

“O‘zbekiston temir yo‘llari” DATK
Toshkent temir yo‘l muhandislari instituti

**ELEKTR HARAKAT TARKIBI KUCH ZANJIRLARINI
BOSHQARISH**

5A310704–Elektr texnik majmualar va tizimlar (temir yo‘l transportida)
mutaxassisligi 1-bosqich magistratura talabalari uchun kurs loyihasini
bajarishga doir uslubiy ko‘rsatmalar

Toshkent – 2014

UDK 621.331: 621.311: 621.34

Ushbu uslubiy ko'rsatmada "Elektr harakat tarkibi kuch zanjirlarini boshqarish" fani bo'yicha kurs loyihasini bajarishga doir ba'zi masalalarni yechishda amaliy ko'rsatmalar berilgan.

Ushbu uslubiy ko'rsatmalar 5A310704-Elektr texnik majmualar va tizimlar (temir yo'l transportida) mutaxassisligi 1-bosqich magistratura talabalariga bilimlarini mustahkamlashlari uchun ishlab chiqilgan.

Institut Ilmiy-uslubiy kengashi tomonidan nashrga tavsiya etilgan.

Tuzuvchi: U.T.Berdiyev – t.f.n., dots.

Taqrizchilar: O.M.Burxonxo'jaev– t.f.n., dot. (TDTU);
B.X.Xushboqov – t.f.n., katta o'qit.

Kirish

2013 yil 18 yanvarda O'zbekiston respublikasi Vazirlar mahkamasi-ning 2012 yilda respublikani ijtimoiy-iqtisodiy rivojlantirish yakunlari va 2013 yilgi iqtisodiy dasturning asosiy ustuvor vazifasiga bag'ishlangan majlislarida davlatimiz rahbarining nutqida qayt etildiki, global iqtisodiyotda jiddiy muommolar saqlanib qolayotganiga qaramay, o'tgan yilda mamlakatimiz iqtisodiyoti barqarorligi jadal suratlar bilan rivojlanishda davom etdi, aholi turmushi darajasining barqaror o'sishi va mamlakatimizning jahon bozoridagi mavqei yanada mustahkamlanishi ta'minlandi. Shuni alohida takidlash joizki, mamlakatda amalga oshirilayotgan rivojlantirish va isloh qilish strategiyasi samaradorligi, inqirozga qarshi kurashish borasida to'plangan tajribalari nufuzli xalqaro moliya va iqtisodiy institutlar, jahondagi yetakchi ilmiy markazlar tomonidan yuqori baholanmoqda. Chunonchi, 2012 yilning noyabr-dekabr oylarida mamlakatimizga tashrif buyurgan Xalqaro valyuta jamg'armasi missiyasi rahbari bayonotida barqaror bank tizimi davlat qarzi darajasining pastligi va chetdan qarzlarni olishga puxta o'ylab yondoshish mamlakatni global inqirozning salbiy oqibatlaridan muhofaza qilinganligi O'zbekiston iqtisodiyoti jadal suratlar bilan o'sayotganligi va kelgusi yillarda uning yanada faol o'sishi prognoz qilinayotganligi qayd etildi. Mamlakatimiz rahbari temir yo'l transporti kommunikatsiyalarini yanada rivojlantirish ishlari temir yo'l tarmoqlarini elektrlashtirish loyihalari izchillik bilan amalga oshirilmoqda. Bu ishlar poezdlardan foydalanish xarajatlarini 20 foizga kamaytirish, yo'lovchi va yuk tashish tezligini 1,3 barobar oshirish, 830 kilometrlik Toshkent-Termiz temir yo'lini to'liq elektrlashtirish imkonini beradi deb ta'kidlab o'tdi.

“O'zbekiston temir yo'llari” Davlat Aksiyadorlik temir yo'l kompaniyasi oldiga temir yo'l kommunikatsiyalari va transportni rivojlantirish bo'yicha investitsiya loihalari bajarishini ikki xafta muddatda tanqidiy baholashni hamda tarmoq jadvallarining so'zsiz bajarilishini ta'minlash bo'yicha zarur chora-tadbirlarni belgilagan holda ularga aniqliklar kiritishni, bunda 2013 yilda Maroqand–Qarshi va Qarshi–Termiz temir yo'li uchastkasini elektrlashtirish 240 kilometr uzunlikdagi temir yo'llarni reabilitatsiya qilish ishlarini o'z vaqtida amalga oshirishga shuningdek, “O'zbekiston temir yo'llari” davlat aksiyadorlik temir yo'l kompaniyasining quyish-mexanika zavodini modernizatsiyalashning tugallanishiga alohida e'tibor qaratilishi vazifalari yuklatildi.

Hozirgi kunda “O'TY” ning o'zgaruvchan tokli elertrashtirilgan temir yo'llarida BJI60 va BJI80 elektrovozlari ekspluatatsiya qilinmoqda, ular

tortuv elektr motorining tortish va rekuperativ tormozlashda kuchlanishni kontaktsiz roslash tizimi bilan jihozlangan.

Mazkur ko'rsatmada boshqarish tizimining elektr qurilmalarini tanlash, kuch zanjirining himoya qurilmalari va yarim o'tkazgichli to'g'rilash-invertorli jihozlar parametrlarini hisoblash, ularning roslash va tashqi xarakteristikalarini, tortuv elektr motorlar qo'zg'atish pog'onalarini va elektrovozlarining tezlik xarakteristikalarini aniqlash buyicha kursatmalar berilgan.

1. Kurs loyihasini bajarish uchun ma'lumotlar va uning tarkibi

“Elektr harakat tarkibi kuch zanjirlarini boshqarish” fanidan kurs loyihasi talabalarga o'zgaruvchan tok elektrovozlari elektr zanjirlari sxemalarini ishlab chiqishda elektr qurilmalar asosiy parametrlarini tanlash va xarakteristikalarini hisoblash bo'yicha amaliy ko'nikmalar hosil qilishdan iborat.

Kurs loyihasini bajarish uchun ma'lumotlar 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

	Variantlar Parametrlar	Variantlar							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Kontakt tarmog'ida- dagi tok turi	O'zgaruvchan							
2	Elektrovoz kontakt tarmog'idagi nominal kuchlanish va chastota	$U_{ek}=25kV, f_c=50Gs$							
3	Tortuv motorlari soni N_m :	6	8	12	16	8	6	12	16
4	O'qqa qo'yilgan og'irlik $G_o, T.K$	22	23.5	19	20.5	18	23.5	21	18
5	Nominal (soatbay) quvvat P_n, kVt	720	750	700	67.5	735	800	700	600
6	Tortuv motorining nominal kuchlanishi, U_{mn}, B	1300	1250	1400	1450	1500	1350	1450	1250
7	Elektrovozning nominal rejimdagi harakat tezligi $V_n,$ km/c	70	80	60	75	90	100	110	80
8	Qo'zg'atishni susaytirishning doimiy koeffitsiyenti, B_o :	0.95	0.91	0.86	0.97	0.93	0.94	0.91	0.89

9	Qo'zg'atishni su-saytirishning eng kam koeffitsiyenti, B_{min}	0.45	0.4	0.41	0.47	0.5	0.43	0.51	0.46
1	Elektr tormozlash	Rekuperativ							

Kuch zanjirining prinsipial elektr sxemasi, tortuv elektr motorlarini boshqarish zanjirlari va elektr harakat tarkibining bosh ajratgichi BJI80 elektrovozining sxemasi asosida bajariladi. Tushuntirish yozuvida elektrovozning tezlik xarakteristikalari grafigi, o'zgartgichning roslash va tashqi xarakteristikalari hamda boshqa zaruriy eskiz va diagrammalar keltirilgan.

Chizma A1 formatdagi standart qog'ozga (vatman), grafiklar esa millimetrli qog'ozda bajariladi. Grafikning koordinata o'qlariga 1,5 sm oralig'ida mos son qiymati kattaliklari (to'liq son) belgilanadi. Kordinata boshida nol qo'yiladi. O'qlar oralig'ida – gorizonta o'q tagida va vertikal o'q o'ng tarafiga ko'rsatiladigan kattaliklar qiymatlari qo'yiladi, o'qlarning boshqa tarafiga esa ularning o'lchov birliklari qo'yiladi. Agar bir o'qda bir necha har xil kattaliklar qo'yilsa, u holda ularning har biri uchun qabul qilingan masshtab ko'rsatiladi. Grafik chiziqlari qurilgan nuqtalar, ular egri chiziqda aniq ko'rinishi lozim. Tekshirish qulay bo'lishi uchun nominal rejim nuqtalari belgilanadi. Grafikdagi har bir egri chiziq belgilar yoki yozuvlar bilan ko'rsatiladi. Elektr sxemalardagi shartli belgilar GOCT 2.759-81 va GOCT 2.701-84 talablari asosida belgilanadi.

Hisoblashlarda xalqaro birliklar sistemasi (SI) GOCT 9867-61 ga asosan foydalanish talab etiladi.

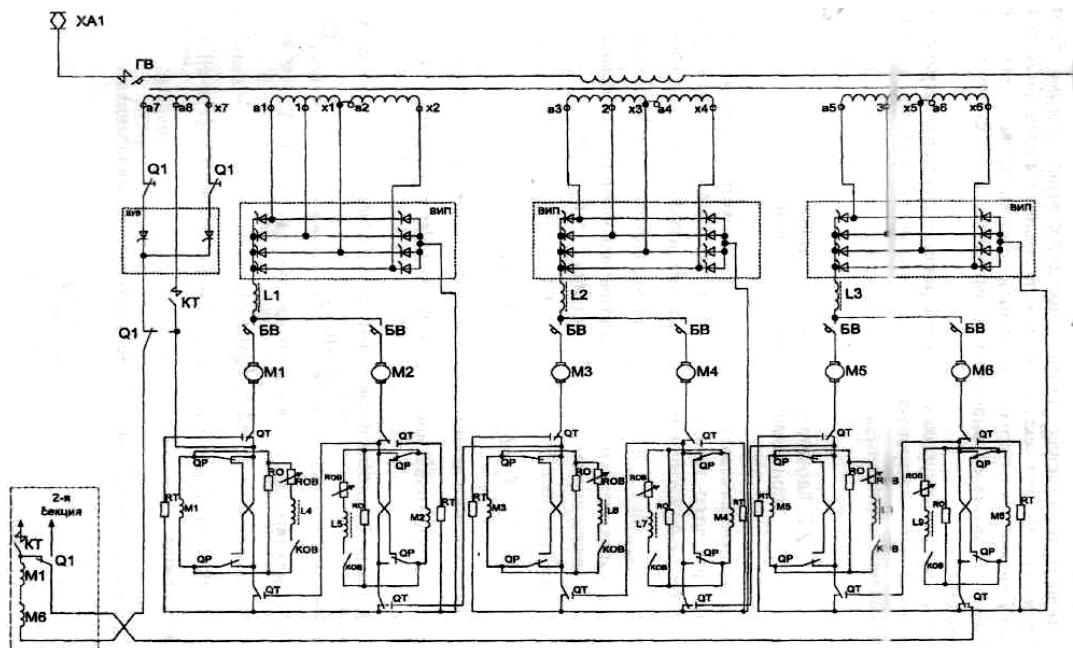
2. Asosiy elektr qurilmalar kattaliklari

2.1. O'zgaruvchan tokli elektrovozlari tortuv elektr motorlarning boshqarish sxemalari

Bir seksiyali elektrovoz kuch zanjirining soddalashtirilgan elektr sxemasi 1-rasmda keltirilgan. Tortuv elektr motorlaridagi (TEM) kuchlanishni roslash uchun kontaktsiz zona-fazali roslash tizimidan foydalanilgan. Tortish va tormozlash rejimida TEM dagi kuchlanish asta-sekin to'rt zonali roslagichda to'g'rilagich inverter o'zgartgichi yordamida bajariladi.

Elektrovozning har bir seksiyasi uchta to'g'rilagich-inverter o'zgartgichi bilan jihozlangan, ularning har biriga tortuv elektr motorining ikkita parallel tormog'i ulangan. Tezlikni roslash (diapozonini) oralig'ini kengaytirish maqsadida TEM ning oqishini uning qo'zg'atish chulg'amini

shuntlash yordamida pog'onali rostlashdan foydalaniladi. TEM ning tortish rejimida qo'zg'atish ketma-ket, rekuperativ tormozlash rejimida mustaqil qo'zg'atiladi.



