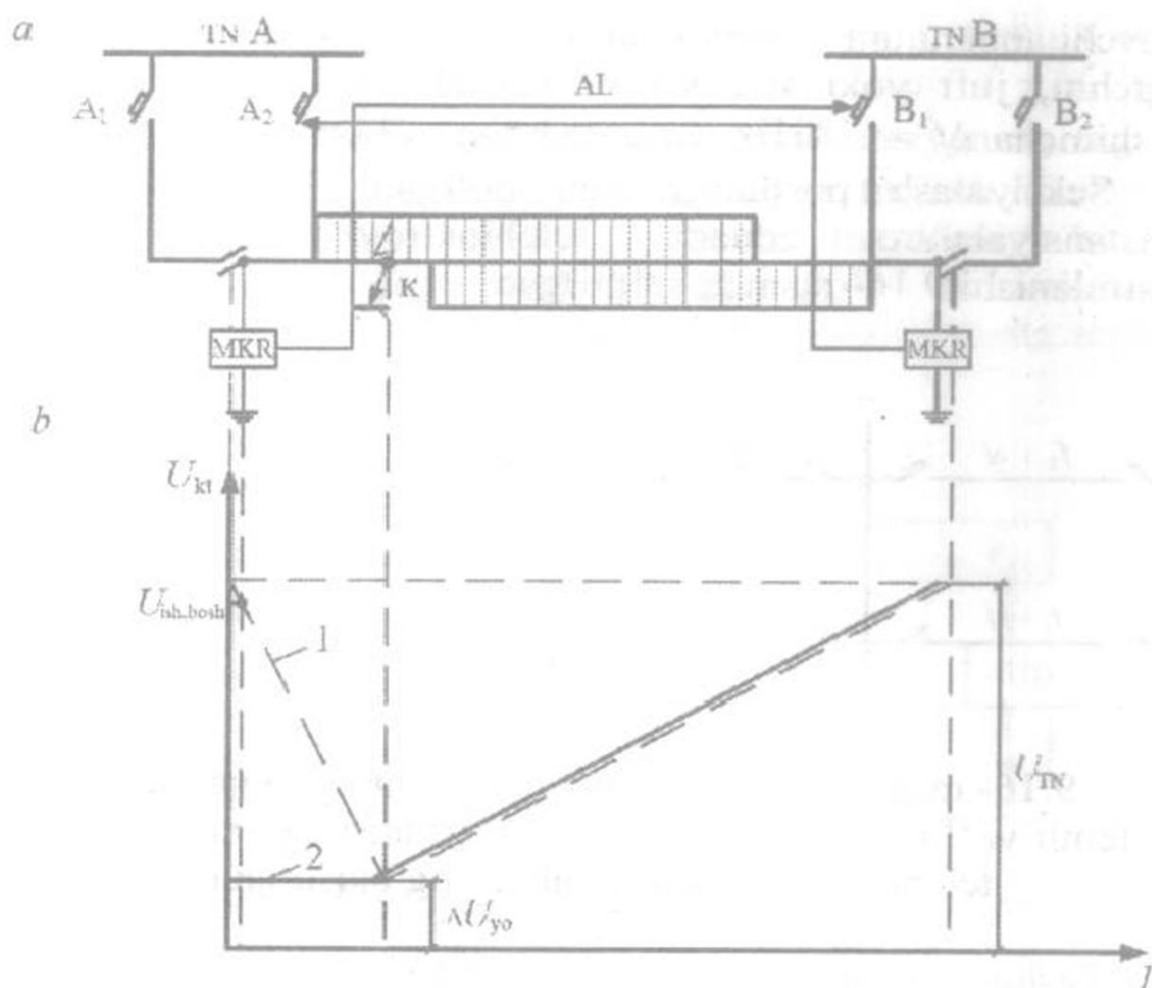
Voltmetrli blokirovka. Bitta yo'lli ikki tomonlama ta'minlanuvchi nimstansiyalararo zonani ko'rib chiqamiz (9.15- rasm, a).

Ikkala nimstansiya yaqinida ham MKR o'rnatilgan va ularning har biri yondosh nimstansiyadagi TU bilan maxsus aloqa liniyasi AL orqali bog'langan (9.15- rasm, a ga qarang!). Ushbu AL sifatida bitta simli havo liniyasi va relslardan foydalaniladi. B_1 TU "o'lik" zonasidagi K nuqtada q.t. yuz berganda himoyaning alohida elementlarini ishga tushish ketma-ketligini ko'rib chiqamiz.

K nuqtada q.t. yuz berganda A nimstansiyadagi A_2 uzgich ishga tushgunga qadar bo'lgan vaqt momentida nimstansiyalararo zona bo'ylab kuchlanishning o'zgarish diagrammasi 9.15- rasm, b da (1- grafik) keltirilgan.

Q.t. nuqtasida hosil bo'ladigan yoyda pasaygan kuchlanish miqdori ΔU_{yo} , tortuvchi nimstansiya shinasidagi kuchlanish esa U_{TN} ga teng. A nimstansiya yaqinida o'rnatilgan rele MKR dagi kuchlanish $U_{ish.bosh}$ ga teng bo'lib, bu kuchlanish amalda nimstansiya fideridagi kuchlanishga teng va rele o'rnatma kuchlanishi U_{om} qiymatidan katta. A_2 uzgich ishga tushgandan keyin potensial diagrammaning ko'rinishi biroz o'zgaradi (9.15- rasm, b dagi 2- grafik). A nimstansiya yaqinidagi MKR kuchlanish U_{yo} ga teng bo'lganligi sababli u ishga tushadi.

Voltmetrli blokirovka ishga tushib signal B nimstansiya yaqinidagi B_1 uzgichni ajratish uchun uzatiladi. Natijada q.t. nuqtasini ikkala nimstansiyadan elektr energiyasi bilan ta'minlash to'xtaydi.



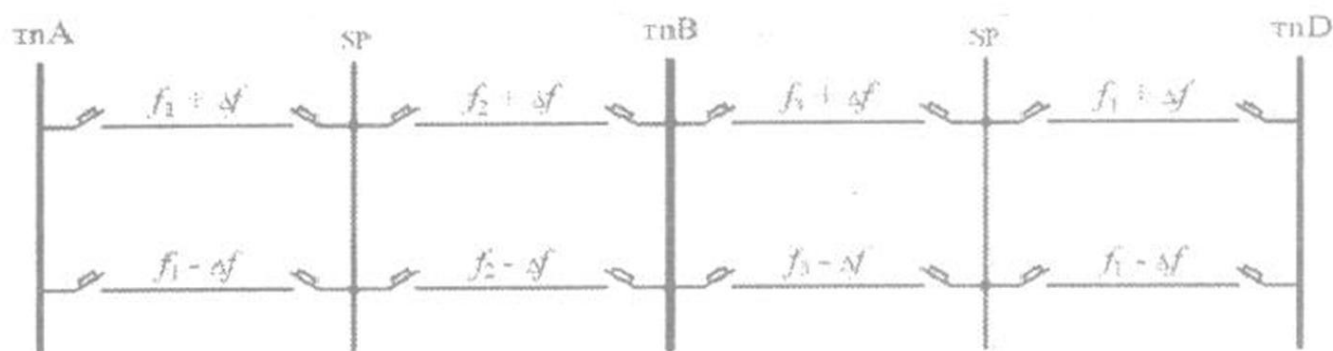
9.15- rasm. Voltmetrli blokirovka yordamida q.t. toklaridan himoyalash: *a* - prinsipial sxemasi; *b* - potensial diagrammalari: 1 - A_2 uzgich ishga tushgunga qadar; 2 - A_2 uzgich ishga tushgandan keyin

Shunday qilib, voltmetrli blokirovka ishga tushishi uchun quyidagi ikkita shart bajarilishi zarur: 1) ikkala nimstansiyadan birortasidagi uzgichni ishga tushishi; 2) shu nimstansiya yaqinidagi MKR ni ishga tushishi.

Teleblokirovka. Voltmetrli blokirovkadagi kabi teleblokirovkada ham himoyaning sezuvchi elementi sifatida minimal kuchlanish relesidan foydalaniladi. Bu relelar tortuvchi nimstansiya va seksiyalash postlari yaqinida o'rnatiladi. Teleblokirovkada aloqa kanali sifatida telemexanika tizimining ikkita simli teleboshqarish liniyasi qo'llaniladi. O'zgarmas va o'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkalari uchun umumiy bo'lgan teleblokirovka apparaturalari komplekti ishlab chiqilgan. Tortuvchi nimstansiyalar va seksiyalash postlari fiderlari uzgichlari bilan aloqa uchun 3150, 3870, va 4590 Hz chastotalar ajratilgan. Tortuvchi nimstansiyalar va seksiyalash postlarida uzatuvchi-qabul

qiluvchi apparatura komplektlari o'rnatiladi. Q.t. paytida u yoki bu uzgichni, juft yoki toq yo'lni tanlash uchun asosiy chastota qo'shimcha $\Delta f = \pm 180 \text{ Hz}$ chastota bilan to'ldiriladi.

Seksiyalash postlariga ega bo'lgan ikkita yo'lli ikkita nimstansiyalararo zonada teleblokirovka chastotalarining taqsimlanishi 9.16- rasmda keltirilgan.



9.16- rasm. Seksiyalash postlariga ega bo'lgan ikkita yo'lli temir yo'l uchastkasining ikkita nimstansiyalararo zonasida teleblokirovka chastotalarining taqsimlanishi

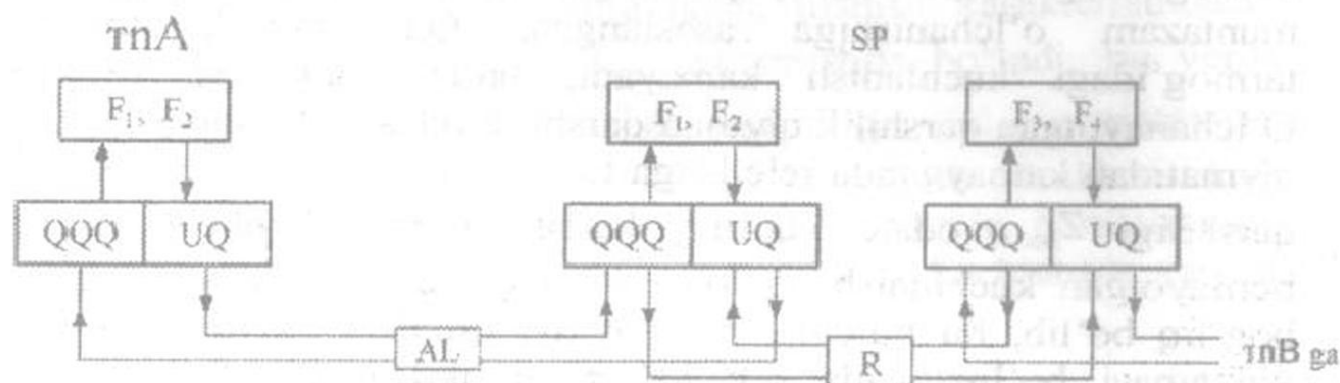
Tashqi signallar ta'siriga chidamliligini kuchaytirish va zonalarini ajratish aniqligini oshirish maqsadida teleblokirovka aloqa liniyasiga simpleksli kuchaytirgich-filtr ulanadi. Bu kuchaytirgich-filtr faqat teleboshqarishda foydalaniladigan chastota signallarini o'tkazadi va kuchaytiradi.

Teleblokirovka qurilmasi funksional sxemasi 9.17- rasmda keltirilgan. Bu qurilma nimstansiya fiderida tokli himoya "o'lik" zonaga ega bo'lgan holatlarda qo'llaniladi. U zaxiradagi himoya qurilmasi vazifasini ham bajarishi mumkin.

Uzatuvchi-qabul qiluvchi apparatura komplekti qabul qiluvchi qurilma (QQQ) va uzatuvchi qurilma (UQ) dan tashkil topgan bo'lib, tortuvchi nimstansiyaning ikkala ta'minlovchi yelka fiderlarida va seksiyalash posti ikkala fiderlarida o'rnatiladi.

A nimstansiya yaqinida ikkita yo'lning birontasida q.t. yuz berganda unga tegishli bo'lgan fiderdagi uzgich va minimal kuchlanish relesi ketma-ket ishga tushadi. Bunda teleblokirovka komplektidagi UQ ishga tushadi va aloqa liniyasi orqali seksiyalash postiga impuls uzatiladi (9.17- rasmga qarang!). Bu impulsni SP dagi QQQ qabul qiladi va natijada tegishli fider uzgichi ajratiladi. Teleblokirovkaning ishlash vaqti 0,06-0,07 s ni tashkil qiladi. Agar SP ish jarayonidan chiqarilsa, u holda

retranslyastiya qurilmasi R qaysi yo'lda q.t. yuz berishiga qarab impulsli teleblokirovka chastotasini $f_1 + \Delta f$ dan $f_2 + \Delta f$ yoki $f_1 - \Delta f$ dan $f_2 - \Delta f$ ga o'zgartiradi va B nimstansiyaning tegishli fideriga uzatadi. Natijada undagi uzgich ishga tushadi. Tortuvchi nimstansiyalar va seksiyalash postlarida masofaviy himoya o'rnatilgan o'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkalarida teleblokirovka impulsi u ishga tushgandan so'ng bevosita tegishli fiderga uzatilishi mumkin.



9.17- rasm. Fider uzgichlari teleblokirovka qurilmasining funksional sxemasi

Potensial himoya. Minimal kuchlanish relesi asosida ishlaydigan potensial himoya voltmetrli blokirovka va teleblokirovkadan shuning bilan farq qiladiki, kuchlanish relesidan chiqadigan signal rele o'rnatilgan joydagi kommutatsion apparatlarga ta'sir ko'rsatadi, ya'ni boshqa ob'ektlarga bu signal uzatilmaydi. Shuning uchun ham aloqa liniyasiga ehtiyoj bo'lmaydi.

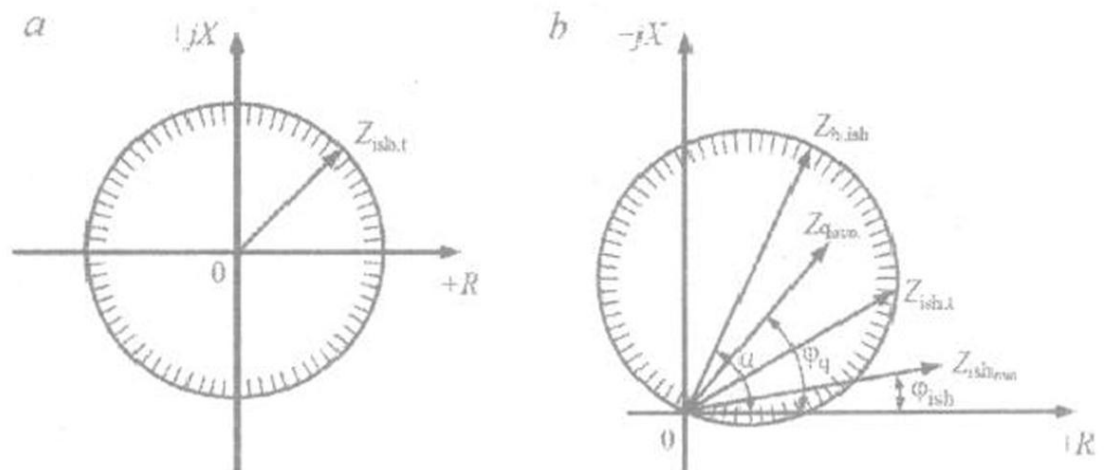
Minimal kuchlanish bo'yicha himoyaning afzalliklariga yuqori sezgirligi, ish rejimidagi ortiqcha yuklanishlarga reaksiya qilmasligi, tezkorligi va ishlash prinsipini oddiyligi kiradi.

Voltmetrli blokirovka va teleblokirovkalarining kamchiligiga aloqa liniyasiga bo'lgan ehtiyoj va uzgichlarning kaskad ko'rinishida ulanishi kiradi. Ularning ish rejimi aloqa liniyasining holatiga ko'p jihatdan bog'liq.

9.5. Masofaviy himoya

Bu tur himoya tortuvchi nimstansiyalar va seksiyalash postlari fiderlarida hamda ayrim holatlarda parallel ulash punktlarida qo'llaniladi va o'zgaruvchan tok uchastkalarida asosiy himoya turi hisoblanadi. Masofaviy himoyaning ishlash prinsipi kuchlanish birinchi garmonik tashkil etuvchisini tok birinchi garmonik tashkil etuvchisiga nisbati bilan aniqlanadigan tortish tarmog'ining shartli (fiktiv) qarshiligini qarshilik relesi yordamida muntazam o'lchanishiga asoslangan. Q.t. paytida tortish tarmog'idagi kuchlanish kamayadi, undagi tok esa ortadi. O'lchanayotgan qarshilik qiymati qarshilik relesining ishga tushish qiymatidan kamayganda rele ishga tushadi. Relening ishga tushish qarshiligi $Z_{ish,t}$, odatda, doimiy kattalik emas, chunki u relega berilayotgan kuchlanish va tok orasidagi faza siljish burchagiga bog'liq bo'lib, bu burchak q.t. paytida ortadi va zonada tortish yuklamasi bo'lmaganda $60^{\circ}-70^{\circ}$ ni tashkil etadi. Temir yo'l uchastkasining ishchi rejimida bu burchak $30^{\circ}-45^{\circ}$ atrofida bo'ladi.

Qarshilik relesining ishga tushishiga olib keluvchi kompleks tekislikdagi nuqtalar to'plami relening ishga tushish sohasi, undagi qolgan nuqtalar to'plami esa relening ishga tushirmaslik sohasi deb ataladi. Ishga tushish va ishga tushmaslik zonalarini ajratuvchi chegaraviy liniya relening kompleks tekislikdagi ishga tushish yoki burchak xarakteristikasi deb ataladi (9.18- rasm).



9.18- rasm. Qarshilik relesining kompleks tekislikdagi ishga tushish xarakteristikasi: yo'naltirilmagan (a) va yo'naltirilgan (b) qarshilik relesi xarakteristikalari

Agar o'lchanayotgan qarshilik vektori kompleks tekislik koordinatalari boshidan chiqib, uning uchi aylana ichida bo'lsa, u holda rele ishga tushadi, agar vektor uchi aylana tashqarisida bo'lsa, – rele ishga tushmaydi.

Quyidagi ikkita eng sodda ishga tushish xarakteristikasini ko'rib chiqamiz: yo'naltirilmagan to'la qarshilik relesi uchun (9.18- rasm, *a*) va yo'naltirilgan qarshilik relesining turli ko'rinishlaridan biri uchun (9.18- rasm, *b*). Yo'naltirilmagan qarshilik relesi Z qarshilik vektorining faqat modul kattaligiga sezgir bo'ladi. Bunday relening ishga tushish xarakteristikasini tavsiflovchi tenglama $Z_{ish..t} = Z_{h..ish}$ ko'rinishda bo'ladi, bu yerda $Z_{h..ish}$ – himoyani ishga tushish qarshiligi (rele o'ratmasi). Yo'naltirilgan qarshilik relesida esa ishga tushish xarakteristikasi biroz boshqacha ko'rinishda bo'ladi, chunki rele qarshilikning nafaqat modul qiymatiga, balki q.t. paytidagi kuchlanish va tok orasidagi faza siljish burchagiga ham sezgir bo'ladi:

$$Z_{ish..t} = Z_{h..ish} \cos(\alpha - \varphi), \quad (9.30)$$

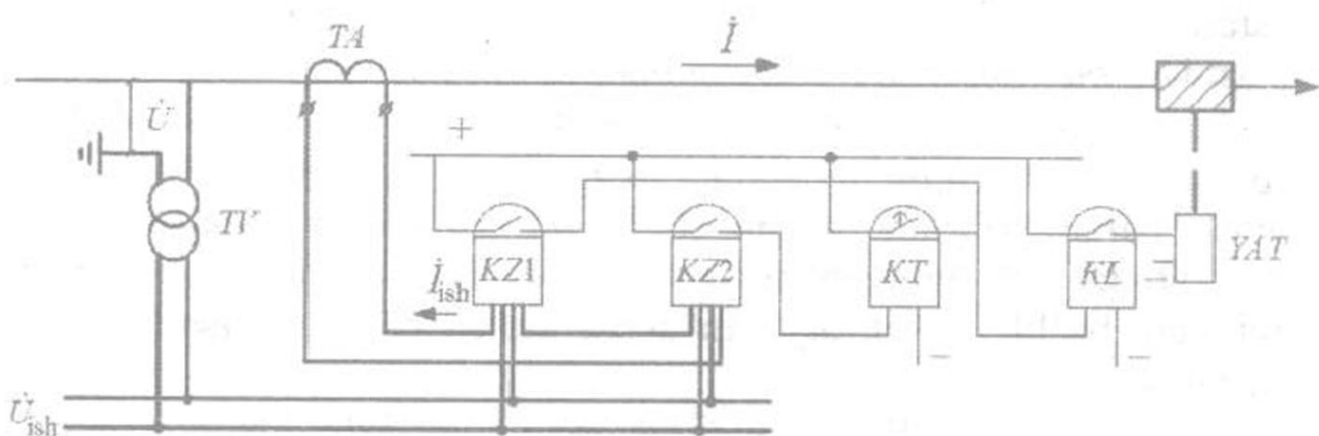
bunda α – relening maksimal sezgirlik burchagi bo'lib, uning asosiy parametrlaridan biri hisoblanadi (9.18- rasm, *b* da $\alpha = 65^\circ$); φ – releaga berilayotgan kuchlanish va tok orasidagi faza siljish burchagi bo'lib, uning qiymati uchastka ish rejimiga (ishchi yoki q.t.) bog'liq.

Zonaning uzoq nuqtasidagi q.t. minimal toki maksimal yuklama tokiga yaqin bo'lganda rele sezgirligini ishchi rejimiga pasaytirish uchun (φ ning kichik qiymatlari sohasida) q.t. rejimiga sezgirlikni saqlagan holda (φ ning katta qiymatlar sohasida) $Z_{ish..t} = f(\varphi)$ ishga tushish xarakteristikasi murakkab bo'lgan qarshilik relesi qo'llaniladi. Aytib o'tish joizki, koordinata boshidan o'tadigan xarakteristikaga ega bo'lgan relelar tortuvchi nimstansiyalar yaqinida yuz beradigan q.t. lar uchun "o'lik" zonaga ega bo'ladi, ya'ni qarshilik vektori uchi relening ishga tushish sohasidan tashqariga chiqishi mumkin (9.18-rasm, *b* ga qarang!). Yo'naltirilmagan relelarda bu holat kuzatilmaydi. Bundan tashqari, shuni ta'kidlab o'tish o'rinliki, tortuvchi nimstansiyalarning bevosita yaqinida q.t. yuz berganda va buning oqibatida releaga berilayotgan kuchlanish keskin kamayganda barcha qarshilik relelari "o'lik" zonaga ega bo'ladi, natijada ular ishga tushmay qolishi mumkin.

УЭЗФ, УЗТЕ, УЭЗФМ русумли himoya komplektlarida yo'naltirilgan relelardan foydalanilgan holda ikki bosqichli himoyadan foydalanilgan. УЭЗФМК himoya komplektida esa uch bosqichli masofaviy himoyadan foydalanilgan. Ushbu himoya komplektlarida qo'llanilgan elementlar bazasi eskirganligi bois keyinchalik integral mikrosxemali АЗ va МЗКС hamda БМР3-27,5-ФСК русумли mikroprotssessorli himoya komplektlari ishlab chiqildi.

Tortuvchi nimstansiya fideridagi ikkita bosqichli masofaviy himoya sxemasini ko'rib chiqamiz (9.19- rasm).

Sxemadagi RZ1 va RZ2 yo'naltirilgan tok relelari TA va kuchlanish TV transformatorlaridan ta'minlanadi. Himoyaning ikkinchi bosqichi (KZ2 rele) xuddi tokli himoyadagidek sababga ko'ra ma'lum ushlanish vaqti bilan ishga tushadi.



9.19- rasm. Tortuvchi nimstansiya fideridagi masofaviy himoya prinsipial sxemasi

Himoya birinchi bosqichida KZ1 relening ishga tushish zonasi uzunligi $0,8l_{sp}$ ga teng. Himoyaning ikkinchi bosqichi l_{sp} masofaning qolgan qismi $-0,2l_{sp}$ ni va seksiyalash posti himoya zonasini qisman himoya qiladi. KZ1 releni ishga tushishi KL oraliq releni ishga tushishiga va nimstansiya fideridagi YAT uzgich g'altagiga kuchlanish berilishi bilan uni uzilishiga olib keladi (9.19- rasmga qarang!). KZ2 relening ishga tushishi ketma-ket ravishda KT vaqt relesini (ma'lum ushlanish vaqti bilan) ulanishi KL oraliq relening ishga tushishi natijasida uzgichni uzilishiga olib keladi. Tortuvchi nimstansiyaning bevosita yaqin nimstansiyadagi KZ1 relening "o'lik" zonasini yo'qotish uchun uni kesma tok rejimiga o'tkazish ko'zda tutiladi yoki himoya komplektiga

qo'shimcha kesma tok kiritiladi. Bu kesma tok KZ1 rele "o'lik" zonasida q.t. yuz berganda ishga tushadi.

Masofaviy himoya yo'naltirilmagan qarshilik relesining o'rnatmasini tanlash nuqtayi nazaridan II- himoya guruhiga tegishlilikidan kelib chiqqan holda tanlanadi. Shuning uchun ham $Z_{h.ish}$ o'rnatmasini tanlash quyidagi shart asosida olib boriladi:

$$k_s = Z_{q.max} \leq Z_{h.ish} \leq \frac{Z_{ish.min}}{k_{qay} k_{ish}}, \quad (9.31)$$

bu yerda $Z_{ish.min}$ - ishchi rejimdagi qarshilikning minimal qiymati; $Z_{q.max}$ - q.t. rejimida qarshilikning maksimal qiymati; $k_s = 1,2-1,5$ (q.t. hisobiy sxemasiga bog'liq) - himoyaning sezgirlik koeffitsiyenti; $k_{ish} = 1,1-1,3$ - himoyaning ishonchlilik koeffitsiyenti; $k_{qay} = 1,15-1,25$ - qarshilik relesining qaytish koeffitsiyenti.

$Z_{ish.min}$ qarshilik qiymati quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi (9.18- rasm, b ga qarang!):

$$Z_{ish.min} = \frac{U_{ish.min}}{I_{ish.min}}, \quad (9.32)$$

bunda $U_{ish.min}$ - ishchi rejimda qarshilik relesi o'rnatilgan zanjir qismining minimal kuchlanishi; $I_{ish.min}$ - ishchi rejimda himoya o'rnatilgan fider maksimal toki.

$Z_{q.max}$ qarshilik :

$$Z_{q.max} = \frac{U_{q.max}}{I_{q.min}}, \quad (9.33)$$

bu yerda $U_{q.max}$ - himoyalananayotgan zonaning eng uzoq nuqtasida q.t. yuz berganda qarshilik relesi o'rnatilgan zanjir qismidagi kuchlanishning maksimal qiymati; $I_{q.min}$ - ko'rilayotgan zona fideri bo'ylab o'tayotgan minimal q.t. toki.

Yo'naltirilgan qarshilik relesi o'rnatmasini tanlashda rele o'lchanayotgan qarshilikning nafaqat kattaligiga, balki uning argumenti - kuchlanish va tok orasidagi faza siljish burchagiga ham sezgirligini inobatga olish lozim bo'ladi. Q.t. paytida qarshilikning modul qiymati kamaysa, uning argument qiymati ortadi.

Agar quyidagi shart bajarilsa, u holda ko'rilayotgan zonadagi barcha q.t.larda himoya reaksiya qiladi (9.18- rasm, b ga qarang!):

$$k_s Z_{q, \max} \leq Z_{h, \text{ish}} \cos(\alpha - \varphi_q), \quad (9.34)$$

bu yerda φ_q - q.t. rejimida kuchlanish va tok orasidagi faza siljish burchagi.

Ikkinchi bir tomondan, ishchi rejim paytida himoya o'rinsiz ishlab ketishini oldini olish uchun quyidagi shart bajarilishi zarur (9.18- rasm, b ga qarang!):

$$Z_{h, \text{ish}} \cos(\alpha - \varphi_{\text{ish}}) \leq \frac{Z_{\text{ish}, \min}}{k_{\text{qay}} k_{\text{ish}}}, \quad (9.35)$$

bunda φ_{ish} - φ ning ish rejimidagi qiymati.

So'nggi ikkita shartni birlashtirib, himoya o'rnatmasini aniqlash uchun quyidagi umumiy ifodani hosil qilamiz:

$$\frac{k_s Z_{q, \max}}{\cos(\alpha - \varphi_{\text{ish}})} \leq Z_{h, \text{ish}} \leq \frac{Z_{\text{ish}, \min}}{k_{\text{qay}} k_{\text{ish}} \cos(\alpha - \varphi_{\text{ish}})} \quad (9.36)$$

$\alpha = 65^\circ$, $\varphi_q = 65^\circ$ va $\varphi_{\text{ish}} = 37^\circ$ bo'lgan qarshilik relesi uchun so'nggi ifodani quyidagicha yozamiz:

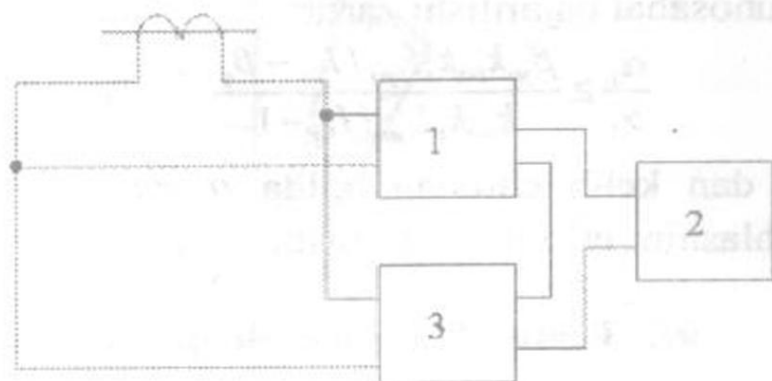
$$k_s Z_{q, \max} \leq Z_{h, \text{ish}} \leq \frac{Z_{\text{ish}, \min}}{0,88 k_{\text{qay}} k_{\text{ish}}} \quad (9.37)$$

9.6. Uchinchi garmonik tashkil etuvchisi bo'yicha himoyalash

O'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkalaridagi to'g'rilagich qurilmalariga ega bo'lgan elektrovoz va elektropoyezdlar zanjiridagi tok nosinusoidal shaklda bo'lib, uning tarkibida barcha garmonikalar mavjud bo'ladi. Elektrovoz toki egri chizig'i tarkibidagi uchinchi garmonik tashkil etuvchi barcha garmonikalarning 18% ini tashkil etadi. Elektrovoz tokining ortib borishi bilan garmonikalarning foiz ulushi kamayib boradi. Fider toki uchun ushbu foiz ulushi zonadagi elektrovozlar soniga ham bog'liq bo'ladi, ya'ni elektrovozlar sonining ortishi bilan garmonikalarning foiz ulushi kamayib boradi. Bu kamayish alohida poyezdlar uchinchi va beshinchi garmonikalari foizlarining siljishi bilan izohlanadi, natijada ular geometrik qo'shiladi. Fider ishchi toki tarkibida uchinchi garmonikaning ulushi 7-12% dan pastga tushmaydi. Qisqa tutashish rejimida esa u 2-4% dan oshmaydi.

Uchinchi garmonik tashkil etuvchi bo'yicha himoya sxemasi filtrlar 1 va 3 hamda mantiqiy (bo'sag'a) element 2 dan tashkil

topgan (9.20- rasm). Filtr 1 tok uchinchi garmonikasini o'tkazmaydi, filtr 3 esa faqat uchinchi garmonikani o'tkazadi. Mantiqiy element 2 da filtrlar chiqishidagi toklarning yarim davr mobaynidagi o'rtacha qiymatlariga proporsional bo'lgan kattaliklar taqqoslanadi.



9.20- rasm. Uchinchi garmonik tashkil etuvchi bo'yicha himoya sxemasi

Mantiqiy element ishga tushadi va fider uzgichini uzish uchun signal beradi. Buning uchun quyidagi shart bajarilishi lozim:

$$\alpha_3 I_3 > \alpha_1 I_1, \quad (9.38)$$

bu yerda I_1 va I_3 - mos ravishda 1 va 3 filtrlar chiqishlaridagi toklar o'rtacha qiymatlari; α_1 va α_3 - proporsionallik koeffitsiyentlari.

Maksimal yuklamada I_1 va I_3 toklar mos ravishda I_{1yu} va I_{3yu} ga, q.t.da esa I_{1q} va I_{3q} teng bo'lsin. Unda himoya normal ishlashi uchun quyidagi shartlar bajarilishi lozim:

$$k_{ish}(\alpha_3 I_{3yu} - \alpha_1 I_{1yu}) \leq I_{orm}, \quad \frac{1}{k_s}(\alpha_3 I_{3q} - \alpha_1 I_{1q}) \geq I_{orm}, \quad (9.39)$$

bu yerda I_{orm} - mantiqiy element 2 ning o'rnatma toki.

Yuqoridagi munosabatlardan quyidagi shart kelib chiqadi:

$$(\alpha_3 I_{3q} - \alpha_1 I_{1q}) \geq (\alpha_3 I_{3yu} - \alpha_1 I_{1yu}) k_{ish} k_s. \quad (9.40)$$

Yuklama rejimdagi tok uchinchi garmonik tashkil etuvchisini uning birinchi garmonik tashkil etuvchisiga nisbatini β_{yu} bilan, q.t. rejimidagi xuddi shunday nisbatni β_q bilan belgilaymiz, ya'ni $\beta_{yu} = I_{3yu} / I_{1yu}$ va $\beta_q = I_{3q} / I_{1q}$.

Bu munosabatlarni inobatga olib, so'nggi shartni quyidagi ko'rinishda yozishimiz mumkin:

$$\left(\beta_q - \frac{\alpha_1}{\alpha_3}\right) I_{1q} \geq \left(\beta_{yu} - \frac{\alpha_1}{\alpha_3}\right) k_{ish} k_s I_{1yu} \quad (9.41)$$

(9.41) dan kelib chiqadiki, himoya to'g'ri ishlashi uchun quyidagi munosabat bajarilishi zarur:

$$\frac{\alpha_1}{\alpha_3} \geq \frac{\beta_{yu} k_{ish} k_s I_{1yu} / I_{1q} - \beta_q}{k_{ish} k_s I_{1yu} / I_{1q} - 1} \quad (9.42)$$

(9.42) dan kelib chiqqan holda α_1 va α_3 larning himoya ishonchli ishlashini ta'minlovchi nisbatini tanlash mumkin.

9.7. Raqamli himoyalar qisqa tavsiflari

So'nggi yillarda olimlarimiz tomonidan olib borilgan ilmiy tadqiqot ishlari natijasida tortish tarmog'idagi q.t.lardan himoyalash uchun raqamli himoya qurilmalari yaratildi.

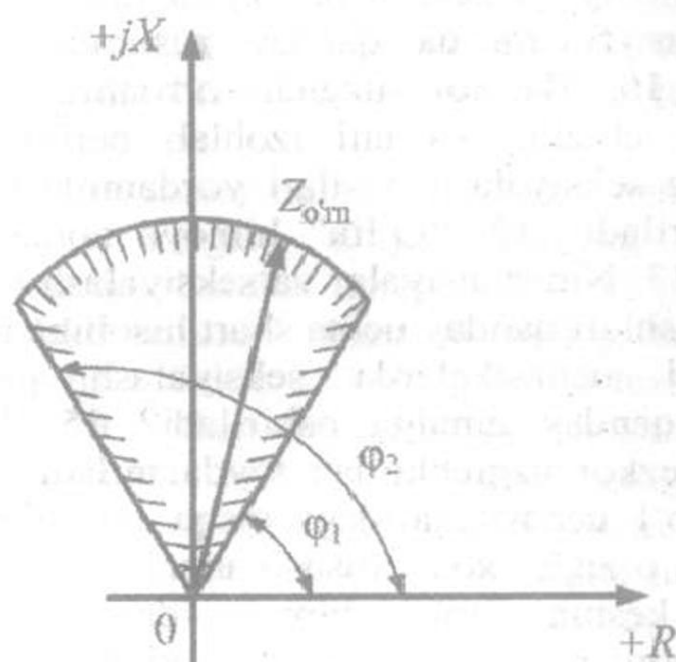
O'zgaruvchan tok uchastkalari uchun yaratilgan ИЗА-27,5-ФКС raqamli himoya komplekti avtomatika, boshqaruv, signalizatsiya, nazorat va bir qancha boshqa funksiyalarni bajarish bilan birga q.t. toklaridan himoyalashning quyidagi turlarini o'z ichiga oladi:

- tok birinchi garmonikasining ta'sir etuvchi qiymati bo'yicha q.t. zanjirini oniy ravishda uzishga mo'ljallangan tokli kesma himoyasi;

- tok oniy qiymati bo'yicha q.t. zanjirini oniy ravishda uzishga mo'ljallangan tokli kesma himoyasi (avariya vaziyatlarida tok oniy qiymati uning q.t. rejimidagi turg'un tok ta'sir etuvchi qiymatidan 2,82 martaga ortishi mumkin);

- to'rt bosqichdan iborat bo'lgan masofaviy himoya. Bu bosqichlardan birinchisi yo'naltirilgan yoki yo'naltirilmagan bo'lishi mumkin. Qolgan uchta bosqichi - yo'naltirilgan bo'ladi. Bunda qarshilik relesi murakkab ishga tushish xarakteristikasiga ega bo'lib, u kompleks tekislikda sektor ko'rinishiga ega bo'ladi. Ushbu sektorni chegaralab turgan yoy radiuslari to'la qarshilik moduliga teng bo'lgan o'rnatmaga mos keladi (9.21- rasm).

Faza siljish burchagi (argumenti) ikkita o'rnatmaga ega. φ_1 va φ_2 burchaklar qiymatlari mos ravishda 0° dan 60° va 90° dan 170° gacha o'zgarishi mumkin. Masofaviy himoyaning barcha bosqichlari ushlanish (kutish) vaqtiga ega;



9.21- rasm. II3A-27,5-ΦKC qurilmasidagi yoʻnaltirilgan rele qarshiligining ishga tushish xarakteristikasi

- yaqin masofadagi q.t. dan himoyalovchi zaxiradagi tokli himoya. Bu q.t. da qarshilik relesiga beriladigan kuchlanish keskin kamayadi. Yoʻnaltirilgan masofaviy himoya zaxiradagi tokli himoyaning tegishli bosqichi bilan zaxirada turadi. Zaxiradagi tokli himoyaga avtomatik oʻtish fiderdagi q.t. paytida nominal kuchlanishning 3% idan kam boʻlganda yuz beradi;
- minimal kuchlanish boʻyicha himoya.

Nazorat savollari

1. Tortish tarmogʻidagi qisqa tutashishlar sabablari va oqibatlarini soʻzlab bering!
2. Tortish tarmogʻini qisqa tutashish toklaridan himoyalash tasnifini keltiring!
3. Qisqa tutashish toklaridan himoyalash qurilmalariga qanday asosiy talablar qoʻyiladi?
4. Himoya oʻrnatma(ycravka)sini tanlash boʻyicha umumiy qoidalar nimalardan iborat?
5. I- va II- guruh himoyalari uchun sezgirlik koeffitsiyenti qanday formulalar yordamida aniqlanadi?
6. I- va II- guruh himoyalari uchun ishonchlilik koeffitsiyenti qanday formulalar yordamida aniqlanadi?
7. I- va II- guruh himoyalari uchun oʻrnatmani aniqlashning umumiy ifodalarini yozing!
8. Tortuvchi nimstansiya fiderlaridagi tezkor uzgichlar yordamida qisqa tutashish toklaridan himoyalash

sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring! 9. Tortuvchi nimstansiyalar fiderlarida qanday rusumdagi tezkor uzgichlar o'rnatiladi? 10. Tezkor uzgich o'rnatmasini tanlash uchun diagrammani chizing va uni izohlab bering! 11. Bitta yo'lli uchastkalarda seksiyalash postlari yordamida himoyalash qanday amalga oshiriladi? 12. "O'lik" himoya zonasi deganda nimani tushunasiz? 13. Nimstansiyalar va seksiyalash posti uzgichlarining selektiv ishlashlari qanday uchta shart hisobiga amalga oshadi? 14. Ikkita yo'lli uchastkalarda seksiyalash postlari yordamida himoyalash qanday amalga oshiriladi? 15. Qanday holatlarda qutblangan tezkor uzgichlardan foydalaniladi? 16. O'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkalaridagi qisqa tutashish toklaridan tokli himoyaning o'ziga xos xususiyatlarini ayting! 17. Qanday holatlarda kesma tok himoyasidan foydalaniladi? 18. Himoyalalanayotgan zonada tortish yuklamasi bo'lganda himoya o'rnatmasini aniqlash formulalarini yozing! 19. Kesma tok o'rnatmasini aniqlashga oid sxema va grafikni chizing va izohlab bering! 20. Qisqa tutashish toklari turg'un qiymatlari qanday aniqlanadi? 21. Minimal kuchlanish bo'yicha himoya mohiyatini ayting! 22. Minimal kuchlanish bo'yicha himoya o'rnatmasi qanday aniqlanadi? 23. Voltmetrli blokirovka nima? 24. Teleblokirovka nima? 25. Potensial himoya mohiyatini tushuntirib bering! 26. Masofaviy himoya mohiyatini tushuntirib bering! 27. Tortuvchi nimstansiya fideridagi masofaviy himoya prinsipial sxemasini chizing va ishlashini tushuntiring! 28. Masofaviy himoya yo'naltirilmagan qarshilik relesi o'rnatmasini aniqlash shartini yozing! 29. Masofaviy himoya yo'naltirilgan qarshilik relesi o'rnatmasini aniqlash shartini yozing! 30. Uchinchi garmonik tashkil etuvchisi bo'yicha himoyalash qanday amalga oshiriladi? 31. Raqamli himoyalar qisqa tavsiflarini aytib bering!

