

O'ZBEKSTAN RESPUBLIKASI INFORMACIYALIQ
TEXNOLOGIYALARI HA'M KOMMUNIKACIYANI
RAWAJLANDIRIW MINISTRLOGI
MUXAMMED AL-XAREZMIY ATINDAG'I
TASHKENT INFORMACIYALIQ TEXNOLOGIYALARI
UNIVERSITETI
NO'KIS FILIALI

“Telekommunikatsiya injiniringi” kafedrası

Kurs jumisi

Tema: Si'ziqli' yemes elementlerdi kompyuterli modellestiriw

Student
Qabillag'an

Abdullaev R.
Babajanova T

No'kis – 2017

**Tema: Si'zi'qli' yemes elementlerdi kompyuterli
modellestiriw**

Mazmuni:

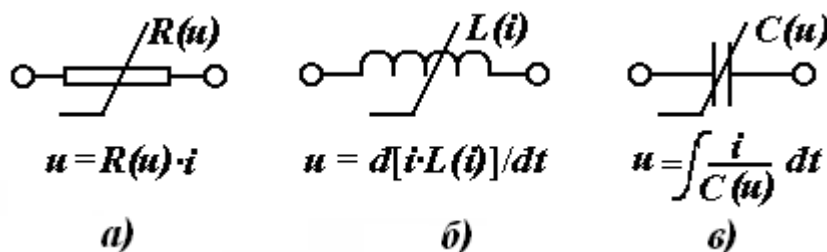
I BAP. Si'zi'qli' yemes shi'nji'rlar ha'm wolardi' kompyuterli modellestiriliw.....	3
I.1 Si'zi'qli' yemes rezistiv yeki polyusliklerdin' statik xarakteristikaları'.....	3
I.2 Kompyuterli modellestiriw haqqi'nda uli'wma mag'lumat.....	8
II-BAP. Si'zi'qli' yemes shi'nji'rlarda yesaplawlardi' kompyuterli modullestiriw.....	11
II.1 Si'zi'qli' yemes shi'nji'rlarda signallar spektrin uzati'w ha'm ta'jiriybede qollaw.....	11
II. Kompyuterli modellestiriwde bazi' bir si'zi'qli' yemes shi'nji'rlar u'stinde yesaplawlar jurgiziw.....	13
III.BAP Virtual laborotori'yali'q jumi's.....	16
III.1 Invertlenbeytug'i'n ku'sheyttirgishti tekseriw.....	16
III.2 Invertleniwshi kusheyttirgishti tekseriw.....	17
III.3 Bazi' bir shi'nji'rlardi'n' sxema ha'm ma'nisleri.....	18
Juwmaqlaw.....	23
A'debiyatlar.....	24

I BAP. Si'zi'qli' yemes shi'nji'rlar ha'm wolardi' kompyuterli

modellestiriliw

I.1 Si'zi'qli' yemes rezistiv yeki polyusliklerdin' statik xarakteristikaları'.

Qalegen real element u'iken diapazonda wo'zgermes baylani'sqa iye bola almaydi', elektr shi'nji'rlari'ni'n' si'zi'qli'li'q teoriyasi' tokti'n' yaki kernewliktin' qandayda bir kishi arali'g'i'nda wori'nli'. Usig'an usag'an za'ru'rli elementler ha'm a'sbaplar tu'ri bar boli'p, wolardin' parametrleri wolar arqali' ag'ip wo'tip ati'rg'an tok yaki kernewlik ma'nisine baylani'sli' boladi'. Bunday elementler *si'zi'qli' yemes* dep ataladi'. Hesh bolmag'anda bir dana bunday elementi bolg'an shi'nji'r *si'zi'qli' yemes(SY)* shi'nji'r dep ataladi'. Si'zi'qli' yemes qarsi'li'q $R(I)$ yaki $R(U)$, si'zi'qli' yemes si'yi'mli'li'q $C(I)$ yaki $C(U)$, si'zi'qli' yemes induktivliklerdin' $L(I)$ yaki $L(U)$ sxemalarda sha'rtli belgileri 1-su'wrette ko'rsetilgen



1-su'wret

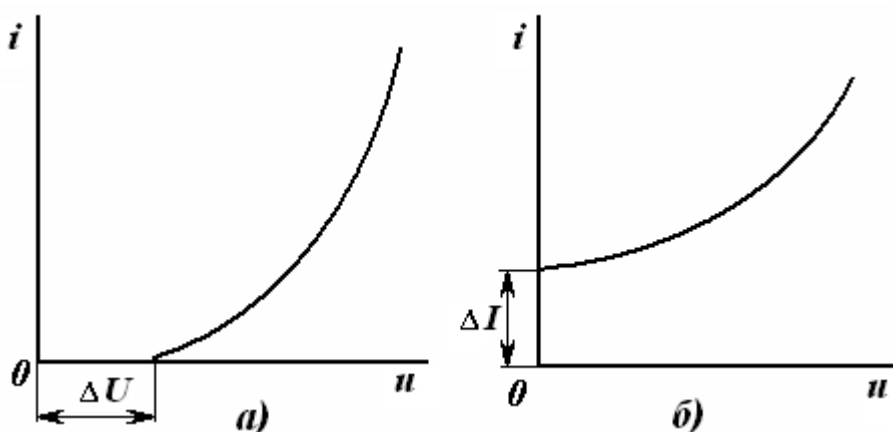
SY shi'nji'rlardi'n' bunday qa'siyetleri si'zi'qli' yemes shi'nji'rlardin' tabiyati'nan kelip shi'g'i'p, kernew ha'm tok arasi'ndag'i' baylani's proporsiyanalli'g'i'n buzadi' ha'm shi'nji'rlar tenlemelerinin' si'zi'qli' yemes boli'wi'na ali'p keledi.