1-rasm. Bir seksiyali elektrovoz kuch zanjirining soddalashtirilgan elektr sxemasi

Elektrovozning ikkita seksiyasi tormozlash rejimida TEM ning qo'zg'atish chulg'amlari ketma-ket ulanadi va nolli chiqish sxemasi yordamida bajarilgan boshqariladigan to'g'rilagich orqali alohida tortuv transformatorining ikkilamchi chulg'amidan ta'minlanadi.

Kurs loyihasini bajarish davomida elektrovozning kuch zanjiri sxemasi hamda TEM boshqarish zanjiri va bosh ajratgich sxemalari ishlab chiqiladi.

2.2 Tortuv motorlarining nominal kuchlanishidagi xarakteristikalari

Nominal ish rejim deb tortuv elektr motorni tayyorlovchi zavod tomonidan hisoblangan rejimga aytiladi. Bu rejim quvvat P_n , tezlik V_n , motor kuchlanishi U_{mn} , tok I_n va qo'zg'atishni rostlash koeffitsiyentlarining nominal qiymatlari bilan xarakterlanadi. O'zgaruvchan tok elektrovozlarida tortuv elektr motorlari uchun nominal deb qo'zg'atishning normal qiymatidagi $B_H=B_0=0.96$ rejim hisoblanadi.

2.2.1. Tortuv motorning nominal (soatbay) toki, A;

$$I_n = P_n / (103 \cdot U_{mn} \cdot \beta_{mn}) \quad (2.1)$$

bunda, β_{mn} — nominal rejimdagi tortuv motori o'qidagi F.I.K. Quvvati 700-800 kvT bo'lgan TEM uchun $\beta_{mn}=0.93-0.94$ ga teng.

2.2.2. Nominal rejimdagi tortuv motorini qo'zg'atish toki, A;

$$I_{qn} = B_0 I_n \quad (2.2)$$

2.2.3. Nominal rejimdagi motorning tortish kuchi, kH;

$$F_n = 3.6 P_n \beta_{mn} / V_n \quad (2.3)$$

bunda, $\beta_{mn}=0.98$ -nominal rejimdagi tishli uzatmali xarakterlanuvchi mexanizmning foydali ish koeffitsiyenti (F.I.K)

2.2.4. Nominal rejimda tortuv motori chulg'ami qarshiligi, Om;

$$r_{mn} = P_{mn} U_{mn} / I_n \quad (2.4)$$

bunda, P_{mn} - emperik formula yordamida aniqlanadigan nominal rejimda tortuv motorining chulg'amdagi kuchlanishning nisbiy tushishi;

$$P_{mn} = 0.03 + (6 / P_n + 100) \quad (2.5)$$

Quvvati 500 kVt dan yuqori bo'lgan tortuv motorlari uchun $P_{mn}=0.04$ deb qabul qilinadi. Elektr motorlarini alohida kompensiyalangan chulg'amlari qarshiligi;

yakor uchun $r_{ya} = 0,4 r_{mn}$;

qo'shimcha qutblar uchun $r_{qq} = 0,1 r_{mn}$;

bosh qutblar uchun $r_{bq} = 0,25 r_{mn} / \hat{a}_0$;

kompensiyalovchi $r_{KO} = 0,25 r_{mn}$;

Normal qo'zg'atishda tortuv motori chulg'ami qarshiligi, Om;

$$r_{mn} = r_{ya} + r_{mn} + r_{B0} + r_{KO} \quad (2.6)$$

2.2.5. Normal qo'zg'atishda nominal rejimdagi motor magnit oqimi, V/m/s.

$$C_{\phi n} = \frac{[3,6(U)_{mn} - I_n * r_{mn}]}{V_n} = 3.6(1 - p_{mn}) * \frac{U_{mn}}{V_n} \quad (2.7)$$

2.2.6. Tortuv motorining nominal kuchlanishda va normal qo'zg'atishda xarakteristikalarini hisoblash.

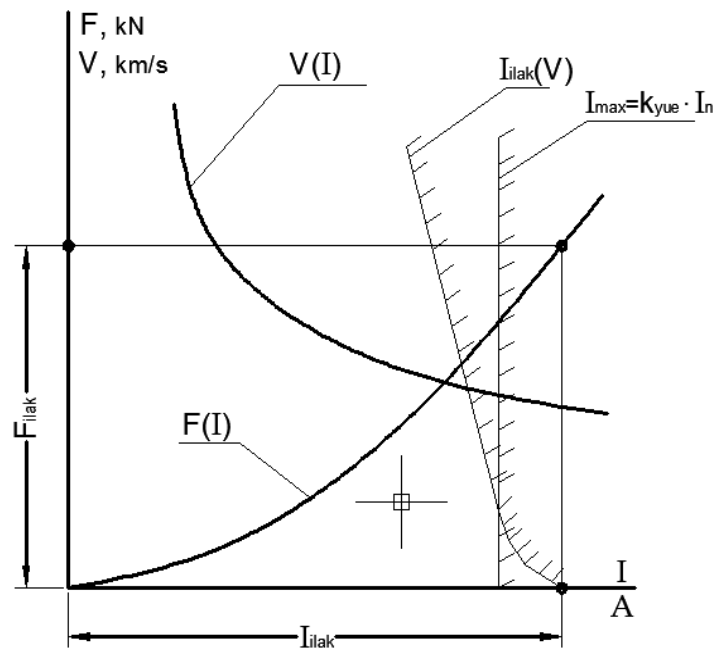
Oldindan hisoblashlarda tortuv motorlarning nisbiy xarakteristikalaridan foydalaniladi, unda tok I, tezlik V va tortish kuchi F. Bu qiymatlarning nominal (soatbay) rejimdagi ma'lum qiymati bilan ko'rsatilgan. 2.1-jadvalda pulslanuvchu tokli magnit zanjiri to'ynish koiffitsiyenti 1.85 bo'lgan tortuv motorining nisbiy xarakteristikalari keltirilgan. I, V, F larning qiymatlari nisbiy qiymatni mos holdagi nominal qiymatlarga ko'paytirish I/I_n , V/V_n , F/F_n yo'li bilan aniqlanadi.

2.1-jadval

Nominal ishlash rejimidagi motorning xarakteristikalari ($B_0=0.96$)

Motor toki, A	I/I_n	0.2	0.5	0.8	1.0	1.3	1.6	1.9
	$I = I/I_n I_n$							
Harakat tezligi, km/soat	V/V_n	2.06	1.4	1.1	1.0	0.92	0.85	0.8
	$V = V/V_n V_n$							
Tortish kuchi, kN	F/F_n	0.06	0.37	0.75	1.0	1.41	1.81	2.21
	$F = F/F_n F_n$							

2.1-jadval ma'lumotlari asosida tezlik $V(I)$ va elektr tortish $F(I)$ xarakteristikalari grafigi quriladi (2-rasm).



2-rasm. Tortuv elektr motorining tezlik $V(I)$ va tortish $F(I)$ xarakteristikalari grafigi

2.2.7. Motorning maksimal ishga tushurish toki I_{tok} , g'ildirakning rels bilan ilashishi yoki ruxsat etilgan o'ta yuklanish toki bilan chegaralanadi, A;

$$\left. \begin{array}{l} I_{tok} \leq I_{ilak} \\ I_{tok} \leq k_{yue} \cdot I_n \end{array} \right\} \quad (2.8)$$

bu yerda k_{yue} – o'ta yuklanishning ekspluatatsion koeffitsiyenti,

$$k_{yue} = 1.2 \dots 1.4$$

I_{ilak} - ruxsat etilgan ilakish sharti bo'yicha tokning eng katta qiymati, u $F(I)$ egri chizig'i orqali $F(I)$ (2-rasm) quyidagi tortish kuchi uchun aniqlanadi, kN;

$$F_{ilak} = \psi_k * G_o * g \quad (2.9)$$

bu yerda $g=9.81 \text{ m/s}^2$ –erkin tushish tezlanishi.

(2.9)-ifodadagi ψ_k - ilakishning hisoblangan koeffitsiyenti bo'lib, quyidagi empirik formula orqali aniqlanadi.

$$\psi_k = 1.04 * (a + \frac{b}{c + d * v} - ev) \quad (2.10)$$

bunda, 1.04-elektrovozning tortish koeffitsiyenti, u elektrovozlarda mavjud bo'lgan maxsus tortish aravachadan kuzov ramasiga uzatish uchun qiyalik shtangasi mavjudligi hisobga olinadi.

a, b, c, d, e –tajriba ma'lumotlarini qayta ishlash asosida aniqlangan koeffitsiyentlar BJ180 elektrovozlari uchun $a=0,28$, $b=4$, $c=50$, $d=6$, $e=0,0006$.

Tortuv elektr motorining ruxsat etilgan ilakish sharti bo'yicha hisoblangan tok I_{ilak} 2.2-jadvalda keltiriladi. Bog'lanish $I_{ilak}(V)$ va tokning qiymatlari $V(I)$ grafigiga tushiriladi (2-rasm). $I_{max} = k_{yue} * n$

2.2-jadval

$V_{km/soat}$	0	10	-----	$V_{max} = 2 V_n$
ψ_k			-----	
F_{ilak}			-----	
I_{iak}			-----	

2.3. Silliqlovchi reactor

Silliqlovchi reaktor induktivligi (1-rasmda L1, L2, L3) tortuv motori zanjiridagi to'g'rilangan tok pulsatsiyasini berilgan qiymatda ta'minlash shartiga asosan aniqlanadi. To'g'rilangan tokning pulsatsiya koeffitsiyenti K_{pI} , pulsatsiya amplitudasining to'g'rilangan tok qiymatining o'rtacha qiymatiga nisbati bilan aniqlanadi, ko'pincha 0,2 dan 0,25 oralig'ida olinadi. K_{pI} katta qiymatlarida tortuv kommutatsiyasi buziladi, K_{pI} kichik qiymatidan foydalanish reaktor o'lchamlarini sezilarli darajada oshirishni talab etadi.

2.3.1. Nominal rejimda va chastotasi $2f_c$ bo'lganda to'g'rilangan tok zanjirining induktiv qarshiligi, Ω_m ;

$$X_d = 0.67V_{mn}/(K_{pI} I_n a_m) \quad (2.11)$$

bunda, a_m -bir to'g'rilovchi-invertor o'zgartirgichidan ta'minlanadigan parallel qo'shilgan motorlar tarmog'i soni.

2.3.2. Nominal ish rejimi uchun reaktoring induktiv qarshiligi, quyidagiga teng deb qabul qilinadi, Ω_m .

$$X_p = 0.95X_d \quad (2.12)$$

Tortuv motori chulg'amlarining induktiv qarshiligi, to'g'rilangan tok zanjiri induktiv qarshiligining X_d , 5% ga yaqinini tashkil etadi deb qabul qilingan.

2.3.3. Nominal rejimda reaktor induktivligi, Gs.

$$L_r = X_r / (4\pi f) \quad (2.13)$$

2.3.4. Doimiy tokda reaktor qarshiligi, Om;

$$r_r = X_r / \text{tg}\alpha \quad (2.14)$$

bunda, $\text{tg}\alpha$ - reaktorning hajmiyligi 100 Gs chastotada oldindan hisoblashlarda uni 280 ga teng deb qabul qilinadi.

2.3.5. Tortuv motorining bitta parallel tarmog'iga keltirilgan doimiy tokdagi reaktor qarshiligi, Om.

$$R_{\text{dtr}} = r_r / a_m \quad (2.15)$$

2.3.6. Reaktor massasi, kg

$$m_r = k_p \cdot (a_d \cdot I_k) \cdot h_p \quad (2.16)$$

bunda, $k_p = 0.12 \text{ kg/Dj}$ – mis chulg'amda va $k_p = 0.12 \text{ kg/Dj}$ - alyuminli chulg'am uchun.

Konstruktiv qayta ishlangandan keyin olingan reaktor massasi oldingi qiymatdan (2.16) formula yechimida 20% dan ko'p bo'lmagan holda farq qiladi.