10-BOB. YUQORI TEZLIKLI TEMIR YO'L MAGISTRALLARI ELEKTR TA'MINOTI TIZIMLARINING XUSUSIYATLARI

Temir yo'llarda poyezdlar harakati tezligini oshirish masalasi doim dolzarb bo'lib kelgan. O'tgan asrning 50- yillarida Fransiyada poyezdlarning harakat tezligi 200 km/s gachani tashkil etgan. "Yuqori tezlikli harakat" atamasi 1964 yilda Yaponiyada dunyoda birinchi bo'lib "Tokio – Osaka" yuqori tezlikli temir yo'l magistrali ishga tushirilgandan keyin qo'llanila boshlandi.

O'rnatilgan me'yoriy hujjatlarda qayd etilganidek, agar yo'lovchi tashuvchi poyezdlar tezligi 200 km/soat dan oshsa, u holda bunday harakat yuqori tezlikli harakat deb ataladi. Temir yo'l liniyasining barcha qismida yoki uning ma'lum bir bo'laklarida yo'lovchi tashuvchi poyezdlar tezligi 200 km/soat dan oshsa, u holda bunday liniya yuqori tezlikli liniya deb ataladi.

2013 yilning o'rtalariga kelib dunyo bo'yicha foydalanilayotgan yuqori tezlikli temir yo'l magistrallarining umumiy uzunligi 20,7 ming km ni tashkil etdi.

Yuqori tezlikli temir yo'l magistrallari murakkab texnik majmuadan iborat bo'lib, uning tarkibiga texnik element va qurilmalar, infrastruktura, harakat tarkibi, boshqaruv tizimlari bilan birga temir yo'ldan foydalanishni tashkil etish, tizim va qurilmalariga texnik xizmat ko'rsatish hamda moliyaviy, tijorat, ekologik, maishiy va boshqaruv masalalari ham kiradi.

10.1. Yuqori tezlikli temir yo'l liniyalari elektr ta'minoti qurilmalariga qo'yiladigan talablar

Harakat tezligi 160 km/s gacha bo'lgan elektrlashgan temir yo'llar uchun elektr tortish yuklamasi xarakteri normal (Gauss) taqsimlanish qonuniyatiga bo'ysunadi. Bunda elektr tortish tarmog'i qurilmalari poyezdlar harakat grafigi sikli mobaynidagi tokli yuklamalar maksimal qiymatlaridan kelib chiqqan holda tanlanadi.

Yuqori tezlikli harakatda va harakat intensiv, o'tkazish qobiliyati yuqori, poyezdlararo oraliq vaqti minimal (3-15 min), iste'mol qilayotgan quvvati 10-18 MW va undan katta bo'lgan elektrlashgan temir yo'llarda elektr tortish yuklamasi xarakteri boshqacha bo'ladi. Bunday liniyalarda elektr tortish tarmog'i simlari, tortuvchi nimstansiyalar, seksiyalash postlari, boshqa

liniya qurilmalari va kommutatsion apparatlari uchun yuklama impulsli xarakterga ega bo'ladi. Bunda tortuvchi nimstansiyalarda maksimal yuklamalar miqdori, tortish elektr ta'minoti qurilmalaridagi kuchlanish yo'qolishlari va energiya isroflari ortadi, tok qabul qilish sharoitlari murakkablashadi hamda kontakt tarmog'i simlarining qizishi kuchayadi.

Yuqori tezlikli temir yo'l liniyalarida solishtirma elektr iste'mol quvvati 1 – 1,3 MW/km gacha, o'tkazish qobiliyati yuqori bo'lgan ikkita yo'lli yuqori tezlikli temir yo'l liniyalarida esa 1,7 – 2,5 MW/km gacha yetish mumkin. Temir yo'llar xalqaro uyushmasi normalari bo'yicha harakat tezligi 300 – 350 km/s bo'lgan ikkita yo'lli yuqori tezlikli temir yo'l liniyalarida tortish uchun iste'mol qiladigan elektr energiyasi solishtirma quvvatining maksimal qiymati 3 MW/km qilib belgilangan. Tortish elektr taminoti qurilmalarining quvvatini yuqorida keltirilgan elektr energiyasi iste'molining solishtirma quvvatidan kelib chiqqan holda belgilash tavsiya etiladi.

Iste'mol qilinayotgan elektr tortish quvvati quyidagi asosiy omillarga bog'liq bo'ladi: - poyezdlar massasi; - harakat tezligi; - harakatga ko'rsatayotgan asosiy qarshilik; -poyezdlararo oraliq vaqtlari; -poyezdlarni qo'zg'alish va tezlashish chastotasi; - rekuperativ tormozlash imkoniyati; - yo'l profili; tortish elektr ta'minoti tarmog'ining xarakteristikallari.

Poyezdning harakat tezligi elektr harakat tarkibi tok qabul qilgichidagi kuchlanish miqdoriga bevosita bog'liq. Harakat tezligi 160 km/s gacha bo'lgan elektrlashgan temir yo'l liniyalarida normal rejimda tok qabul qilgichdagi kuchlanishning ruxsat etilgan minimal qiymati 21 kV etib belgilangan. Kuchlanish ushbu miqdorgacha kamayganda elektr harakat tarkibidagi quvvat isrofi 15% ga etadi, poyezd o'rtacha texnik tezligi esa 7 – 8 % ga kamayadi. Harakat tezligi 160 km/s dan yuqori bo'lgan elektrlashgan temir yo'l liniyalarida normal rejimda tok qabul qilgichdagi kuchlanishning ruxsat etilgan minimal qiymati 24 kV etib belgilangan.

10.2. Yuqori tezlikli temir yo'l magistrallari tortish elektr ta'minoti tizimini kuchaytirish usullari

Tortish elektr ta'minoti tizimlarini kuchaytirishning asosiy usullari:

- avtotransformator punktlariga ega bo'lgan 2x25 kV tizimni joriy etish;
- koaksial kabellardan foydalanish;
- o'zgartirgichli ta'minlash punktlariga ega bo'lgan kontakt tarmog'ini yuqori kuchlanishli bo'ylama elektr uzatish liniyalaridan ta'minlanadigan tizimini joriy etish;
- elektrovoz tok qabul qilgichidagi kuchlanishni tortuvchi nimstansiya shinalaridagi kuchlanishni rostlash hisobidan avtomatik ravishda mutadil saqlash;
- kontakt osmasiga kuchaytiruvchi simlarni montaj qilish va kontakt simlari kesimini oshirish;
- ikkita yo'lli kontakt osmalari o'zaro parallel ulangan va seksiyalash postiga ega bo'lgan kontakt tarmog'ini ta'minlash sxemalaridan foydalanish;
- nimstansion zonalarida qo'shimcha tortuvchi nimstansiyalar yoki ta'minlash punktlarini qurish;
- tortuvchi nimstansiyalar quvvatini oshirish va nimstansiyalararo zonalar uzunligini kamaytirish;
- tashqi elektr ta'minoti tizimini kuchaytirish va tortuvchi nimstansiyalar kirishlaridagi kuchlanish miqdori og'ishini chegaralash.

Yuqori keltirilgan usullarning faqat bittasidan foydalanish har doim ham kutilgan samarani beravermaydi. Shuning uchun ham yuqori tezlikli elektrlashgan temir yo'l magistrallari elektr ta'minoti tizimining talab qilingan sifat ko'rsatkichlariga erishish maqsadida uni kuchaytirish yuqorida qayd etilgan usullarning bir nechtasidan foydalanishni taqozo etadi. Texnik tadbirlar bilan birga tortish tarmog'idagi kuchlanish yo'qolishini poyezdlar harakatini ratsional tashkil etish hisobidan kamaytirish mumkin. Masalan, poyezdlararo oraliq vaqti eng uzun nimstansiyalararo zonadan poyezdni o'tish vaqtiga teng bo'lgan yuqori tezlikli poyezdlar paketi grafigini yo'lga qo'yish. Bunda har bir nimstansiyalararo zonada faqat bitta poyezd harakatlanadi.

Yaponiya, Fransiya, Ispaniya, Italiya va boshqa mamlakatlarda yuqori tezlikli temir yo'l magistrallarining elektr ta'minoti ushbu yo'nalishdagi yangi texnologiyalarni joriy etgan holda qurilgan.

Yaponiyada "Sinkansen" yuqori tezlikli temir yo'l liniyasining elektr ta'minoti tizimi davlat tarmoqlaridan ta'minlanadigan tashqi elektr ta'minoti va tortish elektr ta'minotini o'z ichiga oladi. Yuqori tezlikli temir yo'l magistrallarida harakatlanayotgan poyezdlar nisbatan past tezlikda harakatlanayotgan poyezdlarga qaraganda ancha katta miqdorda elektr energiyasi iste'mol qiladi. Chunonchi, 300 km/s tezlikda harakatlanayotgan elektrovoz iste'mol qilayotgan elektr energiyasining solishtirma sarfi 42 W·soat/t·km ni, tez yurar elektropoyezdda esa bu ko'rsatkich 28 W·soat/t·km ni tashkil etadi.

77, 154, 220 va 275 kV kuchlanishli elektr stansiyalaridan elektr energiyasi uch fazali yuqori kuchlanishli elektr uzatish liniyalari orqali uzatiladi. Tortuvchi nimstansiyalarda bosh transformatorlar o'rnatiladi va ular yordamida yuqori kuchlanishlar 25 kV gacha pasaytiriladi hamda uzgichlar orqali ta'minlovchi liniyalar bo'ylab kontakt tarmog'iga beriladi.

Poyezdlar toklari tashqi uch fazali elektr ta'minoti tizimi uchun katta qiymatli bir fazali yuklama bo'lganligi sababli tizimda toklar asimmetriya(nosimmetriya)si yuzaga keladi. Bu toklar avval ta'kidlab o'tilganidek, tizimning normal ish rejimiga salbiy ta'sir ko'rsatadi va qo'shimcha elektr energiyasi isroflariga sabab bo'ladi. Toklar asimmetriyasini kamaytirish maqsadida maxsus transformatorlardan foydalaniladi. Bu transformatorlar uch fazali toklarni ikki fazali toklarga o'zgartirish imkonini beradi. Ushbu maqsadda Skott, Vudbridj va R.R. Mamoshin transformatorlari qo'llaniladi.

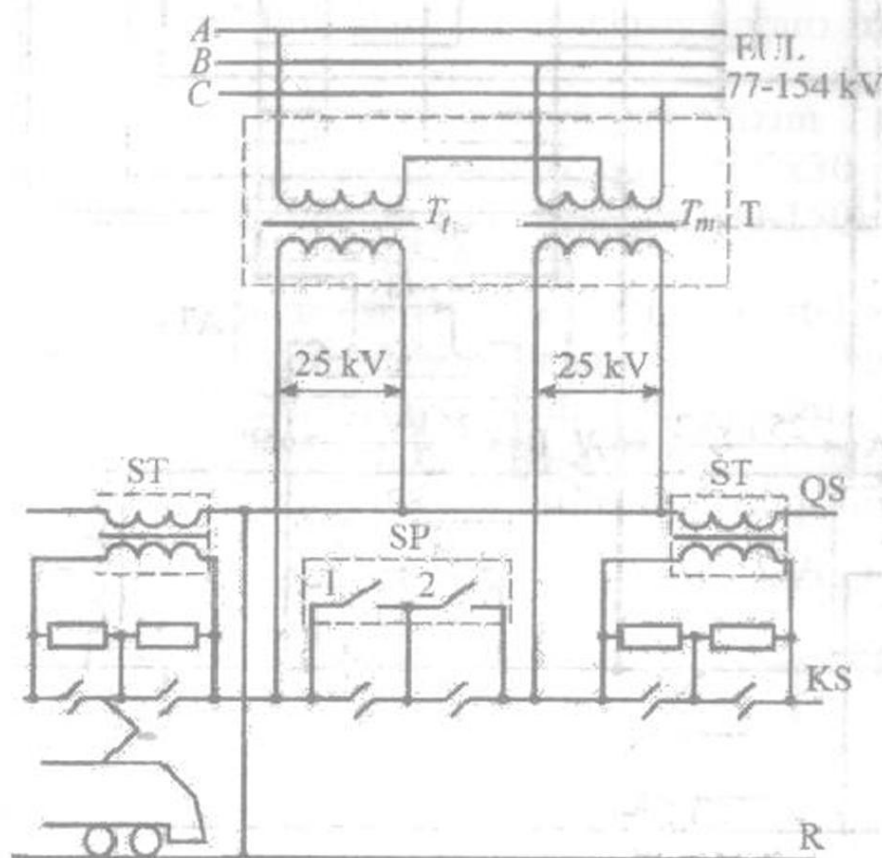
Skott sxemasida ikkita bir fazali transformator T_1 va T_m dan foydalaniladi (ushbu sxema xususiyatlari darslikning 2- bobida batafsil keltirilgan) (10.1- rasm).

Transformatorlar izolyasiyasini soddalashtirish maqsadida ishlab chiqilgan va Skott sxemasining takomillashtirilgan varianti hisoblangan Vudbridj sxemasi(10.2- rasm)da uchta bir fazali transformator birlamchi chulg'amlari o'zaro yulduz ulangan va yerlangan. Transformatorlarning ikkilamchi chulg'amlari esa o'zaro uchburchak ulangan va ular ikkita ta'minlash zanjirini hosil qiladi.

Transformatorlar ikkilamchi chulg'amlarining o'ramlar soni teng bo'lganda BB' chiqish zanjiridagi kuchlanish AA' chiqish zanjiridagi kuchlanishning $\frac{1}{\sqrt{3}}$ qismiga teng bo'ladi. ATI

avtotransformator yordamida BB' chiqish zanjiridagi kuchlanish AA' chiqish zanjiridagi kuchlanish miqdoriga tenglashguncha oshiriladi. Ikkala chiqish zanjiri faza jihatdan o'zaro 90° ga siljigan. Shuning uchun ham kontakt tarmog'i seksiyalari o'zaro ulanadigan joyda neytral qo'yilma ko'zda tutilgan. Odatda, poyezdlar neytral qo'yilmadan tortuvchi motorlari manbadan ajratilgan holda o'tadi.

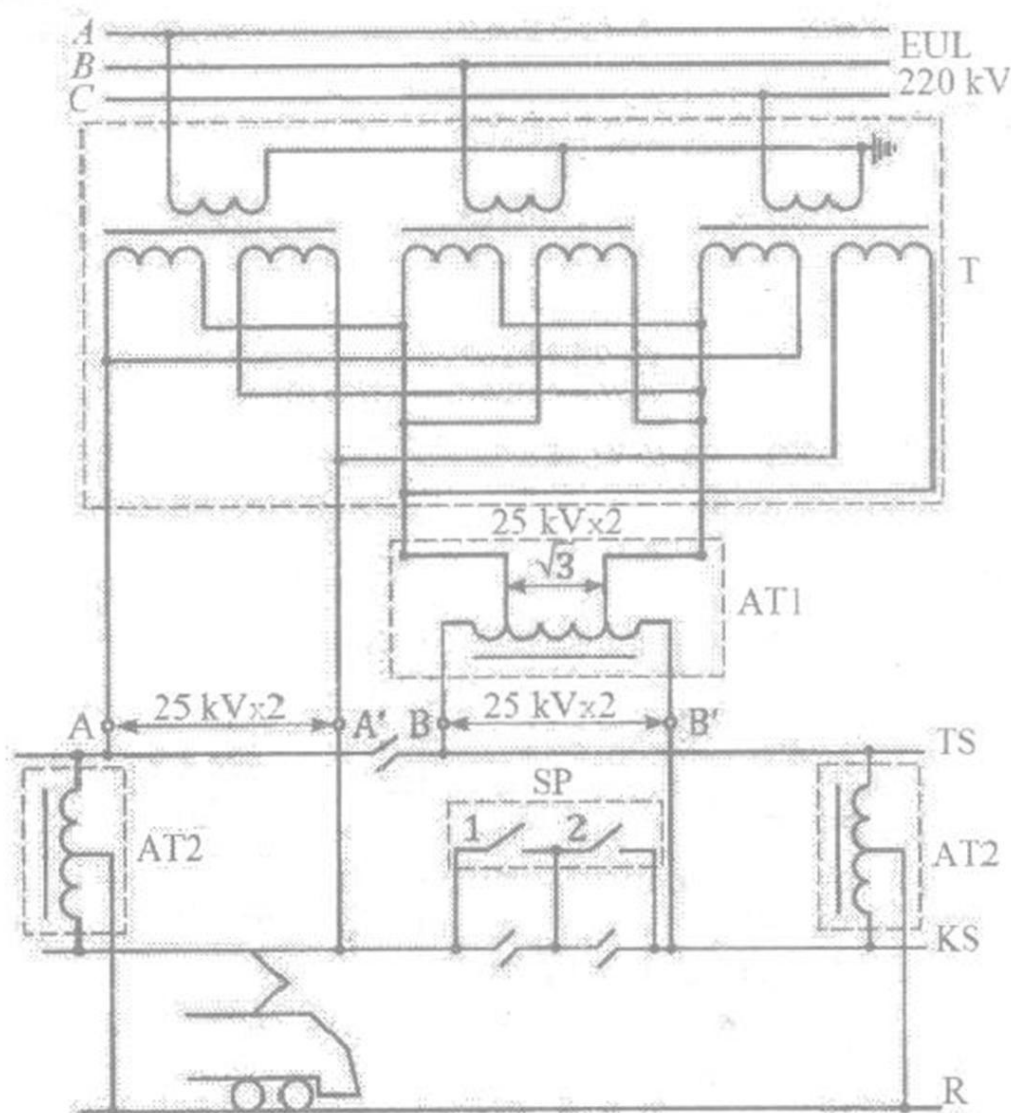
Ammo Yaponiyaning "Sinkansen" yuqori tezlikli liniyalarida poyezdlar kontakt tarmog'ining neytral qo'yilma o'rnatilgan qismidan o'tayotganda ham elektr energiyasi ta'minotisiz qolmaydi.



10.1- rasm. Yaponiya yuqori tezlikli temir yo'l magistrali elektr ta'minoti tizimida qo'llaniladigan Skott sxemasi

Buning uchun kontakt tarmog'ining bir seksiyasidan ikkinchisiga o'tish joyida avtomatik ishga tushuvchi tezkor almashlab ulagichlar 1 va 2 (10.1- va 10.2- rasmlarga qarang!) ko'zda tutiladi. Seksiyalash postlaridagi bu almashlab ulagichlar poyezd kontakt tarmog'ining neytral qo'yilma o'rnatilgan qismidan o'tayotganda avval chap, keyin esa o'ng seksiyalarni neytral qo'yilmaga ulaydi.

Yuqori tezlikli liniyalarda ham elektrlashgan temir yo'lni yondosh aloqa liniyalariga ta'sirini kamaytirish maqsadida so'ruvchi transformator(ST) va qaytuvchi simlardan foydalaniladi (10.1- rasmga qarang!). 240 kVA quvvatli ST lar har 3 km da o'rnatiladi.



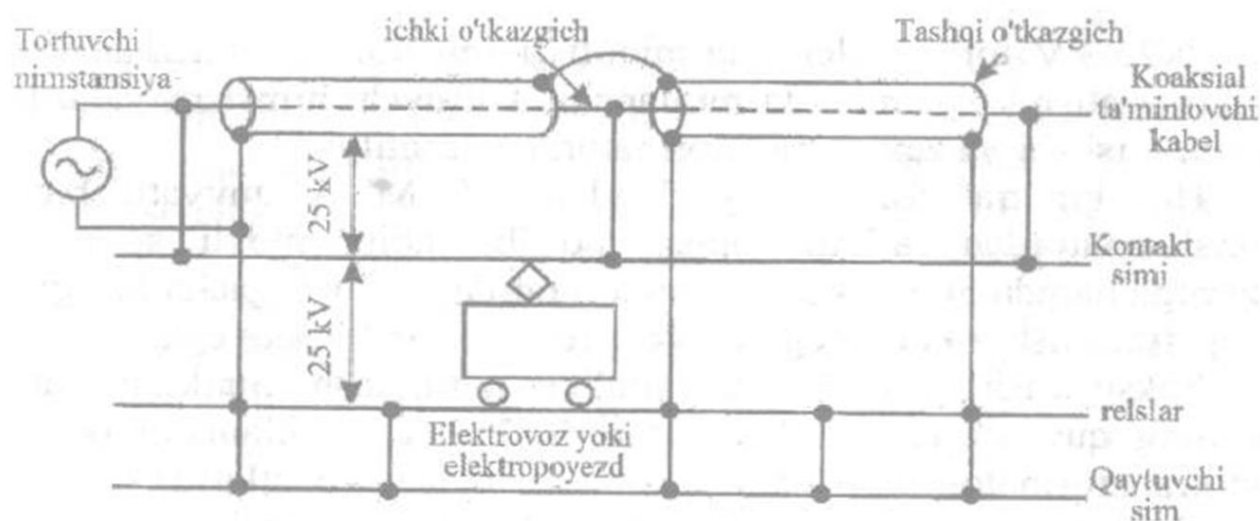
10.2- rasm. Yaponiya yuqori tezlikli temir yo'l magistrali elektr ta'minoti tizimida qo'llaniladigan Vudbridj sxemasi

Tortuvchi toklar katta qiymatlarda bo'lganda tok qabul qilgich kontakt tarmog'ining STlar o'rnatilgan qismidan o'tayotganda kontakt simi va tok qabul qilgich orasida kuchli yoyli razryad yuzaga keladi va buning oqibatida kontakt simining kuyish ehtimoli paydo bo'ladi. Buning oldini olish uchun razryad intensivligini pasaytirish maqsadida STlar zanjiriga qarshiliklar ulanadi (10.1- rasmga qarang!).

Yaponiyadagi so'nggi yillarda foydalanishga topshirilgan yuqori tezlikli temir yo'l magistrallarida 2×25 kV li tizim qo'llanilgan. Undagi har 10 km da o'rnatilgan AT2 avtotransformatorlar quvvati 10 MVA ga teng (10.2- rasmga qarang!). Bunda elektr energiyasi poyezdlargacha kontakt simi va bo'y lama ta'minlovchi simlar orqali 50 kV kuchlanish ko'rinishida uzatiladi. Ushbu tizimda, 2- bobda qayd etib o'tilganidek, kuchlanish yo'qolishi, elektrlashgan temir yo'llarning yondosh liniyalarga elektromagnit ta'siri kamayadi, yondosh tortuvchi nimstansiyalar orasidagi masofani 50 kmgacha uzaytirish imkoniyati yuzaga keladi. Aytib o'tish joizki, 1×25 kV tizimda ishlayotgan "Sinkansen" liniyalarida nimstansiyalararo masofa 20 km dan oshmaydi.

So'ruvchi transformatorlar o'rnatilgan tizim tortuvchi nimstansiyalaridagi bosh transformatorlar quvvati 2×30 MVA ga (10.1- rasm), avtotransformatorli tizimda esa $2 \times (100-150)$ MVA ga (10.2- rasm) etadi.

Yaponiyadagi yuqori tezlikli temir yo'l magistallari elektr ta'minoti tizimini kuchaytirishning yangi usuli – bu yuqori kuchlanishli koaksial kabellarni qo'llashdir (10.3- rasm). Koaksial kabelning ichki simi kontakt simi bilan elektr jihatdan ulangan va u kontakt osmasi simlari kesimi yuzasini oshiradi. Tashqi sim

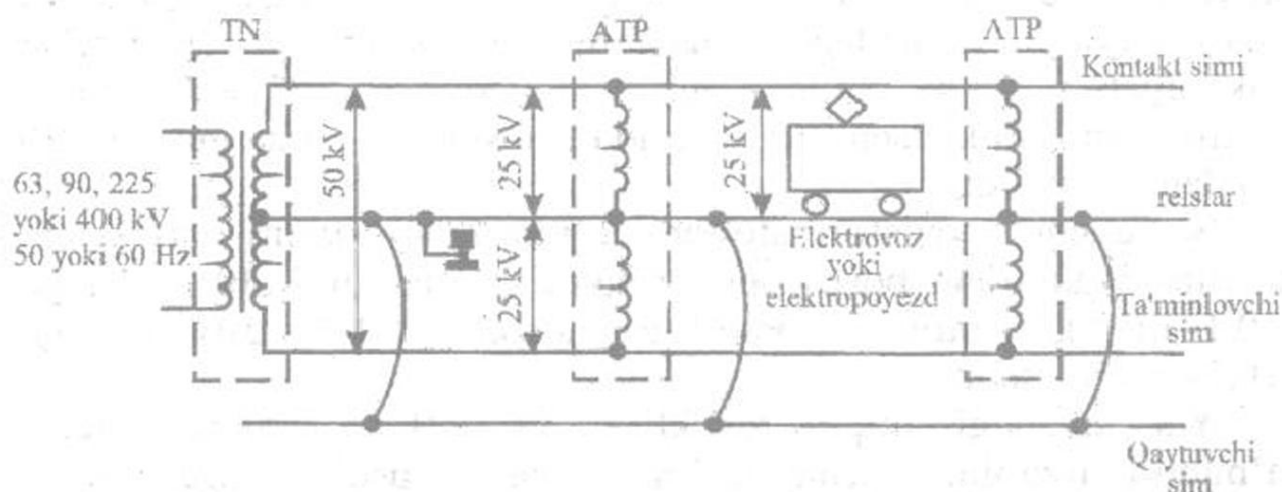


10.3- rasm. Yuqori tezlikli temir yo'l magistrallari (Yaponiya) da yuqori kuchlanishli koaksial kabel qo'llanilgan elektr ta'minoti sxemasi

relslari qaytuvchi tarmoqqa ulanadi va qaytuvchi tokni ushbu sim bo'y lab o'tishini ta'minlaydi.

Fransiya yuqori tezlikli temir yo‘l magistrallarida 2×25 kV, 50 Hz tizim qo‘llaniladi (10.4- rasm). Bunda nimstansiyalararo masofa 100 km gacha uzaytirilishi mumkin, tortish tarmog‘ini yondosh inshootlar va aloqa liniyasiga ta’siri keskin kamayadi.

Bunday tizim 1981 yilda Fransiyaning Janubiy-Sharqiy yuqori tezlikli magistralida qo‘llanilgan. Fransiyaning Atlantika yuqori tezlikli magistrali tortuvchi nimstansiyalarida bir fazali transformatorlar, liniyada esa avtotransformatorlar o‘rnatilgan.



10.4- rasm. Fransiya yuqori tezlikli temir yo‘l magistrallarida 2×25 kV, 50 Hz li tortish elektr ta’minoti tizimi sxemasi: TN – tortuvchi nimstansiya; ATP – avtotransformator punkti

2×25 kV tortish elektr ta’minoti tizimi 400 kV kuchlanishli elektr uzatish liniyasidan ta’minlanadi. Tortuvchi nimstansiyalarda ikkita - ishchi va zaxira transformatorlar o‘rnatilgan.

Har bir transformator yacheykasi 60 MVA quvvatli bitta transformatoridan tashkil topgan bo‘lib, tabiiy moyli sovutish tizimiga hamda 50 kV kuchlanish tomonidagi 12 kA gacha bo‘lgan qisqa tutashish tokini chegaralovchi reaktiv qarshilikka ega.

Seksiyalash postlari va parallel ta’minlash punktlari har birining quvvati 10 MVA bo‘lgan 50/25 kV kuchlanishli ikkita avtotransformator bilan jihozlangan. Seksiyalash postlarida neytral qo‘yilma qurilmasi ko‘zda tutilgan. Chunki, seksiyalash postiga tutashgan uchastkalardagi tok va kuchlanish faza jihatdan o‘zaro mos tushmaydi.

Har bir avtomatik uzgich mikroprotssessorli fazasezgir himoya bilan ta’minlangan. Uzgichlar yoylarni elegazda o‘chirish prinsipi bo‘yicha ishlaydi, nominal toki 1250 A va ajratish qobiliyati 15 kA.

Germaniya yuqori tezlikli temir yo'l magistrallari elektr ta'minoti 15 kV kuchlanishli $16\frac{2}{3}$ Hz chastotali o'zgaruvchan tokda ishlaydi. ICE rusumli yuqori tezlikli poyezdlar uch fazali asinxron motorlar va yarim o'tkazgichli o'zgartirgichlar bilan jihozlangan. Germaniyada kontakt tarmog'idagi istalgan (1,5 yoki 3 kV o'zgarmas tokli, 25 kV, 50 Hz li yoki 15 kV $16\frac{2}{3}$ Hz li o'zgaruvchan tokli) tizimga mo'ljallangan universal poyezdlar ham ishlab chiqarilgan.

Shuni ta'kidlab o'tish lozimki, mavjud elektrlashgan temir yo'l magistrallarini yuqori tezlikda harakatlanuvchi poyezdlarga mo'ljallab qayta jihozlashda elektr ta'minoti tizimini kuchaytirish usuli yoki usullarini tanlashda ularning texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlaridan tashqari, mamlakatning moliyaviy imkoniyati ham hisobga olinadi. Masalan, Rossiya Federatsiyasining "Sankt-Peterburg – Moskva" elektrlashgan temir yo'l magistralini yuqori tezlikda harakatlanadigan poyezdlarga mo'ljallab rekonstruksiya qilishda mavjud 3 kV li o'zgarmas tok tortish elektr ta'minoti tizimini 25 kV, 2x25 kV, 35 kV+25 kV va 50 Hz chastotali o'zgaruvchan tok tortish elektr ta'minoti tizimiga o'tkazish, mavjud o'zgarmas tok tizimida kuchlanishni 24 kV gacha oshirish va boshqa usullar o'rganib chiqilgan. Mamlakatning o'sha (2000 yil boshlari) paytdagi iqtisodiy ahvolidan kelib chiqib, mavjud 3 kV li o'zgarmas tok tortish elektr ta'minoti tizimini kuchaytirish varianti qabul qilingan. Bunda qo'shimcha tortuvchi nimstansiyalar qurilgan va ular kattaroq quvvatli, 12 pulqli to'g'rilagich agregatlari bilan jihozlangan. Kontakt tarmog'i zamonaviy KS200 tarmog'i asosida rekonstruksiya qilingan, kontakt simlarining kesimi oshirilgan hamda bir qancha tortuvchi nimstansiyalar shinalaridagi kuchlanishlar miqdorini mutadillash maqsadida voltqo'shuvchi qurilmalar bilan jihozlangan.

10.3. Tortish elektr ta'minoti tarmoqlari parametrlarini tanlash mezonlari

Yuqori tezlikli temir yo'l magistrallari elektr ta'minoti tizimlarida ham oddiy temir yo'l magistrallaridek tortish elektr ta'minotining asosiy parametrlariga tok turi, ta'minlash manbalarining quvvati, tortuvchi nimstansiyalararo masofa,

tortuvchi nimstansiya o'rnatilgan quvvati, kontakt osmasi rusumi va simlarining kesimi, ta'minlash sxemasi va tortish tarmog'ini seksiyalash kiradi.

Olib borilgan tadqiqotlar natijalari va yuqori tezlikli temir yo'l magistrallarini qurish va foydalanish tajribalarini umumlashtirish ular tortish elektr ta'minoti tizimi qurilmalarini tanlashning quyidagi asosiy mezonlarini belgilash imkoniyatini yaratadi:

- istalgan foydalanish sharoitlari uchun tok qabul qilgichdagi kuchlanish miqdori;

- kontakt osmasini tok bo'yicha yuklanish imkoniyati;

- yo'l zonasidagi elektromagnit maydon kuchlanganligi;

- “rels-yer” tizimi(zanjiri)da kuchlanishning ruxsat etilgan miqdori;

- ta'minlovchi energetik tizim quvvati.

Yuqori tezlikli temir yo'l magistrallarida nimstansiyalararo zonada harakatlanayotgan barcha poyezdlar tok qabul qilgichidagi kuchlanish miqdori me'yoriy hujjatlarda belgilangan miqdor (1x25 kV tizimi uchun 24 kV) dan kamaymasligi lozim. Germaniyada bu miqdor 15 kV, $16\frac{2}{3}$ Hz o'zgaruvchan tok tortish elektr ta'minoti tizimi uchun 14,2 kV ni tashkil etadi.

Poyezd tortuvchi nimstansiyalar orasidagi uchastka bo'ylab harakatlanayotganda uning tok qabul qilgichidagi kuchlanish uzluksiz o'zgarib turadi. Bunda minimal kuchlanish qancha vaqt davomida saqlanib turishi va kuchlanish o'rtacha qiymati qancha vaqt oralig'i uchun hisoblanayotganligi muhim hisoblanadi. Tok qabul qilgichdagi kuchlanish miqdori mezon bo'yicha tortish elektr ta'minoti tizimi parametrlari qanchalik to'g'ri tanlanganligi shu kuchlanishda poyezd erishayotgan tezlik va tortish kuchi miqdorlarini baholash asosida aniqlanishi mumkin.

Tortish elektr ta'minoti tizimi tok o'tkazuvchi qismlarining issiqlik va mexanik yuklanishi elektr tortish tarmoqlarida yuz beradigan qisqa tutashishlarda ekstremal (chegaraviy) qiymatlarga erishadi. Qisqa tutashishlar izolatsiya eskirganda, mexanik shikastlanishlarda, kommutatsion va atmosfera o'ta kuchlanishlarida va izolatsiyalar ifloslanganda yuz beradi. Qisqa tutashish toklari yondosh parallel liniyalarda hayot uchun xavfli kuchlanishlarni induksiylaydi.

Qisqa tutashish toklarining turg'un qiymatlari o'zgarmas tok tizimida 25 kA va undan ham katta bo'lishi, 25 kV, 50 Hz li

o'zgaruvchan tok tizimida esa 12 kA dan ortishi mumkin. Qisqa tutashish tokining ta'sir etish vaqti $t_{q.t.}$ elektron himoyalarning ishga tushish vaqti t_h va tezkor uzgichlarning ishga tushish vaqti t_{uz} lar yig'indisidan iborat bo'ladi, ya'ni $t_{q.t.} = t_h + t_{uz}$. Bu vaqt o'zgarmas tokda 10 – 25 ms, vakuum uzgichli o'zgaruvchan tokda 25 – 45 ms, moyli uzgichli o'zgaruvchan tokda – 45 – 75 ms ga teng bo'ladi.

Germaniya yuqori tezlikli temir yo'l magistrallarida qisqa tutashishlar tufayli fider liniyalarining manbadan ajratilishi ikkita yo'lli uchastkaning har 1 km ga bir yilda bir martaga to'g'ri keladi. Avariya tufayli tortish tarmog'ini manbadan ajratish chet jismlar (vagonlar qismi, qushlar va boshqa hayvonlar) ta'sirida, elektr harakat tarkibidagi shikastlanishlarda, tok qabul qilgichlardagi nosozliklarda, meteorologik omil(yashin, kuchli shamol, bo'ron, muzlash)larda, kontakt tarmog'idagi nosozlik (material va detallar eyilishi va defekt)larda amalga oshiriladi.

Kontakt simlarining ruxsat etilgan chegaraviy tokli yuklanishi issiqlikka chidamlilik va ruxsat etilgan termik yuklanish bilan baholanadi. Tok bo'yicha yuklanish qobiliyatiga eng katta ta'sir etadigan omil – konveksiya α_c va nurlanish α_r komponentlarini o'z ichiga oluvchi issiqlik uzatish koeffitsiyenti α hisoblanadi. Bu komponentlar sim sirtining tozaligi va boshqa ko'pgina omillarga bog'liq bo'lib, maxsus uslub asosida aniqlanadi. Hisoblashlarda Nusselt mezon, Reynolds, Gragsof, Prandtl sonlaridan foydalaniladi.

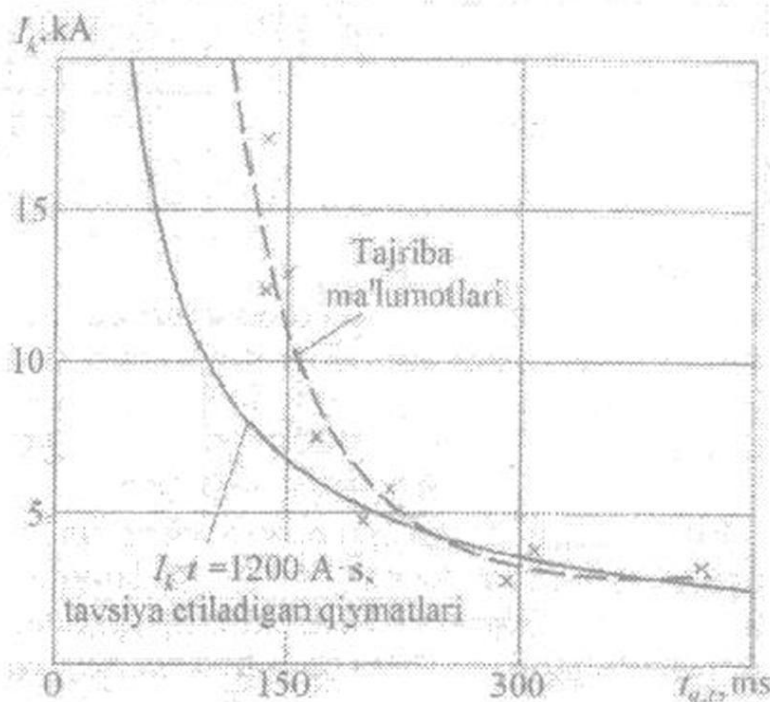
Issiqlik jarayoni vaqt doimiysi 4 – 8,5 min oralig'ida bo'ladi. Bu holat 6 – 15 min oraliq bilan harakatlanayotgan yuqori tezlikli poyezdlar paketi harakat grafigida tok bo'yicha kontakt osmasi simlarining yuklanish qobiliyati simlar kesimi va tokli himoyaning ishga tushish vaqtini hisobga olib tanlanishi lozimligini bildiradi. Kontakt simining muhim dinamik xarakteristikalaridan biriga elektrovoz to'xtab turgan paytda uning tok qabul qilgichi va kontakt simi o'zaro kontakt nuqtasida eritish tokining tokni o'tish vaqtiga bog'liqligi kiradi (10.5- rasm).

Kontakt osmasi tok yuklanishi va tok bo'yicha termik yuklanish qobiliyati o'zaro taqqoslanganda, ideal holatda, yuklanish qobiliyatini maksimal tokli yuklanish I_{max} dan ortiq bo'lishi prinsipidan kelib chiqqan holda shart bajarilishi lozim. Yuqori tezlikli liniyalar uchun taqqoslash prinsipi qisqa vaqtli

rejimlarda kontakt osmasi o'ta yuklanish qobiliyatini hisobga oluvchi toklar farqini minimumga keltirish asosida amalga oshirilishi lozim, ya'ni:

$$I_F(t^*) - I_{ef, \max}(t^*) \rightarrow \min, \quad (10.1)$$

bu yerda $I_F(t^*)$ - poyezdlar harakatlanmayotgan vaqtining t^* qiymatiga mos keluvchi kontakt osmasining tok bo'yicha o'ta yuklanish qobiliyati; $I_{ef, \max}(t^*)$ - aniq tortish yuklamasi uchun aniqlanadigan maksimal effektiv tok.



10.5- rasm. To'xtab turgan elektrovoz tok qabul qilgichi kontakt qo'yilmasi zonasida Ri100 markali kontakt simi eritish tokining tajriba yordamida olingan qiymatlari

Endi yuqori tezlikli elektrlashgan temir yo'l zonasidagi elektromagnit maydon kuchlanganligini ko'rib chiqamiz. Ushbu kuchlanganlik miqdori tortish toki qiymatiga bevosita bog'liq bo'ladi. 25 kV, 50 Hz tizimli yuqori tezlikli liniyada minutlik rejimda yuklama toki 1,7 kA gacha bo'lishi mumkin. 15 kV, $16\frac{2}{3}$ Hz li tizimda ikki tomonlama ta'minlash sxemasida esa bu tok 2,8 kA gachani tashkil etishi mumkin. 10.1- jadvalda Yevropa yuqori tezlikli liniyalarida rels boshchasidan 1 m balandlikda o'lchangan magnit maydonining kuchlanganligi qiymatlari keltirilgan.