SY tenlemelerdi sheshiwidin' usillari uli'wma joq. Biraq bir qatar jag'daylarda g'ana ani'q sheshimlerdi yesaplaw mu'mkin. SY shi'nji'rlardi' tekseriwidin' qi'yi'nshi'li'qlari' da sodan. Sebebi, SY ten'lemelerge ha'm SY shi'nji'rlarg'a superpaziciya usi'li'n qollaw mu'mkin yemes.

SY yeki polyusliklerdin' bazi' bir qa'siyetleri, statikali'q xarakteristikalar ja'rdeminde ani'qlanadi'. SY yeki polyusliklerdin' ken' tarqalg'ani' volt-amper xarakteristikasi(VAX) boli'p, yag'niy turaqli rejimdeg'i' si'zi'qli' yemes yeki polyuslikten ag'ip wo'tip ati'rg'an tok I din' wog'an jalg'ang'an kernewlikke baylani'sli' boladi'.

Si'zi'qli' yekipolyuslikler ushi'n VAX tuwri' si'zi'qtan ibarat yedi. 2-su'wrette bolsa SY elementlerdin' VAX keltirilgen. SY yeki polyuslikler VAXnin' ko'p g'ana ko'rinislerin 6 tu'rge bo'liw mu'mkin: bular 3-su'wrette keltirilgen.

VAX sezgir yemeslik arali'g'i'na iye boli'wi' da mu'mkin. 2.b –su'wrette dI- tok boyi'nsha sezgir yemeslik arali'g'i' keltirilgen.



2-su'wret

Si'zi'qli' yemes rezistiv element. Elementtin' sxemadag'i' sha'rtli belgisi 1.a-su'wrette keltirilgen. SY rezistiv elementtin' VAXlari'nan ja'ne biri 3-su'wrette keltirilgen.

SY rezistiv elementti ani'qlawda albette woni'n' VAXsi' berilgen boli'wi' sha'rt. Bul xarakteristikani'n' ha'r bir $u = u_0$, $i = i(u_0) = i_0$ noqati'nda static qarsi'li'q

$$R_{cm}(U_0) = u_0 / i_0$$

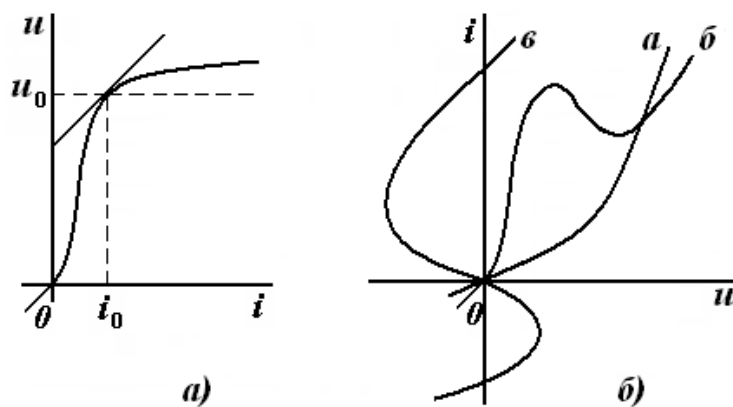
ha'm ma'nisi bul noqattan VAXg'a ju'rgizilgen uri'nba mu'yeshinin' tangensine ten' bolg'an dinamikali'q(diferensial) qarsi'li'q dep atalg'an tu'sinikti kiritiw mu'mkin:

$$r_d = \left| \frac{du}{di} \right|_{i=i_0} = tg\alpha.$$

3.a-su'wrettegi grafik bul qarsi'li'qlar geometriyali'q ma'nilerin tu'siniwge ja'rdem beredi. SY rezistiv elementler VAX du'zilislerinin' uli'wmalasqan tu'rleri grafik kordinata (u,i) tegisliginin' qaysi' kvadrati'nda jaylasqanli'g'i'na baylani'sli' boladi'. Yeger grafikali'q tek g'ana birinshi ha'm u'shinshi shereklerde jaylasqan bolsa, bul jag'dayda VAX passiv elementke baylani'sli' boladi'; elementtin' sari'plap ati'rg'an quwatli'g'i' $p = ui \geq 0$.

SY rezistiv elementlerdin' tag'i' basqa uli'wmalasti'ri'wshi' qa'siyetleri VAXnin' tegis yaki tegis yemes boli'p yesaplanadi'.