2.4. Tortuv transformatorlari

Tortuv transformatorlari massasi katta bo'lganligi sababli tortuv elektr motoriga nisbatan asta-sekin qiziydi. Shuning uchun tortuv motorini qisqa vaqtda o'ta yuklanishi ham tortuv transformatori chulg'aming ruxsat etilgan temperaturasiga sezilarli ta'sir etmaydi.

Elektrovoz transformatori tortuv chulg'aming nominal quvvatini tortuv motorlari nominal quvvatlari yig'indisiga teng deb qabul qilinadi. To'g'rilagich va invertor zanjirlarida transformatorning ishlashida tok va kuchlanishlarning ko'rinishi sinusoidal dan ancha farq qiladi. Bunday transformatorlarda aktiv materiallar (mis va po'lat) tok va kuchlanishlarning sinusoidal ko'rinishiga nisbatan yaxshi foydalanilmaydi. Bunday xususiyatni e'tiborga olish uchun tipik quvvat deb nomlanadigan ko'rsatkichdan foydalaniladi.

Bir fazali transformatorning tipik quvvati deb nominal yuklamada transformator barcha chulg'amlaridagi salt ishlash kuchlanishini mos holdagi chulg'amlar tokining o'rtacha kvadratiga nisbatining hosilasiga teng qiymatga aytiladi. Tipik quvvatni hisoblashda ko'pincha transformatorning salt ishlash toki hamda transformatoridagi va to'g'rilagichdagi isroflar hisobga olinmaydi.

Transformatorning asosiy kattaliklari quyidagi ketma-ketlikda hisoblanadi.

2.4.1. Transformator tortish chulg'amining quvvati, kVA.

$$S_{\text{tort}} = P_n N_{\text{sm}} \hat{E} K_{\text{TQ}} K_Q (1 + 0,7 U_{\text{qt}}) / 3_{\text{mn}} \quad (2.17)$$

bunda, P_n -tortuv motori nominal quvvati; N_{sm} -elektrovoz bir seksiyasidagi tortuv motorlari soni; K_{TQ} -transformatorning tipik quvvati koeffitsiyenti, ya'ni tipik quvvatning to'g'rilagichning nominal quvvatiga nisbati; K_Q -tortuv motorining nominal quvvatlari yig'indisining transformator tortish chulg'ami nominal quvvatiga nisbati (elektrovozlar uchun $K_Q=1$); 3_{mn} -nominal rejimda motorni foydali ish koeffitsiyenti; U_{qt} -nominalga nisbatan transformatorning qisqa tutash kuchlanishi.

Past kuchlanish tarafida va to'g'rilashning ko'prik sxemada rostlaganda $U_{\text{qt}} = 0,1$ va $\hat{E}_{\text{OQ}} = 1.11$.

2.4.2. O'z ehtiyoji uchun chulg'am quvvati S_{cn} , kVA, tortuvchi chulg'am quvvatiga nisbatan $5,0 \div 6,0$ % ni tashkil etadi deb qabul qilinadi.

2.4.3. Chulg'amning o'rta nuqtasidan chiqishi bo'lgan nolli sxemali to'g'rilagichning motor qo'zg'atish chulg'amini ta'minlash uchun chulg'am quvvati, kVA:

$$S_{\text{qo'z}} = 2 U_{\text{chiq}} I_{\text{qch}} / 10^3$$

bunda, U_{chiq} - chulg'am chiqishining oxirgi chiqishi va o'rta nuqtasi orasidagi kuchlanishning ta'sir etuvchi qiymati;

$$I_{\text{qch}} = \frac{I_{\text{chiq max}}}{\sqrt{2}} = \frac{I_{\text{chiq}} * K_{\text{yue}}}{\sqrt{2}} -$$

chulg'am tokining ta'sir etuvchi qiymati.

U_{chiq} kuchlanishni hisoblash P.2.4.11 da keltirilgan.

2.4.4. Transformatorning barcha chulg'amlarida nominal yuklama qo'yilganda tipik quvvat, kVA:

$$S_{\text{tr}} = S_{\text{tor}} + S_{\text{ch}} + S_{\text{qch}} \quad (2.18)$$

2.4.5. Transformator massasi, kg;

$$M_{\text{tr}} = 14 * S_{\text{tr}}^{3/4}$$

2.4.6. Nominal rejimda transformator chulg'aming (tristorlar rostlashining minimal ochilish burchagining 4-zonasida) ikkilamchi chulg'amiga keltirilgan TEM ning parallel tarmoqlaridagi reaktiv qarshiligi, Om:

$$X_{tn} = U_k * U_{mn} (1 + 0,7 * U_k) / (a_d * I_n * \hat{E}_{tog}) \quad (2.19)$$

bunda, $K_{to'g'}$ -to'g'rilash koeffitsiyenti, o'rtacha to'g'rilangan kuchlanishning transformator ikkilamchi chulg'ami kuchlanishning ta'sir etuvchisigi nisbatiga teng. Bir fazali ikki yarim davrli to'g'rilashda $\hat{E}_{to'g'} = 0.9$.

2.4.7. Nominal rejimda transformator ikkilamchi chulg'amiga keltirilgan chulg'amning aktiv qarshiligi kuchlanishning aktiv tushishini hisoblash 1.5-2 % nominal kuchlanishni tashkiletganda aniqlanadi, Om.

$$r_{tn} = (0,015 \dots 0.02) U_{mn} / (a_d I_n K_{to'g'}) \quad (2.20)$$

2.4.8. Transformatorning tortuv chulg'ami qarshiligi har xil rostlash zonasida har xil bo'ladi, chunki tortuv motori zanjiriga qo'shilgan ikkilamchi chulg'amlar o'ramlari soni o'zgaradi. To'g'rilash qurilmasi va elektrovozning xarakteristikalarini hisoblash uchun transformator chulg'ami qarshiligi rostlashning 1.4 zonalaridagi qarshiligini aniqlash lozim bo'ladi. Buning uchun transformator chulg'aming nisbiy qarshiligidan foydalanish mumkin (2.3-jadval).

2.3-jadval

Rostlash zonalarini bo'yicha transformator chulg'amlari qarshiligi.

Rostlash zonalarini	Tortuv motorlarining barcha parallel tarmoqlari keltirilgan chulg'amiga keltirilgan transformator chulg'aming qarshiligi		
	Reaktiv		Aktiv
	0.07		0.208
2	0.17		0.442
3	0.47		0.71
4	1.0		1.00

2.4.9. Transformator tortish chulg'ami kuchlanishi quyidagi shart asosida qabul qilinadi, unda rostlashning to'rtinchi zonasidagi nominal to'g'rilanishdagi tokiga $a_g I_n$, tortuv elektr motori kuchlanishining nominal qiymatiga tenglashadi, U_{mn} ;

$$U_{\Delta n} = K_{\text{bnp}} U_{\text{tor}} \cos \alpha_o - \Delta U_{\text{rnt}};$$

Bunda U_{tor} - Rostlashning to'rtinchi zonasida to'g'rilash-investorli o'zgartgich (TIO') tristorlari ishlashida tortuv chulg'aming salt ishlashidagi kuchlanishning ta'sir etuvchisining qiymati;

ΔU_{tyag} - tiristorlar TIO'ning 4-zonasida roslashning to'g'rilangan tokining nominal qiymatida to'g'rilash qurilmasida kuchlanish tushishi;

$\alpha_0=(9^\circ \pm 1^\circ)$ TIO'dagi tristorlar kuchlanishining faza bo'yicha kechikishi ta'minlanadigan kuchlanish qutblanishi o'zgarganda to'g'rilangan tokning buffer bo'yicha o'tishini ta'minlaydi.

ΔU_{nnp} ning asosiy tashkil etuvchisi bo'lib, TIO' dagi tristorlar yelkasidagi kommutatsiya jarayonidagi kuchlanishning tushishi hisoblanadi, chunki kommutatsiya oralig'ida to'g'rilangan kuchlanish amalda nolga teng. O'z navbatida kommutatsiya oralig'ining davomligi transformator ikkilamchi chulg'amiga keltirilgan induktiv X_T qarshilik va to'g'rilangan tok $a_g I$ bilan aniqlanadi. U_{mt} boshqa qismlari transformator chulg'amining aktiv qarshiligiga, silliqlovchi va tokni chegaralovchi reaktorda kuchlanishning tushishiga bog'liq bo'ladi.

$$\Delta U_{mt} = a_g * l_n \left[\frac{\lambda}{\pi} * \left(X_{mn} + \frac{4}{3} X_{m(n-1)} + X_{tr} \right) + \xi * K_{bf} * r_{mn} * K_{bf}^2 + r_{mn} \right] + \Delta U_v \quad (2.21)$$

Bunda, $\lambda = 1 + 0.4 * K_{nl}$,

$X_{m(n-1)}, X_{or}$ -TEM ning barcha parallel tarmoqlari bo'yicha tortuv transformatorining chulg'amiga keltirilgan n -rostlash zonasi uchun transformatorining tortish chulg'amining mos holdagi rostlanmaydigan va rostlanadigan induktiv qarshiliklari, X_{mn} -TEMning barcha parallel tarmoqlari ikkilamchi chulg'amining n -rostlash zonasi uchun transformator chulg'amining keltirilgan induktiv qarshiligi;

r_{mn} -TEMning barcha parallel tarmoqlariga transformatorning tortuv chulg'amining n -rostlash zonasi uchun keltirilgan aktiv qarshilik;

$\sigma=0.7$ -kommutatsiya davomida r_{mn} qarshilikda kuchlanishning qiymatiga ta'sir qilmasligini hisobga oluvchi koeffitsiyenti;

$K_{ef} - 0,88 + 0,36 knI$ $K_{ef \infty} - 0,88 + 0,36 knI$ - o'zgaruvchan tokning effektiv koeffitsiyenti;

$K_{ef} = \sqrt{1 + 0,52 K^2_{m1}}$ - to'g'irlangan tok formasi koeffitsiyenti;

ΔU_v - TIO' tristorlarida kuchlanishning to'g'ridan-to'g'ri pasayishi .

ΔU_{mt} -hisoblashda (2.21)-tenglamada roslashning 4-zonasida ishlashi uchun transformator chulg'amlarining qarshiliklari qo'yiladi. TIO' tristorlarida kuchlanishning to'g'ridan-to'g'ri pasayishi 8 10 V ga teng deb qabul qilinadi. Rostlashning to'rtinchi zonasida tortish chulg'amida salt ishlashda kuchlanishning ta'sir etuvchi qiymati:

$$U_{tor} = \frac{U_{mk} + U}{k_{to} g * \cos \alpha_0} .$$

Transformator tortuv chulg'amlaridagi U_I : U_{II} : U_{III} – seksiyalarda kuchlanishning ta'sir etuvchi qiymati (2,3-rasmga qarang).

Har bir zonalarda turli zonali rostdlashda kuchlanish o'sishining bir teksda o'zgarish sharti bo'yicha olinadi. Buning uchun transformator tortuvchi chulg'amlarining birinchi, ikkinchi va uchinchi seksiyalari kuchlanishini quyidagi nisbatda olish lozim bo'ladi.

$$U_I : U_{II} : U_{III} = 1 : 2 : 3 = \frac{U_{tor}}{4} : \frac{U_{tor}}{4} : 2 \frac{U_{tor}}{4}$$

2.4.10. Transformator birlamchi chulg'amining tarmoqdan oladigan nominal toki, kA ;

$$I_{en} = S_{tr} / (U_{en} * 3tr) \quad (2.22)$$

Bunda, U_{en} – kontakt tarmog'ining nominal kuchlanishi;

$3tr$ - (0,97 0,98) – transformator F.I.K.