O'tkazilgan tajribalar shuni ko'rsatadiki, magnit maydonining kuchlanganligi uning chegaraviy qiymatlari (80 A/m va 239 A/m) mos ravishda 25 kV, 50 Hz va 15 kV, $16\frac{2}{3}$ Hz tizimlar uchun) dan

oshmasa-da, elektrlashgan liniya yaqinidagi elektron va elektrotexnik qurilmalarga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Bunda

10.2-jadval
Yuqori tezlikli temir yo'llar zonasida rels magnit maydoni kuchlanganligi va potentsiali

Parametr nomi	Tok tizimi			
	25 kV 50 Hz		15 kV $16\frac{2}{3}$ Hz	
	Qaytuvchi sim bilan	Qaytuvchi simsiz	Qaytuvchi sim bilan	Qaytuvchi simsiz
Maksimal tok	1,7		2,8	
Kuchlanganlik, A/m				
Yo'l o'qidan 5 m da	38	50	63	84
Yo'l o'qidan 10 m da	13	21	21	35
Rels potentsiali, V				
Qaytuvchi sim bilan	72		120	
Qaytuvchi simsiz	113		188	

25 kV, 50 Hz li tizim kontakt tarmog'ining xalaqit beruvchi va xavfli ta'siri katta amaliy ahamiyatga ega.

10.4. Tortuvchi nimstansiyalar elektr ta'minoti va elektr tortish tarmog'ini seksiyalash

Yuqori tezlikli temir yo'l magistrallari bo'ylab joylashtirilgan tortuvchi nimstansiyalar yirik tuman nimstansiyalaridan 110, 132, 220 kV va undan yuqori kuchlanishli elektr uzatish liniyalari orqali ishonchli ravishda amalga oshiriladi. Temir yo'l uchastkasining 150 – 200 km uzunlikdagi uchastkasida ko'pi bilan bitta tortuvchi nimstansiya vaqtincha elektr ta'minotisiz qolishi mumkin.

Har bir tortuvchi nimstansiyaning bir-biriga bog'liq bo'lmagan ikkita manbadan ta'minlashga harakat qilinadi. Yuqori tezlikli temir yo'l magistrali uzunligi katta (400 km dan ortiq) bo'lganda tortuvchi nimstansiyalarni, yuqorida qayd etilganidek, ta'minlash tashqi elektr ta'minoti tizimidan ko'p sonli elektr uzatish liniyalarini talab etadi. Bunday holatlarda tortuvchi nimstansiyalar

ta'minoti bitta manbaning ikkita bir zanjirli liniyasi yoki o'zaro bog'liq bo'lmagan ikkita manbadan bitta zanjirli yoki ikkita zanjirli liniyalaridan ikki tomonlama ta'minlanish sxemasi bo'yicha amalga oshiriladi.

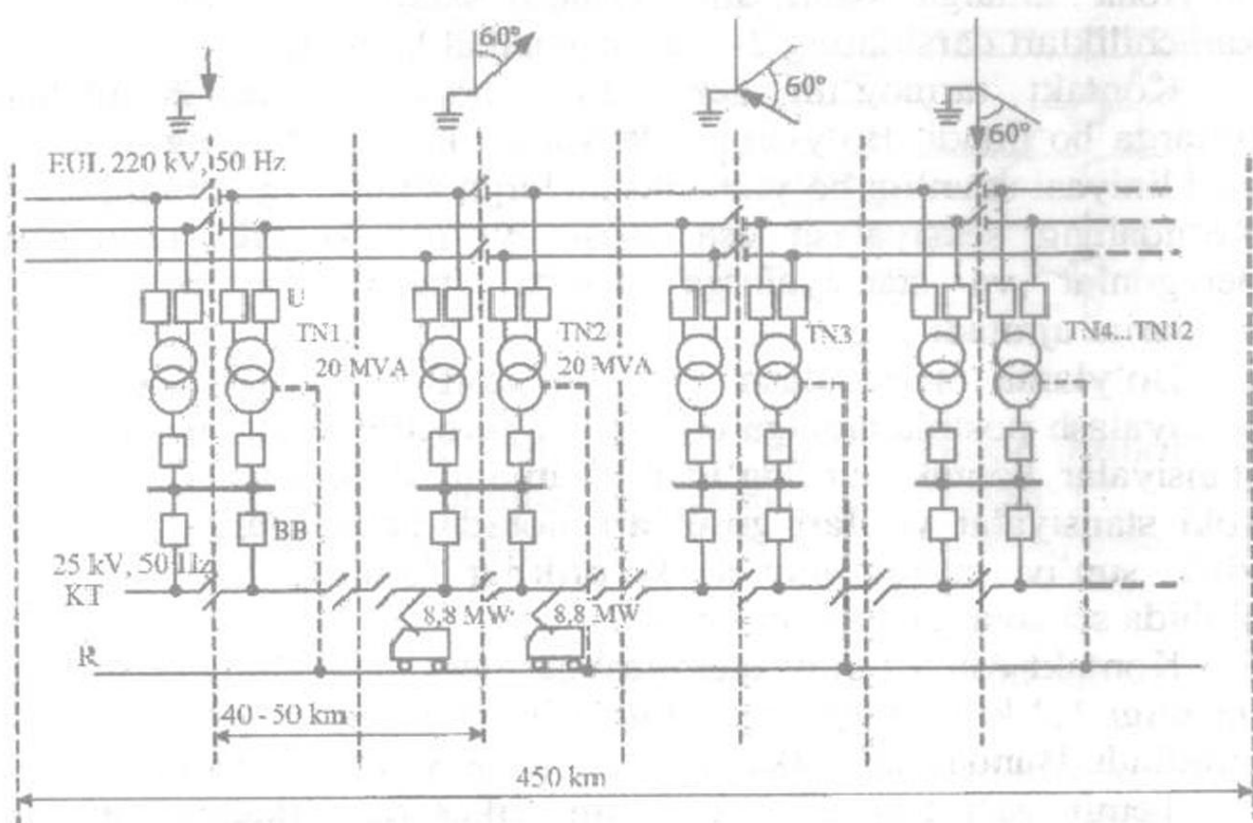
Tortuvchi nimstansiyalar har 200-300 km da elektr uzatish liniyalariga umumiy shinalari nimstansiyaga kirgan holatda ulanadi. Bu tortuvchi nimstansiyalar, 2- bobda qayd etib o'tilganidek, tayanch tortuvchi nimstansiyalar deb ataladi. Tayanch tortuvchi nimstansiyalar oralg'idagi nimstansiyalar oraliq tortuvchi nimstansiyalar deb ataladi. Tashqi elektr ta'minoti elektr uzatish liniyasidagi kuchlanish miqdoriga qarab tayanch tortuvchi nimstansiyalar oralg'ida uchtdan beshtagacha oraliq tortuvchi nimstansiyalar o'rnatiladi. Bitta ta'minlash liniyasiga kesma ravishda ulangan nimstansiya tranzit, ikkita ta'minlash liniyalariga "otpayka" ko'rinishida ulangan nimstansiya esa "otpayka"li nimstansiya deb ataladi. Yuqori tezlikli o'zgaruvchan tok temir yo'l magistrallarida yondosh tortuvchi nimstansiyalar oralg'i 40 – 80 km ni, o'zgarmas tokda esa 8 – 20 km ni tashkil etadi.

Yuqori tezlikli temir yo'l magistrallaridagi tortuvchi nimstansiyalar ulanish sxemasi ularni ishonchli elektr ta'minotini amalga oshirish va ta'minlash liniyalari releli himoyalarni samarali ishlash shartlaridan kelib chiqqan holda tanlanadi. Ta'minlovchi yuqori kuchlanishli liniya tayanch va tranzit tortuvchi nimstansiyalar kommutatsion apparaturalari yordamida seksiyalarga ajratiladi. Ushbu seksiyalar zarurat bo'lganda (masalan, ta'mirlashda) manbadan ajratiladi. Bunda tortuvchi nimstansiyalarning elektr energiyasi bilan ta'minlanishi va binobarin, yuqori tezlikli liniya ish faoliyatini davom ettiradi.

Yuqori tezlikli o'zgaruvchan tok temir yo'l liniyalaridagi tortuvchi nimstansiyalarda uch va bir fazali pasaytiruvchi transformatorlar o'rnatiladi. Bir fazali temir yo'l yuklamasidan uch fazali ta'minlash liniyalarida yuzaga keladigan toklar nosimmetriyasini kamaytirish maqsadida turli sxemali simmetriyalovchi transformatorlar qo'llaniladi. Bu sxemalarga Skott, Vudbridj va Mamoshinlar taklif etgan sxemalarni misol qilib aytish mumkin. Bundan tashqari, tortuvchi nimstansiyalar transformatorlarini elektr uzatish liniyasi turli fazalariga maxsus (parma yoki qarama-qarshi parma) sxemalar yordamida ulash bilan nosimmetriyani ma'lum darajada kamaytirishga erishiladi.

10.6- rasmda Ispaniyaning “Madrid – Sevilya” yuqori tezlikli temir yo‘l magistrali tortuvchi nimstansiyalarini ulanish sxemasi fragmenti (bir qismi) keltirilgan.

Yuqori tezlikli temir yo‘l liniyasi elektr tortish tarmog‘i ham oddiy temir yo‘l liniyasi elektr tortish tarmog‘i kabi elektr ta‘minoti tizimining zaxiraga ega bo‘lmagan zvenosi hisoblanadi.



10.6- rasm. Ispaniyaning “Madrid – Sevilya” yuqori tezlikli temir yo‘l magistrali tortuvchi nimstansiyalari bir fazali transformatorlarining 220 kV li elektr uzatish liniyasiga ulanish sxemasi fragmenti. U - uzgich

Shuning uchun ham ushbu tarmoqni ta‘minlash sxemalariga yuqori talablar qo‘yiladi.

Yuqori tezlikli liniyalar tortish tarmog‘ini ta‘minlash sxemalarini tanlashda quyidagi omillar hisobga olinadi: 1) yuklamani tortuvchi nimstansiyalar o‘rtasida va tarmoqning alohida uchastkalari bo‘yicha taqsimlanishi; 2) qisqa tutashish toklarining minimal qiymatlari; 3) tortish tarmog‘idagi kuchlanish yo‘qolishlari va elektr energiyasi isroflari va boshqalar.

Elektr tortish tarmog‘i alohida-alohida seksiyalarga ajratiladi. Kontakt tarmog‘ini seksiyalashdan asosiy maqsad – ta‘mirlash-tiklash ishlarini bajarish yoki shikastlanishlarda kontakt

tarmog'ining eng kichik bo'lagi(seksiyasi)ni manbadan ajratish imkoniyatini yaratishdir.

Kontakt tarmog'ini seksiyalash izolatsion birikma (havo oralig'i) yoki neytral qo'yilmali izolatsion birikma yordamida amalga oshiriladi. Kontakt tarmog'i seksiyalari ta'minoti yondosh tortuvchi nimstansiyalarni alohida yoki parallel ishlash sxemalari bo'yicha amalga oshiriladi. Ushbu sxemalar afzalliklari va kamchiliklari darslikning 2- bobida batafsil keltirilgan.

Kontakt tarmog'ini seksiyalash bo'ylama va ko'ndalang turlarga bo'linadi. Bo'ylama seksiyalash kontakt tarmog'ini temir yo'l liniyasi uzunligi bo'yicha bo'laklarga ajratish imkonini beradi. Ko'ndalang seksiyalash esa asosiy yo'llar kontakt tarmog'ini peregonlar va stansiyalarga hamda stansiya ayrim parallel yo'llarini ajratadi.

Bo'ylama seksiyalash har bir tortuvchi nimstansiya va seksiyalash postida amalga oshiriladi; peregonlar kontakt tarmog'i stansiyalar kontakt tarmog'idan ajratiladi. Park kontakt tarmog'i yoki stansiyalar yo'llari guruhlar alohida seksiyalarga ajratiladi; yirik sun'iy inshoot(tonnel, ko'priklar)lar kontakt tarmog'i ham alohida seksiyalarga ajratiladi.

Kontakt osmasi simi elektrlashgan temir yo'l liniyasi bo'ylab uzunligi 1,2 km bo'lgan mustaqil uchastkalarga mexanik ravishda ajratiladi. Bunday uchastkalar anker uchastkalar deb ataladi.

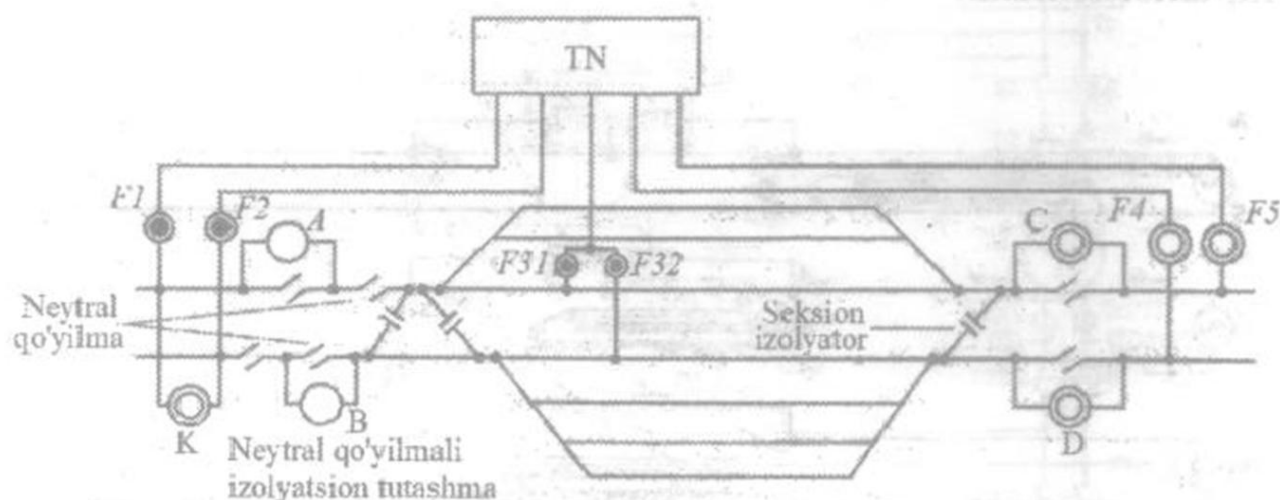
Temir yo'l liniyasini avtonom anker uchastkalarga ajratish kontakt tarmog'idan foydalanish ishonchligini oshiradi va unga texnik xizmat ko'rsatish hamda uni ta'mirlash imkoniyatini yaratadi.

Kontakt tarmog'ini bo'ylama seksiyalash, avval aytib o'tilganidek, neytral qo'yilmali izolatsion birikma yordamida amalga oshiriladi.

Neytral qo'yilma turli fazalardan ta'minlanayotgan ikkita yondosh seksiyadagi yuzaga kelishi mumkin bo'lgan fazalararo qisqa tutashishni oldini oladi. Ko'ndalang seksiyalashda seksion izolatorlar qo'llaniladi. 10.7- rasmda ikkita yo'lli o'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkasini ta'minlash va seksiyalash sxemasi keltirilgan.

O'zgaruvchan tok tortuvchi nimstansiyalari joylashtirilgan temir yo'l stansiyalarida, odatda, ta'minlash fazalar bo'yicha ajratiladi. Tok qabul qilgich o'tayotganda fazalararo qisqa tutashishni oldini olish maqsadida stansiyaning bir tomonida neytral qo'yilmali ikkita izolatsion birikma o'rnatiladi.

Stansiyaning boshqa tomonidan bitta izolatsion birikma montaj qilinadi. Neytral qo'yilmali izolatsion birikma zonasini poyezdlar motor toklari ajratilgan holatda inersiya hisobiga o'tadi.

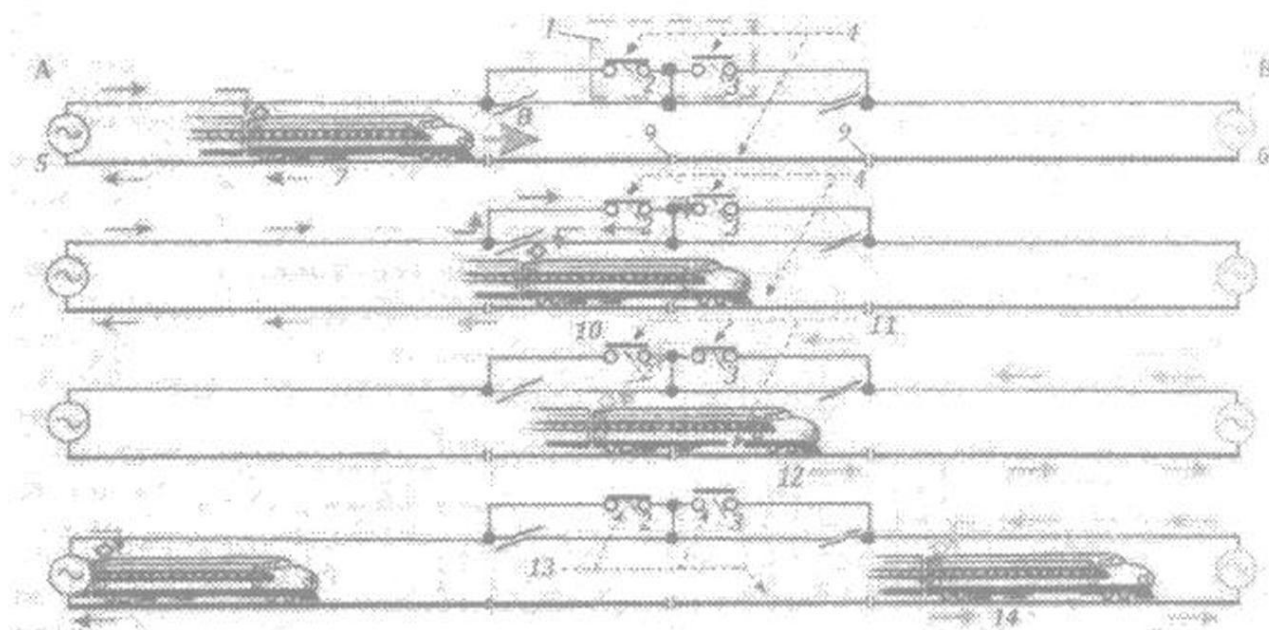


10.7- rasm. Ikkita yo'lli o'zgaruvchan tok yuqori tezlikli temir yo'l uchastkasini ta'minlash va seksiyalash sxemasi; F1, ..., F5 – ta'minlash liniyalari ajratkichlari; A, B, C, D – bo'ylama seksiyalash seksion ajratkichlari; K – ko'ndalang seksiyalash seksion ajratkichi

Yuqori tezlikli harakatda poyezdlarni neytral qo'yilmadan muntazam ravishda o'tishda tokli yuklama rejimi inersiya rejimi bilan tez-tez almashinib turadi. Bu esa elektr ta'minoti sifatiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Shuning uchun ham yuqori tezlikli liniya kontakt tarmog'ining bir seksiyasidan boshqasiga o'tayotganda motorlarni manbadan ajratmaslik maqsadida maxsus avtomatik almashlab ulagich qurilmasi qo'llaniladi. Seksiyalarni almashlab ulash amalga oshiriladigan punktlari neytral qo'yilma zonasida joylashtiriladi. Bu punktlar seksiyalash postlari deb ham ataladi. 10.8- rasmda Yaponiyaning "Sinkansen" yuqori tezlikli temir yo'l magistralarida qo'llanilayotgan neytral qo'yilmadagi seksiyalash posti sxemasi va uning ishlash algoritmi keltirilgan.

Tortuvchi nimstansiyalarni loyihalash elektr tortish tarmog'i seksiyalash joylarini aniqlashdan boshlanadi. Bunda quyidagilar hisobga olinishi lozim: 1) poyezdlar berilgan harakat parametrlari uchun tortish va elektr hisob ma'lumotlari; 2) yuqori kuchlanishli ta'minlash liniyasi ulanish nuqtalaridagi quvvat miqdori va uning zaxirasi; 3) qurilmalar termik va dinamik chidamliligini sinash uchun qisqa tutashish quvvatlari; 4) tok va kuchlanishlar assimetriya koeffitsiyentlarining ruxsat etilgan qiymatlari; 5)

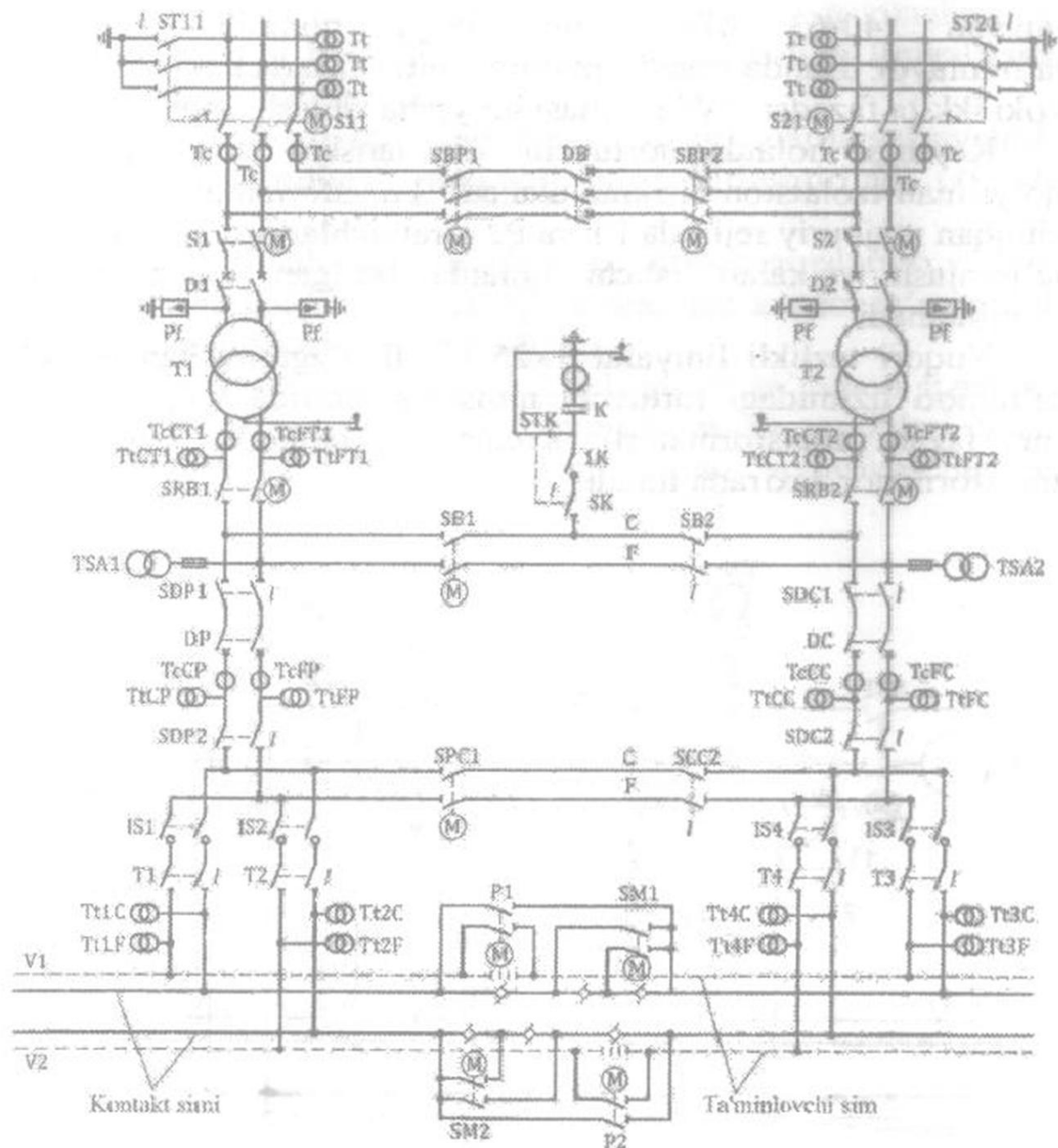
yuqori garmonikalar ulushi; 6) reaktiv quvvatning kamayish bo'sag'asi; 7) ta'minlovchi kuchlanish og'ishining ruxsat etilgan qiymati; 8) aloqa liniyasi kabellarining joylashish o'rni va xarakteristikalar.



10.8- rasm. Yaponiyaning "Sinkansen" yuqori tezlikli temir yo'l magistrallarida qo'llanilayotgan neytral qo'yilmadagi seksiyalash posti sxemasi va uning ishlash algoritmi: 1-seksiyalash posti; 2, 3 – tezkor avtomatik almashlab ulagichlar; 4, 11, 13 – topshiriq signallari ishlab chiquvchi tugunlardan; 5,6 – energetik tizim turli fazalaridan ta'minlash zonalari; 7, 10, 12, 14 – zonalarni ketma-ket bosqichda bosib o'tayotgan yuqori tezlikli poyezd; 8 – havoli izolyasion birikma; 9 – drosselli tutashma

Hisoblashlar asosida tortuvchi nimstansiyalar elektr parametrlari (quvvat, tok, o'zgartirgich qurilmalari soni), ularni va seksiyalash postlari hamda parallel ulash punktlarining joylashish o'rinlari aniqlanadi.

Yuqori tezlikli magistrallar 2x25 kV li elektr ta'minoti tizimidagi tortuvchi nimstansiyalar, odatda, oddiy konstruksiyaga ega bo'lgan bir fazali standart kuch transformatorlari bilan jihozlangan. Bu transformatorlar ikkilamchi chulg'amlari o'rtasidagi chiqishlari rels zanjiriga, ularning boshi va oxirlari kontakt tarmog'i va ta'minlovchi simga ulangan (10.9- rasm).



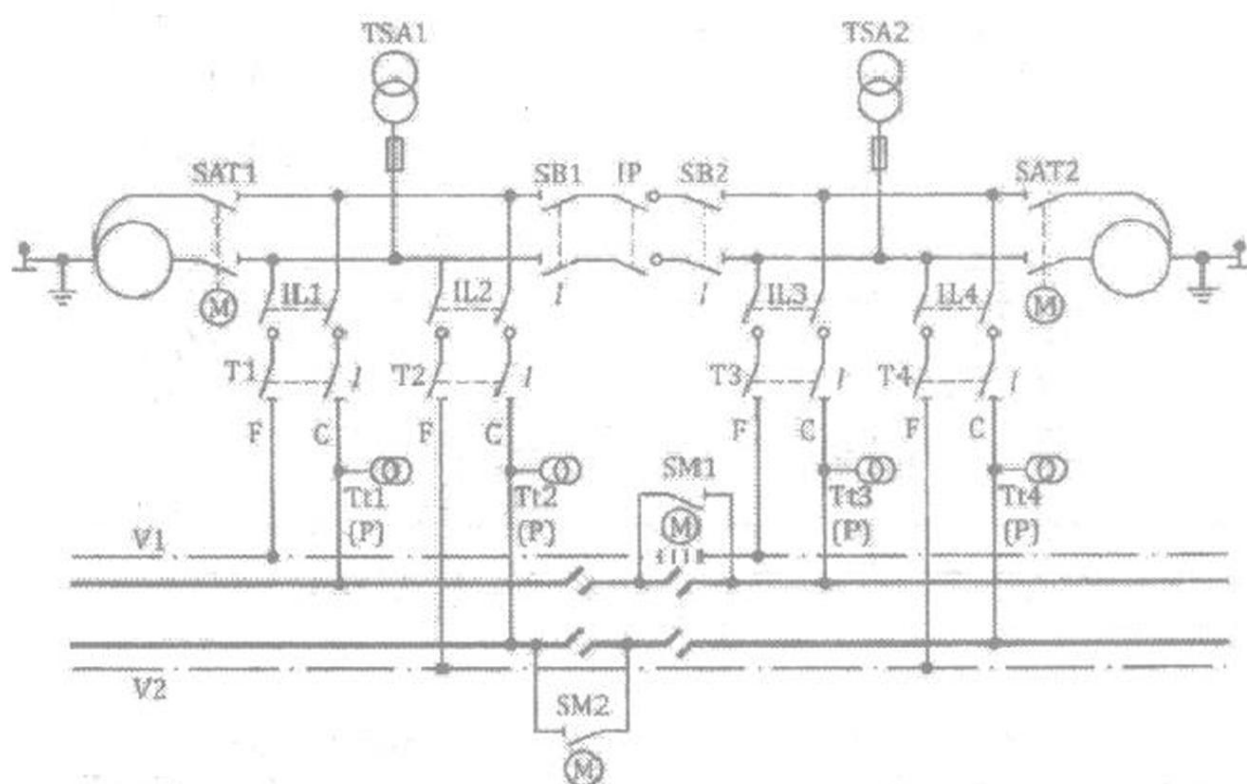
10.9- rasm. 2x25 kV li elektr ta'minoti tizimidagi SNCF rusumli (Fransiya) bir fazali kuch transformatorlari o'rnatilgan tranzit tortuvchi nimstansiya sxemasi: T1, T2 – bir fazali kuch transformatorlari; D1, D2, DB – ta'minlovchi kuchlanish yuqori kuchlanishli uzgichlari; DP, DC – kuch transformatori ikkilamchi tomonidagi uzgichlar; IS1, IS2, IS3, IS4 – elektr tortish tarmog'i ta'minlash liniyalari uzgichlari; S11, S21, S1, S2 va boshqalar – ajratkichlar; K – reaktiv quvvatni ko'ndalang kompensatsiyalash qurilmasi; TSA1, TSA2 – tortuvchi nimstansiyaning o'z ehtiyojlari transformatorlari; Pf – razryadniklar; T_c – o'lchash tok transformatorlari; T_t – o'lchash kuchlanish transformatorlari

Tortuvchi nimstansiya ulanish sxemasi normal rejimda chap va o'ng ta'minlash yelkalarini alohida-alohida bir fazali kuch transformatorlaridan ta'minlash imkonini beradi. Ular har birining

quvvati (40-63 MVA) nimstansiya nominal yuklamasini ta'minlaydi. Bunda transformatorlar bitta fazadan alohida parallel yoki ikkita fazadan "V" sxemasi bo'yicha ishlashi mumkin.

Keyingi holatda tortuvchi nimstansiya zonasiga neytral qo'yilmali izolatsion birikma ulanadi. Transformatorlar biri ishdan chiqqan majburiy rejimda P1 va P2 ajratkichlar orqali chap va o'ng ta'minlash yelkalari ishchi holatda bo'lgan transformatoridan ta'minlanadi.

Yuqori tezlikli liniyalar 1x25 kV li o'zgaruvchan tok elektr ta'minoti tizimidagi tortuvchi nimstansiyalarida ko'pincha uchta bir fazali transformatorli sxema qo'llaniladi. Bunda bitta transformator zaxirada turadi.



10.10- rasm. 2x25 kV, 50 Hz tizimli yuqori tezlikli liniya (Fransiya)dagi avtotransformator punkti bilan birlashtirilgan seksiyalash posti sxemasi: A1, A2 – 50/25 kV li avtotransformatorlar; IL1 – IL4 – ta'minlovchi liniya uzgichlari; T1 – T4 – liniya ajratkichlari; IP – tutashtirgich uzgichi; TSA1, TSA2 – tortuvchi nimstansiyaning o'z ehtiyojlari transformatorlari

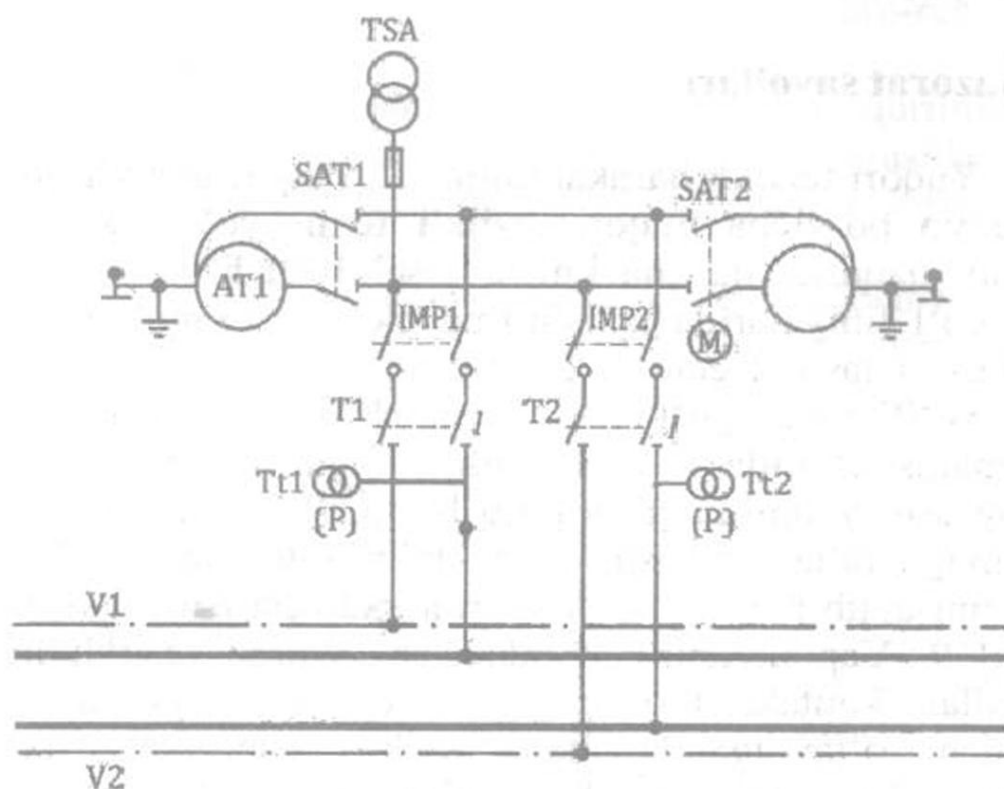
Rossiya Federatsiyasi va respublikamiz elektrlashgan temir yo'llari elektr ta'minoti tizimlarida keng qo'llaniladigan chulg'amlari yulduz-uchburchak ulangan uch fazali

transformatorlar murakkabligi va elektrotexnik uskunalarning o'lchamlari kattaligi bois uzoq chet el yuqori tezlikli liniyalarda amalda deyarli qo'llanilmaydi.

2x25 kV, 50 Hz tizimli yuqori tezlikli liniyalarda seksiyalash postlari avtotransformator punktlari bilan birlashtiriladi (10.10-rasm).

Neytral qo'yilmali seksiyalash posti nimstansiyalararo zonani ta'minlovchi energetik tizim har xil fazalaridan konsol ta'minotini amalga oshirish imkoniyatini beradi.

Yuqori tezlikli liniyalar 2x25 kV li elektr ta'minoti tizimida parallel ulanish punktlari ham avtotransformator punktlari bilan birlashtiriladi (10.11- rasm). Ammo uning zonasida neytral qo'yilmali izolatsion birikmadan foydalaniladi.



10.11- rasm. Fransiya yuqori tezlikli liniyasi 2x25 kV li elektr ta'minoti tizimidagi avtotransformator punkti bilan birlashtirilgan parallel ulash punkti sxemasi

Ta'minlash tarmog'idagi yuklama assimetriasini kamaytirish uchun ayrim holatlarda Skott sxemasi qo'llaniladi. Ammo Skott sxemasining yuklamani simmetriyalash xususiyati yuklamalar ta'minlash yelkalari bo'yicha teng bo'lgandagina samara beradi, xolos. Amalda ta'minlash yelkalaridagi yuklamalar deyarli teng

bo'lmaydi. O'rnatilgan quvvati 60 MVA bo'lgan nostandart kuch transformatorini ishlab chiqarish va uni montaj qilish tortuvchi nimstansiya narxini keskin oshirib yuboradi. Shunga qaramasdan, Yaponiya va Janubiy Koreya yuqori tezlikli liniyalarida Skott sxemasi va uning takomillashtirilgan Vudbridj sxemasi hozirgi kungacha qo'llanib kelinmoqda. Yevropa mamlakatlari va Rossiya Federatsiyasida ham simmetriyalovchi transformatorlarni takomillashtirish bo'yicha tadqiqotlar davom ettirilmoqda. Masalan, Rossiya Federatsiyasida professor R.R. Mamoshin sxemasi asosida simmetriyalovchi transformatorlar ishlab chiqarilmoqda. Lekin aytib o'tish joizki, katta quvvatli kuch transformatorlarining istalgan variantidagi maxsus sxema va konstruksiyasini joriy etish tortuvchi nimstansiya tannarxini keskin orttirib yuboradi

Nazorat savollari

1. Yuqori tezlikli harakat nima?
2. Yuqori tezlikli liniya nima?
3. Dunyo bo'yicha yuqori tezlikli temir yo'l magistralarining umumiy uzunligi qancha km ni tashkil etadi?
4. Yuqori tezlikli temir yo'l liniyalarida solishtirma elektr iste'mol quvvati necha MW/km ni tashkil etadi?
5. O'tkazish qobiliyati yuqori bo'lgan ikkita yo'lli temir yo'l liniyalarida-chi?
6. Yuqori tezlikli temir yo'l magistralarida iste'mol qilinayotgan elektr tortish quvvati qanday asosiy omillarga bog'liq bo'ladi?
7. Yuqori tezlikli temir yo'l magistralari tortish elektr ta'minoti tizimini kuchaytirish usullarini aytib bering!
8. Vudbridj sxemasi ishlashini tushuntirib bering!
9. Yaponiyaning "Sinkansen" yuqori tezlikli liniyalarida poyezdlar kontakt tarmog'ining neytral qo'yilma o'rnatilgan qismidan o'tayotganda ham elektr energiyasi ta'minotisiz qolmaydi. Bu qanday amalga oshirilgan?
10. Yuqori tezlikli temir yo'l magistralari elektr ta'minoti tizimini yuqori kuchlanishli koaksial kabellar yordamida kuchaytirish qanday amalga oshiriladi?
11. Tortish elektr ta'minoti tarmoqlari parametrlarini tanlash mezonlarini aytib bering!
12. Yuqori tezlikli temir yo'llar zonasida rels magnit maydoni kuchlanganligi va potentsiali qiymatlari haqida tushuncha bering!

Ayrim atamalar qisqacha izohlari (Glossariy)

Ajratgich – elektr zanjirining alohida qismlarini ularda tok bo'lganda yoki bo'lmaganda ulaydigan va uzadigan kommutatsion apparat.

Anker uchastkalarni o'zaro tutashtirish - elektrovoz tok qabul qilgichini kontakt osmasining anker uchastkasidan unga yondosh bo'lgan anker uchastkasiga to'siqsiz o'tishini ta'minlash maqsadida ularni o'zaro tutashtirilishi bo'lib, u izolatsiyalanmagan va izolatsiyalangan turlarga bo'linadi.

Avtoblokirovka uchun zaxira manba – avtoblokirovka yuqori kuchlanishli liniyasi uzilib qolganda foydalaniladigan qo'shimcha elektr ta'minoti manbayi bo'lib, o'zgaruvchan tok elektrlashgan temir yo'l uchastkalarida "Ikki sim-rels(ISR)" liniyasidan foydalaniladi.

Avtomatik qayta ulash – elektr ta'minoti qurilmalarini ulardagi qisqa tutashish va o'ta yuklanishlar natijasida releli himoya qurilmalari tomonidan manbadan ajratilganda ularni tezkor ravishda manbaga qayta ulash jarayoni.

Avtotransformator punkti – 2x25 kV tortish elektr ta'minoti tizimida qo'llaniladigan va tortuvchi nimstansiyadan tortish tarmog'iga uzatilayotgan elektr energiyasi kuchlanishini 50 – 55 kV dan 25 – 29 kV gacha pasaytirib beruvchi elektrotexnik uskuna bo'lib, u tortish tarmog'i bo'ylab tortuvchi nimstansiyalardan va bir-biridan har 10 – 20 km masofada o'rnatiladi.

Blok-uchastka – temir yo'l liniyasidagi stansiyalararo peregonning bir qismi bo'lib, undagi yondosh ajratish punktlari orasi avtomatik blokirovka yoki avtomatik lokomotiv signalizatsiya bilan jihozlanadi, har bir blok-uchastka uzunligi yondosh svetoforlar orasidagi masofaga teng.

Bo'ylama kompensatsiya - bir fazali o'zgaruvchan tok zanjirida induktiv qarshilikni kamaytirish maqsadida unga kondensator batareyalari ketma-ket ulangan sxema.

Daydi toklar – elektr energiyasini kontakt tarmog'idan elektrovozga uzatishda relslardan qaytuvchi sim sifatida foydalanilganda ulardan yerga va yer osti inshootlariga o'tadigan toklar.

Differensial himoya – zanjirning alohida elementlari va liniyalarini (bo'ylama himoya) hamda parallel ishlayotgan elementlarni va ikkita zanjirli liniyalarini (ko'ndalang himoya) himoyalovchi nisbiy saralash qobiliyatiga ega bo'lgan himoya.

Drossel-transformator – tortish tokini o‘zaro izolatsion tutashma bilan elektr jihatdan ajratilgan bir rels zanjiridan boshqasiga o‘tkazish uchun xizmat qiladigan transformator.

Ekranlovchi sim – kontakt tarmog‘i va unga yondosh bo‘lgan liniya bo‘ylab joylashtirilgan va ikkala uchi yerlangan qo‘shimcha o‘tkazgich sim bo‘lib, u yondosh liniya uchun ma‘lum darajada elektromagnit ekran vazifasini o‘taydi.

Elektr energiyasi rekuperatsiyasi (lotincha “requperatio” – qaytib olish, qaytarish) – biror bir jarayonda sarf bo‘layotgan elektr energiyasining bir qismini unda yana qayta foydalanish uchun manbaga qaytarish hodisasi bo‘lib, uning asosida elektr mashinaning yuzaga kelgan shart-sharoitga qarab ham motor, ham generator rejimlarida ishlashi yotadi.

Elektr harakat tarkibi – tortuvchi elektr motorlar bilan jihozlangan va kontakt tarmog‘i yoki avtonom manba (akkumulyator batareyalari)dan ta‘minlanadigan elektrovozlar, elektro poyezdlar va elektroseksiyalar.

Elektr ta‘minoti distansiyasi – temir yo‘lining ma‘muriy-xo‘jalik bo‘linmasi bo‘lib, o‘zining tarmog‘i va nimstansiyalari yordamida barcha temir yo‘l iste‘molchilarini elektr energiyasi bilan ta‘minotini amalga oshiradi.

Elektr ta‘minoti hududi - elektr ta‘minoti distansiyasining bo‘linmasi bo‘lib, elektr nimstansiyalari pasaytiruvchi transformatorlaridan boshlab to elektr tarmoqlarining elektr energiyasi iste‘molchilari(texnik xizmat ko‘rsatish punktlari, yo‘naltirgich(strelka) postlari, depolar, signalizatsiya va markaziy blokirovka hamda aloqa qurilmalari va boshqalar) kirishigacha bo‘lgan uchastkasiga texnik xizmat ko‘rsatadi.

Elektr ta‘minoti qurilmalarini telemexanik boshqarish – tortuvchi nimstansiyalar, seksiyalash postlari, parallel ulash punktlari va kontakt tarmog‘ining boshqa ob‘ektlari, signalizatsiya va markaziy blokirovka yuqori kuchlanishli liniyalari hamda bo‘ylama elektr ta‘minoti liniyalari qurilmalari ish faoliyatini masofadan boshqarish.

Elektr ta‘minoti qurilmalarining telemexanika tizimlari – elektrlashgan temir yo‘llar elektr ta‘minoti tizimi ob‘ektlarini markazlashgan masofadan boshqarish uchun mo‘ljallangan texnik vositalar majmuasi bo‘lib, ular hududiy tarqoq joylashgan elektr ta‘minoti tizimining ob‘ektlari - tortuvchi nimstansiyalar, seksiyalash postlari, parallel ulash punktlari, kontakt tarmog‘i ajratkichlari va boshqa qurilmalarni elektr harakat tarkibini

uzluksiz elektr energiyasi bilan ta'minlovchi yagona texnologik majmuaga birlashtirish imkoniyatini yaratadi.

Elektr ta'minoti tizimida telesignalizatsiya – tortuvchi nimstansiyalar, seksiyalash postlari, parallel ulash punktlari va kontakt tarmog'ining boshqa ob'ektlari, signalizatsiya va markaziy blokirovka yuqori kuchlanishli liniyalari hamda bo'ylama elektr ta'minoti liniyalari qurilmalarining ish faoliyati to'g'risidagi ma'lumotlarni energodispetcherga uzatish bo'lib, uning qurilmasi telemexanika tizimi tarkibiga kiradi.

Elektr ta'minoti tizimining tashqi(birlamchi) qismi - elektr ta'minoti tizimining elektr energiyasini ishlab chiqaruvchi elektr stansiyalari, transformator nimstansiyalari, elektr energiyasini tortuvchi nimstansiyalarga uzatuvchi liniyalardan tashkil topgan qismi bo'lib, uning tarkibiga tortuvchi nimstansiyalar kirmaydi.

Elektr ta'minoti tizimining tortuvchi(ikkilamchi) qismi - tortuvchi nimstansiyalar va tortish tarmog'ini o'z ichiga olib, tortish tarmog'i o'z navbatida kontakt tarmog'i, relslar, ta'minlovchi va so'ruvchi(qaytuvchi) liniya(fider)lar hamda kontakt osmasiga liniya bo'ylab bevosita yoki avtotransformator orqali ulanadigan simlar va qurilmalardan tashkil topgan bo'ladi.

Elektr tutashtirgich – rels liniyasining yondosh rels janjirlari o'rtasidagi qismi bo'lib, signal toki uchun katta qarshilikka ega bo'ladi va shuning uchun ham uni yondosh rels janjiriga o'tishiga to'sqinlik qiladi.

Elektr ulagich - kontakt tarmog'ining tok o'tkazuvchi sim bo'lakchasiga ega bo'lgan armaturasi bo'lib, kontakt tarmog'i simlarini elektr jihatdan ulash uchun xizmat qiladi.

Elektromontaj poyezdi - temir yo'lni elektrlashtirishda elektr montaj ishlarini bajarishga mo'ljallangan harakatlanuvchi bo'linma bo'lib, uning tarkibiga kontakt tarmog'i va tortuvchi nimstansiyalarni montaji bilan shug'ullanuvchi ishlab chiqarish punktlari kiradi.

Elektro poyezd – motorvagon harakat tarkibininig bir turi bo'lib, tarkibning boshi va oxirida motorli vagonlar, ular orasida ulangan tirkama vagonlardan tashkil topgan hamda tarkibning boshi va oxiridagi vagonlarda o'rnatilgan, tashqi elektr ta'minoti tizimidan tortuvchi nimstansiyalar va kontakt tarmog'i orqali elektr energiyasi bilan ta'minlanadigan tortuvchi elektr motorlar yordamida harakatga keltiriladi.

Elektrovoz –noavtonom lokomotiv bo'lib, unda o'rnatilgan va tashqi elektr ta'minoti tizimidan tortuvchi nimstansiyalar hamda

kontakt tarmog'i orqali elektr energiyasi bilan ta'minlanadigan tortuvchi elektr motorlar yordamida harakatga keltiriladi.

Energomontaj poyezdi – yuqori kuchlanishli elektr uzatish liniyasini quruvchi ishlab chiqarish korxonasi bo'lib, u 6, 10, 35 kV li elektr uzatish liniyalarini qurish va montaj qilish, shu jumladan, tayanchlarini o'rnatish, 0,4 -10 kV kuchlanishli tok iste'mol qiladigan barcha ob'ektlar elektr ta'minotini amalga oshirish, transformatorli nimstansiyalar jihozlari va 6, 10 kV li taqsimlash qurilmalarini montaj qilish kabi ishlarni amalga oshiradi.

Fazalash(fazirovka) - o'zgaruvchan tok tortuvchi nimstansiyalarining transformatorlari chulg'amlarini ta'minlovchi fiderlarga ulanish usuli bo'lib, unga ko'ra yondosh tortuvchi nimstansiyalar kontakt tarmog'ining bitta umumiy uchastkani ta'minlayotgan fiderlari tashqi elektr ta'minoti tizimining bitta (masalan, A) fazasidan elektr energiyasini oladi.

Fider zona - bitta nimstansiyadan ta'minlanayotgan va undan izolatsion tugun (izolatsion birikma yoki neytral qo'yilma)gacha bo'lgan kontakt tarmog'ining qismi.

Fider, fider liniyasi (inglizcha "feeder" so'zidan olingan bo'lib, feed – ta'minlamoq) – elektr stansiyasi yoki o'zgartiruvchi (shu jumladan, transformatorli) nimstansiya umumiy shinalarini shu shinalardan ta'minlanayotgan taqsimlovchi va iste'mol qiluvchi elektr tarmoqlari shinalari bilan o'zaro ulovchi havo yoki kabel liniyalari.

IBL - 94 kV tizimi - 94 kV kuchlanishli va 50(60) Hz chastotali ikkita simli bo'ylama liniyaga ega bo'lgan elektr ta'minoti tizimi.

Ikkita sim-rels(ISR) liniyasi - temir yo'l liniyasi bo'ylab joylashtirilgan va temir yo'l notortuvchi iste'molchilari hamda tuman iste'molchilarini elektr energiyasi bilan ta'minlashga mo'ljallangan 27,5 kV kuchlanishli uch fazali notortuvchi iste'molchilar elektr ta'minoti liniyasi bo'lib, uchinchi faza simi sifatida relslardan foydalaniladi.

Izolatsion tutashma – yondosh rels zanjirlarini elektr jihatdan o'zaro izolatsiyalash uchun xizmat qiladi.

Ko'ndalang kompensatsiya - bir fazali o'zgaruvchan tok zanjirida induktiv qarshilikni kamaytirish maqsadida unga kondensator batareyalari ko'ndalang ulangan sxema.

Kontakt osmasi – kontakt tarmog'i kontakt simi, ushlab turuvchi sim va kuchaytiruvchi sim to'plami bo'lib, ularning

o'zaro joylashishi, mexanik ulanishi, materiali va kesimi elektr energiyasini tortuvchi nimstansiyadan elektrovozga yetarli darajada sifatli yetkazishni ta'minlaydi.

Kontakt qo'yilma – elektrovozni elektr energiyasi bilan ta'minlashda kontakt simi bilan bevosita ta'sirlashadigan va tok qabul qilgichda mahkamlanadigan hamda vaqti-vaqti bilan almashtirib turiladigan element.

Kontakt simi - kontakt osmasining asosiy yoki yagona simi bo'lib, elektr energiyasini elektrovozga uzatish jarayonida tok qabul qilgich bilan bevosita kontaktda bo'ladi.

Kontakt simining kuyishi – elektr toki(elektr yoyi)ning issiqlik ta'siri natijasida kontakt simining uzilishi.

Kontakt tarmog'i - elektr energiyasini tortuvchi nimstansiyadan tok qabul qilgich orqali elektrovozga uzatish uchun xizmat qiladigan qurilmalar majmuasi bo'lib, uning tarkibiga kontakt simi, ushlab turuvchi tros, kuchaytiruvchi sim, ekranlovchi sim, tayanchlar, mahkamlovchi qurilmalar(konsollar, egiluvchan ko'ndalang tizimlar(гибкие поперечины), qattiq ko'ndalang tizimlar va izolatorlar kiradi.

Kontakt tarmog'i hududi - elektr ta'minoti distansiyasining bo'linmasi bo'lib, kontakt tarmog'i(uzunligi 25 – 50 km), fider liniyalari, bo'ylama elektr ta'minoti liniyalari va avtomatik blokirovka liniyalariga texnik xizmat ko'rsatish hamda ularni ta'mirlash ishlarini amalga oshiradi.

Kontakt tarmog'i kuchlanishini yuklama ostida rostlash - tortuvchi nimstansiyadagi tortuvchi transformatorida o'rnatilgan maxsus qurilma yordamida kuchlanishni talab qilingan qiymatda ushlab turish uchun uni rostlash jarayoni bo'lib, ko'pincha tortuvchi transformator birlamchi chulg'amlari o'ramlar sonini o'zgartirish hisobiga amalga oshiriladi.

Kuchaytiruvchi sim – kontakt osmasiga elektr jihatdan ulangan va kontakt tarmog'i qarshiligini kamaytirishga xizmat qiladigan hamda kontakt tarmog'i bo'ylab joylashtirilgan qo'shimcha sim.

Kuchlanish pasayishi – tortish tarmog'i tegishli uchastkasining boshi va oxiridagi kompleks kuchlanishlar ayirmasi, ya'ni kuchlanishlar geometrik ayirmasi.

Kuchlanish yo'qolishi – tortish tarmog'i tegishli uchastkasi boshi va oxiridagi kuchlanishlar modul qiymatlarining ayirmasi, ya'ni kuchlanishlar arifmetik ayirmasi.

Kuchlanishlar nosimmetriyasi – tortish tarmog‘ining barcha elementlarida toklar nosimmetriyasi tufayli fazalar va fazalararo kuchlanishlar qiymatlarining o‘zaro teng bo‘lmashligi hamda (yoki) ularning o‘zaro faza jihatdan siljishi 120° dan farq qilishi.

Limitlovchi peregon - nimstansiyalararo zona o‘tkazish qobiliyatini belgilovchi peregon.

Magistral temir yo‘l tortuvchi nimstansiyasi - elektr energiyasini o‘zgartirish va elektr harakat tarkibini va temir yo‘l boshqa iste’molchilarini elektr energiyasi bilan ta’minlash uchun xizmat qiladigan elektr jihozlar majmuasi bo‘lib, tashqi elektr ta’minoti tizimiga ulanish turiga ko‘ra tayanch va oraliq tortuvchi nimstansiyalarga bo‘linadi.

Masofaviy himoya – zanjirni faqat shikastlangan uchastkasini ajratishga mo‘ljallangan va nisbiy saralash qobiliyatiga ega bo‘lgan yo‘naltirilgan himoya.

Moyli uzgich – yuqori kuchlanishli uzgich bo‘lib, kontaktlar ajralayotganda paydo bo‘ladigan yoy transformator moyi yordamida o‘chiriladi.

Nimstansion zona - bitta nimstansiyaga birlashgan ikkita fider zona.

Oraliq tortuvchi nimstansiya - tayanch tortuvchi nimstansiyalar oralig‘ida joylashgan bo‘lib, u tranzit va “otpayka”li tortuvchi nimstansiya kabi turlarga bo‘linadi.

Parallel ulash punktlari – ikkita va ko‘p yo‘lli temir yo‘l uchastkalari kontakt tarmog‘i simlarini o‘zaro parallel ulashga xizmat qiladigan elektrotexnik uskuna bo‘lib, bitta yo‘l kontakt tarmog‘ida qisqa tutashish yuz birganda uning boshqa shikastlanmagan qismlari elektr energiyasi ta’minotini avtomatik ravishda tiklaydi.

Peregon - temir yo‘i liniyasining ajratish punktlari orasidagi qismi bo‘lib, bir-biridan svetoforlar bilan chegaralangan blok-uchastkalardan tashkil topgan.

Qisqa tutashtirgichlar - 1000 kV dan yuqori kuchlanish ostida bo‘lgan elektr uskunalarda zanjirlarida sun‘iy ravishda qisqa tutashishlarni yuzaga keltiruvchi kommutatsion elektr apparat.

Releli himoya - qisqa tutashish va anormal rejimlarni aniqlaydigan hamda zarurat bo‘lganda uzgich kontaktlarini ajratish mexanizmiga ta’sir ko‘rsatadigan avtomatik qurilma.

Rels bo‘laklarini o‘zaro ulagich – rels liniyalarida signal va tortish toklarini o‘tishi uchun yondosh rels bo‘laklarini o‘zaro ulashda foydalaniladigan sim.

Rels liniyalari - o'tkazgich simlar sifatida temir yo'l rels tolalari ishtirok etadigan, bitta rels zanjiri doirasida o'zaro elektr jihatdan ulangan alohida relsli zvenolardan tashkil topgan va, odatda, yondosh rels tolalaridan izolatsion tutashmalar yordamida izolatsiyalangan elektr liniya.

Rels zanjiri - o'tkazgich simlar sifatida temir yo'l rels tolalari ishtirok etadigan, elektr energiyasi manbai va yuklama(rele)dan tashkil topgan elektr zanjiri.

Seksion izolator - temir yo'l stansiyasi asosiy va chekka temir yo'llari kontakt tarmog'ini seksiyalashda qo'llaniladigan qurilma bo'lib, uni oddiy izolatoridan farqi shundaki, u orqali elektrovoz tok qabul qilgich sirpang'ichi(polozi) o'tadi.

Seksiyalash posti -kontakt tarmog'ining ayrim qismlari ta'mirlanishga muhtoj bo'lganda yoki shikastlanganda uni manbadan ajratish imkonini beruvchi elektrotexnik qurilma bo'lib, uning tarkibiga izolatsiyalovchi birikmalar, tezkor uzgichlar, yig'ma shinalar, seksion ajratkichlar va boshqa yordamchi elementlar kiradi.

Shartli peregon - bittadan ko'p bo'lmagan poyezd band qilishi mumkin bo'lgan temir yo'l bo'lagi.

Sig'imli kompensatsiya - elektr tarmog'idagi reaktiv quvvatni kondensator qurilmalari yordamida kompensatsiyalash jarayoni.

Simmetriyalovchi transformator - bir fazali temir yo'l yuklamasidan uch fazali ta'minlash liniyalarida yuzaga keladigan toklar nosimmetriyasini kamaytirish maqsadida qo'llaniladigan maxsus transformator(masalan, Skott, Vudbridj, Mamoshin transformatorlari).

So'ruvchi transformator - bitta ferromagnit o'zakka o'ralgan va ikkita chulg'amdan tashkil topgan elektromagnit statik qurilma bo'lib, u kontakt tarmog'i va tortish toki zanjirining qaytuvchi qismi orasidagi induktiv bog'lanishni oshiradi va buning natijasida relslardan yerga o'tayotgan toklar relsga qayta so'rib olinadi.

SR-25 - "sim - rels" avtoblokirovkaning bir fazali tortish elektr ta'minoti tizimi.

Taqsimlash punkti(almashlab ulash punkti) - taqsimlovchi elektr qurilmasi bo'lib, bir hil kuchlanishli elektr energiyasini o'zgartirmasdan va transformatsiyalamasdan qabul qilish va taqsimlash uchun xizmat qiladi.

Tayanch tortuvchi nimstansiya – uchta va undan ortiq yuqori (110, 150 yoki 220 kV) kuchlanishli elektr uzatish liniyalaridan ta'minlanadigan tortuvchi nimstansiya.

Temir yo'l tugunining taqsimlash tarmog'i - temir yo'l tugunidagi yuqori kuchlanishli uskunalar va elektr liniyalar majmuasi bo'lib, elektr energiyasini tortuvchi nimstansiyadan, tashqi energetik tizimdan yoki tugun elektr stansiyasidan uzatish va uni temir yo'l tugunlari iste'molchilariga taqsimlash uchun xizmat qiladi.

Temir yo'llar elektr ta'minoti tizimi - elektr stansiyalar generatorlaridan boshlab to tortish tarmog'idagi qurilmalar majmuasi.

Tezkor uzgich – 1000 kV dan yuqori kuchlanish ostida bo'lgan zanjirlarni normal va avariya rejimlarida uzish va ulash uchun xizmat qiladigan apparat.

Toklar nosimmetriyasi – elektrlashgan temir yo'llar tortish tarmog'ida nosimmetrik yuklama tufayli fazalar toklari qiymatlarining o'zaro teng bo'lmasligi va (yoki) ularning o'zaro faza jihatdan siljishi 120° dan farq qilishi.

Tortish relsi – temir yo'i elektrlashgan uchastkasi relsi bo'lib, undan tortish toki o'tadi hamda tortish tarmog'i elementi hisoblanadi.

Tortish tarmog'i – tortish elektr ta'minoti tizimining bir qismi bo'lib, uning tarkibiga ta'minlovchi va so'ruvchi (qaytuvchi) fiderlar, kontakt tarmog'i va rels tarmog'i kiradi.

Tortish tarmog'ining majburiy ish rejimi - tortish tarmog'idagi bitta nimstansiya, ayrim paytlarda, hattoki ikkita yondosh nimstansiyalarni yoki ta'minlovchi fiderlarni rejali yoki avariya natijasida ish faoliyatini to'xtatishi.

Tortish yuklamasining nosinusoidalligi – elektr harakat tarkibi iste'mol qilayotgan tok zanjiridagi qarshilikning doimiy emasligi(undagi yarim o'tkazkichli to'g'rilagich sxemalari ventillari qarshiliklarini o'tayotgan tok yo'nalishi va kattaligiga bog'likligi) tufayli yuzaga kelishi.

Tortuvchi nimstansiya o'z ehtiyojlari transformatori - tortuvchi nimstansiyaning o'zidagi elektr energiyasi iste'molchilari – avtomatika va telemexanika qurilmalari, akkumulyator batareyasini zaryadlash qurilmalari, ventilyatsiya, yoritish elektr jihozlari va boshqa qurilmalarni elektr ta'minoti uchun mo'ljallangan transformator bo'lib, odatda, bunda quvvati 250-400 kVA, ikkilamchi kuchlanishi 220/127 V yoki 380/220 V

bo'lgan uch fazali, ikkita chulg'amli va moyli sovutish tizimiga ega bo'lgan transformatorlardan foydalaniladi.

Tortuvchi nimstansiya taqsimlash qurilmasi – elektr energiyasini qabul qilish va uni tortuvchi va notortuvchi iste'molchilarga taqsimlovchi elektr uskunasi bo'lib, uning tarkibiga o'zaro shina va simlar bilan ulangan kommutatsion, himoya, o'lchash va yordamchi qurilmalar kiradi.

Tortuvchi nimstansiya transformatori - o'zgaruvchan tok elektr energiyasi kuchlanishini o'zgartirishga mo'ljallangan va elektr harakat tarkibini va tortish tarmog'i boshqa iste'molchilarini elektr energiyasi bilan ta'minlashga xizmat qiladigan yuqori kuchlanishli statik qurilma bo'lib, o'zgaruvchan tok tortuvchi nimstansiyalarida uning uch va bir fazali rusumlari qo'llaniladi.

Tranzit tortuvchi nimstansiya – oraliq tortuvchi nimstansiya bo'lib, u bitta ta'minlash liniyasiga kesma ko'rinishida ulanadi.

Tutashma biriktirgichi – ikkita yondosh relsni o'zaro yuqori va mutadil elektr o'tkazuvchanlik bilan ulanishini ta'minlovchi elektr o'tkazgich sim.

Ushlab turuvchi tros – zanjirli kontakt osmasi simi bo'lib, kontakt tarmog'ining mahkamlovchi qurilmalariga qotiriladi hamda kontakt simi unga tor(struna)lar yordamida osiladi.

Yo'l reaktori - o'zgaruvchan tok rels janjirlarida qarshilikni chegaralash uchun qo'llaniladigan elektr apparat bo'lib, ferromagnit o'zakli induktiv g'altak ko'rinishida yasaladi.

Yuqori kuchlanishli avtoblokirovka liniyasi – temir yo'l liniyasi bo'ylab quriladigan va avtomatik blokirovka qurilmalarini elektr energiyasi bilan ta'minlaydigan 6 -10 kV kuchlanishli uch fazali uch simli elektr uzatish liniyasi.

Yuqori tezlikli harakat – agar yo'lovchi tashuvchi poyezdlar tezligi 200 km/soat dan oshsa, u holda bunday harakat yuqori tezlikli harakat deb ataladi.

Yuqori tezlikli liniya – temir yo'l liniyasining barcha qismlarida yoki uning ma'lum bir bo'laklarida yo'lovchi tashuvchi poyezdlar tezligi 200 km/soat dan oshsa, u holda bunday liniya yuqori tezlikli liniya deb ataladi.

“Otpayka”li tortuvchi nimstansiya – oraliq tortuvchi nimstansiya bo'lib, u ikkita ta'minlash liniyalariga “otpayka” ko'rinishida ulanadi.

1,5 kV va 3 kV tizimi - 1,5 kV va 3 kV kuchlanishli o'zgarmas tok elektr ta'minoti tizimi.

15 kV tizimi - 15 kV kuchlanishli va $16\frac{2}{3}$ (25) Hz chastotali o'zgaruvchan tok elektr ta'minoti tizimi.

25 kV tizimi - 25 kV kuchlanishli va 50(60) Hz chastotali o'zgaruvchan tok elektr ta'minoti tizimi.

2x25 kV tizimi - 2x25 kV kuchlanishli va 50(60) Hz chastotali o'zgaruvchan tok elektr ta'minoti tizimi.

1. Аллаев К.Р. Энергетика мира и Узбекистана. Аналитический обзор. – Ташкент: Издательство «Молия» Банковско-финансовой академии, 2007. – 388 с.
2. Бадер М.П. Электромагнитная совместимость: учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта. – Москва: Маршрут, 2003. – 644 с.
3. Бардушко В.Д. Общая энергетика: учебное пособие/ В.Д. Бардушко, А.В. Крюков. –Иркутск: Изд – во ИрГУПС, 2008. – 77 с.
4. Баянов И.Н. Контакт тармоғи: олий ўқув юртлари талабалари учун ўқув қўлланма. –Тошкент: “Фан ва технологиялар” нашриёти, 2010. – 151 б.
5. Бородулин Б. М. Симметрирование токов и напряжений на действующих тяговых подстанциях переменного тока // Вестник / Всерос. науч.-иссл. ин-т ж.-д. транспорта. — 2003. — № 2. — С. 17–24.
6. Быкадоров А.Л. ЭВМ в расчетах и моделировании электроснабжения железных дорог: учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта. – Ростов на Дону: РГУПС, 1994. – 59 с.
7. Василянский А.М., Мамошин Р.Р., Якимов Г.Б. Совершенствование системы тягового электроснабжения железных дорог, электрифицированных на переменном токе 27,5 кВ, 50 Гц//Железные дороги мира.– 2002, №8. – с. 40 – 46.
8. Воронин А.В. Электроснабжение электрифицированных железных дорог. Учебник для техникумов. ж.-д. транспорта – Москва, изд-во «Транспорт», 1971. – 296 с.
9. ВСН 446-Н Ведомственные технические указания по производству и приемке строительных и монтажных работ при электрификации высокоскоростных железных дорог (устройства контактной сети). Ташкент, 2010. ГАЖК «УТЙ». – 70 с.
10. ВСН 447-Н Ведомственные технические указания по проектированию контактной сети высокоскоростных железных дорог. Ташкент, 2010. ГАЖК «УТЙ». – 134 с.
11. ВСН 448-Н Инфраструктура высокоскоростной железнодорожной линии «Ташкент – Самарканд». Общие технические требования. Ташкент, 2010. ГАЖК «УТЙ» - 61 с.
12. Высокоскоростной железнодорожный транспорт. Общий курс: учебное пособие в 2-х томах/И.П. Киселев и др.;

под ред. И.П. Киселева. – Москва: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014, т. 1(308 с.) и т.2(372 с.).

13.Высокоскоростной наземный транспорт с линейным приводом и магнитным подвесом/В.И. Бочаров, В.А. Винокуров и др. Москва: Транспорт, 1985. – 279 с.

14.ГОСТ 12393-2013. Межгосударственный стандарт. Арматура контактной сети железной дороги линейная. Общие технические условия. Москва: Стандартинформ, 2015.- 21 с.

15.ГОСТ 32676-2014. Реакторы для тяговых подстанций железной дороги сглаживающие. Общие технические условия. Москва: Стандартинформ, 2015.- 15 с.

16.ГОСТ 32679-2014. Межгосударственный стандарт. Контактная сеть железной дороги. Технические требования и методы контроля. Москва: Стандартинформ, 2015.- 16 с.

17.ГОСТ 32680-2014. Межгосударственный стандарт. Токосъемные элементы контактные токоприемников электроподвижного состава. Общие технические условия. Москва: Стандартинформ, 2015.- 22 с.

18.ГОСТ 32697-2014. Межгосударственный стандарт. Тросы контактной сети железной дороги несущие. Технические условия. Москва: Стандартинформ, 2015.- 12 с.

19.ГОСТ 32895-2014. Межгосударственный стандарт. Электрификация и электроснабжение железных дорог. Термины и определения. Москва: Стандартинформ, 2014.-42 с.

20.ГОСТ Р 55176.2-2012 (МЭК 62236-2:2008). Национальный стандарт Российской Федерации. Совместимость технических средств электромагнитная. Системы и оборудование железнодорожного транспорта. Часть 2. Электромагнитные помехи от железнодорожных систем в целом во внешнюю окружающую среду. Требования и методы испытаний. Москва: Стандартинформ, 2014.- 32 с.

21.Дворовчикова Т.В., Зимакова А.Н. Электроснабжение и контактная сеть электрифицированных железных дорог: Учебное пособие по дипломному проектированию для техникумов ж. -д. транспорта. –Москва: Транспорт, 1989. – 199 с.

22.Железнодорожный транспорт: Энциклопедия/Гл. ред. Н.С. Конарев. –Москва: Большая Российская энциклопедия,1994. –559 с.

23. Закарюкин В.П. Электроснабжение электрифицированных железных дорог переменного тока: лабораторный практикум. – Иркутск: ИрГУПС, 2014. – 66 с.

24. Игнатенко И.В. Электроснабжение железных дорог: учебное пособие в 2-х частях, ч.1 и ч.2/И.В. Игнатенко. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2013. – 113 с и 136 с.

25. Котельников А.В. Электрификация железных дорог. Мировые тенденции и перспективы/ А.В. Котельников. – Москва: Интекст, 2002. – 104 с.

26. Мамошин Р.Р., Зимакова А.Н. Электроснабжение электрифицированных железных дорог. Учебник для техникумов ж. – д. транспорта. – Москва: Транспорт, 1980. – 296 с.

27. Марквардт К.Г. Электроснабжение электрифицированных железных дорог. Учебник для вузов ж. – д. транспорта. – Москва: Транспорт, 1982. – 528 с.

28. Маслов Г.П. Электроснабжение железных дорог: конспект лекций в 3-х частях/Г. П. Маслов, Г.С. Магай, О.А. Сидоров. – Омск: Изд-во ОмГУПС, 2006. – 48 с, 63 с, 47 с.

29. Михеев В.П. Контактные сети и линии электропередачи/В.П. Михеев. М.: Маршрут, 2003. – 416 с.

30. Петров Е. Б. Электрические подстанции: методическое пособие по дипломному и курсовому проектированию. Москва: Маршрут, 2004. – 245 с.

31. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации. – Москва, 2011. – 255 с.

32. Правила устройства и технической эксплуатации контактной сети электрифицированных железных дорог (Э-1). ГАЖК «Ўзбекистон темир йўллари». – Ташкент: типография ГАЖК «Ўзбекистон темир йўллари», 2014. – 128 с.

33. Правила устройства электроустановок (ПУЭ)/Государственная инспекция «Узгосэнергонадзор». Под общей редакцией А.Д. Ниматуллаева, Б.Т. Ташпулатова, А.И. Усманова. – Ташкент: Изд – во “Fan - Poligraf”, 2011. – 746 с.

34. Правила устройства электроустановок. Москва: Главэнергонадзор России, 2010. – 549 с.

35. Руководящие материалы по релейной защите систем тягового электроснабжения. – ЦЭ ОАО «РЖД». 2005. – 320 с.

36. Русча – ўзбекча политехника атамалари луғати/О.У. Салимов, А.С. Каримов ва бошқалар. – Тошкент: “Фан” нашриёти, 1995. – 356 б.

37. Система тягового электроснабжения 2х25 кВ/Б.М. Бородулин, М.И. Векслер, В.Е. Марский, И.В. Павлов. - Москва: Транспорт, 1989. – 247 с.
38. Справочник по электроснабжению железных дорог. Том 1 (256 с) и 2 (392 с)/Под ред. К.Г. Марквардта. – Москва: Транспорт, 1980 и 1981 г.
39. Темир йўл атамаларининг русча – ўзбекча ўқув лугати/А.Э. Одилахўжаев умумий тахрири остида. – Тошкент: “Фан” нашриёти, 2008. – 227 б.
40. Тер-Оганов Э. В. Расчет и анализ работы системы электроснабжения электрифицированных железных дорог с применением ЭВМ. - Екатеринбург : УрГУПС, 2009. – 97 с.
41. Тер-Оганов Э.В. Применение имитационного моделирования для расчета и анализа работы системы электроснабжения: учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта. – Екатеринбург: УРЭМИИТ. 1993. – 106 с.
42. Фигурнов Е.П. Релейная защита: учебник для вузов ж.-д. транспорта. – Москва: Маршрут, 2001. – 716 с.
43. Ҳамидов Н.А., Турдибеков К.Х. Электр энергиясини ишлаб чиқариш, узатиш, тақсимлаш ва уларни автоматлаштириш: олий ўқув юртлари талабалари учун ўқув қўлланма. – Тошкент: “Фан ва технологиялар” нашриёти, 2010. – 188 б.
44. Чернов Ю. А. Электроснабжение электрических железных дорог. Курс лекций. -Москва : МГУПС, 2009. — 165 с.
45. Шалимов М.Г. Мешающие влияния электрифицированных железных дорог на смежные устройства / /Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 1996. – 107 с.
46. Шалимов М.Г. Современное состояние и пути совершенствования систем электроснабжения электрических железных дорог/М.Г. Шалимов, Г.П. Маслов, Г.С. Магай/Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2002. – 49 с.
47. Электр қурилмаларни эксплуатация қилишда хавфсизлик техникаси қоидалари/А.Ж. Ниматуллаев, А.И. Усмоновнинг умумий тахрири остида.–“Ofset print” MChJ, “Nihol” nashriyoti, 2014 y. – 288 b.
48. Электрификация и развитие инфраструктуры энергообеспечения тяги поездов скоростного и высокоскоростного железнодорожного транспорта: материалы Шестого Международного симпозиума «Eltrans'2011», 25-28 октября 2011г. – СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения, 2012. – 110 с.

49. Электрификация и развитие инфраструктуры энергообеспечения тяги поездов скоростного и высокоскоростного железнодорожного транспорта: материалы Шестого Международного симпозиума «Eltrans'2013», 8-11 октября 2013 г. – СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения, 2015. – 350 с.

50. Электрификация, инновационные технологии, скоростное и высокоскоростное движение на ж.-д. транспорте: материалы пятого Международного симпозиума «Элтранс - 2009», 20-23 октября 2009 г. – СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения, 2010. – 637 с.

51. Электрические железные дороги: учебник для вузов ж.-д. транспорта/Под. Ред. В.П. Феокистова, Ю.Е. Просвинова. – Самара: Изд-во СамГАПС, 2006. – 312 с.

52. Электроснабжение железных дорог : учебник для студентов университета (УрГУПС) / Э. В. Тер-Оганов, А. А. Пышкин. — Екатеринбург : Изд-во УрГУПС, 2014. — 432 с.

53. Электроснабжение нетяговых потребителей железнодорожного транспорта. Устройство, обслуживание, ремонт: учебное пособие для студентов вузов, техникумов и колледжей и профессиональной подготовки работников ж. – д. транспорта/Под ред. В.М. Долина. – Москва: ФГОУ Учебно-методический центр по образованного на ж. – д. транспорте, 2011. – 304 с.

54. Якубов М.С. Энергетиканинг математик масалалари: олий ўқув юртлари талабалари учун ўқув қўлланма. – Тошкент: “Фан ва технологиялар” нашриёти, 2010. – 192 б.

55. Amirov S.F., Yoqubov M.S., Jabborov N.G'. Elektrotexnikaning nazariy asoslari, 1-, 2- va 3- kitoblar. Oliy o'quv yurtlari talabalari uchun o'quv qo'llanma. – Toshkent: “O'zbekiston” nashriyot matbaa ijodiy uyi, 2007 y. – 141 b, 128 b, 160 b.

56. Amirov S.F., Yoqubov M.S., Jabborov N.G', Sattarov X.A., Balgayev N.E. Elektrotexnikaning nazariy asoslaridan masalalar to'plami: oliy o'quv yurtlari talabalari uchun o'quv qo'llanma. – Toshkent: “Adabiyot uchqunlari” nashriyoti, 2015 y. – 420 b.

57. Hamidov N.A. Yuqori kuchlanish texnikasi va izolatsiya: oliy o'quv yurtlari talabalari uchun darslik. - Toshkent: “Fan va texnologiya” nashriyoti, 2011. – 200 b.