2.4.11. Rekuperativ tormozlash rejimida motor qo'zg'atish zanjirini ta'minlash uchun chulg'am kuchlanishining ta'sir etuvchi qiymati, U_q , V.

$$U_q H_1 * \frac{1,1 * m_{nq} * r_{bq} * I_{qch}}{k_{to} g * \cos \alpha_{rtmin}}$$

bunda $H=1,32$ –kontakt tarmog'i kuchlanishining mumkin bo'lgan nominaldan pastga tushishini hisobga olish koeffitsiyenti;

1,1-tiristorlar kommutatsiyasi va qo'zg'alishning tiristor to'g'rilash qurilmasida kuchlanishning to'g'ridan-to'g'ri tushishi va chulg'amning aktiv qarshiligida kuchlanishning tushishini hisobdga oluvchi koeffitsiyenti;

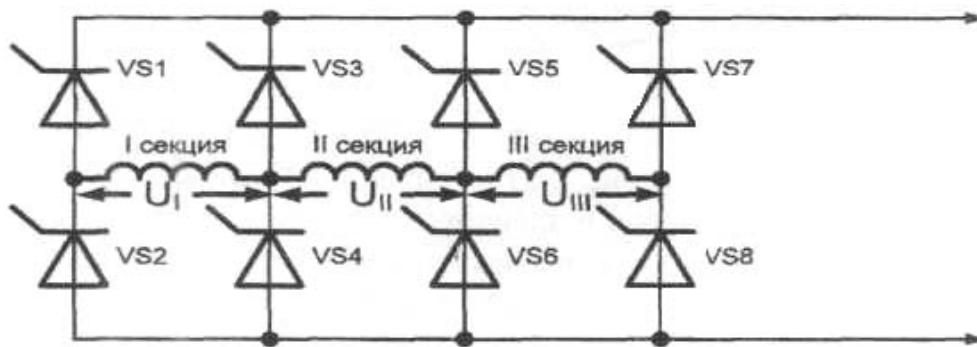
m_{mq} -rekuperativ tormozlash rejimida qo'zg'atishning to'g'rilash qurilmasi (QTQ) orqali ta'minlanganda TEMlarni qo'zg'atish chulg'amlarining ketma-ket ulanganlari soni;

$\alpha_{rtmin}=20^0$ – QTQ tiristorlari rostdlash minimal burchagining hisoblangan qiymati.

2.5. To'g'rilash-invertorli o'zgartgich

To'g'rilash-invertorli o'zgartgichning (TIO') qisqartirilgan sxemasi 2.3-rassmda keltirilgan.

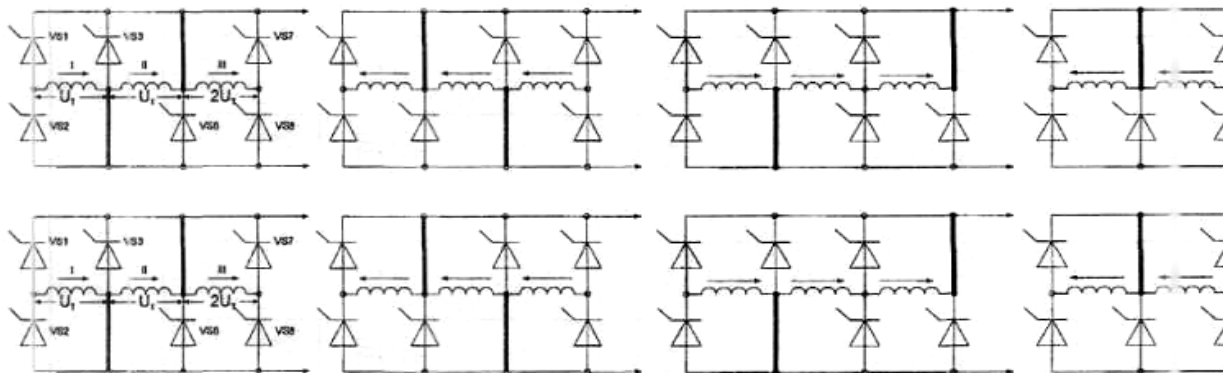
To'g'rilash invertorli o'zgartgichning kattaliklari kuch zanjiri sxemalarida qabul qilingan yechimlar asosida tanlanadi. Yarim o'tkazgichli jihozlar GOST 20332-84 (STSEV 1125-78)ga asosan belgilanadi.



2.3-rasm

2.5.1. TIO' ning tiristorli yelkasidagi kuchlanish

2.4-Rasmda TIO'ning ikki yarim davrda ta'minlanuvchi kuchlanishni 1...4 zonalarida rostlashning soddalashtirilgan sxemasi keltirilgan.



2.4-rasm.

Tiristorlar yelkasi o'tkazish holatida bo'lganda rasmda yo'g'on chiziqlar bilan ko'rsatilgan. Tortuvchi chulg'amga tasir etuvchi kuchlanishlar I va II seksiyalar uchun U_T ; III seksiya uchun $-2U_T$ bilan belgilanadi.

2.4-jadvalda TIO' tiristor yelkalaridagi rostlash zonalariga va ta'minlangan kuchlanishning yarim davriga bog'lanish kuchlanishning amplituda qiymatlari keltirilgan.

Kuchlanish qiymati quyidagi cheklanishlar bo'yicha berilgan.

1. Kontakt tarmog'idagi kuchlanish nominalga teng.
2. Tiristor ideal holatdagi kalit.

Tiristor yelkasi rostlash yelkasi $X_r < 90^\circ$.

2.4-jadval

TIO' tiristor yelkalaridagi kuchlanishning amplituda qiymatlari keltirilgan

Rostlash oralig'i	Tiristor yelkalari							
	VS	VS2	VS3	VS4	VS5	VS6	VS7	VS8
1	$2 * \sqrt{2U_T}$ teskari	$\sqrt{2U_T}$ to'g'ri	$\sqrt{2U_T}$ teskari	0	0	$\sqrt{2U_T}$ teskari	$2 * \sqrt{2U_T}$ to'g'i	$2 * \sqrt{2U_T}$ teskari
	$\leftarrow \sqrt{2U_T}$ to'g'ri	$2 * \sqrt{2U_T}$ teskari	0	$\sqrt{2U_T}$ teskari	$\sqrt{2U_T}$ teskari	0	$3 * \sqrt{2U_T}$ teskari	$2 * \sqrt{2U_T}$ to'g'ri
2	$\rightarrow 2 * \sqrt{2U_T}$ teskari	0	$\sqrt{2U_T}$ teskari	$\sqrt{2U_T}$	0	$2 * \sqrt{2U_T}$	$2 * \sqrt{2U_T}$	$4 * \sqrt{2U_T}$
	$\leftarrow 0$	$2 * \sqrt{2U_T}$	$\sqrt{2U_T}$	$\sqrt{2U_T}$	$2 * \sqrt{2U_T}$	0	$4 * \sqrt{2U_T}$	$2 * \sqrt{2U_T}$
3	$\rightarrow 4 * \sqrt{2U_T}$	$\sqrt{2U_T}$	$3 * \sqrt{2U_T}$	0	$2 * \sqrt{2U_T}$	$\sqrt{2U_T}$	0	$3 * \sqrt{2\Delta_{UT}}$
	$\leftarrow \sqrt{2U_T}$	$4 * \sqrt{2U_T}$	0	$3 * \sqrt{2U_T}$	$\sqrt{2U_T}$	$2 * \sqrt{2U_T}$	$3 * \sqrt{2U_T}$	0
4	$\rightarrow 4 * \sqrt{2U_T}$	0	$3 * \sqrt{2U_T}$	$\sqrt{2U_T}$	$2 * \sqrt{2U_T}$	$2 * \sqrt{2U_T}$	0	$4 * \sqrt{2\Delta_{UT}}$
	$\leftarrow 0$	$4 * \sqrt{2U_T}$	$\sqrt{2U_T}$	$3 * \sqrt{2U_T}$	$2 * \sqrt{2U_T}$	$2 * \sqrt{2U_T}$	$4 * \sqrt{2\Delta_{UT}}$	0

2.5-Jadvalda TIO' tiristorlar yelkasidagi ekspluatatsiyada mumkin bo'lgan kuchlanishning maksimal qiymati keltirilgan. $H=1,16$ –kontakt tarmog'i kuchlanishining nominalga nisbatan mumkin bo'lgan ortishini ko'rsatuvchi koeffitsiyent. Implusli o'ta kuchlanish amplituda qiymati transformatorning tortuvchi chulg'amiga ulangan kuchlanishni yarim o'tkazgichli chegaralagichni (YO'CH) teshib o'tuvchi kuchlanish qiymatiga teng deb olinadi.

2.5-jadval

TIO' tiristor yelkalaridagi ekspluatatsiyaga mumkin bo'lgan maksimal kuchlanishi

TIO' tiristorlari yelkalaridagi kuchlanishi	TIO' tiristorlari yelkasi			
	VS1,VS2	VS3,VS4	VS5,VS6	VS7,VS8
Amplituda (kontakt tarmog'idagi nominal kuchlanishida)				
Amplituda (kontakt tarmog'idagi maksimal kuchlanishida)	$H * 4\sqrt{2U_i}$	$H * 3\sqrt{2U_i}$	$H * 2\sqrt{2U_i}$	$H * 4\sqrt{2U_i}$
Implusli o'ta kuchlanish amplitudasi (atmosfera va kommutatsiya)	$(1,35 \div 1,45) \times$	$(1,35 \div 1,45) \times$	$(1,35 \div 1,45) \times H$	$(1,35 \div 1,45) \times H$

2.5.2. Yuk tortuvchi elektrovozlar tortuv elektr motorlari hisoblangan toki I_p uchun TIO'ning yarim o'tkazgichli jihozlar sonini tanlashda ilakishning maksimal koeffitsiyentini amalga oshirishni aniqlaydi (2.2-rasm).

2.5.3. TIO' ning bir yelkisi uchun yarim o'tkazgichli jihozlar sonini 2.6-jadvalga asosan aniqlanadi, unda quyidagi belgilanishlar qabul qilingan.

U_{RRM} jihozning sinfi bilan aniqlanadigan qaytariluvchi implusli teskari kuchlanishi (2.8-jadval);

$K_u = 0,9$ ketma-ket ulangan yarim o'tkazgichli jihozlarida kuchlanishini bir tekisda taqsimlanmasligini ko'rsatuvchi koeffitsiyent;

U_{psm} —qaytarilmaydigan impulsli teskari kuchlanish, jihozning ma'lumotlarini ko'rsatuvchi (ko'pincha $U_{RSM}=1,1U_{RRM}$);

α_{pm} - to'g'rilagich-invertori o'zgartgich orqali ta'minlanadigan parallel qo'shilgan motorlar soni;

$I_{T(AV)}$ - 50 Gs chastotada aktiv yuklama bilan bir fazali bir yarim davrli to'g'rilash sxemasi orqali ishlaydigan yarim o'tkazgichli jihozning maksimal ruxsat etilgan o'rtacha toki, ruxsat etilgan issiq holatdagi (2.8-jadval) o'tkazish burchagi, 180^0 li sinusoidal tok formasidagi.

$K_r=0.9$ bir necha ketma-ket joylashgan sovutgichlarda to'g'rilagichdagi sovuq havoning qizitishini hisobga oluvchi koeffitsiyent;

K_T —yarim o'tkazgichli jihozlar parallel zanjirlaridagi tokning notekis taqsimlanishini hisobga oluvchi koeffitsiyent.

2.6-jadval

TIO' ning bir yelkasidagi yarim o'tkazgichli jihozlar soni

TIO' ning yelkasidagi yarim o'tkazgichli jihozlar soni		TIO' ning tiristorlar soni		
		VS1, VS2, VS7, VS8	VS3, VS4	VS5, VS6
Ketma-ket qo'shilganda	m_n	$\frac{H * 4 * \sqrt{2 * U_T}}{U_{RRM} * K_U} + 1$	$\frac{H * 3 * \sqrt{2 * U_T}}{U_{RRM} * K_U} + 1$	$\frac{H * 4 * \sqrt{2 * U_T}}{U_{RRM} * K_U} + 1$
	m'_n	$\frac{(1,35+1,45)H*4*\sqrt{2*U_T}}{U_{RRM}} + 1$	$\frac{(1,35+1,45)H*4*\sqrt{2*U_T}}{U_{RRM}} + 1$	$\frac{(1,35+1,45)H*4*\sqrt{2*U_T}}{U_{RRM}} + 1$

Parallel qo'shilg anda	α_n	$\frac{a_{pm} * I_p}{2 * I_T(AV) * k_t * k_I}$
------------------------	------------	--

2.6-jadvaldagi parallel qo'shilgan yarim o'tkazgichli jihozlar sonini a_n aniqlash uchun, sharti 2.8-jadvalga ko'rsatilganlardan foydalaniladi. Sovutishning boshqa shartlaridan boshqalarini aniqlashda $I_{T(AV)}$ ko'rsatilgan usuldan foydalanish mumkin.