58. Muhiddinov Sh.Q., Muxamedjanov M.F. Elektrlashgan temir yo'llar elektr ta'minoti: amaliy va mustaqil ishlarni bajarish uchun uslubiy o'quv ko'rsatma. -Toshkent: Toshkent temir yo'l muhandislari instituti, 2015. – 43 b.
59. Safarov A.M. Elektronika asoslari: oliy o'quv yurtlari talabalari uchun o'quv qo'llanma. -Toshkent: "Adabiyot uchqunlari" nashriyoti, 2015. – 376 b.
60. Safarov A.M., G'oyibov T.Sh., Sulliyev A.X. Elektr tarmoqlari tizimlari: oliy o'quv yurtlari talabalari uchun o'quv qo'llanma. -Toshkent: Tafakkur bo'stoni, 2013. – 244 b.
61. Andreas Steimel "Electric Traction - Motive Power and Energy Supply" Oldenbourg Industrieverlag, 2008 – 333p.
62. Eduardo Pilo "Power Supply, Energy Management and Catenary Problems" WIT Press, 2010 – 187p
63. Friedrich Kiessling, Peter Nefzger, Joao Felix Nolasco, Ulf Kaintzyk "Overhead Power Lines: Planning, Design, Construction" Springer, 2003 – 759p.
64. Sidney Aylmer-Small "Electrical Railroading; Or, Electricity as Applied to Railroad Transportation" BiblioLife, 2015 - 948p.
65. Kiesling F., Pushman R., Schmieder A. "Contact lines for electric railways: planning, design, implementation, maintenance". Berlin and Munich: Wiley, 2009 – 994 p.
66. Rodney Hitt. "Electric Railway Dictionary". New York, 2008 – 416p.
67. Clifford F. Bonnett "Practical Railway Engineering". Imperial College Press, 2005 – 190p.
68. S.N.SINGH "Electric power generation: transmission and distribution" PHI Learning Pvt. Ltd. 2008 - 452p.
69. George Woodman Hilton, John Fitzgerald Due "The Electric Interurban Railways in America" Stanford University Press, 2000 – 463p.
70. Andy Sperandio "Easy Model Railroad Wiring" Kalmbach Publishing, Co., 1999 – 128p.
71. E.Pilo L. Rouco, and A. Fernandez "A reduced representation of 2x25kV electrical systems for high-speed railways" Joint Rail Conference, Chicagi, 2003

Test savollari

№	Savollar	A	B	C	D
1	1.1 Qanday qurilmalar majmuasi elektrlashgan temir yo'llar elektr ta'minoti tizimini tashkil etadi?	elektr stansiyalar generatorlaridan boshlab to tortish tarmog'idagi qurilmalar majmuasi	elektr stansiyalar generatorlaridan boshlab to tortuvchi nimstansiyalardagi qurilmalar majmuasi	tortuvchi nimstansiyalar-dan boshlab to tortish tarmog'idagi qurilmalar majmuasi	elektr stansiyalar generatorlaridan boshlab to elektr uzatish liniyalaridagi qurilmalar majmuasi
2	1.1 Yuk tashish tannarxi elektr tortishda avtonom (teplovoz yordamida) tortishga nisbatan qanchaga farq qiladi?	1,5-2 marta yuqori	farq qilmaydi	1,5-2 marta past	1,5-2,5 marta past
3	1.1 Elektr ta'minoti tizimi birlamchi yoki tashqi qismiga ... kiradi	elektr stanstiyadan tortuvchi nimstanstiyalar-gacha bo'lgan qurilmalar	elektr stanstiyadan elektr uzatish liniyasigacha bo'lgan qurilmalar	tortuvchi nimstanstiyadan tortuvchi nimstanstiya-gacha bo'lgan qurilmalar	tortuvchi nimstanstiyadan tortuvchi iste'molchilar-gacha bo'lgan qurilmalar
4	1.1 Dunyo miqyosida umumiy tashishning taxminan necha foizi elektr tortishga to'g'ri keladi?	25 %	55 %	50%	45 %

5	1.2	Elektr ta'minoti tizimining tortuvchi(ikkilamchi) qismiga nimalar kiradi?	tortish tarmog'i	tortuvchi nimstansiyalar	tortuvchi nimstansiyalar va kontakt tarmog'i	tortuvchi nimstansiyalar va kontakt tarmog'i
6	1.2	Tortish tarmog'iga nimalar kiradi?	kontakt tarmog'i, relslar	kontakt osmasiga liniya bo'ylab ulanadigan simlar va qurilmalar	ta'minlovchi va so'ruvchi(qay-tuvchi) liniya(fider)lar	A, B, C
7	1.2	Temir yo'llar elektr ta'minoti qancha kuchlanishli elektr uzatish liniyalaridan amalga oshiriladi?	6, 110, 220 kV	35, 110, 220 kV	6, 10, 110 kV	10, 35, 110 kV
8	1.2	Dunyo miqyosida qanday kuchlanishli tortish elektr ta'minoti tizimlari qo'llaniladi?	1,5 kV va 3 kV kuchlanishli o'zgarmas tok; 15 kV kuchlanishli va $16\frac{2}{3}$ (25) Hz chastotali o'zgaruvchan tok	A, C, D	2x25 (94) kV kuchlanishli va 50(60) Hz chastotali o'zgaruvchan tok	25 (50) kV kuchlanishli va 50(60) Hz chastotali o'zgaruvchan tok
9	1.2	Nimstansiya shinalaridagi kuchlanish odatda nominal kuchlanishdan qanchaga ko'p deb qabul qilinadi?	12 % ga	10 % ga	15 % ga	5 % ga
10	1.2	Elektrovoz tok qabul qilgichidagi nominal	19 kV	21 kV	27,5 kV	25 kV

		kuchlanish:					
11	1.2	Nimstansiya shinalaridagi nominal kuchlanish:	19 kV	21 kV	27,5 kV	25 kV	
12	1.2	O'zgaruvchan tok tortish elektr ta'minoti tizimi qanday elementlardan tashkil topgan?	tortuvchi nimstansiyalar va tortish tarmog'idan	tortuvchi nimstansiyalar va kontakt tarmog'idan	tortish va kontakt tarmoqlaridan	kontakt tarmog'i va relslardan	
13	1.2	25 kV kuchlanishli va 50 Hz chastotali bir fazali o'zgaruvchan tok tortish elektr ta'minoti tizimi quyidagi muhim afzalliklarga ega:	tortuvchi nimstansiyalar orasidagi masofa 2-3 marta uzun	kontakt tarmog'i simi ko'ndalang kesim yuzasi 2-3 marta kam	elektr energiya isrofi 1,7-2,0 marta katta, tortuvchi nimstansiya sodda tuzilishga ega	A, B, C	
14	1.2	25 kV kuchlanishli va 50 Hz chastotali bir fazali o'zgaruvchan tok tortish elektr ta'minoti tizimi quyidagi kamchiliklarga ega:	yondosh liniyalarga elektromagnit ta'siri nisbatan yuqori	Tok va kuchlanishlar nosimmetriyasi, nosinusoidallik	A, B, D	reaktiv quvvat iste'molining sezilarli darajada yuqoriligi,	
15	1.2	Kuchaytirilgan kontakt osmasi qanday simlardan tashkil topadi?	kontakt simi (KS), ushlab turuvchi tros (T)	A, C, D	kuchaytiruvchi sim (Kuch. S)	ekranlovchi sim (ES)	
16	1.2	"Er - rels" o'tkinchi qarshilik ... xarakterga ega!	aktiv	induktiv	sig'im	aktiv-induktiv	
17	1.2	Ekranlovchi sim tortish	1,65-1,7 marta	2,65-2,7 marta	1,65-1,7 marta	2,65-2,7 marta	

		tarmog' i to' la qarshiligini qanchaga o' zgartiradi?	kamaytiradi	kamaytiradi	oshiradi	oshiradi
18	1.2	Ekranlovchi sim tortuvchi nimstansiyalararo masofani qanchagacha uzaytirish imkoniyatini beradi?	50-70 km gacha	80-100 km gacha	70-80 km gacha	60-80 km gacha
19	1.2	O' zgaruvchan tok tortish elektr ta' minoti tizimi ish ko' rsatkichlarini yaxshilashning eng radikal usuli – bu ...	tortuvchi nimstansiyalar sonini osirishdir	kontakt tarmog' i kuchlanishini ma' lum miqdorgacha, masalan 10 kV gacha kamaytirishdir	tortuvchi nimstansiyalar sonini kamaytirishdir	kontakt tarmog' i kuchlanishini ma' lum miqdorgacha, masalan 50 kV gacha oshirishdir
20	1.2	2x25 kV li tizim birinchi marta qachon va qayerda qo' llanilgan?	1913 yilda Yaponiyada	1913 yilda AQSHda	1931 yilda Fransiyada	1913 yilda Fransiyada
21	1.2	1x25 kV va 2x25 kV tortish elektr ta' minoti tizimlari kontakt tarmoqlari o' zaro nima yordamida ajratiladi?	kontaktor	ajratkich	uzgich	neytral qo' yilma
22	1.2	2x25 kV li tizim 1x25 kV li tizimga nisbatan qanday afzalliklarga ega?	tortuvchi nimstansiyalar orasidagi masofa 80-90 km gacha uzayadi	temir yo' llarning o' tkazish qobiliyati oshadi	A, B, D	tortish tarmog' idagi tok ikki marotaba kamayadi

23	1.2	2x25 kV li tizim 1x25 kV li tizimga nisbatan qanday kamchiliklarga ega?	qo'shimcha ta'minlovchi fider mavjud, qo'shimcha elektr energiya isrofi yuzaga keladi	LA'Tlar o'rnatiladi, TNlardagi transformatorlar soni ortadi	elektr uzatish liniyalaridagi toklar nosimmetriyasi ortadi	A, B, C
24	1.2	2x25 kV tortish tizimida LA'Tlar qanday elementlarni o'zaro bog'lab turadi?	bo'y lama fider, kontakt osmasi va so'ruvchi fiderlarni	bo'y lama fider, so'ruvchi fiderlar va relslarni	so'ruvchi fiderlar va relslarni	
25	1.2	2x25 kV tortish tizimida yondosh liniyalarga xavfli ta'siri nima hisobiga va necha martagacha kamayadi?	50 kV li ta'minlash simining ekranlovchi xususiyati hisobiga 7 martagacha	ushlab turuvchi trosning ekranlovchi xususiyati hisobiga 3 martagacha	relslarning ekranlovchi xususiyati hisobiga 1-1 martagacha	kontakt simining ekranlovchi xususiyati hisobiga 2 martagacha
26	1.2	1x25 kV va 2x25 kV tizimlarini o'zaro moslashtirish qayerda amalga oshiriladi?	tortuvchi nimstansiya va ulanish punktida	ulanish punktida	tortuvchi nimstansiya	seksiyalash postida
27	1.2	2x25 kV tortish tizimida kuchlanishlar uning asosiy elementlari o'rtasida qanday taqsimlanadi?	fider bilan kontakt osmasi orasidagi kuchlanish 50 kV	fider bilan relslar, relslar bilan kontakt osmasi orasidagi kuchlanishlar 25 kV dan bo'ladi	A, B	fider bilan kontakt osmasi orasidagi kuchlanish 27,5 kV
28	1.2	2x25 kV tizimidagi TN da nechta tortuvchi transformator o'rnatiladi?	3 ta	2 ta	1 ta	4 ta

29	1.2	IBL-94 kV tizimidagi bosh tortuvchi nimstansiya qanday qurilma o'rnatiladi?	so'ruvchi transformator	moslovchi transformator	simmetriyalovchi transformator	tayanch transformator
30	1.2	IBL-94 kV tizimini tashqi elektr ta'minoti tizimi bilan qanday zveno bog'lab turadi?	oralik tortuvchi nimstansiya	tranzit tortuvchi nimstansiya	oralik va tranzit tortuvchi nimstansiyalar	bosh tortuvchi nimstansiya
31	1.2	IBL-94 kV tizimida bosh tortuvchi nimstansiya dan ... kuchlanishlar beriladi	kontakt tarmog'iga 27,5 kV, bo'ylama elektr ta'minoti liniyalariga 94 kV	kontakt tarmog'iga 27,5 kV, bo'ylama elektr ta'minoti liniyalariga 66,4 kV	kontakt tarmog'i va bo'ylama elektr ta'minoti liniyalariga 27,5 kV	kontakt tarmog'iga 66,4 kV, bo'ylama elektr ta'minoti liniyalariga 94 kV
32	1.2	IBL-94 kV tizimidagi STning simmetriyalash xususiyati qanday effektga asoslangan?	induksiya effektiga	Skott effektiga	sirt effektiga	Faradey effektiga
33	1.2	IBL-94 kV tortish elektr ta'minoti tizimi quyidagi afzalliklarga ega:	tashqi tizimga ulanadigan TNlar va seksiyalash postlari soni kamayadi	muvozanatlovchi toklar deyarli nolgacha kamaydi, yuklamalar tekis taqsimlanadi,	xizmatchi xodimlar soni kamayadi, elektr energiya quvvatidan samarali foydalaniladi	A, B, C
34	1.2	IBL-94 kV tortish elektr ta'minoti tizimi quyidagi kamchilikga ega:	tashqi tizimga ulanadigan TNlar va seksiyalash postlari soni kamayadi	chiqish kuchlanishlari 27,5 kV va 55 kV bo'lgan maxsus transformatorlar	elektr energiya quvvatidan samarasiz foydalaniladi	yuklamalar notekis taqsimlanadi

			ishlab chiqarilishini talab etadi		
35	1.3	Elektr uskunalar tuzilishi qoidalariga ko'ra elektrlashgan temir yo'llar nechanchi iste'molchilar turkumiga kiradi?	oliy toifa	birinchi toifa	ikkinchi toifa uchunchi toifa
36	1.3	O'zaro bog'liq bo'lmagan ikkita elektr energiya manbalariga qanday manbalar kiradi?	tortuvchi transformator chiqish chulg'amlari	tortish tarmoqlari	tuman nimstansiyalari, bitta tuman yoki tortuvchi nimstansiyaning boshqa-boshqa shinalari
37	1.3	Qanday nimstansiya tayanch tortuvchi nimstansiya hisoblanadi?	kamida bitta yuqori kuchlanish liniyasi kirishiga ega bo'lgan	kamida uchta yuqori kuchlanish liniyasi kirishiga ega bo'lgan	kamida to'rtta yuqori kuchlanish liniyasi kirishiga ega bo'lgan
38	1.3	Qanday nimstansiya oraliq tortuvchi nimstansiya hisoblanadi?	ikkita yuqori kuchlanish liniyasi kirishiga ega bo'lgan	bitta yuqori kuchlanish liniyasi kirishiga ega bo'lgan	kamida uchta yuqori kuchlanish liniyasi kirishiga ega bo'lgan
39	1.3	Tortuvchi nimstansiyalarni ikkita alohida zanjirli elektr uzatish liniasidan ta'minlash sxemasida	ta'mirlashda hamda tizim shikastlanganda uni manbadan uzishda ishtirok	yuqori kuchlanish liniyalarini seksiyalash vazifasini bajaradi va ta'mirlashda	yuqori kuchlanish liniyalarini seksiyalash vazifasini bajaradi

	oraliq tranzit nimstansiya qanday vazifani bajaradi?	etadi	hamda tizim shikastlanganda uni manbadan uzishda ishtirok etadi	ta'minlaydi	
40	Oraliq ulanuvchi va tranzit nimstansiyalar ketma-ketligi shunday almashinib kelishi lozimki, bunda ...	bunda liniyada istalgan turdagi avariya yuz berganda ham tizimda ko'pi bilan faqat ikkita nimstansiya ish faoliyatini to'xtatsin	bunda liniyada istalgan turdagi avariya yuz berganda ham tizimda ko'pi bilan faqat bitta nimstansiya ish faoliyatini to'xtatsin	bunda liniyada istalgan turdagi avariya yuz berganda ham tizimda ko'pi bilan faqat uchta nimstansiya ish faoliyatini to'xtatsin	
41	Tortish elektr ta'minoti tizimi 110 kV li tizimdan ta'minlanganda tayanch tortuvchi nimstansiyalar orasida ... ko'p bo'lmagan oraliq nimstansiyalar ko'zda tutiladi	uchtadan	ukkitadan	beshtadan	bittadan
42	Tortish elektr ta'minoti tizimi 220 kV li tizimdan ta'minlanganda tayanch tortuvchi nimstansiyalar orasida ... ko'p bo'lmagan	bittadan	uchtadan	beshtadan	ukkitadan

		oralik nimstansiyalar ko'zda tutiladi				
43	1.4	Kontakt tarmog'ini manba bilan ta'minlash va seksiyalash sxemalarini tanlashda qanday omillar e'tiborga olinadi?	yuklamaning TNlar va kontakt tarmog'ini ayrim uchastkalari o'rtasida taqsimlanishi	qisqa tutashish tokining maksimal qiymati	tortish tarmog'idagi kuchlanish pasayishi	A, B, C
44	1.4	Bir tomonlama ta'minlash sxemasida yondosh TNlar o'zaro qanday izolatsiyalanadi?	ular orasidagi masofaning taxminan o'rtalarida kontakt tarmog'ini izolatsion birikma yoki neytral qo'yilma yordamida izolatsiyalanadi	ular orasidagi masofaning taxminan o'rtalarida kontakt tarmog'ini yordamida izolatsiyalanadi	ular orasidagi masofaning taxminan o'rtalarida kontakt tarmog'ini kontaktor yordamida izolatsiyalanadi	
45	1.4	Fider zona:	yondosh TNlar orasidagi masofa	TNdan izolatsion tugungacha bo'lgan kontakt tarmog'ining qismi	TNlar fiderlari orasidagi masofa	kontakt osmalari orasidagi masofa
46	1.4	Nimstansion zona:	yondosh kontakt osmalari orasidagi masofa	yondosh nimstansiyalar orasidagi masofa	bitta yondosh nimstansiyalar fiderlari orasidagi masofa	
47	1.4	Bir tomonlama ta'minlash sxemasining afzalliklari:	kontakt tarmog'ini himoyalash shartlari yaxshiroq	muvozanatlovchi toklar paydo bo'lmaydi	ikkkala fider zona A, B, C	TNlardagi kuchlanishlar bir xil
48	1.4	Bir tomonlama ta'minlash sxemasining	TN va kontakt tarmog'ida	kontakt osmasiga sarf bo'ladigan	kontakt tarmog'ini	A, B

		kamchiliklari:	energiya isrofi va kuchlanish yo'qolishi ortadi	mis miqdori ko'p	himoyalash shartlari qiyinroq	
49	1.4	Bir tomonlama ta'minlash sxemasi qanday uchastkalarida foydalaniladi?	boshlang'ich uchastkalarida	yondosh uchastkalarida	qo'shimcha uchastkalarida	konsol uchastkalarida
50	1.4	Ikki tomonlama ta'minlash sxemasining afzalliklari:	Yondosh liniya qurilmalarga ta'siri kamayadi	TN va tortish tarmog'idagi energiya isrofi va kuchlanish yo'qolishi kamayadi	A, B, D	kontakt osmasidagi mis miqdori kamayadi
51	1.4	Fider va nimstansion zonalar uzunliklari qaysi ta'minlash sxemasida qatta bo'ladi?	ikki tomonlama ta'minlash sxemasida	ikki tomonlama ta'minlash sxemasida	ta'minlash sxemasiga bo'g'liq emas	A, B
52	1.4	Ko'p yo'lli uchastkalar kontakt osmalari biri biri bilan o'zaro qanday ko'rinishlarida ulangan bo'lishi mumkin	B, C, D	parallel sxemada ulangan	tugunli sxemada ulangan	ulanmagan
53	1.4	Ko'p yo'lli uchastkalar kontakt osmalari o'zaro tugunli sxemada ulanganda qanday kommutatsion qurilmalar ishlatiladi?	Uzgich va ajratgichlar	ajratgichlar	uzgichlar	kontaktorlar

54	1.4	Yo'llar kontakt osmalarini parallel ulanish sxemasida ... joylashtiriladi	seksiyalash postidan tashqari, yo'llarni parallel ulanish posti	seksiyalash posti	yo'llarni parallel ulanish posti	uzgich va ajratgichlar
55	1.4	O'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkalarida kontakt tarmog'i nimstansiyaga unda joylashgan ... orqali ulanadi	moyli kontaktor	kontakt tarmog'i tayanchidagi ajratgich	moyli uzgich	moyli uzgich va kontakt tarmog'i tayanchidagi ajratgich
56	1.5	Monorels transporti – bu ...	shunday transport turiki, unda vagonlar yerdan ma'lum bir balandlikda maxsus tayanchlarda o'rnatilgan monorels bo'ylab harakatlanadi	shunday transport turiki, unda vagonlar yerdan ma'lum bir chuqurlikda o'rnatilgan monorels bo'ylab harakatlanadi	shunday transport turiki, unda vagonlar yerdan ma'lum bir chuqurlikda o'rnatilgan monorels bo'ylab harakatlanadi	shunday transport turiki, unda vagonlar yerdan ma'lum bir chuqurlikda o'rnatilgan monorels bo'ylab harakatlanadi
57	1.5	Monorels transportining qanday turlari mavjud?	elektrostatik osmali	g'ildirakli; magnit osmali	magnit osmali	g'ildirakli
58	2.1	Elektrlashgan temir yo'llar elektr ta'minoti tizimida qanday transformator qo'llaniladi?	bir fazali uch chulg'amli "ТДТНТЭ" (bir fazali, moyli sovutkich tizimli, uch chulg'amli, kuchlanishi ish)	uch fazali uch chulg'amli "ТДТНТЭ" (uch fazali, moyli sovutkich tizimli, uch chulg'amli, kuchlanishi ish)	uch fazali uch chulg'amli, moyli sovutkich tizimli, uch chulg'amli, yashinga chidamli	ikki fazali ikki chulg'amli "ТДТНТЭ" (ikki fazali, moyli sovutkich tizimli, ikki chulg'amli, kuchlanishi ish)

		jarayoni paytida rostlanadigan, yashinga chidamli, elektr tortish uchun) rusumli	jarayoni paytida rostlanadigan, yashinga chidamli, elektr tortish uchun) rusumli	jarayoni paytida rostlanadigan
59	2.1	Nima uchun transformator tortish chulg'amlari "uchburchak" ulanadi?	transformator tashqi xarakteristikasini yassiroq ko'rinishda bo'lishini ta'minlash uchun	transformator VAXsini silliqroq ko'rinishda bo'lishini ta'minlash uchun
60	2.1	Tortish chulg'amlari "uchburchak" ulangan transformator tortish tarmog'iga qanday ulanadi?	"Uchburchak"ning ikkita uchlari relslarga, qolgan bitta uchi esa kontakt tarmog'iga ulanadi	"Uchburchak"ning ikkita uchlari kontakt tarmog'ining boshqa-boshqa seksiyalariga ulanadi
61	2.1	O'zgaruvchan tok tortuvchi nimstansiyalarining 27,5 kV kuchlanishli tomonida relslarga qaysi faza ulanadi?	"c" fazaning boshi	"b" fazaning boshi
62	2.1	Chulg'amlari "yulduz-uchburchak" ulangan transformator	270°	90°

63	2.1	birlamchi va tortish chulg'amlari mos fazalari EYKlarining vektorlari orasidagi faza siljish burchagi: Chulg'amlari "yulduz-uchburchak" ulangan transformator tortish chulg'amlarining "b" fazasi kuchlanishi kontakt tarmog'ining qaysi nuqtalariga beriladi?	Chap ta'minlash yelkasiga	neytral qo'yilmaning ikkala uchiga	O'ng ta'minlash yelkasiga	A, C
64	2.1	Agar kontakt tarmog'iga unga kuchlanish berayotgan faza chulg'aminin boshi ulansa, unda ushbu ta'minlash yelkasining kuchlanishi ... ishora bilan olinadi!	"X"	"+" yoki "-"	"_"	"+"
65	2.1	Agar kontakt tarmog'iga unga kuchlanish berayotgan faza chulg'aminin oxiri ulansa, unda ushbu ta'minlash yelkasining kuchlanishi ... ishora bilan olinadi!	"X"	"+" yoki "-"	"_"	"+"

66	2.1	Tortuvchi nimstansiyalarda "c" faza chulg'aminin oxiri relslarga ulangan va chulg'amlari 11- ulanish guruhiga ega bo'lgan uch fazali transformatorlar o'rnatilganda eng kam yuklangan faza doimiy ravishda ... faza bo'lib qolaveradi!	"b" yoki "c"	"c"	"b"	"a"
67	2.1	φ_a va φ_o faza siljish burchaklarining o'rtacha qiymati nechaga teng etib olinadi?	37°	30°	45°	33°
68	2.1	Uch fazali transformator o'rnatilgan tortuvchi nimstansiya uchun ta'minlash yelkalari kuchlanishlari vektorlari orasidagi burchak ... ga teng!	30°	60°	45°	75°
69	2.1	Ko'rilyotgan ta'minlash yelkasiga kuchlanishi berilyotgan	$1\frac{1}{3}$	$1\frac{1}{3}$	$2\frac{2}{3}$	$2\frac{2}{3}$

		transformator fazasida shu (chap yoki o'ng) yelka toki qancha ulushda bo'ladi?				
70	2.1	Ko'rilayotgan ta'minlash yelkasiga kuchlanishi berilmayotgan transformator fazalarida shu (chap yoki o'ng) yelka toki qancha ulushda bo'ladi?	$1 \frac{1}{3}$	$2 \frac{2}{3}$	$2 \frac{2}{3}$	
71	2.1	Kuchlanishi tortish tarmog'iga "+" ishora bilan berilayotgan transformator fazasi uchun tok ifodasi o'ng tomonidagi ikkala qo'shiluvchi ham ... ishora bilan olinadi!	$1 \frac{1}{3}$	$2 \frac{2}{3}$ yoki $2 \frac{2}{3}$	$2 \frac{2}{3}$	
72	2.1	Kuchlanishi tortish tarmog'iga "-" ishora bilan berilayotgan transformator fazasi uchun tok ifodasi o'ng tomonidagi ikkala qo'shiluvchi ham ... ishora bilan olinadi!	$1 \frac{1}{3}$	$2 \frac{2}{3}$ yoki $2 \frac{2}{3}$	$2 \frac{2}{3}$	
73	2.1	Tortuvchi nimstansiyalar guruhini	EULning TN2 dan eng kam	TN2 chap ta'minlash	TN2 chap ta'minlash	A, B

		elektr uzatish liniyasi va tortish tarmog'iga "Qarama-qarshi parma" ulanish sxemasida TN2 ni EUL va tortish tarmog'iga ulanishi qanday shartlarga rioya qilgan holda amalga oshiriladi?	yuklangan fazasi uning TN1 dan eng kam yuklangan fazasidan farq qilishi lozim	yelkasiga berilayotgan kuchlanish faza va ishora jihatdan TN1 o'ng ta'minlash yelkasi kuchlanishi bilan bir xil bo'lishi kerak	yelkasiga berilayotgan kuchlanish faza va ishora jihatdan TN1 o'ng ta'minlash yelkasi kuchlanishi bilan har xil bo'lishi kerak	
74	2.1	Tortuvchi nimstansiyalar guruhini elektr uzatish liniyasi va tortish tarmog'iga "Qarama-qarshi parma" ulanish sxemasida TN4 ni EUL va tortish tarmog'iga qanday tartibda ulanadi?	xuddi TN3dek	xuddi TN2dek	xuddi TN1dek	xuddi TN1 yoki TN3dek
75	2.1	Tortuvchi nimstansiyalar guruhini elektr uzatish liniyasi va tortish tarmog'iga "Qarama-qarshi parma" ulanish sxemasida TN5 ni EUL va tortish tarmog'iga qanday tartibda ulanadi?	xuddi TN3dek	xuddi TN2dek	xuddi TN1dek	xuddi TN1 yoki TN3dek

76	2.1	Tortuvchi nimstansiyalar guruhini elektr uzatish liniyasi va tortish tarmog'iga "Qarama-qarshi parma" ulanish sxemasida TN6 ni EUL va tortish tarmog'iga qanday tartibda ulanadi?	xuddi TN3dek	xuddi TN2dek	xuddi TN1dek	xuddi TN1 yoki TN3dek
77	2.1	TNlar guruhini "qarama-qarshi (ikkilangan) parma" sxemada ulash quyidagi afzalliklarga ega:	EULda elektrlashgan temir yo'l bir fazali yuklamasi hisobidan yuzaga keladigan toklar nosimmetriyasini kamaytiradi	chulg'amlari Y/A-11 sxemada ulanagan bir xil rusumli uch fazali transformatorlar- dan foydalanish imkonini beradi	bir xil rusumli 27,5 kV li taqsimlash qurilmalari(PY- 27,5 kV)dan foydalanish imkoniyati vujudga keladi	A, D, C
78	2.1	Chulg'amlari "yulduz- uchburchak" hamda A va B fazalari yuklamalarga ulangan uch fazali transformator tortish chulg'amlaridagi toklarni yuklama toklari orqali ifodalari qaysi javobda to'g'ri yozilgan?	$I_{ac} = \frac{2}{3} I_{ch} + \frac{1}{3} I_{o'}$ $I_{cb} = -\frac{2}{3} I_{o'} - \frac{1}{3} I_{ch}$ $I_{bo} = -\frac{1}{3} I_{ch} + \frac{1}{3} I_{o'}$	$I_{ac} = \frac{2}{3} I_{ch} + \frac{1}{3} I_{o'}$ $I_{cb} = -\frac{2}{3} I_{o'} - \frac{1}{3} I_{ch}$ $I_{bo} = -\frac{1}{3} I_{ch} + \frac{1}{3} I_{o'}$	$I_{ac} = \frac{2}{3} I_{ch} + \frac{1}{3} I_{o'}$ $I_{cb} = -\frac{2}{3} I_{o'} - \frac{1}{3} I_{ch}$ $I_{bo} = -\frac{1}{3} I_{ch} + \frac{1}{3} I_{o'}$	
79	2.1	Chulg'amlari "yulduz- uchburchak" ulangan uch fazali	nimstansiyadan chap tomondagi yuklama ulangan	nimstansiyadan o'ng tomondagi yuklama ulangan	relsarga bevosita ulanmagan faza	relsarga bevosita ulanagan faza

		transformatorning qaysi fazasi eng kam yuklangan faza hisoblanadi?	faza	faza	
80	2.1	Agar chulg'amlari "yulduz-uchburchak" ulangan uch fazali transformator ulangan tortish tarmog'i chap va o'ng fider zonalaridan bittasida tok nolga teng bo'lsa, u holda nechta faza eng kam yuklangan faza hisoblanadi?	2	3	1 barcha fazalar bir xil yuklangan faza hisoblanadi
81	2.1	Nima maqsadda bir fazali tortish tarmog'ini elektr uzatish liniyasiga ulashda ko'p va kam yuklangan fazalar parma sxemasi bo'yicha ketma-ket almashtirib boriladi?	fazalar yuklanishini mumkin qadar tenglashtirish maqsadida	muvozanatlovchi toklarni kamaytirish maqsadida	muvozanatlovchi toklarni yuqotish maqsadida
82	2.1	Bir tomonlama manbaga ega bo'lgan tortish tarmog'i elektr uzatish liniyasidan parma sxemasi bo'yicha ta'minlanganda sikl har	4	5	6 3

83	2.1	nechta yondosh nimstansiyalarda to'liq qaytariladi? Ikki tomonlama manbaga ega bo'lgan tortish tarmog'i elektr uzatish liniyasidan parma sxemasi bo'yicha ta'minlanganda sikl har nechta yondosh nimstansiyalarda to'liq qaytariladi?	6	3	3 yoki 6	5
84	2.2	Transformator chulg'amlarini "ochiq uchburchak" ulanish sxemasi qanday amalga oshirilishi mumkin?	ikkita bir fazali transformator chulg'amlari yordamida yoki bitta uch sterjenli ikkita chulg'amli transformator yordamida amalga oshirilishi mumkin	transformator chulg'amlari uchburchak ulanganda uning bitta uchi ochiq qoldirilishi hisobiga amalga oshirilishi mumkin	ikkita uch fazali transformator chulg'amlari yordamida yoki bitta uch sterjenli uchta chulg'amli transformator yordamida amalga oshirilishi mumkin	uchta bir fazali transformator chulg'amlari yordamida yoki ikkita uch sterjenli ikkita chulg'amli transformator yordamida amalga oshirilishi mumkin
85	2.2	Ikki bir fazali transformator "to'la bo'lmagan yulduz" (bitta nursiz) ulangan sxemasi	transformator birlamchi va ikkilamchi tomonlarida chulg'amlar	transformator birlamchi va ikkilamchi tomonlarida chulg'amlar	transformator birlamchi va ikkilamchi chulg'amlari o'zaro parallel	transformator birlamchi va ikkilamchi chulg'amlari o'zaro ketma-ket

		qanday hosil qilinadi?	boshlari va oxirlari mos ravishda ulanadi	boshlari yoki oxirlari mos ravishda ulanadi	ulanadi	ulanadi
86	2.2	Ikki bir fazali transformator "to'la bo'lmagan yulduz" va "ochiq uchburchak" ulangan tortish tarmog'ining elektr ta'minoti sxemalaridagi transformatorlar iste'mol qilinayotgan toklar tizimining nosimmetriya koeffitsiyenti qanday formula yordamida aniqlanadi?	$\alpha_1 = \frac{\sqrt{1+k+k^2}}{1+k}$	$\alpha_1 = \frac{\sqrt{1-k+k^2}}{1+k}$	$\alpha_1 = \frac{1+k}{1-k}$	
87	2.2	Ikki bir fazali transformator "to'la bo'lmagan yulduz" va "ochiq uchburchak" ulangan tortish tarmog'ining elektr ta'minoti sxemalaridagi nosimmetrik rejimda transformatorning foydalanilayotgan quvvati qanday formula yordamida aniqlanadi?	$S'_{\text{foy}} = (0,4 - 0,66)S'_{\text{nom}}$	$S'_{\text{foy}} = (0,5 - 1,0)S'_{\text{nom}}$	$S'_{\text{foy}} = (0,3 - 0,56)S'_{\text{nom}}$	$S'_{\text{foy}} = (0,5 - 0,76)S'_{\text{nom}}$
88	2.2	Skott effekti nima?	ikkita tortish	ikkita tortish	ikkita tortish	ikkita tortish

		yondosh fiderlari kuchlanishlari orasidagi faza siljish burchagi 90° tashkil qilganda va $I_{ch} = I_\phi$ bo'lganda uch fazali tizimda tekis taqsimlangan yuklamani hosil qilish mumkinligi	yondosh fiderlari kuchlanishlari orasidagi faza siljish burchagi 180° tashkil qilganda va $I_{ch} = I_\phi$ bo'lganda uch fazali tizimda tekis taqsimlangan yuklamani hosil qilish mumkinligi	yondosh fiderlari kuchlanishlari orasidagi faza siljish burchagi 90° tashkil qilganda va $I_{ch} \neq I_\phi$ bo'lganda uch fazali tizimda tekis taqsimlangan yuklamani hosil qilish mumkinligi	yondosh fiderlari kuchlanishlari orasidagi faza siljish burchagi 45° tashkil qilganda va $I_{ch} \neq I_\phi$ bo'lganda uch fazali tizimda tekis taqsimlangan yuklamani hosil qilish mumkinligi
89	2.2	Skott transformatori iste'mol qilinayotgan toklar tizimining nosimmetriya koeffitsiyenti qanday formula yordamida aniqlanadi?	$\alpha_I = \frac{\sqrt{1+k+k^2}}{1+k}$	$\alpha_I = \frac{\sqrt{1-k+k^2}}{1+k}$	$\alpha_I = \frac{1-k}{1+k}$ $\alpha_I = \frac{1+k}{1-k}$
90	2.2	Skott transformatorining foydalanish quvvati qanday formula yordamida aniqlanadi?	$S_{\text{foy}} = (0,4 - 0,66)S_{\text{nom}}$	$S_{\text{foy}} = (0,5 - 1,0)S_{\text{nom}}$	$S_{\text{foy}} = (0,5 - 0,76)S_{\text{nom}}$
91	2.2	Nima uchun respublikamiz temir	tortuvchi nimstansiyalarida	tortuvchi nimstansiyalarida	Skott transformatorlari-

		yo'l elektr ta'minoti tizimlarida Skott transformatorini o'rnatish iqtisod jihatdan kutilgan samarani bermaydi?	uch fazali iste'molchilarni ta'minlashda qo'shimcha ravishda uch fazali transformator o'rnatilishi talab etiladi.	uch fazali iste'molchilarni ta'minlashda qo'shimcha ravishda bir fazali transformator o'rnatilishi talab etiladi.	larini sotib olish mamlakatimiz uchun juda qimmatga tushadi	ni o'rnatish qo'shimcha ravishda tortuvchi nimstansiyalar qurishni talab etadi.
92	2.2	Chulg'amlari uchburchak va to'la bo'lmagan yulduz sxemalarda ulangan uch sterjenli uch-ikki fazali transformator Skott transformatoriga nisbatan qanday afzallikka ega?	transformator bakida tortish va 10(35) kV kuchlanishli uch fazali notortuvchi iste'molchilarni ta'minlovchi chulg'amlar joylashtiriladi	transformator bakida faqat tortish iste'molchilarini ta'minlovchi chulg'amlar joylashtiriladi	transformator bakida faqat notortuvchi iste'molchilarni ta'minlovchi chulg'amlar joylashtiriladi	iste'mol qilayotgan toklar tizimi nosimmetriya koeffitsiyenti kichik, transformatoridan foydalanish quvvati esa katta
93	3.1	Transformator pasportida uning qanday parametrlari keltiriladi?	salt ish va qisqa tutashish rejimlaridagi quvvat isroflari hamda qisqa tutashish kuchlanishi	salt ish va qisqa tutashish rejimlaridagi kuchlanishlari hamda qisqa tutashish toki	salt ish va qisqa tutashish rejimlaridagi toklari hamda qisqa tutashish kuchlanishi	salt ish va qisqa tutashish rejimlaridagi toklari hamda qisqa tutashish quvvati
94	3.1	Transformator tekis yuklangandagi elektr energiya isrofi ifodasi:	$\Delta W = (P_{s,ish} + P_{q,t} \cdot k_{yu}^4) T$	$\Delta W = (P_{s,ish} + P_{q,t} \cdot k_{yu}) T$	$\Delta W = (P_{s,ish} + P_{q,t} \cdot k_{yu}^3) T$	$\Delta W = (P_{s,ish} + P_{q,t} \cdot k_{yu}^2) T$
95	3.1	Transformator notekis yuklangandagi elektr energiya isrofi ifodasi:	$\Delta W = (P_{s,ish} + P_{q,t} \cdot k_e^4) T$	$\Delta W = (P_{s,ish} + P_{q,t} \cdot k_e) T$	$\Delta W = (P_{s,ish} + P_{q,t} \cdot k_e^3) T$	$\Delta W = (P_{s,ish} + P_{q,t} \cdot k_e^2) T$

96	3.1	Fazasi orqada qoluvchi yelkadagi kuchlanish yo'qolishi qo'shni yelkadagi tok ta'sirida ...!	ortadi	kamayadi	o'zgarmaydi	ortishi ham kamayishi ham mumkin
97	3.1	Fazasi ilgarilovchi yelkadagi kuchlanish yo'qolishi qo'shni yelka toki ta'sirida ...!	ortishi ham kamayishi ham mumkin	o'zgarmaydi	ortadi	kamayadi
98	3.1	Nima uchun ta'minlovchi manba ikkala yelkasidagi yuklama bir xil bo'lganda ham ulardagi kuchlanish har xil bo'ladi?	chunki turli yelkadagi kuchlanish yo'qolishi qo'shni yelkadagi tok ta'sirida turlicha o'zgaradi	chunki bir yelkadagi kuchlanish yo'qolishi boshqa yelkadagi tok ta'sirida o'zgarmaydi	chunki turli yelkadagi kuchlanish yo'qolishi qo'shni yelkadagi tok ta'sirida bir xil o'zgaradi	
99	3.1	Tortish rels zanjirining qanday parametrlari mumkin qadar kichik qiymatlarda bo'lishi talab etiladi?	relslar qarshiliklari; relslarning yerga nisbatan potentsiallari; yer orqali birlashgan daydi toklar	relslar o'tkazuvchanliklari; relslarning yerga nisbatan qarshiliklari; relslarning yerga nisbatan qarshiliklari; yer orqali birlashgan daydi toklar	relslar qarshiliklari; relslarning yerga nisbatan qarshiliklari; yer orqali birlashgan daydi toklar	relslar o'tkazuvchanliklari; relslarning yerga nisbatan qarshiliklari; relslarning yerga nisbatan qarshiliklari; yer orqali birlashgan daydi toklar
100	3.1	Rels zanjirining asosiy elementlariga nimalar kiradi?	ketma-ket joylashgan relslarni o'zaro	relslar, ketma-ket joylashgan relslarni o'zaro	relslar, ularni o'zaro izolatsiyalovchi	relslar, ketma-ket joylashgan relslarni o'zaro

		ulovchi birikma, ularni o'zaro izolatsiyalovchi birikma va drossel – transformatorlar	ulovchi birikma, ularni o'zaro izolatsiyalovchi birikma, relsi yo'llarni o'zaro ulagich va drossel – transformatorlar	birikma, relsi yo'llarni o'zaro ulagich va drossel – transformatorlar	ulovchi birikma, ularni o'zaro izolatsiyalovchi birikma
101	3.1	O'zgarimas tokli temir yo'l uchastkalarida avtoblokirovka uchun qanday manbadan foydalaniladi?	$16\frac{2}{3}(25)$ Hz chastotali o'zgaruvchan kuchlanish manbayidan	25 Hz chastotali o'zgaruvchan kuchlanish manbayidan	50 Hz yoki 25 Hz chastotali o'zgaruvchan kuchlanish manbayidan
102	3.1	50 Hz chastotali o'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkalarida avtoblokirovka uchun qanday manbadan foydalaniladi?	$16\frac{2}{3}(25)$ Hz chastotali o'zgaruvchan kuchlanish manbayidan	25 Hz chastotali o'zgaruvchan kuchlanish manbayidan	50 Hz yoki 25 Hz chastotali o'zgaruvchan kuchlanish manbayidan
103	3.1	Temir yo'l uchastkalarini o'zaro parallel ulovchi yo'llararo ulagichlar qanday ulanadi?	bu ulagichlar yo'l relslarini ikkinchi yo'l drossel – transformatorlariga ulaydi	bu ulagichlar yo'l drossel – transformatorlari asosiy chulg'amlari sek-siyalari o'rtalarini ulovchi simni ikkinchi yo'l drossel – transformator-lariga ulaydi	bu ulagichlar ikkala yo'l drossel – transformatorlari ni o'zaro ketma-ket ulaydi

		odatda ... bo'lgan elastik mis bo'lagi sifatida tayyorlanadi				
108	3.1	Ulagich o'tkazgich birikma yuzasi o'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkalari uchun, odatda ... bo'lgan elastik mis bo'lagi sifatida tayyorlanadi	70 mm ²	50 mm ²	60 mm ²	80 mm ²
109	3.1	O'zgarmas tok zanjirlarida o'tkazgich birikma hosil qilgan o'tish qarshiligini qanday baholash qabul qilingan?	1 m uzunlikdagi o'tkazgich birikmali rels qarshiligini 1 m uzunlikdagi o'tkazgich birikmasiz rels qarshiligiga nisbatan bilan	1 m uzunlikdagi o'tkazgich birikmali rels qarshiligini 2 m uzunlikdagi o'tkazgich birikmasiz rels qarshiligiga nisbatan bilan	2 m uzunlikdagi o'tkazgich birikmali rels qarshiligini 1 m uzunlikdagi o'tkazgich birikmasiz rels qarshiligiga nisbatan bilan	1 m uzunlikdagi o'tkazgich birikmali rels qarshiligini 1,5 m uzunlikdagi o'tkazgich birikmasiz rels qarshiligiga nisbatan bilan
110	3.1	O'rnatilgan me'yorga ko'ra o'tkazgich birikma qarshiligi 12,5 m (25 m) li rels uchun necha metrli rels qarshiligidan oshmasligi lozim?	2 m (4 m)li	4 m (8 m)li	3 m (6 m)li	1 m (2 m)li
111	3.1	O'zaro parallel ulangan N _r tolali relslar qarshiligi qanday	$r_r = \frac{1,64}{m} \cdot \frac{l_{sv} - l_b}{l_{sv} N_r}, \frac{\Omega}{\text{km}}$	$r_r = \frac{1,34}{m} \cdot \frac{l_{sv} + l_b}{l_{sv} N_r}, \frac{\Omega}{\text{km}}$	$r_r = \frac{1,54}{m} \cdot \frac{l_{sv} + l_b}{l_{sv} N_r}, \frac{\Omega}{\text{km}}$	$r_r = \frac{1,64}{m} \cdot \frac{l_{sv} + l_b}{l_{sv} N_r}, \frac{\Omega}{\text{km}}$

112	3.1	formula yordamida aniqlanadi?	rels tolalarida izolatsion birikmalar mavjud emasligi bois liniya drossel-transformatorlari soni kamayib tortish rels zanjirlarining ishlash ishonchililigi ortadi	rels tolalarida o'tkazgich birikmalar mavjud emasligi bois liniya drossel-transformatorlari soni kamayib tortish rels zanjirlarining ishlash ishonchililigi ortadi	rels tolalarida izolatsion birikmalar mavjud emasligi bois liniya ularni o'zaro ulanshlar soni kamaydi
113	3.1	Tonal rels zanjirlari qanday afzalliklarga ega?	rels tolalarida izolatsion birikmalar mavjudligi bois liniya drossel-transformatorlari soni kamayib tortish rels zanjirlarining ishlash ishonchililigi ortadi	rels tolalarida o'tkazgich birikmalar mavjud emasligi bois liniya drossel-transformatorlari soni kamayib tortish rels zanjirlarining ishlash ishonchililigi ortadi	rels tolalarida izolatsion birikmalar mavjud emasligi bois liniya ularni o'zaro ulanshlar soni kamaydi
114	3.1	Relslar aktiv qarshiligini aniqlashning Siklyer tomonidan taklif etilgan formulalar qaysi javobda to'g'ri keltirilgan?	rels tolalarida izolatsion birikmalar mavjudligi bois liniya drossel-transformatorlari soni kamayib tortish rels zanjirlarining ishlash ishonchililigi ortadi	rels tolalarida o'tkazgich birikmalar mavjud emasligi bois liniya drossel-transformatorlari soni kamayib tortish rels zanjirlarining ishlash ishonchililigi ortadi	rels tolalarida izolatsion birikmalar mavjud emasligi bois liniya ularni o'zaro ulanshlar soni kamaydi
114	3.1	Sanoat chastotali o'zgaruvchan tokda rels qarshiligi qiymati uning o'zgarish tokdagi qarshiligi qiymatidan o'zgaruvchan tokning qiymatiga qarab ... bo'ladi	rels tolalarida izolatsion birikmalar mavjudligi bois liniya drossel-transformatorlari soni kamayib tortish rels zanjirlarining ishlash ishonchililigi ortadi	rels tolalarida o'tkazgich birikmalar mavjud emasligi bois liniya drossel-transformatorlari soni kamayib tortish rels zanjirlarining ishlash ishonchililigi ortadi	rels tolalarida izolatsion birikmalar mavjud emasligi bois liniya ularni o'zaro ulanshlar soni kamaydi

115	3.1	Relslarning ichki induktiv qarshiligi uning aktiv qarshiligini necha foizini tashkil etadi?	45%	istalgan konturda kontakt tarmoqning toki hosil qiladigan EYKi hisobga olishga	65%	istalgan konturda tarmoqning asosiy simlaridagi toklar hosil qiladigan EYKlarni hisobga olishga	75%	kontakt tarmog'ida tarmoqning barcha simlaridagi toklar hosil qiladigan EYKlarni hisobga olishga
116	3.2	Tarmog'i qarshiligini hisoblashning umumlashgan usuli nimaga asoslangan?						
117	3.2	Kontakt simi va trosdan iborat bo'lgan kontakt tarmog'idagi kontakt simi tokining formulasi:	$I_k = \frac{\underline{Z}_{ik} - \underline{Z}_{kt}}{\underline{Z}_{ik} + \underline{Z}_{kt}} I_{kt}$	$I_k = \frac{\underline{Z}_{ik}}{\underline{Z}_{ik} - \underline{Z}_{kt}} I_{kt}$	$I_k = \frac{\underline{Z}_{ik} + \underline{Z}_{kt}}{\underline{Z}_{ik}} I_{kt}$	$I_k = \frac{\underline{Z}_{ik} - \underline{Z}_{kt}}{\underline{Z}_{kt}} I_{kt}$		
118	3.2	Kontakt simi va trosdan iborat bo'lgan kontakt tarmog'idagi tros simi tokining formulasi:	$I_t = \frac{\underline{Z}_{ik} - \underline{Z}_{kt}}{\underline{Z}_{kt}} I_{kt}$	$I_t = \frac{\underline{Z}_{ik} + \underline{Z}_{kt}}{\underline{Z}_{kt}} I_{kt}$	$I_t = \frac{\underline{Z}_{kt}}{\underline{Z}_{ik} - \underline{Z}_{kt}} I_{kt}$	$I_t = \frac{\underline{Z}_{kt} - \underline{Z}_{ik}}{\underline{Z}_{kt} + \underline{Z}_{kt}} I_{kt}$		
119	3.2	"Tros-kontakt simi" konturidagi tros simi to'la qarshiligi:	$\underline{Z}_{ik} = r_t + j\omega \ln \frac{1,28d_{kt}}{R_t}$	$\underline{Z}_{ik} = r_t + j\omega \ln \frac{1,58d_{kt}}{R_t}$	$\underline{Z}_{ik} = r_t + j\omega \ln \frac{1,48d_{kt}}{R_t}$	$\underline{Z}_{ik} = r_t + j\omega \ln \frac{1,38d_{kt}}{R_t}$	$\underline{Z}_{ik} = r_t + j\omega \ln \frac{1,38d_{kt}}{R_t}$	
120	3.2	"Tros-kontakt simi" konturidagi kontakt simi to'la qarshiligi:	$\underline{Z}_{kt} = r_k + j\omega \ln \frac{1,58d_{kt}}{R_k}$	$\underline{Z}_{kt} = r_k + j\omega \ln \frac{1,48d_{kt}}{R_k}$	$\underline{Z}_{kt} = r_k + j\omega \ln \frac{1,38d_{kt}}{R_k}$	$\underline{Z}_{kt} = r_k + j\omega \ln \frac{1,28d_{kt}}{R_k}$	$\underline{Z}_{kt} = r_k + j\omega \ln \frac{1,28d_{kt}}{R_k}$	

121	3.2	Bitta yo'lli uchastka kontakt tarmog'ining ekvivalent qarshiligi:	$\underline{Z}_{1k1} = \frac{\underline{Z}_{k1}\underline{Z}_k + j\underline{Z}_{k1}\underline{X}_{k1}}{\underline{Z}_{k1} + \underline{Z}_k}$	$\underline{Z}_{1k1} = \frac{\underline{Z}_{k1}\underline{Z}_k - j\underline{Z}_{k1}\underline{X}_{k1}}{\underline{Z}_{k1} + \underline{Z}_k}$	$\underline{Z}_{1k1} = \frac{\underline{Z}_{k1}\underline{Z}_k + j\underline{Z}_{k1}\underline{X}_{k1}}{\underline{Z}_{k1} + \underline{Z}_k}$
122	3.2	Bitta yo'lli uchastka tortish tarmog'ining umumiy qarshiligi:	$\underline{Z}_{10} = \underline{Z}_{1k1} - \frac{I_r}{I_{k1}} \underline{Z}_{1r}$	$\underline{Z}_{10} = \underline{Z}_{1k1} + \frac{I_r}{I_{k1}} \underline{Z}_{1r}$	$\underline{Z}_{10} = \underline{Z}_{1k1} - \underline{Z}_{1r}$
123	3.2	O'zaro parallel ulangan ikkita yo'lli uchastka kontakt tarmog'ining ekvivalent qarshiligi:	$\underline{Z}_{2k10} = (\underline{Z}_{1k1} + \underline{Z}_{k12})$	$\underline{Z}_{2k10} = 1,5(\underline{Z}_{1k1} + \underline{Z}_{k12})$	$\underline{Z}_{2k10} = 0,5(\underline{Z}_{1k1} + \underline{Z}_{k12})$
124	3.2	O'zaro parallel ulangan ikkita yo'lli uchastka tortish tarmog'ining umumiy qarshiligi:	$\underline{Z}_{02} = \underline{Z}_{2k10} + v\underline{Z}_{2rk}$	$\underline{Z}_{02} = \underline{Z}_{2k10} - v\underline{Z}_{2rk}$	$\underline{Z}_{02} = 1,5(\underline{Z}_{2k10} + v\underline{Z}_{2rk})$
125	3.2	Tortish tarmog'i umumiy qarshiligini kontakt tarmog'i va relslar qarshiliklariga ajratish hisoblashlarda ... imkonini beradi	kontakt tarmog'i va relslar ayrim parametrlarini hisobga olmaslik	kontakt tarmog'i va relslar parametrlariga tizim ish jarayonida bo'ladigan ta'sirlarni alohida-alohida o'rganish	kontakt tarmog'i ayrim parametrlarini hisobga olmaslik
126	3.2	Kuchaytiruvchi simli kontakt tarmog'i qarshiligi aniqlashda hisoblashlarni soddalashtirish maqsadida qanday cheklov kiritiladi?	kuchaytiruvchi simdagi tok va uning atrofidagi magnit maydoni relslardagi toklar taqsimotiga ta'sir etmaydi, deb qabul qilinadi	kontakt simdagi tok va uning atrofidagi magnit maydoni relslardagi toklar taqsimotiga ta'sir etmaydi, deb qabul qilinadi	kontakt simi, ushlab turuvchi tros va kuchaytiruvchi sim ishtirok etadigan konturlar o'zaro induktiv

127	3.2	Tortish zanjirining yer orqali birlashuvchi shoxobchasi o'zaro ketma - ket ulangan qanday ikkita qarshilikdan tashkil topadi?	rels bilan yer yuzi o'rtasidagi o'tish qarshiligi va yer qatlamining tok o'tadigan 10 m chuqurlikdagi qismi qarshiligi-yoyilma qarshiligidan	rels bilan yer yuzi o'rtasidagi o'tish qarshiligi va yer qatlamining tok o'tadigan 25 m chuqurlikdagi qismi qarshiligi-yoyilma qarshiligidan	rels bilan yer yuzi o'rtasidagi o'tish qarshiligi va yer qatlamining tok o'tadigan 50 m chuqurlikdagi qismi qarshiligi-yoyilma qarshiligidan	bo'g'lanmagan, deb qabul qilinadi
128	3.2	Tortish zanjirining relsalaridan yerga tarmoqlanadigan tok ... deb ataladi	o'tish toki («ток перехода»)	daydi («блуждающие») toklar	siljish toki («ток смещения»)	sirqish toki («ток утечки»)
129	3.2	Tortish zanjirining qatlamlari bo'ylab o'tadigan toklar ... toklar deb ataladi	o'tish toki («ток перехода»)	daydi («блуждающие») toklar	siljish toki («ток смещения»)	sirqish toki («ток утечки»)
130	3.2	Tortish zanjirining o'tish va yoyilma qarshiliklari o'zaro ketma-ket ulangan shoxobchasi qarshiligi uning qarshiligiga qanday ta'sir ko'rsatadi?	tortish tarmog'i umumiy qarshiligini o'rtasiga olib keladi	ta'sir ko'rsatmaydi	tortish toki qaytish qismi umumiy qarshiligini kamayishiga olib keladi	tortish toki qaytish qismi umumiy qarshiligini o'rtasiga olib keladi
131	3.2	Tortish tokini tortish zanjiri bo'ylab o'tish	«kontakt osmasi - yer», «rels - yer»	«kontakt osmasi - yer» va «kontakt	«kontakt osmasi - yer» va «rels - yer»	«kontakt osmasi - yer», «rels - yer»

		kartinasi tahlilini soddalashtirish maqsadida zanjir shartli ravishda qanday konturlarga bo'linadi? "kontakt osmasi - yer", "rels - yer" va "kontakt osmasi - rels"	va "kontakt osmasi - rels"	osmasi - rels"	yer"	va "ushlab turuvchi tros - rels"
132	3.2	Tortish zanjirining "kontakt osmasi - rels" konturi bo'ylab qaysi tok birlashadi?	asosan I_k va I_{Σ} toklar atrofidagi o'zgaruvchan magnit maydoni yer qatlamida induksiyaalaydigan "uyurmaviy" toklar	asosan I_k tok atrofidagi o'zgaruvchan magnit maydoni yer qatlamida induksiyaalaydigan "uyurmaviy" toklar	asosan I_{Σ} tok atrofidagi o'zgaruvchan magnit maydoni yer qatlamida induksiyaalaydi- gan "uyurmaviy" toklar	asosan I_k va I_{Σ} toklar atrofidagi o'zgaruvchan magnit maydoni yer qatlamida induksiyaalaydiga n "uyurmaviy" toklar
133	3.2	Tortish zanjirining "rels - yer" konturi bo'ylab qaysi tok birlashadi?	asosan I_k va I_{Σ} toklar atrofidagi o'zgaruvchan magnit maydoni yer qatlamida induksiyaalaydigan "uyurmaviy" toklar	elektrovoz tortish tokining bir qismi va "rels - yer" konturi "uyurmaviy" toklari	asosan I_k tok atrofidagi o'zgaruvchan magnit maydoni yer qatlamida induksiyaalaydi- gan "uyurmaviy" toklar	asosan I_k va I_{Σ} toklar atrofidagi o'zgaruvchan magnit maydoni yer qatlamida induksiyaalaydi- gan "uyurmaviy" toklar
134	3.2	Tortish zanjirining "kontakt osmasi - yer" ekvivalent konturi bo'ylab qaysi tok	"uyurmaviy" toklar	kontakt tarmog'i tokining bir qismi	ushlab turuvchi tros toki	kontakt tarmog'i toki

		birlashadi?	relslarning to'la qarshiligi uning o'zgarishidan ko'p marta kattaligi va nimstansiya bilan yuklama oraliq'i nisbatan uzoqligidan	relslarning aktiv qarshiligi uning o'zgarishidan ko'p marta kattaligidan	kontakt simining to'la qarshiligi uning o'zgarishidan ko'p marta kattaligidan	kontakt simining reaktiv qarshiligi uning o'zgarishidan ko'p marta kattaligidan
135	3.2	Nima sababdan o'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkalarida tortish tokining relslardan o'tayotgan tashkil etuvchisi relslar bo'ylab o'zgarish tokka nisbatan juda tez kamayadi?	relslarning to'la qarshiligi uning o'zgarishidan ko'p marta kattaligi va nimstansiya bilan yuklama oraliq'i nisbatan uzoqligidan	relslarning aktiv qarshiligi uning o'zgarishidan ko'p marta kattaligidan	kontakt simining to'la qarshiligi uning o'zgarishidan ko'p marta kattaligidan	kontakt simining reaktiv qarshiligi uning o'zgarishidan ko'p marta kattaligidan
136	3.2	Tortish tarmog'i 1 km uzunlikdagi uchastkasi to'la kompleks qarshiligining shu uchastkadagi kompleks tokka ko'paytmasi tortish tarmog'i 1 km uzunlikdagi ... tashkil etadi	kuchlanish orttirishini	quvvat isrofini	kuchlanish yuqolishini	kuchlanish pasayishini
137	3.2	Tortish tarmog'i uchastkasidagi kuchlanish yo'qolishi deb shu uchastka ... qiymatlarining ayirmasiga aytiladi	boshi va oxiridagi kompleks kuchlanishlar argument	boshi va oxiridagi kompleks kuchlanishlar	boshi va oxiridagi kuchlanishlar modul	boshi va oxiridagi kuchlanishlar kvadratlari
138	3.2	Tortish tarmog'idagi kuchlanish pasayishi ...	nimstansiya va iste'molchi (elektrovoz) kuchlanishlarining o'rtacha arifmetik	nimstansiya va iste'molchi (elektrovoz) kuchlanishlarining geometrik	nimstansiya va iste'molchi (elektrovoz) kuchlanishlarining arifmetik	nimstansiya va iste'molchi (elektrovoz) kuchlanishlarining algebraik

			ayirmasi	ayirmasi	ayirmasi	ayirmasi
139	3.2	Tortish tarmog'idagi kuchlanish yo'qolishi – ...	nimstansiya va iste'molchi (elektrovaz) kuchlanishlarining o'rtacha arifmetik ayirmasi	nimstansiya va iste'molchi (elektrovaz) kuchlanishlarining geometrik ayirmasi	nimstansiya va iste'molchi (elektrovaz) kuchlanishlarining arifmetik ayirmasi	nimstansiya va iste'molchi (elektrovaz) kuchlanishlarining algebraik ayirmasi
140	3.2	Tortish tarmog'ining tarkibiy qarshiligi: Elektrovazda to'g'rilagich qurilmasi bo'lgan tortish tarmog'i ekvivalent keltirilgan qarshiligi:	$Z = R \cos \varphi + X \sin \varphi$ $Z' = 0,69R + 0,8X$	$Z = R \cos \varphi - X \sin \varphi$ $Z' = 0,8R - 0,69X$	$Z = X' \cos \varphi + R \sin \varphi$ $Z' = 0,8R + 0,69X$	$Z = X' \cos \varphi - R \sin \varphi$ $Z' = 0,69R - 0,8X$
142	4.1	Tortish elektr ta'minoti tizimi ishlash shart – sharoitlariga ko'ra o'ziga xos quyidagi xususiyatlarga ega:	tortish yuklamalarining harakat koordinatalari, soni va miqdori uzluksiz ravishda o'zgarib turadi;	tok va kuchlanishlarning nosinusoidal shakliga ega bo'ladi va yondosh liniyalarga elektromagnit ta'sirini kuchaytiradi	A, B, D	tortish yuklamalari tashqi elektr ta'minoti tizimida nosimmetriyani yuzaga keltiradi;
143	4.1	Tortish elektr ta'minoti tizimlarini hisoblash qanday ikkita bosqichdan iborat bo'ladi?	1) qo'yilgan masalani yechish; 2) birinchi bosqich natijalariga ko'ra zaruriy qiymatlarni aniqlash	1) qo'yilgan masalani har bir oniy vaqt momenti uchun birinchi bosqich natijalariga ko'ra zaruriy o'rtacha	1) qo'yilgan masalani har bir oniy vaqt momenti uchun birinchi bosqich natijalariga	1) qo'yilgan masalani yechish; 2) birinchi bosqich natijalariga ko'ra zaruriy qiymatlarni

				qiymatlarni aniqlash	ko'ra zaruriy qiymatlarni aniqlash	aniqlash
144	4.1	Tortish elektr ta'minoti tizimi elektr parametrlarini hisoblash uchun dastlabki ma'lumot uchun xarakteristika olinadi?	elektrovovning tortish xarakteristikasi	tortuvchi transformator tashqi xarakteristikasi	tortuvchi nimstansiya quvvati	kontakt tarmo'g'i simlarining kesim yuzasi
145	4.1	Tortish elektr ta'minoti tizimini hisoblash usullari qanday guruhlarga ajratiladi?	berilgan quvvat bo'yicha hisoblash usuli; berilgan harakat o'lchamlari bo'yicha hisoblash usuli	berilgan harakat grafigi bo'yicha hisoblash usuli; berilgan harakat o'lchamlari bo'yicha hisoblash usuli	berilgan harakat tartibi bo'yicha hisoblash usuli; berilgan harakat o'lchamlari bo'yicha hisoblash usuli	berilgan harakat tartibi bo'yicha hisoblash usuli; berilgan harakat tezliklari bo'yicha hisoblash usuli
146	4.1	Tortish elektr ta'minoti tizimini hisoblash natijasida qanday asosiy masalalar hal etilishi lozim?	tortuvchi nimstansiya quvvatini tanlash; kontakt tarmo'g'i simlari kesimi yuzasini tanlash; elektrlashgan temir yo'l uchastkasi o'tkazish qobiliyatini aniqlash va unga tegishli tuzatishlar kiritish	qisqa tutashuv toklaridan himoyalash sxemalari va qurilmalarini tanlash; tortish tarmog'ini ta'minlash sxemasi varianti va nimstansiyalar joylashish o'rni variantini tanlash; yer osti	yondosh liniyalarni elektromagnit ta'sirdan himoyalash usullarini tanlash; 8) tizimning texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarini baholash	A, B, C

147	4.1	Elektr ta'minoti tizimining texnik- iqtisodiy ko'rsatkichlarini qanday guruhlarga ajratish mumkin?	tortish va notortuvchi yuklamalarni ta'minlash uchun qayta ishlanayotgan elektr energiya miqdori, tizimning asosiy elementlaridagi elektr energiya isroflari, rekuperatsiya jarayonida ishlab chiqarilayotgan elektr energiya	inshootlarini daydi toklardan himoyalash sxemalarini tanlash	A, B, D	tortish va notortuvchi yuklamalar tomonidan iste'mol qilinayotgan elektr energiyaning sifat ko'rsatkichlari
148	4.1	Berilgan harakat grafigi bo'yicha hisoblash usuli qanday turlarga bo'linadi?	B, C, D	harakat grafigini uzluksiz tadqiq etish usuli	tavsiflovchi kesmlar usuli	tekis kesmlar usuli
149	4.1	Berilgan harakat grafigi bo'yicha hisoblash usulida dastlabki	poyezdlar toklari (tortish hisobining natijalari)	poyezdlar toklari (tortish hisobining natijalari)	harakat grafigi	A, B, C

		ma'lumotlar sifatida nimalar olinadi?					
150	4.1	Oniy sxema nima?	ko'rilayotgan vaqt mobaynida poyezdlarning uchashtkadagi joylashish o'rni va ular iste'mol qilayotgan toklarni ko'rsatib turadigan sxema	ko'rilayotgan vaqt mobaynida poyezdlarning uchashtkadagi joylashish o'rni va ular iste'mol qilayotgan quvvatlarni ko'rsatib turadigan sxema	ko'rilayotgan vaqt mobaynida poyezdlarning uchashtkadagi joylashish o'rni va ular iste'mol qilayotgan toklarni ko'rsatib turadigan sxema		
151	4.1	Poyezdlar harakat grafigini tekis kesimlarga ajratish usuli ko'ra:	poyezdlar harakat grafigi vaqt bo'yicha teng oraliqli kesimlarga ajratiladi	grafikdagi har bir kesimga mos keluvchi oniy sxemalar chiziladi	fider toki va kuchlanish yo'qolishining vaqtga bog'liqligi va boshqa zaruriy bog'lanishlar topiladi	A, B, C	
152	4.1	Poyezdlar harakat grafigini tekis kesimlarga ajratish usulining afzalliklari:	aniqlikni oshirish uchun diskretlash vaqti oralig'ini qisqartirish kifoya	hisoblash sodda; usul zamonaviy kompyuter texnologiyasidan umumli foydalanish imkonini beradi	aniqlikni oshirish uchun diskretlash vaqti oralig'ini oshirish kifoya		
153	4.1	Poyezdlar harakat grafigini tekis kesimlarga ajratish	kompyuter texnologiyasidan foydalanib bo'lmaydi	diskretlash vaqti kattaroq olinganda hisoblash aniqligi	$I_r = f(L)$ va $L = f(I)$	A, B	

	usulining kamchiliklari:		pasayadi	grafiklarni qaysi nuqtalaridan kesim o'tkazilishini bilish kerak	
154	4.1 Poyezdlar harakat grafigini tavsiflovchi kesimlarga ajratish usuli ko'ra:	tavsiflovchi kesimlar sifatida poyezd toki grafigining tok qiymatlari eng katta bo'lgan nuqtalari olinadi	poyezdlar harakat grafigi vaqt bo'yicha teng oraliqli kesimlarga ajratiladi	poyezdlar harakat grafigi vaqt bo'yicha turli oraliqli kesimlarga ajratiladi	tavsiflovchi kesimlar sifatida poyezd toki grafigining tok qiymatlari eng kichik bo'lgan nuqtalari olinadi
155	4.1 Poyezdlar harakat grafigini tavsiflovchi kesimlarga ajratish usulining afzalliklari:	oniy sxemalarni tuzishda tokning kichik qiymatlarini chetlab o'tish ehtimoli keskin pasayadi va bu o'z navbatida hisoblash aniqligini oshishga olib keladi	oniy sxemalarni tuzishda tokning kritik qiymatlarini chetlab o'tish ehtimoli keskin pasayadi va bu o'z navbatida hisoblash aniqligini oshishga olib keladi	A, B, D	aniqlikni oshirish uchun diskretlash vaqti oralig'ini qisqartirish kifoya
156	4.1 Poyezdlar harakat grafigini tavsiflovchi kesimlarga ajratish usulining kamchiliklari:	oniy sxemalarni tuzishda tokning katta qiymatlarini chetlab o'tish ehtimoli pasayadi	A, C, D	diskretlash vaqti kattaroq olinganda hisoblash aniqligi pasayadi	poyezd toklari grafiklarini tahlil etish zaruriyati mavjudligi
157	4.1 Harakat grafigini uzluksiz tadqiq etish usuliga ko'ra:	fider toki grafigi oniy sxemalarni tuzmasdan quriladi	tortuvchi nimstansiyalar yuklamalarini	A, B	aniqlikni oshirish uchun diskretlash vaqti

158	4.1	Harakat grafigini uzluksiz tadqiq etish usulining afzalliklari:	C, D	vaqtga bog'liqlik grafiglari quriladi	oraliq'ini qisqartirish kifoya
159	4.1	Qanday shart bajarilganda tekis kesimlar usulida hisoblash aniqligi harakat grafigini uzluksiz tadqiq etish usuli aniqligiga yaqin bo'ladi?	tokning kichik qiymatlarini olinsa	tokning kritik qiymatlarini olinsa	yuqori aniqlik
160	4.2	O'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkalari uchun oniy sxemalarni hisoblash qanday o'ziga xos xususiyatlarga ega?	ta'minlash zonasida quvvat koeffitsiyentlari turlicha bo'lgan bir necha yuklama harakatlanishi mumkin; ko'p yo'lli o'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkalarida o'zaro induksiya hodisasini hisobga olish zarur	to'g'rilagich agregatlarga ega bo'lgan o'zgaruvchan tok elektrovzlari nosinusoidal tok iste'mol qiladi; o'zgaruvchan tok torish tarmog'i kompleks qarshilikka ega	elektrovz tokning aktiv tashkil etuvchisi bilan birga uning katta qiymatli reaktiv tashkil etuvchilarini ham iste'mol qiladi

161	4.2	Oniy sxemalarni hisoblashda yuklama nosinusoidaligi qanday hisobga olinadi?	iteratsiya usuli yordamida	ekvivalent sinusoida usuli yordamida	linearizatsiya usuli yordamida	hisobga olinmaydi
162	4.2	Hisoblashlarda barcha elektrovozlar uchun tok va kuchlanish vektorlari orasidagi faza siljish burchagining o'rtacha qiymati, odatda qanchaga teng deb olinadi	0° ga	27° ga	57° ga	37° ga
163	4.2	Bir tomonlama ta'minlash sxemasida istalgan elektrovoz tok qabul qilgichidagi kuchlanishni aniqlash formulasi:	$U_n = U_1 - 0,9 \sum_{j=1}^n I_j Z_j$	$U_n = U_1 + 0,9 \sum_{j=1}^n I_j Z_j$	$U_n = U_1 - 1,9 \sum_{j=1}^n I_j Z_j$	$U_n = 0,9 \sum_{j=1}^n I_j Z_j$
164	4.2	“Ochiq uchburchak” sxemasida kuchlanish yo'qolishiga yondosh faza yuklamasining ta'siri nimalar hisobiga yuzaga keladi?	tashqi elektr ta'minoti tizimi induktiv qarshiligidagi kuchlanish yo'qolishi hisobiga	tashqi elektr ta'minoti tizimi aktiv qarshiligidagi kuchlanish yo'qolishi hisobiga	tashqi elektr ta'minoti tizimi to'la qarshiligidagi kuchlanish yo'qolishi hisobiga	tashqi elektr ta'minoti tizimi sig'im qarshiligidagi kuchlanish yo'qolishi hisobiga
165	4.2	Y/Δ sxemasida sxemasida kuchlanish yo'qolishiga yondosh faza yuklamasining	tashqi elektr ta'minoti tizimi induktiv qarshiligidagi kuchlanish	tortuvchi nimstansiya transformatori chulg'amidagi kuchlanish	tashqi elektr ta'minoti tizimi sig'im qarshiligidagi kuchlanish	A, B

		ta'siri nimalar hisobiga yuzaga keladi?	yo'qolishi hisobiga	yo'qolishi hisobiga	yo'qolishi hisobiga
166	4.2	Tortuvchi nimstansiya ikkilamchi tomoni kuchlanishiga keltirilgan tortuvchi nimstansiya transformatorlari bitta fazasi aktiv qarshiligi:	$R_T = \frac{U_n^2}{S_{qt}} = \frac{3U_n^2}{S_{qt}}$	$R_T = 3 \frac{u_{qt} \cdot U_n^2}{100 S_{nom}} 10^3$	$R_T = 3 \frac{U_{nom}^2}{S_{qt}} 10^3$
167	4.2	Tortuvchi nimstansiya ikkilamchi tomoni kuchlanishiga keltirilgan tortuvchi nimstansiya transformatorlari bitta fazasi induktiv qarshiligi:	$X_T = \frac{U_n^2}{S_{qt}} = \frac{3U_n^2}{S_{qt}}$	$X_T = 3 \frac{u_{qt} \cdot U_n^2}{100 S_{nom}} 10^3$	$X_T = 3 \frac{U_{nom}^2}{S_{qt}} 10^3$
168	4.2	Tortuvchi nimstansiya ikkilamchi tomoni kuchlanishiga keltirilmagan tashqi elektr ta'minoti tizimi bitta faza reaktiv qarshiligi:	$X_S = \frac{U_n^2}{S_{qt}} = \frac{3U_n^2}{S_{qt}}$	$X_S = 3 \frac{U_{nom}^2}{S_{qt}} 10^3$	$X_S = 2 \frac{U_{nom}^2}{S_{qt}} 10^3$
169	4.2	Tortuvchi nimstansiya ikkilamchi tomoni kuchlanishiga keltirilgan tashqi elektr ta'minoti tizimi bitta faza reaktiv qarshiligi:	$X'_S = \frac{U_n^2}{S_{qt}} = \frac{3U_n^2}{S_{qt}}$	$X'_S = 3 \frac{U_{nom}^2}{S_{qt}} 10^3$	$X'_S = 2 \frac{U_{nom}^2}{S_{qt}} 10^3$

170	4.2	Tashqi elektr ta'minoti tizimi va tortuvchi transformatorlar keltirilgan qarshiligi:	$Z_{\Sigma} = 0,8(R'_{\Sigma} + R_r) + 0,69(X'_{\Sigma} + X_r)$	$Z_{\Sigma} = 0,8(R'_{\Sigma} + R_r) - 0,69(X'_{\Sigma} + X_r)$	$Z_{\Sigma} = 0,69(R'_{\Sigma} + R_r) + 0,8(X'_{\Sigma} + X_r)$	$Z_{\Sigma} = 0,69(R'_{\Sigma} + R_r) - 0,8(X'_{\Sigma} + X_r)$
171	5.1	Tortish elektr ta'minoti tizimini poyezdlar harakatining o'rtacha o'lchamlari bo'yicha hisoblash usullari yordamida qanday hisobiy kattaliklar o'rtacha qiymatlarini hisoblab topish mumkin?	nimstansiya yoki ta'minlovchi liniya yuklama toklari; reaktiv quvvat isrofi va tortuvchi nimstansiya shinalaridagi quvvat koeffitsiyenti	tortish tarmog'ining turli uchastkalaridagi kuchlanish yo'qolishlari	tortish va kontakt tarmog'idagi aktiv quvvat isrofi; nimstansiya hamda ta'minlovchi liniya yuklama toklarining effektiv qiymatlari	A, B, C
172	5.1	Tekis taqsimlangan yuklama usulining mohiyati:	uchastka uzunligi bo'yicha tekis taqsimlangan yuklamaning qiymati uchastka bo'yicha energiya sarfi o'zgarishligidan kelib chiqadi	qiymati o'zgaruvchan va harakatlanuvchi yuklama tekis taqsimlangan yuklama bilan almashtiriladi	A, B	hisoblash natijalari esa har doim pasaygan holda chiqadi
173	5.1	Tekis taqsimlangan yuklama usulining kamchiliklari:	hisoblash natijalari esa har doim pasaygan holda chiqadi	hisoblanayotgan kattaliklarning qisqa vaqtli maksimum va minimumlarini	yuklamaning qiymati uchastka bo'yicha energiya sarfi o'zgarishligi	A, B

				aniqlash imkoni bo'lmaydi	dan kelib chiqadi	
174	5.1	Harakatlanuvchi yuklama usulining mohiyatiga ko'ra quyidagi cheklovlar qabul qilinadi:	barcha poyezdlar parallel grafik bo'yicha harakatlanadi, ya'ni bir xil tezlikda va poyezdlararo oraliqda	poyezdlar toklari ularning o'rtacha qiymatlariga teng hamda poyezdlar bir xil rusumli	yuklamalar harakatlanadi va tarqoq emas, balki yig'iq holda	A, B, C
175	5.1	Nima sababdan harakatlanuvchi yuklama usulida kattaliklarni hisoblash natijalari ularning haqiqiy qiymatlaridan ancha kam bo'lib chiqadi?	poyezdlar toklarining o'zgarishi hisobga olinmasligi sababli	poyezdlar orasidagi masofalar turlicha bo'lishi hisobga olinmasligi sababli	A, B	poyezdlar bir xil rusumli bo'lganligi sababli
176	5.1	Nima bois harakatlanuvchi yuklama usuli kam qo'llaniladi?	hisoblash xatoligi jo'da kattaligi	hisoblash formulalari murakkabligi bois	hisoblashda cheklovlar ko'pligi bois	A, B
177	5.1	Rozenfeld usulining mohiyati shundan iboratki, unda ...	fider zonadagi poyezdlar soni o'zgaraydi va ularning o'rtacha soniga teng	poyezdlarning bir – biriga nisbatan joylashishi istalgancha qabul qilinadi	A, B, D	poyezdlar toklari va ular orasidagi masofa o'zgarishini hisobga oladi
178	5.1	Nima sababdan Rozenfeld usulini tortish tarmog'i	B, C, D	kuchlanish pasayishi va yo'qolishi	hisoblash formulalari murakkabligi	hisoblashda cheklovlar ko'pligi bois

		rejimlari kattaliklarining maksimal qiymatlarini aniqlashda qo'llab bo'lmaydi?		bo'yicha hisoblash natijalari ancha ortiqcha chiqadi	bois	
179	5.1	Imitation modellash usuli quyidagi o'ziga xos xususiyatlarga ega:	istalgan murakkablik darajasidagi masalani yechish imkoniyati mavjudligi	real eksperimentlar o'rniga kompyuter yordamida imitatsion modelda eksperimentlar o'tkazish imkoniyati mavjudligi	poyezdlar harakati grafigini shakllantirishda tasodifiy son va jarayonlardan foydalanish imkoniyati mavjudligi	A, B, C
180	5.1	Markvardt usulining o'ziga xos usulning xususiyati shundan iboratki, unda ...	B, C, D	dastlabki ma'lumotlar sifatida poyezdlar toklari va fider zonadagi poyezdlar maksimal soni beriladi	fider zonadagi poyezdlar soni o'zgarishi hisobga olinadi	ta'minlash sxemasi, nimstansiyalar orasidagi masofa va sutkalik poyezdlar soni o'zgarmas bo'ladi
181	5.1	Fider zonadagi poyezdlar taqsimlanishining binominal qonuniyati:	$n = \frac{T}{\theta}$	$n = \frac{T}{\theta}$	$n = T\theta$	$n = \frac{\theta}{T}$
182	5.1	Poyezdlar harakati grafigidagi tolalar soni:	$N_0 = \frac{\theta}{T}$	$N_0 = \frac{kT}{\theta}$	$N_0 = \frac{T}{\theta}$	$N_0 = T\theta$
183	5.1	Uchastkaning o'tkazish qobiliyati N_0 - bu ...	nimstansiyalararo zona orqali minimal	nimstansiyalararo zona orqali maksimal	nimstansiyalararo o'ziga orqali minimal	nimstansiyalararo zona orqali minimal

184	5.1	Fider zonadagi poyezdlar taqsimlanishining binominal qonuniyati qanday o'ziga xos xususiyatga ega?	poyezdlararo oraliq $\theta_{\min}$ bilan o'tadigan poyezdlarning eng katta soni	grafikdagi navbatdagi to'lani band bo'lish ehtimoli undan oldingi to'laning band bo'lgan yoki bo'lmaganligiga bog'liqligigadir	poyezdlararo oraliq $\theta_{\min}$ bilan o'tadigan poyezdlarning eng kichik soni	grafikdagi navbatdagi to'lani band bo'lish ehtimoli undan keyingi to'laning band bo'lgan yoki bo'lmaganligiga bog'liqligigadir	poyezdlararo oraliq $\theta_{\min}$ bilan o'tadigan poyezdlarning o'rtacha soni
185	5.1	Uchastka stansiyalararo zonasidagi poyezdlar soni m ga tenglikning natijaviy ehtimoli qanday aniqlanadi?	$p(m) = C_n^m p^{m-n} q^n$	grafikdagi navbatdagi to'lani band bo'lish ehtimoli undan oldingi to'laning band bo'lgan yoki bo'lmaganligiga bog'liqligigadir	$p(m) = C_n^m p^n q^{n-m}$	$p(m) = C_n^m p^n q^{n-m}$	$p(m) = C_n^m p^m q^{n-m}$
186	5.1	Binominal taqsimlanish qonuniyatiga ko'ra fider zonadagi poyezdlarning o'rtacha soni nimalarga bog'liq bo'ladi?	poyezdlar harakati grafikdagi poyezdlarning dastlabki berilgan soniga	fider zonadagi poyezdlar eng katta soniga	A, B	fider zonadagi poyezdlar o'rtacha soniga	
187	5.2	Nimstansiyalar va tortuvchi nimstansiyalar fiderlari toklarini aniqlash uchun dastlabki ma'lumot vazifasini	qaralayotgan fider zona bo'ylab harakatlanayotgan poyezdlar iste'mol qilayotgan	qaralayotgan fider zona bo'ylab harakatlanayotgan poyezdlar	A, B	A, B	A, B

	qanday kattaliklar o'taydi?	toklarning o'rtacha qiymati	toklarning effektiv qiymati	iste'mol qilayotgan toklarning o'rtacha kvadratik qiymati	
188	5.2 Tokning o'rtacha qiymati qanday aniqlanadi?	tok egri chizig'i chegaralab turgan yuzaning balandligiga teng qilib olinadi	tok egri chizig'i chegaralab turgan yuzani shu yuzaga nisbatiga teng qilib olinadi	tok egri chizig'i chegaralab turgan yuzani shu yuzaga nisbatiga teng qilib olinadi	
189	5.1 Tokning effektiv (o'rtacha kvadratik) qiymati qanday aniqlanadi?	tok egri chizig'i chegaralab turgan yuzani shu yuzaga balandligiga nisbatiga teng qilib olinadi	tok egri chizig'i ordinatasi kubga oshiriladi	tok egri chizig'i ordinatasining o'rtachasi olinadi	tok egri chizig'i ordinatasi kvadratga oshiriladi
190	5.2 Effektiv tok kvadrati qanday aniqlanadi?	effektiv tok egri chiziq bilan chegaralangan yuzaga kattaligini uning asosiga nisbati bilan aniqlanadi	tok egri chizig'i chegaralab turgan yuzani shu yuzaga nisbatiga teng qilib olinadi	tok egri chizig'i chegaralab turgan yuzani shu yuzaga nisbatiga teng qilib olinadi	tok egri chizig'i chegaralab turgan yuzaning balandligi bilan aniqlanadi
191	5.2 Effektiv va o'rtacha toklar o'zaro qanday munosabat bilan bog'langan (rekuperatsiya bo'lmaganda)?	$I_{ef} = k_{ef} I_{or},$ $k_{ef} \leq 1$	$I_{ef} = k_{ef} I_{or},$ $k_{ef} \geq 1$	$I_{ef} = \sqrt{2} I_{or},$	$I_{ef} = \sqrt{3} I_{or},$

192	5.2	Poyezdning ta'minlash zonasini bo'ylab tok iste'mol qilib harakatlanayotgan paytidagi o'rtacha toki ifodasi (rekuperatsiya bo'lmaganda):	$I_T = \frac{W}{t U^2}$	$I_T = \frac{W}{t U}$	$I_T = \frac{U}{t W}$	$I_T = \frac{U}{t W^2}$
193	5.2	Poyezdni fider zona bo'ylab to'la yurish (uni tok iste'mol qilib va qilmay harakatlanayotgan) vaqtidagi o'rtacha toki (rekuperatsiya bo'lmaganda):	$I = \frac{W}{t U}$	$I = \frac{W}{t U^2}$	$I = \frac{U}{t W}$	$I = \frac{U}{t W^2}$
194	5.2	Poyezdni fider zona bo'ylab yurish vaqtida iste'mol qilayotgan tokining rekuperatsiya rejimini hisobga olgan holdagi o'rtacha qiymati:	$I = \frac{I_T t_T + I_r t_r}{t}$	$I = \frac{I_T^2 t_T - I_r^2 t_r}{I_T^2 t}$	$I = \frac{I_T^2 t_T + I_r^2 t_r}{I_T^2 t}$	$I = \frac{I_T t_T - I_r t_r}{t}$
195	5.2	Elektrovoz rekuperatsiya rejimida energiya iste'mol qiladimi?	ha, aktiv energiya iste'mol qiladi	ha, reaktiv energiya iste'mol qiladi	ha, aktiv va reaktiv energiya iste'mol qiladi	Yo'q, energiya iste'mol qilmaydi
196	5.3	Tortuvchi nimstansiyalar fider toklarining o'rtacha va effektiv qiymatlarini aniqlashda ehtimollar	$\overline{(x - y)} = \bar{x} - \bar{y}$	$\overline{(x + y)} = \bar{x} + \bar{y}$	$\overline{(x + y)} = \bar{x} - \bar{y}$	$\overline{(x - y)} = \bar{x} + \bar{y}$

		nazariyasidan qo'llaniladigan ikkita qoidaning birinchisi:			
197	5.3	Tortuvchi nimstansiyalar fider toklarining o'rtacha va effektiv qiymatlarini aniqlashda ehtimollar nazariyasidan qo'llaniladigan ikkita qoidaning ikkinchisi:	$\overline{(x+y)^2} = (\overline{x} + \overline{y})^2 +$ $\left[\overline{(x^2 + y^2)} - (\overline{x}^2 + \overline{y}^2) \right]$	$\overline{(x+y)^2} = (\overline{x} + \overline{y})^2 -$ $\left[\overline{(x^2 + y^2)} - (\overline{x}^2 + \overline{y}^2) \right]$	$\overline{(x+y)^2} = (\overline{x} + \overline{y})^2 +$ $\left[\overline{(x^2 + y^2)} - (\overline{x}^2 + \overline{y}^2) \right]$
198	5.3	i - shartli peregonda bir sutka davr T mobaynida iste'mol qilinayotgan o'rtacha tok:	$I_l = \frac{\sum_{s=1}^N I_{ls}^2}{T^2}$	$I_l = \frac{\sum_{s=1}^N I_{ls}^2}{T^2}$	$I_l = \frac{\sum_{s=1}^N I_{ls}^3}{T^3}$
199	5.3	i - shartli peregonda bir sutka davr T mobaynida iste'mol qilinayotgan effektiv tok kvadrati:	$I_{ef}^2 = \frac{\sum_{s=1}^N I_{ls}^2}{T}$	$I_{ef}^2 = \frac{\sum_{s=1}^N I_{ls}^2}{T^2}$	$I_{ef}^2 = \frac{\sum_{s=1}^N I_{ls}^3}{T}$
200	5.4	Tortuvchi nimstansiyalar toklarining sonli xarakteristikalarini ... imkoniyatini yaratadi	poyezdlarni tortishga sarf bo'ladigan elektr energiyani aniqlash	tortish shinalaridagi kuchlanish yo'qolishini aniqlash	A, B, C
201	5.4	Transformator fazasidagi effektiv tok kvadrati:	$I_{ef,a}^2 = \frac{1}{9}(4I_{ef,oh}^2 +$ $+ I_{ef,o'}^2 + 2I_{oh,o'}^2)$	$I_{ef,a}^2 = \frac{1}{9}(2I_{ef,oh}^2 +$ $+ I_{ef,o'}^2 + 2I_{oh,o'}^2)$	$I_{ef,a}^2 = \frac{1}{9}(4I_{ef,oh}^2 +$ $+ 4I_{ef,o'}^2 + 2I_{oh,o'}^2)$
202	5.5	$\Delta U_H = \Delta U_H' + \Delta U_H''$ ifodada	k - poyezdgacha	k - poyezd toki	k - poyezd tok