2.5.4. jihozlarning sinfi va turi 2.7-jadval asosida taqqoslash bilan TIO' ning minimal qiymatiga qarab tanlanadi. Kurs loyihasini bajarishda to'g'rilagich-invertor o'zgartirgichining qiymatini aniqlamasdan bir variant bilan chegaralanadi.

2.7-jadval

TIO' dagi jihozlar soni va qiymati

Yarim o'tkazgichli jihozlarning qiymati						
Turi _____ Sinfi _____ Narxi _____						
TIO' yelkasi	m_n			a_n		TIO' yelkasidagi jihozlar soni
	Jadval bo'yicha		Yaxlitlangan	Jadval bo'yicha	Yaxlitlangan	
	m_n	m'_n				
VS1						
VS2						
VS8						
TIO' ning jihozlar soni						
TIO' ning narxi						

Olingan qiymatlar eng yaqin bo'lgan songa yaxlitlab birlashtiriladi.

2.5.5. Ketma-ket ulangan jihozlarni shuntlovchi rezistorlar qarshiligi, Om.

$$R_{sh} = \frac{m_n * U_{RRM} * U_{2m}}{(m_n - 1) * I_{RRM}} \quad (2,23)$$

bunda, U_{2m} - tiristorlar yelkasiga qo'yilgan kuchlanish amplitudasi (2.4-jadval), V; U_{RRM} - tiristorlarning ruxsat etilgan qaytariladigan eng katta kuchlanishi, V

I_{RRM} - eng katta qaytish toki (amplituda), A.

Shuntlovchi rezistorlar quvvati, Vt:

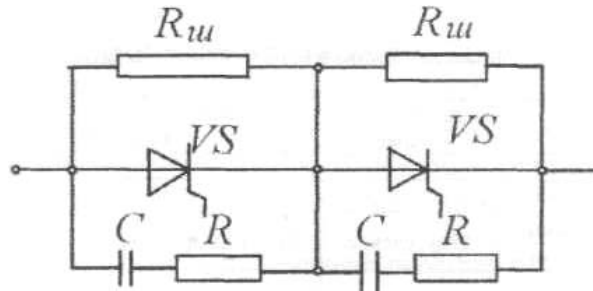
$$P_{R_{sh}} = \frac{U_{2m}^2}{2R_{sh} * m \frac{2}{n}} \quad (2.24)$$

2.5.6. Ketma-ket ulangan tiristorlarni shuntlovchi kondensatorlar sig'imi, Φ :

$$C \geq (m_n - 1) * \frac{\Delta Q_{rr}}{m_n * U_{RRM} - U_{2m}} \quad (2.25)$$

Bunda ΔQ_{rr} - ketma-ket qo'shilgan jihozlarning tiklash mumkin bo'lgan eng ko'p zaryadlar farqi. Hisoblashlarda (2.25) formula bo'yicha ΔQ_{rr} qiymatini 500×10^{-6} Kl ga teng deb olish tavsiya etiladi.

RC-zanjirni ulash sxemasi 2.5-rasmda ko'rsatilgan.



2.5-rasm

2.5.7. Tiristorlarni qo'shishda kondensatorning razryad tokini chegara-lovchi RC-zanjirdagi qarshilikni $R=(30-60)$ Om ga teng deb qabul qilamiz.

Bir qancha tiristorlarning asosiy kattaliklari 2.8-jadvalda keltirilgan.

2.8-Jadval

Tiristorlarning asosiy kattaliklari

Tiristor turi	T253-800	T453-630	T353-800
Sovutgich turi	0242, 0153	0242,0153,0253	0242,0153,0253
U_{RRM}, V	2000-4000	2400-2800	2400-3400
I_{RRM}, mA	70	100	70
$I_{T(AV)}, A(T_c, ^\circ C)$	800(91)	630(85)	800(88)
r_t, mOm	0,44	0,48	0,5
$(di/dt)_{crit}, A/mks$	200	630	100
$(du/dt)_{crit}, V/mks$	200-1600	1600	1600-5-2500
$R_{th(j-c)}, ^\circ C/Vt$	0,02	0,02	0,02
Og'irligi, kg	0,55	0,55	0,55

Sovutgich to'g'risidagi ma'lumotlar 2.9-jadvalda keltirilgan.

2.9-Jadval

Sovutgichning asosiy parametrlari

Sovutgich turi	Gabarit o'lchamlari: Kengligi X uzunligi X balandligi (tok uzatishsiz ham) mm	Massasi (tok chiqaruvchidan tashqari), kg	Issiqligi qarshiligi C/Vt (sochilish quvvati, Vt)		Bosimning pasayishi, Pa
			Tabiiy sovutilganda	Havoning tezligi	
0161	70 × 80 × 167 (70 × 80 × 100)	0,685 (0,635)	1,12(80)	0,355	18
0171	70 × 80 × 167 (70 × 80 × 100)	0,670 (0,625)	1,12(80)	0,355	18

0243	230×150×156 170×150×170	5,8 (5,0)	0,28(220)	0,080	30
0153	230×150×176 (170×150×176)	6,0 (5,2)	0,28(220)	0,075	30
0343	230×150×145 (170×150×145)	5,3 (4,5)	0,355(220)	0,100	30
0253	230×150×145 (170×150×145)	5,5 (4,7)	0,355(220)	0,100	30
0353	230×150×156 (170×150×156)	5,7 (4,9)	0,355(220)	0,100	30

Qabul qilingan kattaliklar

U_{RRM} - qaytariluvchi impulsli teskari kuchlanish;

I_{RRM} qaytariluvchi impulsli teskari tok;

$I_{T(AV)}$ maksimal ruqsat etilgan o'rtacha to'g'ri tok;

T_c korpus temperaturasi;

r_t dinamik qarshilik;

$R_{th(j-c)}$ korpusga o'tishning issiqlik qarshiligi;

$(du/dt)_{crit}$ - yopiq holatida kuchlanish o'sishining kritik tezligi;

$(di/dt)_{crit}$ - yopiq holatida tok o'sishining kritik tezligi.

3. To'g'rilovchi-invertorli o'zgartgich va elektrovoz xarakteristikalarini hisoblash

3.1. To'g'rilovchi-invertorli o'zgartgich xarakteristikalarini hisoblash

Kurs loyihasini bajarish davomida to'g'rilovchi-invertorli o'zgartgich (TIO') ning roslash va tashqi xarakteristikalarini hisoblashlarni bajaradi.

TIO'ning roslash xarakteristikasi chiqish kuchlanishining to'g'irlangan yoki invertlangan tok qiymatiga bog'lanishiga aytiladi. TIO' ning roslash va tashqi xarakteristikalarini quyidagi ifodalar bilan aniqlanadi (elektrovoz ishlashining tortish rejimida):

$$U_{dna}^T = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} * U_{tor} * \frac{1}{8} [(2n-1)\cos a_0 + \cos a_r] - R_{K<}^T * a_m * I_m - \Delta U_T \quad (3.1)$$

Invertorlash rejimi uchun (elektrovozning rekuperativ tormozlash rejimida).

$$U_{dna}^T = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} * U_{tor} * \frac{1}{8} [(2n-1)\cos a_0 + \cos a_r] - R_{KE}^I * a_m * I_m - \Delta U_T \quad (3.2)$$

Bunda, U_{dna}^T, U_{dna}^I - TIO'ning n-chiqish oralig'ida mos holda to'g'rilash va invertorlash rejimlaridagi chiqish kuchlanishi;

$a_0 = (90 \pm 1^\circ)$ – to'g'rilangan tokning oqishida yon konturi uchun kommutatsiyaning boshlanishini faza bo'yicha kechikish burchagi;

$\delta = 2_0$ invertorning zaxira burchagi;

α_r TIO' ning tiristorlari rostlash burchagi;

$R_{KE}^{-1} R_{KE}^T$ - to'g'rilash va invertorlash rejimlariga mos holda n-rostlash oralig'i uchun TIO' ning keltirilgan ekvivalent qarshiligi.

TIO' ning keltirilgan ekvivalent qarshiliga quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

rostlashning birinchi oralig'ida

$$R_{E1}^T = \frac{\lambda}{\pi} X_{m1} + \xi K_{ef}^2 * r_{m1} \quad (3.3)$$

$$R_{E1}^T = \frac{\lambda}{\pi} X_{m1} + \xi K_{ef}^2 * r_{m1}; \quad (3.4)$$

rostlashning ikkinchi-to'rtinchi oralig'i uchun

$$R_{E1}^T = \frac{\lambda}{\pi} (X_{mn} + X_{m(n-1)} + X_{mr}) + \xi K_{ef}^2 \left[\frac{a_r - a_0}{\pi} r_{m(n-1)} + \left(1 - \frac{a_r - a_0}{\pi}\right) r_{mn} \right] \quad (3.5)$$

$$R_{E1}^T = \frac{\lambda}{\pi} \left(\frac{n-1}{n} X_{mn} \right) + \xi K_{ef}^2 * \left[\frac{a_r}{\pi} r_m + \left(1 - \frac{a_r}{\pi}\right) r_{m(n-1)} \right] \quad (3.6)$$

TIO' ning tiristorlari rostlash burchagining o'zgarish oralig'i tiristor yelkalaridagi kommutatsiya oralig'ining davomiyligiga bog'liq bo'ladi.

To'g'rilash rejimi uchun tiristorlar rostlashning minimal burchagi α_{rmin}

– rostlashning birinchi oralig'ida $a_{rmin} = a_0 + Y_0$;

– rostlashning ikkinchi-to'rtinchi oralig'ida $a_{rmin} = a_0 + Y_0 + Y_1$;

bunda γ_0 - yon konturlardagi tiristorlar yelkasining kommutatsiya burchagi;

γ_1 - rostlanmaydigan konturdagi tiristorlar yelkasining kommutatsiya burchagi.

To'g'rilash rejimida tiristorlarni rostlashning maksimal burchagi.

$a_{rmin} = 165^\circ$

Kommutatsiya oralig'i davomiyliklari $Y_0 Y_1$ transformatorlar chulg'a-mining induktiv qarshiligi bilan aniqlanadi va to'g'rilangan tokka bog'liq bo'ladi. Bunda rostlashning minimal burchagi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

rostlashning birinchi oralig'ida

$$a_{r\min} = \arccos\left(\cos a_0 \frac{2\lambda}{\pi} * X_{m1} * \frac{a_m I_m}{0,9 U_{tor}}\right) \quad (3,7)$$

ikkinchi-to'rtinchi rostlash oralig'i uchun

$$a_{r\min} = \arccos\left[\cos a_0 - \left(\frac{4}{n} X_{mn} + \frac{4}{n-1} X_{m(n-1)}\right) * \frac{2\lambda}{\pi} * \frac{a_m I_m}{0,9 U_{tor}}\right] \quad (3,8)$$

Invertorlash rejimi uchun tiristorlar rostlash burchagining maksimal qiymati $a_{r\min}$

rostlashning birinchi oralig'i uchun $a_{r\min} = \pi - (\delta + Y_r)$

ikkinchi-to'rtinchi oralig'i uchun $a_{r\min} = \pi - (\delta + Y_i + Y_r)$

bunda Y_i, Y_r – invertorlovchi va rostlovchi tiristorlar yelkalari kommutatsiya burchagi.

Invertorlashda tiristor rostlash rostlash burchagining minimal burchagi $\alpha_{r\min} = 15^\circ$ deb qabul qilinadi.

Kommutatsiya oraliqlari davomiyligi Y_i, Y_r lar transformator chulg'ami-ning induktiv qarshiligi bilan aniqlanadi va invertirlanayotgan tokga bog'liq bo'ladi.

Bu holda maksimal rostlash burchagi quyidagicha aniqlanadi. birinchi rostlash oralig'i uchun:

$$a_{r\max} = \pi - \arccos\left(\cos \delta - \frac{2\lambda}{\pi} * 8 X_{m1} * \frac{a_m I_m}{0,9 U_{tor}}\right) \quad (3,9)$$

rostlashning ikkinchi-to'rtinchi oraliqlari uchun:

$$a_{r\max} = \pi - \arccos\left[\cos \delta - \frac{2\lambda}{\pi} \left(\frac{8}{n} X_{mn} + 4 X_{mr}\right) * \frac{a_m I_m}{0,9 U_{tor}}\right] \quad (3,10)$$

TIO' ning rostlash xarakteristikalarini hisoblash.