		ΔU_k nimani bildiradi?	boshqa poyezdlar toklari hisobidan tarmoqdagi kuchlanish yo'qolishining tashkil etuvchisi	hisobidan tarmoqdagi kuchlanish yo'qolishining tashkil etuvchisi		qabul qilgichidagi kuchlanish
203	5.5	$\Delta U_k = \Delta U_k' + \Delta U_k''$ ifodada ΔU_k nimani bildiradi?	k - poyezdgacha boshqa poyezdlar toklari hisobidan tarmoqdagi kuchlanish yo'qolishining tashkil etuvchisi	k - poyezd toki hisobidan tarmoqdagi kuchlanish yo'qolishining tashkil etuvchisi	A, B	k - poyezd tok qabul qilgichidagi kuchlanish
204	5.5	Ikki tomonlama ta'minlanish sxemasi uchun:	$\Delta U_k' = r^2 I_k l_k \frac{l+l_k}{z l}$	$\Delta U_k' = r^2 I_k l_k \frac{l-l_k}{z l}$	$\Delta U_k' = r l_k l_k \frac{l+l_k}{l}$	$\Delta U_k' = r l_k l_k \frac{l-l_k}{l}$
205	5.5	Ikki tomonlama ta'minlanish sxemasi uchun:	$\Delta U_{kt}'' = r l_{jt} l_{jt} \frac{l+l_{jt}}{l}$	$\Delta U_{kt}'' = r^2 I_{jt} l_{jt} \frac{l-l_{jt}}{z l}$	$\Delta U_{kt}'' = r l_{jt} l_{jt} \frac{l-l_{jt}}{l}$	$\Delta U_{kt}'' = r^2 I_{jt} l_{jt} \frac{l+l_{jt}}{l}$
206	5.5	Ikki tomonlama ta'minlanish sxemasi uchun k - peregona effektiv tok kvadrati:	$I_{kt}^2 = \frac{1}{TU^2} \sum_{k=1}^N 1,08 \frac{W_{kt}^2}{t_{kt0}}$	$I_{kt}^2 = \frac{1}{TU^2} \sum_{k=1}^N 2,08 \frac{W_{kt}^2}{t_{kt0}}$	$I_{kt}^2 = \frac{1}{TU^2} \sum_{k=1}^N 3,08 \frac{W_{kt}^2}{t_{kt0}}$	$I_{kt}^2 = \frac{1}{TU^2} \sum_{k=1}^N 1,08 \frac{W_{kt}^2}{t_{kt0}}$
207	5.6	Tortish tarmog'idagi kuchlanish yo'qolishi ... bog'liq bo'ladi	poyezdlarni fider zona bo'ylab joylashish o'rniga, tortish tarmog'i qarshiligiga	poyezdlar iste'mol qilayotgan tok miqdoriga	temir yo'l uchastkasini ta'minlanish sxemasiga	A, B, C
208	5.6	Limitlovchi (chegaralovchi)	tarmoqdagi umumiy	temir yo'l uchastkasining	temir yo'l uchastkasidagi	temir yo'l uchastkasidagi

		peregondagi kuchlanish yo'qolishi nima maqsadda topiladi?	kuchlanish yo'qolishini aniqlash maqsadida	haqiqiy o'tkazish qobiliyatini aniqlash maqsadida	quvvat isrofini aniqlash maqsadida	energiya sarfini aniqlash maqsadida
209	5.7	Agar barcha yuklamalar faza siljish burchaklari o'zaro teng bo'lsa, u holda o'zgarmas tok uchun keltirib chiqarilgan formulada ...	yuklama toki to'laligicha kiradi	r qarshilik tarmoqning tarkibiy qarshiligi bilan almashtiriladi	hech qanday o'zgarish bo'lmaydi	A, B
210	5.7	Shartli peregonlar soni n deganda nima tushuniladi?	ko'rilyotgan zonada bir vaqtning o'zida bo'lishi (joylashishi) mumkin bo'lgan poyezdlarning maksimal soni	ko'rilyotgan zonada bir vaqtning o'zida bo'lishi (joylashishi) mumkin bo'lgan poyezdlarning o'rtacha soni	ko'rilyotgan zonada bir vaqtning o'zida bo'lishi (joylashishi) mumkin bo'lgan poyezdlarning minimal soni	bittadan ko'p bo'lmagan poyezd band qilishi mumkin bo'lgan temir yo'l bo'lagi
211	5.7	Shartli peregon nima?	ko'rilyotgan zonada bir vaqtning o'zida bo'lishi (joylashishi) mumkin bo'lgan poyezdlarning minimal soni	bittadan ko'p bo'lmagan poyezd band qilishi mumkin bo'lgan temir yo'l bo'lagi	ko'rilyotgan zonada bir vaqtning o'zida bo'lishi (joylashishi) mumkin bo'lgan poyezdlarning maksimal soni	ko'rilyotgan zonada bir vaqtning o'zida bo'lishi (joylashishi) mumkin bo'lgan poyezdlarning minimal soni
212	6.1	Tortish elektr ta'minoti tizimida kuchlanish qiymatini kamayishi	elektrovozlar harakat tezligini pasayishiga	temir yo'l uchastkalaridagi poyezdlar harakati	tuman iste'molchilari va temir yo'l	A, B, C

		qanday salbiy oqibatlarga olib keladi?		grafining buzilishiga	notortuvchi iste'molchilari yaroqlilik muddatini kamaytiradi	
213	6.1	Davlat standart talablariga ko'ra elektr energiya sifati qanday kattaliklar sifati bilan baholanadi?	chastota va tok	kuchlanish va quvvat	tok va kuchlanish	chastota va kuchlanish
214	6.1	Kuchlanish chastotasi og'ishining ruxsat etilgan qiymati:	60 Hz	50 Hz	0,2 Hz	0,4 Hz
215	6.1	Kuchlanish chastotasi og'ishining ruxsat etilgan chegaraviy qiymati:	0,4 Hz	0,2 Hz	0,3 Hz	0,5 Hz
216	6.1	Kuchlanish sifati quyidagi parametrlar bilan baholanadi:	kuchlanish qiymatining og'ishi; kuchlanish tebranishi	kuchlanish o'zgarish shaklining nosinusoidaligi; kuchlanish nosimmetriyasi	kuchlanish yo'qolib qolishi; kuchlanish impulse; vaqtinchalik o'ta kuchlanish	A, B, C
217	6.1	Kuchlanish og'ishi:	davomiyligi 1 min. dan ortiq vaqt mobaynda kuchlanishning nominal qiymatidan 10% gacha o'zgarishi	davomiyligi 10 min. dan ortiq vaqt mobaynda kuchlanishning nominal qiymatidan 10% gacha o'zgarishi	davomiyligi 1 min. dan ortiq vaqt mobaynda kuchlanishning nominal qiymatidan 5% gacha o'zgarishi	davomiyligi 1 min. dan ortiq vaqt mobaynda kuchlanishning nominal qiymatidan 15% gacha o'zgarishi

218	6.1	kuchlanish og'ishining ruxsat etilgan normal turg'un qiymati:	$\delta U_r = \pm 10\% \delta U_N$	$\delta U_r = \pm 5\% \delta U_N$	$\delta U_r = \pm 15\% \delta U_N$	$\delta U_r = \pm 5\% \delta U_N$
219	6.1	Kuchlanish og'ishining ruxsat etilgan chegaraviy qiymati:	$\delta U_r = \pm 5\%$	$\delta U_r = \pm 15\%$	$\delta U_r = \pm 10\%$	$\delta U_r = \pm 20\%$
220	6.1	Kuchlanish tebranishi:	davomiyligi 1 min. dan kam vaqt mobaynida kuchlanish miqdorining o'zgarishi bo'lib, bu o'zgarish natijasida elektrovoz tezligi o'zgarishga ulgurmaydi	davomiyligi 1 min. dan kam vaqt mobaynida kuchlanish miqdorining o'zgarishi bo'lib, bu o'zgarish natijasida elektrovoz tezligi o'zgarishga ulguradi	davomiyligi 1 min. vaqt mobaynida kuchlanish miqdorining o'zgarishi bo'lib, bu o'zgarish natijasida elektrovoz tezligi o'zgarishga ulgurmaydi	davomiyligi 1 min. vaqt mobaynida kuchlanish miqdorining o'zgarishi bo'lib, bu o'zgarish natijasida elektrovoz tezligi o'zgarishga ulguradi
221	6.1	Davlat standarti bo'yicha kuchlanish tebranishi normasi:	$\delta U_r = \pm 10\% \delta U_N$	$\delta U_r = \pm 5\% \delta U_N$	$\delta U_r = \pm 15\% \delta U_N$	$\delta U_r = \pm 5\% \delta U_N$
222	6.1	Davlat standarti bo'yicha teskari ketma- ketlikli tashkil etuvchi bo'yicha nosimmetriya koeffitsiyenti ning normal ruxsat etilgan qiymati:	10%	4%	5%	2%
223	6.1	Davlat standarti	10%	4%	5%	2%

		bo'yicha teskari ketma-ketlikli tashkil etuvchi bo'yicha nosimmetriya koeffitsiyenti ning chegaraviy ruxsat etilgan qiymati:					
224	6.1	Kuchlanish yo'qolib qolishi (barbod bo'lishi):	Bu parametr davomiyligi 30 s dan ortiq vaqt mobaynida kuchlanishning nominal qiymatidan 10% dan ortiq miqdorda kamayishi yo'qolib qolish vaqti Δt , bilan tavsiflanadi	Bu parametr davomiyligi 30 s dan ortiq vaqt mobaynida kuchlanishning nominal qiymatidan 10% dan ortiq miqdorda kamayishi yo'qolib qolish vaqti Δt , bilan tavsiflanadi	Bu parametr davomiyligi 30 s dan ortiq vaqt mobaynida kuchlanishning nominal qiymatidan 10% dan ortiq miqdorda kamayishi yo'qolib qolish vaqti Δt , bilan tavsiflanadi	Bu parametr davomiyligi 60 s dan ortiq vaqt mobaynida kuchlanishning nominal qiymatidan 10% dan ortiq miqdorda kamayishi yo'qolib qolish vaqti Δt , bilan tavsiflanadi	
225	6.1	Qachon elektr energiya sifati qoniqarli darajada hisoblanadi?	agar sutkaning 95% vaqt mobaynida elektr energiyaning sifat ko'rsatkichlari o'rnatilgan me'yor doirasida bo'lib, qolgan 5% vaqt mobaynida uning ko'rsatkichlari	agar sutkaning 90% vaqt mobaynida elektr energiyaning sifat ko'rsatkichlari o'rnatilgan me'yor doirasida bo'lib, qolgan 10% vaqt mobaynida uning ko'rsatkichlari	agar sutkaning 95% vaqt mobaynida elektr energiyaning sifat ko'rsatkichlari o'rnatilgan me'yor doirasida bo'lsa	sutka mobaynida elektr energiyaning sifat ko'rsatkichlari o'rnatilgan me'yor doirasida bo'lsa	

			chegaraviy ruxsat etilgan qiymatlaridan oshmasa	chegaraviy ruxsat etilgan qiymatlaridan oshmasa	
226	6.1	O'zgaruvchan tok tortish elektr ta'minoti tizimida elektr energiyaning muhim sifat ko'rsatkichlariga ... kiradi	kuchlanish og'ishi	kuchlanish teskari ketma-ketlikli tashkil etuvchisi bo'yicha nosimmetriyasi	kuchlanish egri chizig'i sinusoidal ligi- ning buzilish koeffitsiyentlari A, B, C
227	6.2	Kontakt tarmog'idagi kuchlanish miqdori qanday omillarga bog'liq bo'ladi?	temir yo'l uchastkasi profiliga qarab muttasil o'zgarib turadigan poyezd tokiga; qo'shni nimstansiyalararo zona yuklamasining ta'siriga	tortuvchi nimstansiya bilan poyezd orasidagi masofaga; fider zonadagi poyezdlar soniga; nimstansiyalararo masofaning uzunligiga	o'zaro induktiv bog'langan zanjirlarning ta'siriga; A, B, C
228	6.2	Tortish tarmog'ining majburiy ish rejimi deb qanday rejimga aytiladi?	barcha javoblar to'g'ri	ikkita yondosh nimstansiyalarni ish faoliyatini to'xtatishi	tortish tarmog'idagi bitta nimstansiya ish faoliyatini to'xtatishi
229	6.2	Tortish tarmog'ining majburiy ish rejimida kontakt tarmog'idagi kuchlanish qanchagacha	25 kV gacha	21 kV gacha	19 kV gacha 18 kV gacha

		kamayishiga ruxsat etiladi?	majburiy ish rejimida ishlayotgan uchastkalarda	normal ish rejimida ishlayotgan uchastkalarda	uchastka o'tkazish qobiliyatini oshirishda	
230	6.2	Ko'chib yuruvchi transformatorlardan qachon foydalaniladi?				A, B, C
231	6.2	Majburiy ish rejimida fider zonadan o'tish mumkin bo'lgan poyezdlar maksimal sonini aniqlashda zona oxiridagi kuchlanish miqdori qanchadan kam bo'lmashligi lozim?	25 kV dan	18 kV dan	21 kV dan	19 kV dan
232	6.3	Kuchlanish miqdorining o'zgarishi o'zgarimas va bir fazali o'zgaruvchan tok lokomotivlariga ko'rsatadigan ta'siridagi farqlar:	bir fazali o'zgaruvchan tok elektrovozlarida kuchlanishni unda joylashgan transformator yordamida rostlash imkoniyati mavjud	bir fazali o'zgaruvchan tok elektrovozlaridagi yordamchi zanjirlar o'zgarimas tok elektrovozlarida yordamchi zanjirlaridan tubdan farq qiladi	A, B	o'zgaruvchan tok elektrovozlarida kuchlanishni unda joylashgan transformator yordamida rostlash imkoniyati mavjud emas
233	6.3	O'zgaruvchan tok elektrovozlarida yordamchi zanjirlari ish qobiliyatini kontakt tarmog'idagi kuchlanish miqdori	19 kV gacha	21 kV gacha	25 kV gacha	18 kV gacha

		qanchagacha kamayguncha saqlab turadi?	19 kV gacha	21 kV gacha	25 kV gacha	18 kV gacha
234	6.3	Tortish tarmog'ida nominal yoki shartli hisobiy kuchlanish, $U_n = U_{nlf}$	19 kV gacha	21 kV gacha	25 kV gacha	18 kV gacha
235	6.3	Tortish tarmog'i (elektrovoz tok qabul qilgichi)dagi rekuperatsiya paytidagi maksimal kuchlanish, U_{max}	27,0 kV	29,0 kV	27,5 kV	25,0 kV
236	6.3	Tortish tarmog'i (elektrovoz tok qabul qilgichi)dagi rekuperatsiya mavjud bo'lmagan paytidagi maksimal kuchlanish, U_{max}	29,0 kV	27,0 kV	27,5 kV	25,0 kV
237	6.3	Tortish tarmog'i (elektrovoz tok qabul qilgichi)dagi maksimal kuchlanish, U_{max}	29,0 kV	27,0 kV	27,5 kV	25,0 kV
238	6.3	Tortish tarmog'i (elektrovoz tok qabul qilgichi)dagi ruxsat etilgan minimal kuchlanish (magistral uchastkalarda)	19 kV	21 kV	24 kV	18 kV
239	6.3	Tortish tarmog'i (elektrovoz tok qabul qilgichi)dagi maksimal kuchlanish, U_{max}	19 kV	21 kV	24 kV	18 kV

		qilgichi)dagi ruxsat etilgan minimal kuchlanish (kam yuklangan uchastkalarda)					
240	6.3	Tortish tarmog'i (elektrovoz tok qabul qilgichi)dagi ruxsat etilgan minimal kuchlanish (passajir poyezdlar maksimal harakat tezligi 160 km/soat dan yuqori bo'lgan uchastkalarda)	19 kV	21 kV	24 kV	18 kV	
241	6.3	Har bir blok-uchastka uzunligi ... teng	nimstansiya va neytral qo'yilma orasidagi masofaga	yondosh svetoforlar orasidagi masofaga	yondosh nimstansiyalar orasidagi masofaga	yondosh fiderlar orasidagi masofaga	
242	6.3	Blok-uchastka uzunligi qancha masofani tashkil etadi?	1000 m dan 2600 m gacha	1000 m dan 3600 m gacha	1500 m dan 2600 m gacha	1000 m dan 1200 m gacha	
243	6.3	Shartli peregon uzunligi:	$L_{sh,per} = \theta g^2$	$L_{sh,per} = \theta^2 g$	$L_{sh,per} = 0,5 \theta g$	$L_{sh,per} = \theta g$	
244	6.3	Uch belgili signalizatsiya uchun blok-uchastka uzunligi:	$L_{bl,uch} = \frac{1}{2} L_{sh,per}$	$L_{bl,uch} = \frac{1}{3} L_{sh,per}$	$L_{bl,uch} = \frac{1}{4} L_{sh,per}$	$L_{bl,uch} = \frac{2}{3} L_{sh,per}$	
245	6.4	Elektr harakat tarkibining harakati quyidagi rejimlarni o'z ichiga oladi:	ishga tushish va tezlashish rejimi	turg'un tezlik bilan harakatlanish rejimi	A, B, C	salt ish va tormozlash rejimi	
246	6.4	Kuchlanishni elektrovoz tezligiga ta'siri uning faqat qaisi	turg'un tezlik bilan harakatlanish rejimida	ishga tushish va tezlashish rejimi	salt ish va tormozlash rejimi	A, B, C	

		rejimida yuz beradi?				
247	6.4	Kuchlanish miqdorini poyezdning o'zgaruvchan tok fider zonasi bo'ylab o'tish vaqtiga ta'siri qanday o'ziga xos xususiyatlarga ega?	poyezdni nimstansiyalararo zona bo'ylab yurish va poyezdlararo oraliq vaqtlarning haqiqiy qiymatlari o'zgarmas tok uchastkasi uchun yozilgan formulalar asosida aniqlanadi	o'zgaruvchan tok tortish tarmog'i katta induktiv qarshilikka ega bo'lganligi bois ΔU_{kl} asosan induktiv qarshilikdagi kuchlanish yo'qolishi ko'rinishida aniqlanadi	elektrovovzdagi transformator kuchlanish miqdorini 10 – 15% ga oshirish imkonini beradi	A, B, C
248	6.5	O'zgaruvchan tok tortish tarmog'idagi energiya rekuperatsiyasi jarayonida aktiv energiya o'z yo'nalishini ...	saqlab qoladi	o'zgartiradi	saqlab qolishi ham, o'zgartirishi ham mumkin	biroz o'zgartiradi
249	6.5	O'zgaruvchan tok tortish tarmog'idagi energiya rekuperatsiyasi jarayonida reaktiv energiya o'z yo'nalishini ...	saqlab qoladi	o'zgartiradi	saqlab qolishi ham, o'zgartirishi ham mumkin	biroz o'zgartiradi
250	6.6	Tortuvchi nimstansiyadagi quvvat	avval har bir fazadagi toklar va	to'g'ri va teskari ketma-ketlik	A, B	iteratsiya usuli

251	6.6	isrofini qanday usullar yordamida aniqlash mumkin?	quvvat isroflarini hisoblab, keyin esa ularni o'zaro qo'shib umumiy quvvat isrofini aniqlash	toklardan hosil bo'lgan quvvat isroflarini alohida-alohida aniqlab, umumiy isrofini ularning yig'indisi ko'rinishida topish		
		Nima uchun tortish elektr ta'minoti tizimidagi quvvat isroflari va kuchlanish yo'qolishlarini aniqlashda aynan simmetrik tashkil etuvchilar usuli maqsadga muvofiq hisoblanadi?	quvvat isroflari va kuchlanish yo'qolishlarini topish bilan bir qatorda tok va kuchlanishlar nosimmetriyalarini ularning simmetrik tashkil etuvchilari orqali aniqlash zaruriyati borligi sababli	simmetrik tashkil etuvchilar usuli sodda usul bo'lganligi sababli	B, C	
252	6.7	Elektr energiya sifat ko'rsatkichlarini oshirish usullari qanday turlarga bo'linadi?	intensiv va aktiv	passiv va aktiv	passiv	aktiv
253	6.7	Elektr energiya sifat ko'rsatkichlarini oshirishning passiv usullari qanday amalga oshiriladi?	tortuvchi nimstansiyalarni ta'minlash tarmog'iga simmetriyalovchi sxemalar asosida	kontakt tarmog'i simlari ko'ndalang kesim yuzasini oshirish	sinxron kompensatorlarni ulash	A, B

254	6.7	Elektr energiya sifat ko'rsatkichlarini oshirishning aktiv usullari qanday amalga oshiriladi?	transformatorlar kuchlanishini rostdash; filtr-simmetriyalovchi qurilmalardan foydalanish	sinxron kompensatorlar, sinxron motorlarni ulash; tortish tarmog'idagi kuchlanish miqdorini oshirish	bo'ylama va ko'ndalang kompensatorlarni ulash	A, B, C
255	6.7	Nima uchun tortish tarmog'i elektr energiya sifat ko'rsatkichlarini oshirishda sinxron kompensatorlardan deyarli foydalanilmaydi?	A, B	yuklamalari nosimmetrik yuklamalar turkumiga mansubligi tufayli	narxi qimmatligi sababli	sinxron kompensatorlar imkoniyatlari cheklanganligi sababli
256	6.7	Bitta tortuvchi nimstansiyada bir nechta transformatorlar parallel ishlaganda nima uchun har bir transformator kuchlanishini rostdash jarayonini amalga oshirish lozim bo'ladi?	ular bo'ylab katta qiymatli muvozanatlovchi toklar paydo bo'lmisligi uchun	tortish tarmog'idagi kuchlanish yo'qolishini kamaytirish uchun	kuchlanishni rostdash jarayonini to'la amalga oshirish uchun	A, B, C
257	6.7	Bitta tortuvchi nimstansiyada bir nechta transformatorlar parallel ishlaganda ularlardagi kuchlanishlar farqi 5%	20 % gacha	30 % gacha	10 % gacha	40 % gacha

		ga yetganda tizimda nominal tokning necha foiziga teng muvozanatlovchi tok yuzaga keladi?				
258	6.7	110 kV kuchlanishli chulg'amlarida almashlab ulash apparaturasi bo'lgan transformatorning qimmatlashish koeffitsiyenti nechani tashkil etadi?	1,15 – 1,3 ni	0,60 – 1,0 ni	1,10 – 1,75 ni	1,5 – 2,75 ni
259	6.7	Nima sababdan kuchlanishni rostdash uchun standart (uni bitta fazasidagi kuchlanishni o'zgartirib rostdash) sxemani qo'llab bo'lmaydi?	transformator biron bir fazasidagi kuchlanish ruxsat etilgan qiymatdan ortib ketishiga olib kelishi mumkin	transformator biron bir fazasidagi kuchlanish ruxsat etilgan qiymatdan kamayib ketishiga olib kelishi mumkin	ular bo'ylab katta qiymatli muvozanatlovchi toklar paydo bo'lishiga olib kelishi mumkin	tarmoqdagi kuchlanish yo'qolishi qiymati ortishiga olib kelishi mumkin
260	6.8	O'zgaruvchan tok tortish tarmog'ida ko'ndalang kompensatsiya, balki vazifalarni bajaradi? si ham nazarda tutiladi.	to'g'ri ketma-ketlikli reaktiv quvvatni kompensatsiyalaydi	tortish yuklamasini simmetriyalaydi	A, B, D	teskari ketma-ketlikli quvvatni kompensatsiyalaydi
261	6.8	Nima sababdan to'g'ri ketma-ketlikli reaktiv quvvatni	chunki KK qurilmasida generatsiyalanayot-	chunki KK qurilmasida generatsiyalanayot-	chunki KK qurilmasida generatsiyalanayot-	A, B, C

262	kompensatsiyalash uchun ko'ndalang kompensatsiya(KK) qaysi faza (fazalar)ga ulanishining ahamiyati yo'q? Nima maqsadda ko'ndalang kompensatsiyani tortuvchi nimstansiyalarda emas, balki tortish tarmog'ining seksiyalash punktlarida, fider zonalari o'rtalarida o'rnatiladi?	gan to'g'ri ketma-ketlikli to'la quvvat faqat KK quvvatiga bog'liq bo'ladi tortish tarmog'idagi kuchlanish yo'qolishini kamaytirish maqsadida	yotgan to'g'ri ketma-ketlikli reaktiv quvvat faqat KK quvvatiga bog'liq bo'ladi kontakt tarmog'idagi kuchlanish yo'qolishini kamaytirish maqsadida	yotgan to'g'ri ketma-ketlikli reaktiv quvvat faqat KK quvvatiga bog'liq bo'ladi A, B, D tortish tarmog'idagi energiya isrofini kamaytirish maqsadida
263	Fider zonada yuklama bo'lmaganda ko'ndalang kompensatsiya qanday salbiy oqibatlariga olib kelishi mumkin?	ko'ndalang kompensatsiyaning o'zi fider zonada yagona yuklama bo'lib qolganligi sababli u samarasiz aktiv quvvat isrofiga sababchi bo'ladi	$\dot{U}_x$ kuchlanish bu rejimda kontakt tarmog'i uchun maksimal ruxsat etilgan 29 kV kuchlanishdan ortib ketishi mumkin	ko'ndalang kompensatsiyaning o'zi fider zonada yagona yuklama bo'lib qolganligi sababli u samarasiz reaktiv quvvat isrofiga sababchi bo'ladi A, B
264	Ko'ndalang kompensatsiya kondensatorlariga	elektrovoz toki yuqori garmonikalarini	elektrovoz toki tokining katta qiymatli	elektrovoz toki yuqori garmonikalarini

	ketma-ket ulangan reaktor qanday vazifalarni bajaradi?	ko'ndalang kompensatsiya kondensatorlaridan o'tishidan himoya qiladi	garmonikalarini kondensator batareyalari orqali shuntlab, ularni ta'minlovchi tarmoqdan o'tishidan himoyalaydi	ko'ndalang kompensatsiya kondensatorlaridan o'tishini ta'minlaydi
265	Bo'ylama kompensatsiya qanday vazifalarni bajaradi?	liniya boshidagi kuchlanish va tok orasidagi faza siljish burchagini kamaytiradi	A, C, D	tizim reaktiv qarshiligini kamaytiradi tizim quvvat koeffitsiyentini oshiradi
266	Bo'ylama kompensatsiya tortuvchi nimstansiya kirish shinalarida o'rnatilganda qaysi toklar hisobidan liniyada yuzaga keladigan kuchlanish yo'qolishini kompensatsiyalaydi?	shu nimstansiya toki hisobidan liniyada yuzaga keladigan kuchlanish yo'qolishini	barcha nimstansiyalar toklari hisobidan liniyada yuzaga keladigan kuchlanish yo'qolishini	shu nimstansiyadan boshqa barcha nimstansiyalar toklari hisobidan yuzaga keladigan kuchlanish yo'qolishini A, B, C
267	Bo'ylama kompensatsiya(BK) tortuvchi nimstansiya kirish shinalarida o'rnatilganda qayerdagi kuchlanish yo'qolishlarini	BK o'rnatilgan nimstansiya yuklamasidan boshqa nimstansiyalarga cha bo'lgan uzunlikdagi	boshqa yuklamalar hisobidan BK o'rnatilgan nimstansiyalarga cha bo'lgan uzunlikdagi liniyadagi	barcha nimstansiyalar toklari hisobidan liniyada yuzaga keladigan kuchlanish yo'qolishini

	kompensatsiyalash imkoniyati bo'lmaydi?	liniyadagi kuchlanish yo'qolishlarini	kuchlanish yo'qolishlarini	nimstansiyalar quvvati (agregatlar soni va quvvati)	kontakt tarmog'i simlarining kesimi
268	7.1	Tortish elektr ta'minoti tizimining asosiy parametrlariga nimalar kiradi?	nimstansiyalar soni, ular orasidagi masofa	A, C, D	
269	7.1	Tortish elektr ta'minoti tizimini elektr hisobida qanday ishlar ni amalgam oshirish ko'zda tutiladi?	nimstansiyalar soni, ular orasidagi masofa, quvvati (agregatlar soni va quvvati) va kontakt tarmog'i simlarining kesimini hisoblash	elektr energiya bilan ta'minlash sxemasini tanlash, kontakt tarmog'ini seksiyalash va parallel ulash punktleri joylarini tanlash	A, B, C
270	7.1	Tortish elektr ta'minoti tizimini loyihalashda qanday omil asosiy tamoyil (mezon) hisoblanadi?	temir yo'l uchastkasining eng yo'qori o'tkazish qobiliyatini ta'minlash	A, C, D	nimstansiyalar quvvatini optimal tanlash
271	7.1	Temir yo'l transporti uchun xarajatlarni qoplash muddati necha yil?	12	10	5
272	7.1	Energetik tizimlar uchun xarajatlarni qoplash muddati necha yil?	12	10	5
273	7.1	Temir yo'l transporti uchun samaradorlik	0,10	0,12	0,08

		koefitsiyenti qanchani tashkil etadi?					
274	7.1	Energetik tizimlar uchun samaradorlik koefitsiyenti qanchani tashkil etadi?	0,10	0,12	0,11	0,08	
275	7.1	Tortish elektr ta'minoti tizimini hisobi deganda nimalar nazarda tutiladi?	uning solishtirma elektr energiya miqdori, tortuvchi nimstansiyalar soni	quvvati va ular orasidagi masofani hisoblash, kontakt osmasi simlari kesimi yuzasini aniqlash	seksiyalash postlari va parallel ulanish punktlarining joylashish o'rinlarini aniqlash	A, B, C	
276	7.2	Tortuvchi nimstansiyalararo o'rtacha masofani hisoblash formulasi:	$l_{or} = \frac{W_y^2}{8760P_{or}}$	$l_{or} = \frac{W_y}{876P_{or}}$	$l_{or} = \frac{W_y}{8760P_{or}}$	$l_{or} = \frac{W_y}{8760P_{or}^2}$	
277	7.2	Nimstansiyalararo iqtisodiy masofa l_{iq} ni aniqlashda nimalar hisobga olinishi lozim?	nimstansiyaning kundalik ehtiyojidagi xarajatlar	nimstansiya bahosining uning quvvatiga bog'liq bo'lmagan qismi va undagi amortizatsion ajratmalar	A, B, D	tortish tarmog'idagi elektr energiya isrofining qiymati	
278	7.2	Bitta yo'lli liniya uchun elektrlashgan temir yo'l uchastkasida harakatlanadigan poyezdlarning o'rtacha	$n_{or} = \frac{1,5N}{N_0 l_i} l$	$n_{or} = \frac{120N}{N_0 v l} l$	$n_{or} = \frac{1,59N}{N_0 l_i} l$	$n_{or} = \frac{12N}{N_0 v l} l$	

279	7.2	sonini aniqlash formulasi: Ikkitta yo'lli liniya uchun elektrlashgan temir yo'l uchastkasida harakatlanadigan poyezdlarning o'rtacha sonini aniqlash formulasi:	$n_{oy} = \frac{1,5N}{N_0 I_1} l$	$n_{oy} = \frac{120N}{N_0 v l} l$	$n_{ot} = \frac{1,59N}{N_0 I_1} l$	$n_{ot} = \frac{12N}{N_0 v l} l$
280	7.3	Transformatorning belgilangan foydalanish muddati necha yilga teng?	30	10	15	25
281	7.3	O'rnatilgan me'yoriy hujjatlarga ko'ra chulg'am izolatsiyasi haroratining 6°C ga ortishi uning eskirish muddatini qanchaga o'zgartiradi?	uch marta qisqartiradi	ikki marta qisqartiradi	besh marta qisqartiradi	ikki marta oshiradi
282	7.3	O'zgaruvchan tok tortuvchi nimstansiyasining quvvatini tanlash qaysi tok bo'yicha amalga oshiriladi?	eng kam yuklangan faza toki	barcha fazalar toklari	eng ko'p yuklangan faza toki	o'rtacha yuklangan faza toki
283	7.4	Kontakt osmasi simlarining kesimi tortish elektr ta'minoti	tortish tarmog'i kuchlanishi miqdoriga	kontakt osmasidagi elektr energiya isrofiga	A, B, D	kontakt tarmog'i simlarining qizishiga

	tizimining qanday parametrlariga ta'sir ko'rsatadi?				
284	7.4	Kontakt osmasi simlari iqtisodiy kesimini aniqlashda qanday yondashuvlar mavjud?	faqat elektr energiya isrofini hisobga olib aniqlash	elektr energiya isrofi va kontakt osmasi simlari kesimini poyezdlarning harakat tezligiga ta'sirini birgalikda hisobga olib aniqlash	kontakt osmasi simlari oxiridagi tokni hisobga olib aniqlash A, B
285	7.4	Kontakt osmasi kesimi yuzasiga ... yuzasi kiradi	kontakt simi	kuchaytiruvchi sim	ushlab turuvchi tros A, B, D
286	7.4	Kontakt osmasi iqtisodiy kesimini topish formula:	$S_{iq} = \sqrt{\frac{B_0 \rho}{(E_m + E_0) k_a}}$	$S_{iq} = \sqrt{\frac{\beta_e B_0 \rho}{(E_m + E_0) k_a}}$	$S_{iq} = \sqrt{\frac{\beta_e B_0 \rho}{(E_m + E_0) k_a}}$
287	7.4	Kuchaytiruvchi sim sifatida, odatda, qaysi markali alyuminiy sim qo'llaniladi?	A165	A175	A195
288	7.5	Kontakt osmasi simlarining eng yuqori ruxsat etilgan harorati mis simlar uchun qanchani tashkil etish lozim?	100°C	80°C	90°C
289	7.5	Kontakt osmasi simlarining eng yuqori	100°C	80°C	90°C

		ruxsat etilgan harorati alyuminiy simlar uchun qanchani tashkil etish lozim?	Nimstansiyalararo zona minimal o'tkazish qobiliyatini belgilovchi peregona	Fider zona o'tkazish qobiliyatini belgilovchi peregona	Fider zona minimal o'tkazish qobiliyatini belgilovchi peregona	Nimstansiyalararo zona o'tkazish qobiliyatini belgilovchi peregona
290	7.5	Limitlovchi peregon – bu ...	undagi element va qurilmalarni ish jarayonini buzilishiga olib kelishidir	undagi element va qurilmalarni ishdan chiqishi xavfini tug'dirishidir	undagi element va qurilmalarda EYK hosil qilishidir	undagi element va qurilmalarda kata toklar hosil qilishidir
291	8.1	Bir zanjirning boshqa zanjirga elektromagnit xavfli ta'siri – bu ...	undagi element va qurilmalarni ish jarayonini buzilishiga olib kelishidir	undagi element va qurilmalarni ishdan chiqishi xavfini tug'dirishidir	undagi element va qurilmalarda EYK hosil qilishidir	undagi element va qurilmalarda kata toklar hosil qilishidir
292	8.1	Bir zanjirning boshqa zanjirga elektromagnit xalaqit beruvchi ta'siri – bu ...	undagi element va qurilmalarni ish jarayonini buzilishiga olib kelishidir	undagi element va qurilmalarni ishdan chiqishi xavfini tug'dirishidir	undagi element va qurilmalarda EYK hosil qilishidir	undagi element va qurilmalarda kata toklar hosil qilishidir
293	8.1	Simmetrik zanjirni yondosh zanjirlarga ta'siri darajada bo'ladi	nol	o'rtacha	maksimal	minimal
294	8.1	Elektr ta'sir – bu ...	kontakt tarmog'idagi kuchlanish ta'sirida yondosh liniyada yerga nisbatan potentsial	kontakt tarmog'idagi o'zgaruvchan tok magnit maydonini yondosh liniyada bo'yлама EYK	kontakt tarmog'idagi kuchlanish ta'sirida yondosh liniyada	A, B, C

		induksiyanishidir	induksiyalashidir	bo'ylama EYK induksiyanishidir	
295	8.1 Magnit ta'sir – bu ...	kontakt tarmog'idagi kuchlanish ta'sirida yondosh liniyada yerga nisbatan potentsial induksiyanishidir	kontakt tarmog'idagi o'zgaruvchan tok magnit maydonini yondosh liniyada bo'ylama EYK induksiyalashidir	kontakt tarmog'idagi kuchlanish ta'sirida yondosh liniyada bo'ylama EYK induksiyanishidir	A, B, C
296	8.2 Nima uchun kontakt tarmog'ining manbadan ajralgan qismi ikkala tomondan ham yerlanishi talab etiladi?	Chunki, unda qo'shni kontakt tarmog'ining magnit ta'siri ostida bir necha kilovoltgacha potentsial hosil bo'ladi	Chunki, unda qo'shni kontakt tarmog'ining elektr ta'siri ostida bir necha kilovoltgacha potentsial hosil bo'ladi	Chunki, unda qo'shni kontakt tarmog'ining magnit ta'siri ostida bir necha kilovoltgacha tok hosil bo'ladi	Chunki, unda qo'shni kontakt tarmog'ining elektr ta'siri ostida bir necha kiloamperegacha tok hosil bo'ladi
297	8.2 Yondosh liniyalar o'zaro yaqinlashish kengligi 15 m dan 100 m ga oshirilganda elektr ta'sir kuchlanishi necha marta kamayadi?	31,7	2,1	13,7	10
298	8.2 Yondosh liniyalar o'zaro yaqinlashish kengligi 15 m dan 100 m ga oshirilganda magnit ta'sir	31,7	2,1	13,7	10

		kuchlanishi necha marta kamayadi?					
299	8.3	Temir yo'l relslari magnit ta'sirini o'rtacha necha martagacha kamaytirish imkonini beradi?	3	1,5	4	2	
300	8.3	Relslar ekranlash xususiyatini oshirishning qanday usullarini bilasiz?	relslar qarshiliklarini kamaytirish	kontakt tarmog'i bilan relslar orasidagi o'zaro induktivlikni oshirish	A, B	relslar qarshiliklarini oshirish	
301	8.3	So'ruvchi transformatorlar vazifasi:	relslardan yerga o'tayotgan toklarni oshirish	relslardan yerga o'tayotgan toklarni relsga qayta so'rib olish	kontakt tarmog'i tokini oshirish	tros tokini oshirish	
302	8.3	STlarni t.y. uchastkasining qaysi joylarida tortish tarmog'iga ulash maqsadga muvofiq hisoblanadi?	anker uchastkalarining o'zaro bog'langan joylarida	anker uchastkalarining o'rtalarida	nimstansion zonalarining o'rtalarida	nimstansion zonalarining oxirlarida	
303	8.3	Qo'shni STlar orasidagi masofa qanchaga teng bo'lganda relslarning yondosh liniyani STlar yordamida ekranlash xususiyati ancha yuqori bo'ladi?	ikkita anker uchastka uzunligi (3,0 km)ga	bitta anker uchastka uzunligi (1,5 km)ga	uchta anker uchastka uzunligi (3,0 km)ga	5 kmga	

304	9.1	Tortish tarmog'ida qisqa tutashishlarga olib keluvchi sabablarni shartli ravishda qanday guruhga ajratish mumkin?	ishchi xarakterdagi sabablar	C, D	ekspluatatsion xarakterdagi sabablar	tasodifiy xarakterdagi sabablar
305	9.1	Qisqa tutashishni aniqlash uchun foydalaniladigan fizik belgiga ko'ra himoyalash qanday turlarga bo'linadi?	tokli himoya; potentsial himoya; impulsli himoya; tok shakli bo'yicha himoya	tokning ortib borish tezligiga sezgir bo'lgan himoya; masofaviy himoya	kuchlanish va tok orasidagi faza siljish burchagiga sezgir bo'lgan himoya	A, B, C
306	9.1	Qisqa tutashish toklaridan himoyalash qurilmalariga qanday asosiy talablar qo'yiladi?	ishonchli ishlash xususiyati	soxta(adashtiruvchi) ishlab ketmasligi	A, B, D	selektivlik xususiyati; tezkorligi
307	9.1	Himoyaning o'rnatilishi nima?	himoyaga ta'sir etuvchi kattalikning avvaldan belgilab qo'yilgan qiymati	himoyaga ta'sir etuvchi kattalikning maksimal qiymati	himoyaga ta'sir etuvchi kattalikning minimal qiymati	A, B, C
308	9.1	Selektivlik (saralash-tanlash) qobiliyati — bu ...	himoyaning elektr ta'minoti tizimining faqat shikastlangan qismini uzish xossasidir	himoyaning elektr ta'minoti tizimining barcha qismini uzish xossasidir	himoyaning faqat shikastlangan qismini uzish xossasidir	A, B, C
309	9.1	Absolyut selektivlik:	himoyaning faqat tashqi	himoyaning faqat ichki	himoyaning ichki va tashqi	A, B, C

		shikastlanishlarga reaksiya qilish xossasi	shikastlanishlarga reaksiya qilish xossasi	shikastlanishlarga reaksiya qilish xossasi	shikastlanishlarga reaksiya qilish xossasi
310	9.1	Nisbiy selektivlik:	zarurat bo'lganda himoyaning tashqi shikastlanishlarga ham reaksiya qilish xossasi	himoyaning ichki shikastlanishlarga reaksiya qilish xossasi	himoyaning ichki va tashqi shikastlanishlarga reaksiya qilish xossasi
311	9.1	Shikastlangan uchastkani ajratish vaqti qancha kam bo'lsa, shuncha:	elektr stansiyalar generatorlarining parallel ishlash barqarorligi yuqori bo'ladi	izolyasiya, tok o'tkazuvchi qismlar, elektromexanik apparatlar, jihozlar va tarmoqlar ishdan chiqishi kamayadi	A, B, D
312	9.1	300-500 kV li elektr uzatish liniyalaridagi shikastlanishlar qancha vaqt oralig'ida manbadan ajratilishi lozim?	0,15-0,3 s	0,1-0,12 s	1,5-3,0 s
313	9.1	110-220 kV li elektr uzatish liniyalaridagi shikastlanishlar qancha vaqt oralig'ida manbadan ajratilishi lozim?	0,15-0,3 s	0,1-0,12 s	0,3-0,4 s
					0,4-0,5 s

314	9.1	6-10 kV li elektr uzatish liniyalaridagi shikastlanishlar qancha vaqt oralig'ida manbadan ajratilishi lozim?	0,15-0,3 s	0,1-0,12 s	1,5-3,0 s	0,4-0,5 s
315	9.1	Kontakt simlari kuymasligi uchun shikastlanishlarni manbadan ajratish vaqti qancha s dan oshmasligi lozim?	0,15-0,3 s	0,1-0,12 s	1,5-3,0 s	0,12-0,14 s
316	9.1	O'zgaruvchan tok uzgichlari qancha vaqtda uziladi?	0,4-0,5 s	0,06-0,12 s	0,15-0,3 s	0,1-0,12 s
317	9.1	Ta'sir etish vaqti qanchadan oshmaydigan himoyalar tezkor hisoblanadi?	0,15 s	0,18 s	0,16 s	0,1 s
318	9.1	Zamonaviy elektron himoyalar ta'sir etish vaqti qanchani tashkil etadi?	0,02-0,04 s	0,03-0,04 s	0,01-0,04 s	0,01-0,06 s
319	9.1	O'lchash organi toklar qiymatlari yoki fazalarini taqqoslashga asoslangan himoya differensial tokli himoya deb ataladi!	yoki umumiy shinalarga ulangan parallel shoxobchalardagi	himoya qilinayotgan ob'ekt faqat boshi va faqat oxiridagi	A, B, D	himoya qilinayotgan ob'ekt boshi va oxiridagi

320	9.1	Agar himoya qilinayotgan ob'ekt boshi va oxiridagi toklar taqqoslansa, u holda bunday himoya ...	bo'ylama differensial tokli himoya hisoblanadi	tokli kesma himoyasi hisoblanadi	ko'ndalang differensial tokli himoyalar hisoblanadi	A, B, C
321	9.1	Agar himoyalanganayotgan parallel ob'ektlar toklari taqqoslansa, u holda bunday himoya ...	bo'ylama differensial tokli himoya hisoblanadi	tokli kesma himoyasi hisoblanadi	ko'ndalang differensial tokli himoyalar hisoblanadi	A, B, C
322	9.1	Qisqa tutashish jarayonida qiymati ortib boradigan kattaliklarga sezgir bo'lgan himoyalari uchun sezgirlik koeffitsiyenti:	$k_S = \frac{A_{q\max}}{A_{q\min}}$	$k_S = \frac{A_{o'm}}{A_{q\max}}$	$k_S = \frac{A_{q\min}}{A_{o'm}}$	$k_S = \frac{A_{q\min}}{A_{q\max}}$
323	9.1	Qisqa tutashish jarayonida qiymati kamayadigan kattaliklarga sezgir bo'lgan himoyalari uchun sezgirlik koeffitsiyenti:	$k_S = \frac{A_{q\max}}{A_{o'm}}$	$k_S = \frac{A_{o'm}}{A_{q\max}}$	$k_S = \frac{A_{q\min}}{A_{o'm}}$	$k_S = \frac{A_{o'm}}{A_{q\min}}$
324	9.1	Qisqa tutashish jarayonida qiymati ortib boradigan kattaliklarga sezgir bo'lgan himoyalari uchun ishonchlilik	$k_{ish} = \frac{A_{o'm}}{A_{ish\max}}$	$k_{ish} = \frac{A_{o'm}}{A_{ish\min}}$	$k_{ish} = \frac{A_{ish\min}}{A_{o'm}}$	$k_{ish} = \frac{A_{ish\max}}{A_{ish\min}}$

325	9.1	Qisqa tutashish jarayonida qiymati kamayadigan kattaliklarga sezgir bo'lgan himoyalari uchun ishonchlilik koeffitsiyenti:	$k_{\text{ish}} = \frac{A_{\text{o'rn}}}{A_{\text{ish.max}}}$	$k_{\text{ish}} = \frac{A_{\text{ish.min}}}{A_{\text{o'rn}}}$	$k_{\text{ish}} = \frac{A_{\text{ish.max}}}{A_{\text{o'rn}}}$	$k_{\text{ish}} = \frac{A_{\text{ish.min}}}{A_{\text{o'rn}}}$	
326	9.1	Qisqa tutashish jarayonida qiymati ortib boradigan kattaliklarga sezgir bo'lgan himoyalari uchun o'rnatmani aniqlash ifodasi:	$A_{\text{o'rn}} \leq \frac{A_{\text{q.min}}}{k_S};$ $[\varphi_{\text{o'rn}} = \varphi_{\text{q.min}}];$	$A_{\text{o'rn}} \geq \frac{A_{\text{q.min}}}{k_S};$ $[\varphi_{\text{o'rn}} = \varphi_{\text{q.min}}];$	$A_{\text{o'rn}} \leq \frac{A_{\text{ish.min}}}{k_S};$ $[\varphi_{\text{o'rn}} = \varphi_{\text{q.max}}];$	$A_{\text{o'rn}} \geq \frac{A_{\text{ish.min}}}{k_S};$ $[\varphi_{\text{o'rn}} = \varphi_{\text{q.max}}];$	$A_{\text{o'rn}} \geq \frac{A_{\text{ish.min}}}{k_S};$ $[\varphi_{\text{o'rn}} = \varphi_{\text{q.max}}];$
327	9.1	Qisqa tutashish jarayonida qiymati kamayadigan kattaliklarga sezgir bo'lgan himoya ishga tushmay qoladigan zona lgan himoyalari uchun o'rnatmani aniqlash ifodasi:	$A_{\text{o'rn}} \leq \frac{A_{\text{q.min}}}{k_S};$ $[\varphi_{\text{o'rn}} = \varphi_{\text{q.min}}];$	$A_{\text{o'rn}} \geq \frac{A_{\text{q.min}}}{k_S};$ $[\varphi_{\text{o'rn}} = \varphi_{\text{q.min}}];$	$A_{\text{o'rn}} \leq \frac{A_{\text{q.min}}}{k_S};$ $[\varphi_{\text{o'rn}} = \varphi_{\text{q.min}}];$	$A_{\text{o'rn}} \geq \frac{A_{\text{q.min}}}{k_S};$ $[\varphi_{\text{o'rn}} = \varphi_{\text{q.min}}];$	$A_{\text{o'rn}} \leq \frac{A_{\text{ish.min}}}{k_S};$ $[\varphi_{\text{o'rn}} = \varphi_{\text{q.max}}];$
328	9.1	Qisqa tutashish jarayonida qiymati ortib boradigan kattaliklarga sezgir bo'lgan himoyalari uchun himoyani tashqi qisqa	$A_{\text{o'rn}} \geq \frac{A_{\text{q.min}}}{k_S};$ $[\varphi_{\text{o'rn}} = \varphi_{\text{q.min}}];$	$A_{\text{o'rn}} \leq \frac{A_{\text{q.min}}}{k_S};$ $[\varphi_{\text{o'rn}} = \varphi_{\text{q.min}}];$	$A_{\text{o'rn}} \geq \frac{A_{\text{q.min}}}{k_S};$ $[\varphi_{\text{o'rn}} = \varphi_{\text{q.min}}];$	$A_{\text{o'rn}} \leq \frac{A_{\text{q.min}}}{k_S};$ $[\varphi_{\text{o'rn}} = \varphi_{\text{q.min}}];$	$A_{\text{o'rn}} \leq \frac{A_{\text{ish.min}}}{k_S};$ $[\varphi_{\text{o'rn}} = \varphi_{\text{q.max}}];$

		tutashishlarga ishga tushmasligi sharti:				
329	9.1	Qisqa tutashish jarayonida qiymati kamayadigan kattaliklarga sezgir bo'lgan himoyalari uchun himoyani tashqi qisqa tutashishlarga ishga tushmasligi sharti:	$A_{o'm} \geq A'_{q,min} / k_{sm}$ $[\varphi_{or} = \varphi_{q,min}]$	$A_{o'm} \leq A'_{q,min} / k_{sm}$ $[\varphi_{or} = \varphi_{q,min}]$	$A_{o'm} \geq k_{sm} A'_{q,max}$ $[\varphi_{or} = \varphi_{q,max}]$	$A_{o'm} \leq k_{sm} A'_{q,max}$ $[\varphi_{or} = \varphi_{q,max}]$
330	9.2	Q.t.da himoya ishga tushmay qoladigan zona nima deb ataladi?	B, C, D	“himoya sezmaydigan zona”	“passiv zona”	“o'lik zona”
331	9.2	Moyli uzgichlarda uzish vaqti:	0,08 – 0,11 s	0,04 – 0,06 s	0,06 – 0,21 s	0,8 – 1,1 s
332	9.2	Vakuimli uzgichlarda uzish vaqti:	0,08 – 0,11 s	0,04 – 0,06 s	0,06 – 0,21 s	0,8 – 1,1 s
333	9.2	MΦ-100 markali kontakt simi orqali 3 kA va undan katta tok o'tganda sim ... vaqtda kuyadi!	0,02 s	0,04 s	0,44 s	0,08 s
334	9.2	2000 A tokli yoy simni ... vaqtda kuydirishi mumkin!	0,01 – 0,05 s	0,05 – 0,10 s	0,15 – 0,17 s	0,2 – 0,3 s
335	9.2	Himoya selektivligini ta'minlashning asosiy usuli – bu ...	himoya faoliyatiga kutish vaqtini kiritishdir	himoyada yo'naltirilganlik xossasidan	A, B	himoya faoliyatiga tokli kesmani

				foydalanishdir		minimal kuchlanish (potensial)	kiritishdir
336	9.2	Seksiyalash postida shinani himoyalash va qo'shimcha zahiralash uchun ... himoya ko'zda tutilishi lozim!	bo'ylama differensial	differensial			ko'ndalang differensial
337	9.2	Nimstansiyalararo zonaning istalgan joyidagi q.t.dan himoyalash ishonchligini oshirish uchun eng yaqinda joylashgan uzgichda kamida ... ko'zda tutilishi lozim!	uchta himoya (yoki bitta himoya komplektining uchta pog'onasi)	ikkita himoya (yoki bitta himoya komplektining ikkita pog'onasi)		bitta himoya (yoki bitta himoya komplektining ikkita pog'onasi)	ikkita differensial himoya
338	9.2	Elektron himoyalar uchun Δt kutish vaqti necha s ga teng?	0,4 – 0,6 s	0,39 s		0,03 s	0,3 s
339	9.2	Elektromexanik himoyalar uchun Δt kutish vaqti necha s ga teng?	0,13 s	0,4 – 0,6 s		0,03 s	0,3 s
340	9.2	Noselektiv himoyalar kontakt tarmog'idagi ... yoki ... qo'llaniladi!	kuyishlar sonini kamaytirishda	A, C		seksiyalash postlari tezkor uzgichlar bilan jihozlanmagan-da	seksiyalash postlari tezkor uzgichlar bilan jihozlanganda
341	9.3	O'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkalarida nimstansiyalararo	faqat qisqa tutashish tokining qiymatini	faqat qisqa tutashish tokining o'tish vaqtini		faqat qisqa tutashish tokining qiymati	A, B, C

		zonaning istalgan nuqtasida yuzaga kelgan qisqa tutashishda tokli himoya qurilmasi ... , xolos!	cheklaydi	cheklaydi	va uning o'tish vaqtini cheklaydi	
342	9.3	Ikki yo'li o'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkalarida nimstansiya fiderlari va seksiyalash postlaridagi himoyalalar selektivlik xususiyatini ta'minlash maqsadida ... himoya qo'llaniladi!	maksimal tokli yo'naltirilmagan ko'rinishidagi qutblangan	masofaviy	maksimal tokli yo'naltirilgan ko'rinishidagi qutblangan	maksimal tokli yo'naltirilgan ko'rinishidagi qutblanmagan
343	9.4	Minimal kuchlanish bo'yicha himoyaning ishlash prinsipi:	q.t. rejimidagi kuchlanishlarni o'zaro taqqoslashga asoslangan	normal ish rejimidagi kuchlanishlarni o'zaro taqqoslashga asoslangan	q.t. rejimidagi kuchlanish va toklarni o'zaro taqqoslashga asoslangan	A, B, C
344	9.4	Minimal kuchlanish bo'yicha himoyada relelar o'zgaruvchan tok temir yo'l uchastkalarida ... orqali tortish tarmog'iga ulanadi!	to'g'rilagich sxemasi	diod	transformator	induktiv g'altak
345	9.4	Minimal kuchlanish bo'yicha himoya	voltmetrli blokirovka	potensial himoya	teleblokirovka	A, B, C

		turlari:					
346	9.4	Voltmetrli blokirovka ishga tushishi uchun qanday shartlar bajarilishi zarur?	shu nimstansiya yaqinidagi MKR ni ishga tushishi	ikkala nimstansiya birortasidagi uzgichni ishga tushishi	ikkala nimstansiya uzgichlarni ishga tushishi	A, B	
347	9.4	Potensial himoya voltmetrli blokirovka va teleblokirovkadan nima bilan farq qiladi?	kuchlanish relesidan chiqadigan signal rele o'rnatilgan joydagi kommutatsion apparatlarga ta'sir ko'rsatadi	boshqa ob'ektlarga bu signal uzatilmaydi	A, B	ikkala nimstansiya uzgichlarni ishga tushadi	
348	9.5	Masofaviy himoyaning ishlash prinsipi kuchlanish birinchi garmonik tashkil etuvchisini ... yordamida muntazam o'lchanishiga asoslangan!	tok birinchi garmonik tashkil etuvchisiga nisbati bilan aniqlanadigan tortish tarmog'ining shartli (fiktiv) qarshiligini qarshilik relesi	tok uchinchi garmonik tashkil etuvchisiga nisbati bilan aniqlanadigan tortish tarmog'ining shartli (fiktiv) qarshiligini qarshilik relesi	tok mos garmonik tashkil etuvchisiga nisbati bilan aniqlanadigan tortish tarmog'ining shartli (fiktiv) kattaligini qarshilik relesi	A, B, C	

Poyezdlar harakati o'rtacha o'lchamlari bo'yicha tortish tarmog'ini hisoblash
usuliga oid asosiy formulalar

Hisoblanayotgan kattalik	Bir tomonlama ta'minlanish	Ikki tomonlama ta'minlanish
Ta'minlovchi liniya o'rtacha toki, I_l, A	$ln_{o'r}$	$\frac{l}{2}n_{o'r}$
	$\frac{A_n}{24U_n \cos \varphi}$	$\frac{A_c}{48U_n \cos \varphi}$
Poyezdni peregon bo'ylab yurish vaqtidagi kontakt tarmog'ining shu poyezdgacha bo'lgan qismidagi o'rtacha kuchlanish yo'qolishi, $\Delta U_{o'r}, V$	$\frac{Il(r_a \cos \varphi + x \sin \varphi)}{3} \left(\frac{1}{2} + n_{o'r} \right)$	$\frac{Il(r_a \cos \varphi + x \sin \varphi)}{12} \times (1 + n_{o'r})$
	$\frac{A_n l(r_a + x \operatorname{tg} \varphi)}{72U_n n_{o'r}} \left(\frac{1}{2} + n_{o'r} \right)$	$\frac{A_c l(r_a + x \operatorname{tg} \varphi)}{288U_n n_{o'r}} (1 + n_{o'r})$
Poyezdni peregon bo'ylab tok iste'mol qilib yurish vaqtidagi kontakt tarmog'ining shu poyezdgacha bo'lgan qismidagi o'rtacha kuchlanish yo'qolishi, $\Delta U_{o'r}, V$	$\frac{Il(r_a \cos \varphi + x \sin \varphi)}{3} \left(\frac{3\alpha - 2}{2} + n_{o'r} \right)$	$\frac{Il(r_a \cos \varphi + x \sin \varphi)}{12} \times (2\alpha - 1 + n_{o'r})$
	$\frac{A_n l(r_a + x \operatorname{tg} \varphi)}{72U_n n_{o'r}} \left(\frac{3\alpha - 2}{2} + n_{o'r} \right)$	$\frac{A_c l(r_a + x \operatorname{tg} \varphi)}{288U_n n_{o'r}} (2\alpha - 1 + n_{o'r})$
Bir tomonlama ta'minlanish sxemali uchastka oxiridagi va ikki tomonlama ta'minlash sxemali uchastka tok ajratish nuqtasidagi o'rtacha kuchlanish yo'qolishi, $\Delta U_{\max}, V$	$\frac{Il(r_a \cos \varphi + x \sin \varphi)}{2} (1 + n_{o'r})$	$\frac{Il(r_a \cos \varphi + x \sin \varphi)}{8} (1 + n_{o'r})$
	$\frac{A_n l(r_a + x \operatorname{tg} \varphi)}{48U_n n_{o'r}} (1 + n_{o'r})$	$\frac{A_c l(r_a + x \operatorname{tg} \varphi)}{192U_n n_{o'r}} (1 + n_{o'r})$
Tortish yoki kontakt tarmog'idagi aktiv quvvat o'rtacha	$\frac{r_a l^2}{1820} n_{o'r} [\alpha + 0.61(n_{o'r} - 1)]$	$\frac{r_a l^2}{5450} n_{o'r} [\alpha + 0.455(n_{o'r} - 1)]$

isrofi, $\Delta P, \text{kW}$	$\frac{r_a L_c^2}{1050 \cdot 10^3 \cdot U_n^2 \cos^2 \varphi} \left(\frac{\alpha - 0.61}{n_{or}} + 0.61 \right)$	$\frac{r_a L_c^2}{3140 \cdot 10^3 \cdot U_n^2 \cos^2 \varphi} \times \left(\frac{\alpha - 0.455}{n_{or}} + 0.455 \right)$
Tortish tarmog'idagi reaktiv quvvat isrofi o'rtacha qiymati, $\Delta Q, \text{k var}$	$\frac{x L^2}{1820} n_{or} [\alpha + 0.61(n_{or} - 1)]$	$\frac{x L^2}{5450} n_{or} [\alpha + 0.455(n_{or} - 1)]$
Hisoblanayotgan kattalik	Bir tomonlama ta'minlanish	Ikki tomonlama ta'minlanish
Tortish tarmog'idagi reaktiv quvvat isrofi o'rtacha qiymati, $\Delta Q, \text{k var}$	$\frac{x L_c^2}{1050 \cdot 10^3 \cdot U_n^2 \cos^2 \varphi} \left(\frac{\alpha - 0.61}{n_{or}} + 0.61 \right)$	$\frac{x L_c^2}{3140 \cdot 10^3 \cdot U_n^2 \cos^2 \varphi} \times \left(\frac{\alpha - 0.455}{n_{or}} + 0.455 \right)$
Ta'minlanish liniyasi oxiridagi tok va kuchlanish faza siljish burchagi o'rtacha qiymatining tangensi $\text{tg } \psi$	$\frac{1820 U_n \sin \varphi + x L [\alpha + 0.61(n_{or} - 1)]}{1820 U_n \sin \varphi + x L [\alpha + 0.61(n_{or} - 1)]}$	$\frac{5450 U_n \sin \varphi + x L [\alpha + 0.455(n_{or} - 1)]}{5450 U_n \sin \varphi + x L [\alpha + 0.455(n_{or} - 1)]}$
	$\frac{43.7 \cdot 10^3 n_{or} U_n^2 \sin \varphi \cos \varphi +}{43.7 \cdot 10^3 n_{or} U_n^2 \cos^2 \varphi +} \rightarrow \dots$ $\dots \leftarrow \frac{x L_c [\alpha + 0.61(n_{or} - 1)]}{+ r_a L_c [\alpha + 0.61(n_{or} - 1)]}$	$\frac{131 \cdot 10^3 n_{or} U_n^2 \sin \varphi \cos \varphi +}{131 \cdot 10^3 n_{or} U_n^2 \cos^2 \varphi +} \rightarrow \dots$ $\dots \leftarrow \frac{x L_c [\alpha + 0.455(n_{or} - 1)]}{+ r_a L_c [\alpha + 0.455(n_{or} - 1)]}$
Ta'minlash liniyasi yuklama o'rta kvadratik tokining kvadrati, I_s^2, A^2	$(I_{n_{or}})^2 \left(\frac{1.1\alpha - 1}{n_{or}} + 1 \right)$	$\left(\frac{I}{2} n_{or} \right)^2 \left(\frac{1.4\alpha - 1}{n_{or}} + 1 \right)$
	$\left(\frac{A_c}{24 U_n \cos \varphi} \right)^2 \left(\frac{1.1\alpha - 1}{n_{or}} + 1 \right)$	$\left(\frac{A_c}{48 U_n \cos \varphi} \right)^2 \left(\frac{1.4\alpha - 1}{n_{or}} + 1 \right)$
Samaradorlik koeffitsiyenti, K_s	$\sqrt{\frac{1.1\alpha - 1}{n_{or}} + 1}$	$\sqrt{\frac{1.4\alpha - 1}{n_{or}} + 1}$

Bu yerda W_{kr} k -peregonda elektr energiyasining sutkalik sarfi, kW·h; $\cos \varphi$ – elektrovoz iste'mol qilayotgan tok va kuchlanish orasidagi faza siljish burchagi kosinusining o'rtacha qiymati; U_n – elektrovoz tok qabul qilgichidagi kuchlanishning nominal qiymati, kV; l_k – k -peregonda uzunligi; r_a – tortish yoki kontakt tarmog'i aktiv qarshiligi, Ω/km ; x – tortish tarmog'i reaktiv qarshiligi, Ω/km ; $\theta = \frac{t}{t_1}$ – poyezdni peregonda to'la yurish vaqtini uni unda tok iste'mol qilib

yurgan vaqtiga nisbati; $n_{or} = \frac{N_n}{N}$ - uchastkadagi poyezdlar o'rtacha soni ($\frac{N}{N_0}$ -

uchastkaning o'tkazish qobilyatidan foydalanish darajasi. Bu nisbat uchastka orqali o'tkazish lozim bo'lgan poyezdlar sonini uchastkaning o'tkazish qobilyatidan to'la foydalanilganda undan o'tadigan poyezdlar soniga nisbatiga teng, n - o'tkazish qobilyatidan to'la foydalanilayotgan uchastkadagi poyezdlar soni).

2-jadval

Yeyilmagan (siyqalanmagan) relslarning ayrim parametrlari

Rusumi	1 m uzunlikdagi massasi, kg	Ko'ndalang kesim yuzasi, mm ²		Yaxlit rels tolasining +20° haroratda o'zgarmas tokdagi qarshiligi, Ω/km
		Haqiqiy qiymati	Mis ekvivalentida	
P75	75	9700	810	0,0218
P65	65	8290	690	0,0254
P50	50	6450	540	0,0325
P43	43	5570	470	0,0378

3-jadval

O'zgarmas tok kontakt tarmog'ining ayrim parametrlari

Kontakt tarmog'i simi	Kontakt tarmog'i qarshiligi, Ω/km (+20° S haroratda)	Tokni simni qizish sharti bo'yicha chegaralovchi kontakt osmasi simi	Qizish shartiga ko'ra ruxsat etiladigan eng katta tok, A
C-70+MΦ-85	0,188	MΦ-85	550
M-95+MΦ-100	0,0945	MΦ-100	1200
M-120+MΦ-100	0,0839	M-120	1280
M-120+2MΦ-100	0,0571	M-120	1880
M-120+2MΦ-100+A-185	0,0428	A-185	2510
M-120+2MΦ-100+2Φ-185	0,0342	A-185	3140
M-95+2MΦ-100	0,0618	MΦ-100	1800
M-95+2MΦ-100+A-185	0,0453	A-185	2370
M-95+2MΦ-100+2A-185	0,0358	A-185	3000
ПБСМ1-95+2MΦ-100	0,0773	MΦ-100	1340
ПБСМ1-95+2MΦ-100+A-185	0,0532	A-185	1970
ПБСМ1-95+2MΦ-100+2A-185	0,0405	A-185	2550

4-jadval

O'zgaruvchan tok tortish tarmog'ining P65 rusumli relsdan foydalanilgandagi qarshiliklari

Kontakt tarmog'i simi	Yo'llar soni	$r, \Omega/\text{km}$	$x, \Omega/\text{km}$	$z, \Omega/\text{km}$	Kontakt tarmog'i simi	Yo'llar soni	$r, \Omega/\text{km}$	$x, \Omega/\text{km}$	$z, \Omega/\text{km}$
C-70+MΦ-85	1	0,28	0,65	0,71	C-70+MΦ-85	2	0,15	0,35	0,38
C-70+MΦ-100	1	0,25	0,63	0,68	C-70+MΦ-100	2	0,13	0,34	0,36
ПБСМ-70+МΦ-85	1	0,26	0,51	0,57	ПБСМ-70+МΦ-85	2	0,14	0,28	0,31
ПБСМ-70+МΦ-100	1	0,25	0,50	0,56	ПБСМ-70+МΦ-100	2	0,13	0,27	0,30
ПБСМ-95+МΦ-100	1	0,23	0,47	0,52	ПБСМ-95+МΦ-100	2	0,12	0,26	0,29

5 – jadval

Tokning iqtisodiy zichligi

O'tkazgichlar va ulardan foydalanish shartlari	Yuklama maksimumini ishlatish davomiyligida (T_{max} , soat) tokning iqtisodiy zichligi, A/mm^2		
	1000-3000	3000-5000	5000-8760
Izolatsiyalanmagan simlar va shinalar: mis alyumin	2,5 1,3	2,1 1,1	1,8 1,0
Qog'oz izolatsiyali kabellar hamda rezina va polixlorvinil izolatsiyali tomirli simlar: mis alyumin	3,0 1,6	2,5 1,4	2,0 1,2
Rezina va plastmassa izolatsiyali tomirli kabellar: mis alyumin	3,5 1,9	3,1 1,7	2,7 1,6

Simlarning hisobiy qiymatlari

Sim kesimi	Qizish sharti bo'yicha ruxsat etilgan tok	Simning aktiv qarshiligi r_0 , Ω/km	Uch fazali yuqori kuchlanish liniyasining induktiv qarshiligi x_0 , Ω/km
Mis sim			
16	130	1,2	0,433
25	180	0,74	0,419
35	220	0,54	0,408
50	270	0,39	0,397
70	340	0,28	0,387
95	415	0,2	0,377
120	485	0,158	0,370
Alyumin sim			
16	105	1,98	0,432
25	135	1,28	0,418
35	170	0,92	0,408
50	215	0,64	0,396
70	265	0,46	0,387
95	325	0,34	0,377
120	375	0,27	0,370
150	440	0,21	0,362
185	500	0,17	0,356
240	610	0,132	0,347

Energiyaning yillik sarfi ma'lumotlari

Bir yo'l kontakt osmasining turi	1 km da yillik energiya sarflari, ming kVt·h/km·yil	
	... dan	... gacha
M120+2MΦ100	-	600
M120+2MΦ100+A185	600	700
M120+2MΦ100+2A185	700	1500
M120+2MΦ100+3A185	1500	-

Uch tolali kabelning tok yuklamasi

Kabel tomirlarining kesim yuzasi	$U_n=10$ kV da ruxsat etilgan yuklama I_{re}, A
16	75
25	90
35	115
50	140
70	165
95	205
120	240
150	275

Tortuv transformatorlari parametrlari

Transformator turi	Tavsifi	Quvvati, MVA	ΔR_a , kW	ΔR_x , kW	$u_k, \%$	$I_x, \%$
Uch fazali, uch chulg'amli ТДТНЭ 115/27,5 (38,5/11) kV	Yuqori kuchlanish tomonida kuchlanishni yuklama ostida rostdash mumkin $\pm 9 \cdot 1,78\%$	16	105	32	10,5	1,05
		25	145	45	10,5	1,00
		32	180	53,5	10,5	0,95
		40	230	63	10,5	0,90
Uch fazali, uch chulg'amli ТДНЭ 115/27,5 kV	Yuqori kuchlanish tomonida kuchlanishni yuklama ostida rostdash mumkin $\pm 9 \cdot 1,78\%$	16	85	26	10,5	0,85
		25	120	36	10,5	0,80
Maxsus, ikki chulg'amli, ochiq uchburchakka ulangan chulg'amlar sxemasi bilan (Δ/Δ) 115/27,5 kV	Yuqori kuchlanish tomonida kuchlanishni yuklama ostida fazalar bo'yicha rostdash mumkin $\pm 9 \cdot 1,78\%$	10	55	22	10,5	—
		16	80	30	10,5	—
Maxsus, bir fazali, ikki chulg'amli	Yuklama ostida kuchlanishni rostdashsiz	6,3	33,5	11,5	10,5	—
		10	48	16	10,5	—

Kontakt tarmog'i simlarining parametrlari

Kontakt tarmog'i simlari	Yo'llar soni	r_a Ω/k m	X Ω/k m	Z Ω/k m	Kontakt tarmog'i simlari	Yo'llar soni	r_a Ω/k m	X Ω/k m	Z Ω/k m
C-70+MΦ-85	1	0,28	0,65	0,71	C-70+MΦ-85	2	0,15	0,35	0,38
C-70+MΦ-100	1	0,25	0,63	0,68	C-70+MΦ-100	2	0,13	0,34	0,36
ПБСМ-70+МΦ-85	1	0,26	0,51	0,57	ПБСМ-70+МΦ-85	2	0,14	0,28	0,31
ПБСМ-70+МΦ-100	1	0,25	0,50	0,56	ПБСМ-70+МΦ-100	2	0,13	0,27	0,30
ПБСМ-95+МΦ-100	1	0,23	0,47	0,52	ПБСМ-95+МΦ-100	2	0,12	0,26	0,29

Kuch transformatorlarining elektr tavsiflari

Transformator turi	Nominal quvvat, kVA	Chulg'amlar nominal kuchlanishi, kV		Isroflar, kW		u_K %	I_x %	Sxema va chulg'amlar ulanish guruhi
		YuK	PK	P_X	P_K			
TM, TMH	1000	6; 10	0,40; 0,69	2,1/-	11	5,5	1,4	Y/Y _H -0; Δ/Y _H -1, Δ/Y _H -11
TM, TMH	1600	6; 10	0,40; 0,69	2,8/-	18	5,5	1,3	Y/Y _H -0; Δ/Y _H -1, Δ/Y _H -11
TM, TMH	2500	6; 10	0,40; 0,69	3,9/4,6	-	5,5	1,0	Δ/Y _H -11, (Δ/Y-11)
TM, TMH	1000	35	0,4; 6,3; 10,5; 11	2,35/2,75	-	6,5	1,5	Y/Y _H -0 (Y/Δ-11)
TM, TMH	1600	35	0,4; 6,3; 10,5; 11	3,1/3,65	-	6,5	1,4	Y/Y _H -0 (Y/Δ-11)
TM, TMH	2500	35	6,3; 10,5; 11	4,35/6,1	-	6,5	1,1	Y/Δ-11
TM, TMH	4000	35	6,3; 10,5; 11	5,7/6,7	-	6,5	1,0	Y/Δ-11
TM, TMH	6300	35	6,3; 10,5; 11	8,0/9,4	-	7,5	0,9	Y/Δ-11
TMH-1000/35	1000	27,5	6,3; 11	2,35/2,75	-	6,5	1,5	Y _H /Δ-11
TMH-1600/35	1600	27,5	6,3; 11	3,10/3,65	-	6,5	1,4	Y _H /Δ-11
ТД-10000/35-74У1	10000	38,5	6,3; 11	12,3/14,5	65	7,5	0,8	Y _H /Δ-11
ТД-16000/35-74У1	16000	38,5	6,3; 10,5	17,8/21,0	90	8,0	0,6	Y _H /Δ-11

Simlar tavsiflari

Sim markasi	Diametr, mm	Tok yuklamasi, A		Sim markasi	Diametr, mm	Tok yuklamasi, A	
		binodan tashqarida	ichkari da			binodan tashqarida	ichkarida
M-6	2,7	70	35	A-95	12,4	320	225
M10	3,6	95	60	A-120	14	375	300
M-16	5,1	130	100	A-150	15,8	440	355
M-25	6,3	180	135	A-185	17,4	500	410
M-35	7,5	220	170	A-240	20,1	590	490
M-50	9	270	215	A-300	22,2	680	570
M-70	10,6	340	170	A-400	25,6	815	690
M-95	12,4	415	335	A-500	29,2	980	820
M-120	14	485	395	A-600	32	1070	930
M-125	15,8	570	465	AC-10/1,8	4,5	80	50
M-185	17,5	640	530	AC-16/2,7	5,6	105	75
M-240	19,9	760	685	AC-25/4,2	6,9	130	100
M-300	22,1	780	740	AC-35/6,2	8,4	175	135
M-400	25,6	1050	895	AC-50/8	9,6	210	165
A-16	5,1	105	75	AC-70/11	11,4	265	210
A-25	6,3	135	100	AC-70/72	15,4	265	210
A-35	7,5	170	130	AC-95/16	13,5	330	260
A-50	9	215	165	AC-95/14	19,8	330	260
A-70	10,6	265	210	AC-120/19	15,2	380	305

Havo liniyalarining aktiv, induktiv qarshiliklari va sig'imi o'tkazuvchanligi

Simlar orasidagi o'rtacha geometrik masofa, mm	Mis simning kesim yuzasi, mm ²					
	35	50	70	95	120	150
Induktiv qarshilik, Ω/km , va sig'imi o'tkazuvchanlik*, $\Omega/\text{km} \cdot 10^{-6}$						
400	0,308	0,297	0,283	0,274	-	-
600	0,336	0,325	0,309	0,300	0,292	0,287
800	0,352	0,341	0,327	0,318	0,310	0,305
1000	0,366	0,355	0,341	0,332	0,324	0,319
1250	0,380	0,369	0,355	0,346	0,338	0,333
1500	0,391/2,92	0,380/3,01	0,366/3,13	0,357/3,21	0,349/3,29	0,344/3,34
2000	0,41/2,79	0,398/2,86	0,385/2,98	0,376/3,05	0,368/3,11	0,363/3,16
2500	0,424/2,68	0,413/2,78	0,399/2,86	0,390/2,94	0,382/3,00	0,377/3,04
3000	0,435/2,61	0,423/2,69	0,41/2,78	0,401/2,85	0,393/2,91	0,388/2,95
3500	0,445/2,56	0,433/2,63	0,42/2,72	0,411/2,78	0,403/2,84	0,398/2,88
4000	0,453/2,51	0,441/2,560	0,428/2,66	0,419/2,72	0,411/2,78	0,406/2,80
4500	0,46/2,46	0,448/2,53	0,435/2,62	0,426/2,68	0,418/2,73	0,413/2,76
5000	0,467/2,43	0,456/2,49	0,442/2,58	0,433/2,63	0,425/2,68	0,42/2,71
5500	-	0,462/2,46	0,448/2,54	0,439/2,59	0,431/2,64	0,426/2,68
6000	-	0,468/2,42	0,454/2,5	0,445/2,55	0,437/2,6	0,432/2,64
Aktiv qarshilik, Ω/km						
	0,54	0,39	0,28	0,2	0,158	0,123

Simlar orasidagi o'rtacha geometrik masofa, mm	Alyumin simning kesim yuzasi, mm ²									
	16	25	35	50	70	95	120	150	185	
Induktiv qarshilik, Ω/km										
2000	0,435	0,421	0,410	0,398	0,388	0,377	0,368	0,363	0,355	
2500	0,449	0,435	0,424	0,413	0,399	0,390	0,382	0,377	0,371	
3000	0,460	0,446	0,435	0,423	0,410	0,401	0,393	0,388	0,382	
3500	0,470	0,456	0,445	0,433	0,420	0,411	0,403	0,398	0,392	
4000	0,478	0,464	0,453	0,441	0,428	0,419	0,411	0,406	0,400	
4500	—	0,471	0,460	0,448	0,435	0,426	0,418	0,413	0,407	
5000	—	—	0,467	0,456	0,442	0,433	0,425	0,420	0,414	
Aktiv qarshilik, Ω/km										
	1,96	1,27	0,91	0,63	0,45	0,33	0,27	0,21	0,17	

Simlar orasidagi o'rtacha geometrik masofa, mm	Po'lat-aluminum simning kesim yuzasi, mm ²							
	35	50	70	95	120	150	185	240
Induktiv qarshilik, Ω/km , va sig'im o'tkazuvchanlik*, $\Omega/\text{km} \cdot 10^{-6}$								
2000	0,403	0,392	0,382	0,371	0,365	0,358	-	-
2500	0,417	0,406	0,396	0,385	0,379	0,372	-	-
3000	0,429	0,418	0,408/2,79	0,397/2,87	0,391/2,92	0,384/2,97	0,377/3,03	0,369/3,10
3500	0,438	0,427	0,417/2,73	0,406/2,81	0,400/2,85	0,398/2,90	0,386/2,96	0,378/3,02
4000	0,446	0,435	0,425/2,68	0,414/2,75	0,408/2,79	0,401/2,85	0,394/2,90	0,386/2,96
4500	-	-	0,43/2,62	0,422/2,69	0,416/2,74	0,409/2,79	0,402/2,84	0,394/2,89
5000	-	-	0,440/2,58	0,429/2,65	0,423/2,69	0,416/2,74	0,409/2,82	0,401/2,85
5500	-	-	-	-	0,429/2,67	0,422/2,70	0,415/2,74	0,407/2,80
Aktiv qarshilik, Ω/km								
	0,85	0,65	0,46	0,33	0,27	0,21	0,17	0,131

Simlar orasidagi o'rtacha geometrik masofa, mm	Po'lat-aluyum simning kesim yuzasi, mm ²							
	35	50	70	95	120	150	185	240
Induktiv qarshilik, Ω/km , va sig'im o'tkazuvchanlik*, $\Omega/\text{km} \cdot 10^{-6}$								
2000	0,403	0,392	0,382	0,371	0,365	0,358	-	-
2500	0,417	0,406	0,396	0,385	0,379	0,372	-	-
3000	0,429	0,418	0,408/2,79	0,397/2,87	0,391/2,92	0,384/2,97	0,377/3,03	0,369/3,10
3500	0,438	0,427	0,417/2,73	0,406/2,81	0,400/2,85	0,398/2,90	0,386/2,96	0,378/3,02
4000	0,446	0,435	0,425/2,68	0,414/2,75	0,408/2,79	0,401/2,85	0,394/2,90	0,386/2,96
4500	-	-	0,43/2,62	0,422/2,69	0,416/2,74	0,409/2,79	0,402/2,84	0,394/2,89
5000	-	-	0,440/2,58	0,429/2,65	0,423/2,69	0,416/2,74	0,409/2,82	0,401/2,85
5500	-	-	-	-	0,429/2,67	0,422/2,70	0,415/2,74	0,407/2,80
Aktiv qarshilik, Ω/km								
	0,85	0,65	0,46	0,33	0,27	0,21	0,17	0,131

Amirov S.F.

**ELEKTRLASHGAN TEMIR YO'LLAR ELEKTR
TA'MINOTI**

Muharrir:

Amirov Sulton

Texnik muharrir:

Izzatilla XAYRULLAYEV

Dizayner sahifalovchi

Abudqodir YULDASHEV