Rostlash xarakteristikalarini hisoblashda yuqorida keltirilgan ifodalardan foydalaniladi.

$a_0 = \text{const}$ to'g'rilash rejimi uchun tortuv motorining toki qiymati $I_m = I_{\max}$ uchun: $B = \text{const}$ invertorlash rejimi uchun tortuv motori tokining qiymati $I_m = 0,8 I_{\max}$ uchun:

Rostlash xarakteristikasini hisoblash ma'lumotlari 3.1 va 3.2-jadvallari ma'lumotlari asosida TIO' ning motor va invertorlash rejimlari uchun rostlash xarakteristikalari quriladi (3.1 va 3.2-rasm).

3.1-Jadval

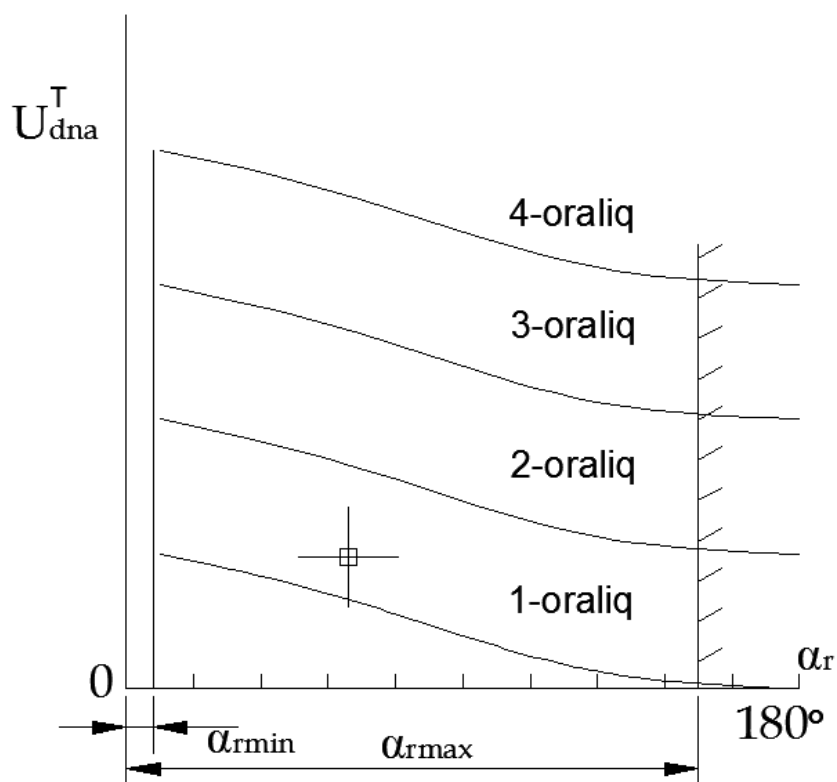
TIO' ning motor rejimidagi roslash xarakteristikasi

Rostlash oraliqlari n	$\bar{\alpha}_r$ tiristorlar roslash burchagi				
	$\alpha_{r \min}$	$\bar{\alpha}_{r1}$	α_{r2}	α_{ri}	$\alpha_{r \max}$
	TIO' ning chiqish kuchlanishi U_{dn}^T				
1					
2					
3					
4					

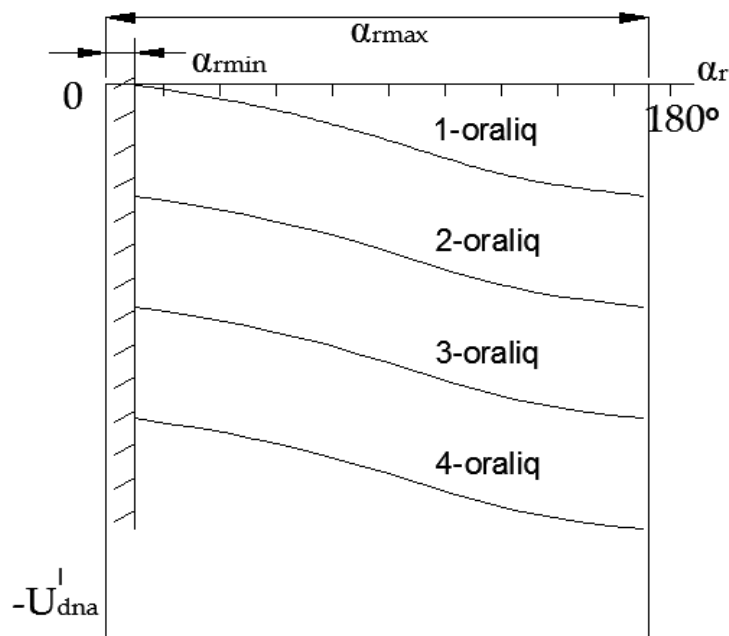
3.2-Jadval

TIO' ning inverter rejimidagi roslash xarakteristikasi

Rostlash oraliqlari n	$\bar{\alpha}_r$ tiristorlar roslash burchagi				
	$\bar{\alpha}_{r \min}$	$\bar{\alpha}_{r1}$	$\bar{\alpha}_{r2}$	$\bar{\alpha}_{ri}$	$\bar{\alpha}_{r \max}$
	TIO' ning chiqish kuchlanishi U_{dn}^T				
1					
2					
3					
4					



3.1-rasm



3.2-rasm

3.2. O'zgartgich qurilmasi tashqi xarakteristikasini va elektrovoz tortuv elektr motorining motor rejimida ishlagandagi tezlik xarakteristikalarini hisoblash

O'zgartirish qurilmasi tashqi xarakteristikasi-tortuv motoridagi o'rtacha to'g'rilangan kuchlanishning TIO' tiristorlari doimiy roslash burchagidagi motor toki bilan bog'lanishdir.

Tezlik xarakteristikalar elektrovoz harakat tezligining TIO'ning doimiy roslash burchagidagi motor tokiga bog'lanishidir.

Kurs loyihasida TIO' tiristorlarining minimal roslash burchagida ishlash rejimi uchun 4 ta roslash oralig'ida xarakteristikani hisoblash, qurish ishlari bajariladi.

Tashqi xarakteristika quyidagi ifoda yordamidan foydalanib hisoblanadi.

$$U_{dni} = \frac{n}{4} * 0,9 * U_{tor} * \cos a_0 - a_m * I_{mi} (R_{rpik} + K_{ef}^2 * r_m) - \Delta U_v \quad (3,11)$$

bunda n-roslashning oralig' raqami.

U_{dni} - TIO' ni roslashning n-oraliq'ida ishlaganda I_{mi} –tortuv motori tokida to'g'rilangan kuchlanishning o'rtacha qiymati;

I_{mi} - tortuv motori toki;

R_{rpik} - tiristorlar rostlash burchagi minimal bo'lganda TIO'ning n-rostlash oralig'ida TEMning parallel irmoqlaridagi transformator ikkilamchi chulg'amiga keltirilgan ekvivalent qarshilik. birinchi rostlash oralig'i uchun

$$R_{rpik1} = \frac{2\lambda}{\pi} X_{m1} + \xi K_{ef}^2 * r_{m1} \quad (3,12)$$

ikkinchi-to'rtinchi rostlash oralig'i uchun

$$R_{rpik} = \frac{\lambda}{\pi} (X_{mn} + \frac{n}{n-1} X_{m(n-1)} + X_{mr}) + \xi K_{ef}^2 * r_{mn} \quad (3,13)$$

TIO'ning n-rostlash oralig'idagi tiristorlarning minimal rostlash burchagi elektrovoznining tezlik xarakteristikasini quyidagi ifoda orqali hisoblanadi.

$$V_{ni} = V_{Un} \frac{U_{dni} - I_{mi} * r_{mn}}{U_{mn} - I_{mi} * r_{mn}} \quad (3,14)$$

Bunda, V_{Un} - motorning minimal rejimdagi kuchlanishi va tokida I_{mi} , $V_{Un}(I)$ egri chiziq bilan I_{mi} tokdagi tezligi.

Tashqi va tezlik xarakteristikalari hisoblash ma'lumotlari 3.3-jadvalda keltirilgan.

3.3-jadval

To'g'rilash qurilmasi tashqi xarakteristikalari va elektrovoznining tezlik xarakteristikalari (motorning motor rejimida ishlashi)

Rostlash oralig'i	R_{rpik}	Hisoblangan kattaliklari	I_{mi} hisoblangan toklar					
			I_{m1}	I_{m2}	I_{m3}	I_n	I_{m4}	I_{max}
1		U_{dni}						
		U_{ni}						
2		U_{dni}						
		U_{ni}						
3		U_{dni}						
		U_{ni}						
4		U_{dni}						
		U_{ni}						

3.3. Susaytirilgan qo'zg'atish pog'onalarini hisoblash

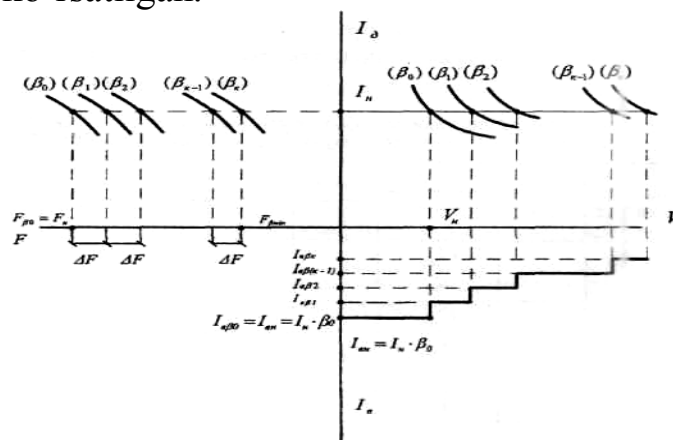
Quyidagi holatlar uchun susaytirilgan qo'zg'atish pog'onalarini tanlash amalga oshiriladi

-susaytirilgan qo'zg'atish rejimiga oldinda o'tish belgilangadagi TEM ning ishlash rejimida – nominal (rostlashning to'rtinchi oralig'i, TIO'ning

tiristorlari rostdash burchagi minimal, TEM toki nominal, harakat tezligi nominal);

-TEM qo'zg'atish chulg'amlaridagi tok va qo'zg'atish chulg'amini shuntlash vaqtidagi tortish kuchi yoki shuntlash rezistorlarining qarshiligini TEM ni shuntlovchi zanjir qarshiligi qo'zg'atish chulg'amiga bog'liq bo'lguncha kamaytiriladi va shu qo'zg'atishni susaytirish pog'onasidagi tezlik xarakteristikasida chiqish tezligiga chiqquncha o'zgarishsiz qoladi.

3.3-rasmda tezlik $V(I)$ va elektr tortish $F(I)$ xarakteristikalari qo'zg'atishni rostdash pog'onalari B_k , yakor toki I_m va qo'zg'atish toki I_q , tortish kuchi F larda bir qo'zg'atishni susaytirish pog'onasidan boshqasiga o'tish grafiklari ko'rsatilgan.



3.3-rasm

Qo'zg'atishni rostdash pog'onasi shunday tanlanadiki, o'tishdagi tortish kuchining kamayishi bir xil bo'lishi lozim.

3.4. Qo'zg'atishni susaytirish pog'onalarini tanlash tartibi

1.Oxirgi pog'onada qo'zg'atishni rostdash koeffisienti B_k , shu tortuv motori uchun ruxsat etilgan minimal qiymatda qabul qilinadi. Bu holda qo'zg'atish toki, magnit oqimi va tortish kuchi quyidagicha bo'ladi:

$$I_{q\beta \min} = I_n * \beta_{\min} \quad (3,15)$$

$$C\Phi_{\beta \min} = \frac{C\Phi_n}{1,2} \cdot \arctg(2,6 \cdot \frac{I_{\beta \min}}{I_{\beta n}}). \quad (3,16)$$

$$F_{\beta \min} = C_{\Phi \beta \min} * I_n * \eta_F \quad (3,17)$$

bunda, I_{qn} nominal rejimdagi magnit oqimi va qo'zg'atish toki;

η_F - TEM va uzatmalarda magnit va mexanik isroflar ta'sirida tortish kuchi pasayishini hisobga oluvchi koeffitsiyent.

η_F ning qiymati tortuv motorlaridagi yuklamaning o'zgarishiga bog'liq bo'ladi. Qo'zg'atishni susaytiruvchi pog'onalarini hisoblash davomida η_F ning qiymatini TEM ning nominal rejimdagi qiymatlariga teng deb qabul qilinadi. Bunda magnit va mexanik isroflar motordagi umumiy isroflarning yarimini tashkil etadi deb qabul qilinadi. Uzatmalardagi isroflarni 2% ga teng deb qabul qilamiz.

$$\eta_F = \eta_{Fn} = (0,5 + 0,5\eta_{mn}) * \eta_{zn} = (0,5 + 0,5\eta_{mn}) * 0,98 \quad (3.18)$$

2. Qo'zg'atishning rostlashning boshqa pog'onalariga o'tganda tortish kuchining pasyishi:

$$\Delta F = F_{1n} - F_1 \beta_{\min}) / K \quad (3.19)$$

bu yerda, K- qo'zg'atishning rostlashning pog'onalar soni (yuk tortuvchi elektrovozlar uchun K=3).

3. Qo'zg'atishning susaytirishning birinchi pog'onasida tezlikning tezlik xarakteristikasiga chiqqanda tortish kuchi, magnit oqimi va qo'zg'atish toki:

$$F_{\beta 1} = F_{\beta 0} - \Delta F \quad (3.20)$$

$$C\Phi_{\beta 1} = \frac{F_{\beta 1}}{I_H \eta_{\phi}}; \quad (3.21)$$

$$I_{\phi \beta 1} = \frac{I_{\phi n}}{2.6} \cdot \operatorname{tg}(1.2 \cdot \frac{C\Phi_{\beta 1}}{C\Phi_H}); \quad (3.22)$$

4. Qo'zg'atishning susaytirishning birinchi pog'onasida qo'zg'atishni rostlash koeffitsiyenti:

$$\beta_1 = \frac{I_{q\beta 1}}{I_n} \quad (3.23)$$

5. Qo'zg'atishni susaytirish pog'onasida K da tezlik xarakteristikasiga chiqishdagi tezlikda tortish kuchi, magnit oqimi va qo'zg'atish toki quyidagicha ifodalanadi.

$$F_{\beta K} = F_{\beta(K-1)} - \Delta F \quad (3.24)$$

$$C\Phi_{\beta K} = \frac{F_{\beta K}}{I_H \eta_F}; \quad (3.25)$$

$$I_{B\beta K} = \frac{I_{BH}}{2.6} \cdot \operatorname{tg}(1.2 \cdot \frac{C\Phi_{\beta K}}{C\Phi_H}) \quad (3.26)$$

6. Qo'zg'atishning susaytirishning K-chi pog'onasida qo'zg'atishni rostlash koeffitsiyenti.

$$\beta_1 = \frac{I_{q\beta 1}}{I_n} \quad (3.27)$$

Qo'zg'atishning roslash koeffitsiyentini hisoblashda β_K koeffitsiyentini keyingi qiymatida β_{\min} gacha amalga oshiriladi.

3.5. Susaytirilgan qo'zg'atish rejimi uchun elektrovozning tezlik xarakteristikasini hisoblash

Susaytirilgan qo'zg'atishda tezlik xarakteristikasini tortuv motoridagi kuchlanishning o'zgarishi bilan o'zgartirish qurilmasining tashqi xarakteristikasini hisobga olgan holda hisoblanadi $U_{dn}(I_m)$.

$$V_{\beta} = \frac{U_{DNI} - I_{DI}(r_x + r_{dop} + r_{ro} + \beta_k r_m)}{C\Phi_1} \quad (3.28)$$

Bunda $Y_{\beta_i} - \beta_K$ qo'zg'atishni susaytirish pog'onasining I_{mi} tokdagi harakat tezligi;

qo'zg'atish toki $I_{qi} = \beta_K * I_{mi}$ bo'lgandagi magnit oqimi.

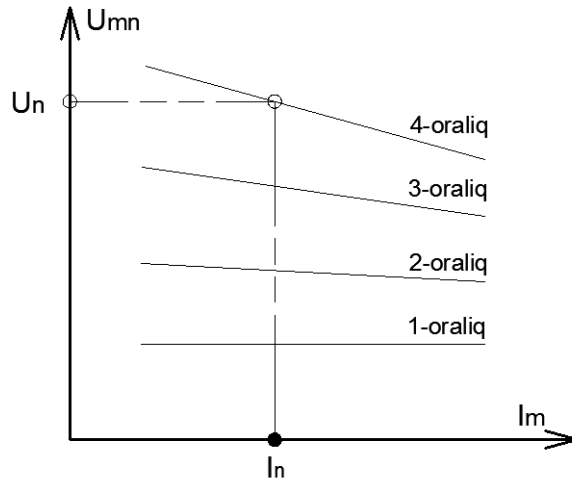
Susaytirilgan qo'zg'atish rejimidagi tezlik xarakteristikasini hisoblash roslashning to'rtinchi oralig'i uchun bajariladi va 3.4-jadvalga kiritiladi.

3.4-jadval

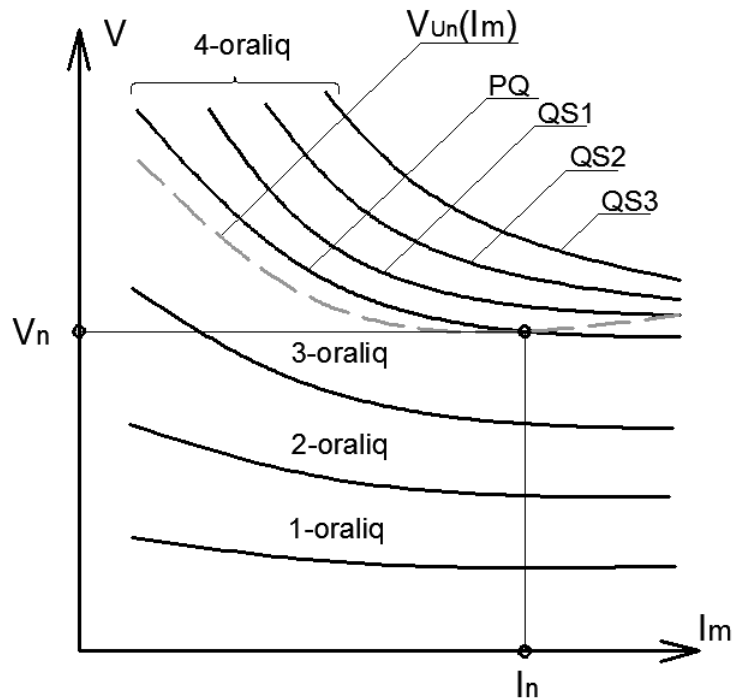
Susaytirilgan qo'zg'atish uchun tezlik xarakteristikalari (n=4 roslash oralig'i)

Hisoblanadigan kattaliklar	Hisoblangan tok I_{mi}					
	I_{m1}	I_{m2}	I_{m3}	I_n	I_{m4}	I_{max}
U_{dni}						
I_{qi}	β_1					
	β_K					
	β_1					
	β_K					
$V\beta_i$	β_1					
	β_K					

Hisoblash natijalariga asosan tashqi xarakteristikalar (3.4-rasm) va tezlik xarakteristikalari (3.5-rasm) grafiklari quriladi.



3.4-rasm



3.5-rasm

Pulsatsiyalanuvchi tok motorlari uchun qo'zg'atishni susaytirish qarshiliklari 3.6, a-rasmda ko'rsatilganidek sxemada qo'shiladi.

bu yerda, r_s qo'zg'atishni doimiy susaytirish zanjiri qarshiligi;

r_{ish} induktiv shuntning aktiv qarshiligi;

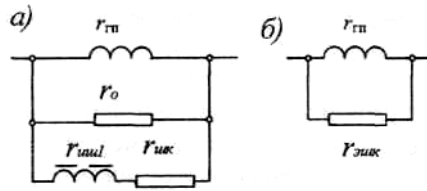
r_{shk} qo'zg'atishni susaytirish koeffitsiyentini β_K ni amalga oshiruvchi koeffitsiyent.

3.6, b-rasmda qo'zg'atish zanjirining sxemasi keltirilgan, u asosida quyidagilarni yozishimiz mumkin.

$$\beta_K = \frac{r_{eshk}}{r_{eshk} + r_{bq}} \quad (3.29)$$

bunda

$$r_{eshk} = (r_{esh}k + r_{ish}) * \frac{r_s}{r_{shk} + r_{ish} + r_s} \quad (3.30)$$



3.6-rasm

Normal qo'zg'atish $\beta_K = \beta_0$ ga xususiy hol uchun

$$\beta_0 = \frac{r_s}{r_s + r_{bq}} \quad (3.31)$$

Bunda

$$r_s = r_{bq} * \frac{\beta_0}{1 - \beta_0} \quad (3.32)$$

(3.29) – (3.32) tenglamalardan quyidagilarni olamiz

$$r_{shk} + r_{ish} = r_{bq} * \frac{\beta_K}{1 - \frac{\beta_K}{\beta_0}} \quad (3.33)$$

Induktiv shuntning aktiv qarshiligi taxminan qo'zg'atishning susayish koeffitsiyentining eng kam ruxsat etilgan qiymati, β_{min} quyidagi nisbatdan aniqlanadi.

$$r_{ish} = (0,85...0,9) * r_{bq} * \frac{\beta_{min}}{1 - \frac{\beta_{min}}{\beta_0}} \quad (3.34)$$

0,85 0,9 koeffitsiyent oxirgi holatda qo'zg'atish chulg'ami qarshiligi r_{ish} , induktiv qarshilikga ketma-ket ulangan $0,1 * r_{ish}$ dank am bo'lmasligi lozim. Bu temperature o'zgarishining rbq va r_{ish} ta'sirini kamaytirish uchun qo'zg'atishni rostlashning minimal koeffitsiyenti β_{min} .

rbq va r_{ish} r_s va r_{shk} rezistorlarning qizishi hisoblangan rejimdagi ularning effektiv toki, motorning yakor toki I_n ga teng bo'lganda aniqlanadi.

r_s rezistordagi effektiv tokni I_{shq} taxminan aniqlaymiz, u orqali yakor taxminan o'zgaruvchan tashkil etuvchilari to'liq amplituda $K_{nl} * I_n$ bilan va ta'sir etuvchi qiymati $K_{nl} * \frac{I_n}{\sqrt{2}}$ bo'ladi.

O'zgarimas tashkil etuvchisini hisobga olgan holda $I_n * (1 - ([\beta]) \downarrow 0)$ teng deb quyidagini olamiz:

$$I_{shq} = I_n * \sqrt{(1 - \beta_0) + 0,5 * K_{nl}^2} \quad (3.35)$$

Rezistor r_{ish} va induktiv qarshiliklardagi effektiv tok

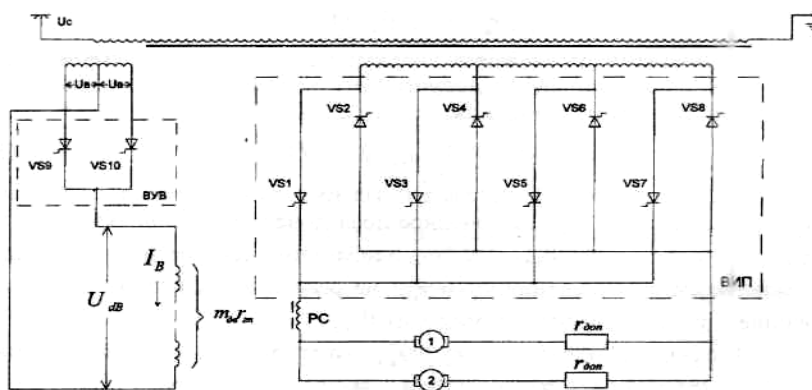
$$I_{esh} = \frac{I_n}{1 - \frac{\beta_K}{\beta_0}} \quad (3.36)$$

3.6. Invertorning tashqi xarakteristikasini hisoblash

Invertorning tashqi xarakteristikasi to'g'rilash inverterli o'zgartgichning to'g'rilangan kuchlanishining o'rtacha qiymati U_{mo} ning rekuperativ tormozlash uchun tortuv motorining tokiga I_t bog'lanishidir.

3.7-rasmda rekuperativ tormozlash rejimi uchun elektrovoz motori kuchlanishining zona-fazali rostdashning soddalashtirilgan sxemasi keltirilgan.

To'g'rilash–inverterli o'zgartgichning tortuv elektr motorining doimiy toki I_t o'zgaruvchan tokka f_c chastota bilan o'zgartiriladi. Tortuv motorlarini tormozlash vaqtida qo'zg'atish-bog'liq bo'lmagan holda bo'ladi. Elektrovozning ikki seksiyasidagi barcha tortuv motorlari qo'zg'atish chulg'amlari ketma-ket ulanadi va transformatorning ikkilamchi chulg'amidan alohida U_q kuchlanish bilan boshqariladigan to'g'rilash QBT qurilmasi orqali taminlanadi.



3.7-rasm.

Tormozlashning yuqori tezlikli oralig'ida tormozlash kuchi qo'zg'atish tokini I_q asta-sekin o'zgartirish bilan QBT dagi tiristorlarning ochilish burchagini o'zgartirish bilan rostlanadi. Tormozlashning o'rta va past tezlikdagi oralig'larida inverterlardagi chiqish kuchlanishlarini U_{dn}^i asta-sekinlik bilan qo'zg'atishning o'zgarmas tokida TIO' tiristorlarining ochilish burchagining o'zgartirish hisobiga amalga oshadi.

TIO' ning tashqi xarakteristikasi uning invertorlash rejimida ishlaganda tiristorlarning maksimal roslash burchagida quyidagicha aniqlanadi.

$$U_{dni}^i = \frac{n}{4} * 0,9 * U_{tor} * \cos \delta - a_m * I_{mi} * R_{PTK} + \Delta U_V \quad (3.37)$$

Bunda, a - invertorlashning zaxira burchagi ;

R_{PTK} – transformatorning tortish chulg'amiga keltirilgan tortuv elektr motorning barcha parallel tarmoqlariga keltirilgan TIO' ning qarshiligi.

TIO'dagi tiristorlarning ishlashida maksimal roslash burchagida R_{PTK} – qarshiligiga quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

Rostlashning birinchi fazasida

$$R_{PT1} = \frac{2\lambda}{\pi} x_{tr} - \xi K_{ef}^2 * r_{tr} \quad (3.38)$$

Ikkinchi to'rtinchi roslash oralig'ida

$$R_{PTK} = \frac{2\lambda}{\pi(x_{mn} + X_{tr})} - \xi K_{ef}^2 * r_{mn} \quad (3.39)$$

(3.37) ÷ (3.39) tenglamalardan foydalanib roslashning 1-4 oraliqlarida TIO' tiristorlarining maksimal roslash burchaklarida invertorning tashqi xarakteristikasi hisoblanadi va quriladi. Tashqi xarakteristikani hisoblashda invertorining zaxira burchagini $\lambda=(20...25)^0$ deb qabul qilish lozim. To'tinchi oraliqdagi tashqi xarakteristika $\beta_p=90...120^0$ da hisoblanadi.

TIO' ning tashqi xarakteristikasi qiya to'g'ri chiziq. Invertorning chiqish kuchlanishi tormozlash tokining oshishi bilan kamayadi. Eng katta qiyaalik xarakteristikaning 4-oraliq'iga to'g'ri keladi, unda transformator chulg'amining induktiv qarshiligi eng katta bo'ladi.

TIO' tiristorlarini boshqarishda $\lambda=const$ qonuniga asosan tormozlash jarayonida tormozlash tokining o'zgarishida elektr muvozanat ta'minlanmaydi. Elektr muvozanatni ta'minlash uchun motor zanjiriga qo'shimcha qarshilik $r_{qo'sh}$ kiritiladi, u ham parallel ishlayotgan geniratorga tormozlash tokini taqsimlashni yaxshilaydi. Bu qarshiliklarning minimal qiymati shunday bo'lishi lozimki, unda invertorlar tashqi xarakteristikasi tushishi to'xtagan bo'lishi lozim:

$$r_{qo'sh} = 1,5 * \left[\frac{2\lambda}{\pi} (X_{mn} + X_{tr}) * a_m - (r_{pn} + r_{ya} + r_{ko} + r_{qq}) \right] \quad (3.40)$$

Tortuv transformatori chulg'amining induktiv qarshiligi roslash to'rtinchi oralig'i uchun olinadi.

4. O'zgaruvchan tok elektrovozi kuch zanjirlarini himoyalash

Elektr harakat tarkibi kuch va boshqarish zanjirlarining elektr sxemalarini ishlab chiqish mos holdagi himoya jihozlarini tanlash bilan yakunlanadi.

Kuch zanjirlarini himoyalash tizimi to'g'risida ma'lumotlar 4.1-jadvalda keltiriladi.

4.1-jadval

Kuch zanjirlari himoya tizimlari ma'lumotlari

Ishdan chiqishlar yoki havfli rejimlar nomi	Nazorat qiladigan kattaliklar	Himoya ustavkasi	Reli yoki razryadlovchi raqam	Himoyaning ta'sir natijasi
1.Transformatorlarda qisqa tutashuv 2.TIO' yelkasidagi tirqishli teshik 3.Tortuv motori kuch zanjirlarini yerga tutashtirish 4.Tortuv motorlarining o'ta yuklanishi 5.TIO' tiristorlarida kommutatsilovchi o'ta yuklanish 6.Kontakt tarmog'ida atmosferaning o'ta kuchlanishi 7.Tortuv motorlarining bo'sh aylanishi 8.Tortuv motorlarining yuzda harakatlanishi (sirpanishi)				

Bunda barcha apparatlarning (selektivligi) ishlash ketma-ketligi ta'minlanishi lozim.

Himoya apparatlarining asosiy ko'rsatkichlari ajratish quvvati, ustavkasi va ajratish vaqti hisoblanadi. Ustavka qiymati har xil himoya apparatlarida ularning ta'siri selektivligini ta'minlashni hisobga olib tanlanishi lozim.

Tortuv motorlarini o'ta yuklamadan himoyalash uchun $I_y=(1,3\dots 1,4)I_{\max}$, TIO' tiristorlarini o'ta yuklamadan va tirqish teshigidan himoyalash uchun $I_y=(1,3\dots 1,4)a_m I_{\max}$; transformatorlardagi qisqa tutashuvdan himoyalashdan $I_y=(1,3\dots 1,35)I_{\text{en}}I_{\max}/I_n$ deb qabul qilamiz.

Bokslanishdan yoki yuzdan himoyalash uchun ikki parallel qo'shilgan motorlar uchun toklarning farqi 6-7% nominal tokdan farq qilganda ishlashi lozim.

5. Asosiy elektr jihozlar ro'yxati

Elektr harakati tarkibidagi barcha asosiy elektr mashinalar va apparatlarning keltirilgan ro'yxati barcha elektr jihozlarining umumiy og'irligini hisoblash uchun va buyurtmalarni joylashtirish hamda ularni tayorlash uchun asosiy hujjat hisoblanadi.

Kurs loyihasi hajmida elektr harakat tarkibining yordamchi zanjirlarini ishlab chiqish ko'zda tutilmaganligi uchun tasnifiy ro'yxatini faqat tortuv motorlarining bosh kuch zanjirlarining va boshqarish zanjirlarining elektr jihozlari uchun tuziladi.

Tasnifiy ro'yxatni 5.1-jadvalda ko'rsatilgan ko'rinish bo'yicha tuziladi.

5.1-jadval

Asosiy elektr jihozlar ro'yxati

Sxemada belgilanishi	Mashina va apparatlarning nomlanishi	Nominal ma'lumotlar		Soni	Izoh
		Kuchlanish	Tok		

Tasnifiy ro'yxatda kuch zanjiri va boshqarish zanjirlari sxemalarida ko'rsatilgan barcha mashina va apparatlar kiritilishi lozim. Mashina va apparatlarning raqamlanishi (yoki harfli belgilanishi) kuch va boshqarish zanjirlari sxemalarida qabul qilingan belgilanishlarga mos holda bo'lishi lozim.

GOST 9219-66 ga mos holda quyidagi nominal kuchlanishlar tavsiya etiladi: transformatorning birlamchi zanjirlaridagi apparatlar uchun kontakt tarmog'ining nominal kuchlanishi U_{TN} ; transformatorning ikkilamchi chulg'amlari zanjirlaridagi apparatlar uchun - $0,9U_{to'rt}$; tortuv motorlari zanjirlaridagi apparatlar uchun - nominal to'g'rilangan kuchlanish U_{mn} ; elektrovozni boshqarish zanjiri apparatlari uchun 50 V.

Kuch zanjirlari apparatlarining nominal toki mazkur apparatdan keyin ta'minlanuvchi motorlarning nominal toki bo'yicha aniqlanadi. Boshqarish zanjirlari apparatlari uchun nominal toki ularning bloklovchi kontakti orqali ko'rsatiladi. Oldindan qabul qilinadi: rele uchun 5 A, tugunli ajratgichlar uchun 10A, mashinist kontroliyeri uchun 30 A.

Agar qandaydir apparat, sanoatda ishlab chiqarilgan apparatning qo'llashga yaroqliligi ishlab chiqilgan sxemada nominal ma'lumotlar va kontaktlar soni bo'yicha qabul qilinsa, izohda bu apparatlarning turini ko'rsatish lozim bo'ladi.

Foydalangan adabiyotlar:

1. Плакс А.В. Системы управления электрическим подвижным составом., М. Маршрут, 2005 г.
2. Якушев Я.Р. Расчет регулировочных и внешних характеристик однофазного четырехзонного выпрямительно-инверторного преобразователя электроподвижного состава, Вестник Всероссийского научно-исследовательского и проектно-конструкторского института электровозостроения.-2006.- Вып. 1.
3. Захарченко Д.Д. Автоматизация электрического подвижного состава. М., Транспорт: 1988- 279 с
4. Южаков Б.Г. «Электрический привод и преобразователи подвижного состава», М-2007 г.

Mundarija

Kirish.....	3
1. Kurs loyahasini bajarish uchun ma'lumotlar va uning tarkibi	4
2. Asosiy elektr qurilmalar kattaliklari	5
2.1. O'zgaruvchan tokli elektrovozlari tortuv elektr motorlarning boshqarish sxemalari	5
2.2 Tortuv motorlarining nominal kuchlanishidagi xarakteristikalarini	6
2.3. Silliqlovchi reactor	9
2.4. Tortuv transformatorlari	10
2.5. To'g'rilash-invertorli o'zgartgich.....	14
2.5.1. TIO' ning tiristorli yelkasidagi kuchlanish.....	15
3.To'g'rilovchi-invertorli o'zgartgich va elektrovoz xarakteristikalarini.....	20
3.1.To'g'rilovchi-invertorli o'zgartgich xarakteristikalarini hisoblash	20
3.2. O'zgartgich qurilmasi tashqi xarakteristikasini va elektrovoz tortuv elektr motorining motor rejimida ishlagandagi tezlik xarakteristikalarini hisoblash.....	24
3.3. Susaytirilgan qo'zg'atish pog'onalarini hisoblash.....	25
3.4. Qo'zg'atishni susaytirish pog'onalarini tanlash tartibi	26
3.5. Susaytirilgan qo'zg'atish rejimi uchun elektrovozning tezlik xarakteristikasini hisoblash.....	28
3.6. Invertorning tashqi xarakteristikasini hisoblash	31
4. O'zgaruvchan tok elektrovozi kuch zanjirlarini himoyalash	33
5. Asosiy elektr jihozlar ro'yxati	34
Foydalangan adabiyotlar:	35

Bepul tarqatiladi	Muharrir:	Z.D.Inogamova
Nashrga ruhsat etildi 16.12.2013		Hajmi 2,5 b. t.
Qog'oz bichimi 60×84/16	Adadi 10 nusxa	Buyurtma № 13-2/2013
ToshTYMI bosmaxonasi	Toshkent sh., Odilxo'jayev ko'chasi, 1	