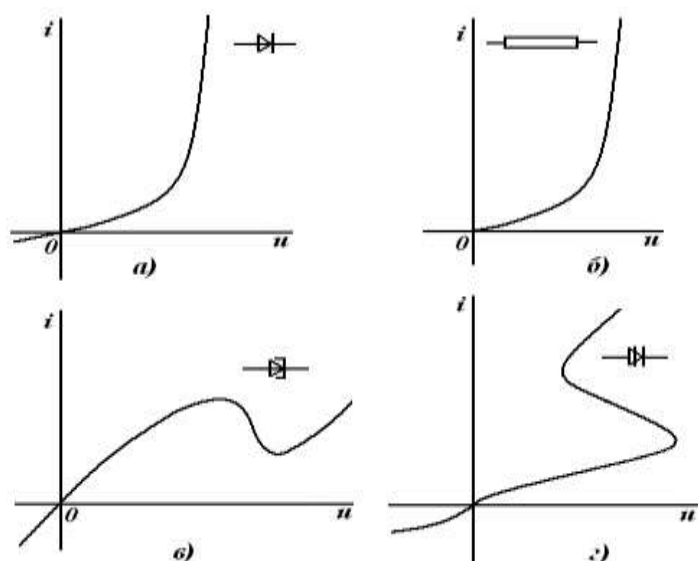
Tegis yemes wo'zgeriwshi VAXnin' bunday bo'legi payda boladi', wog'an VAX tuwi'ndi'si'ni'n' belgisi basqa tuwi'ndi' belgisinen parqli' boladi'. 3.b- su'wrette VAXti'n' u'sh tu'ri keltirilgen: a-tegis VAX; b- N ta'rizli VAX; v- S ta'rizli VAX.



3-su'wret

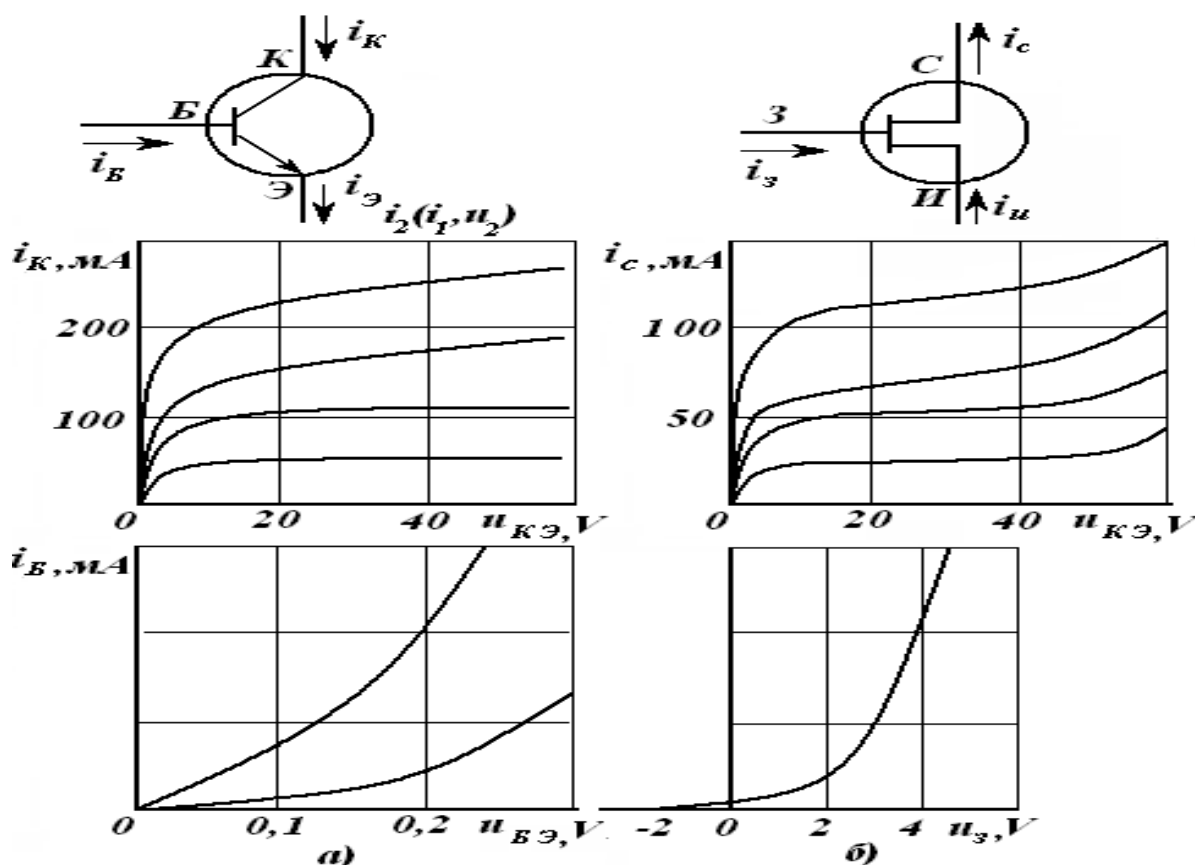
Real elementlerdin' SY rezistiv elementler modellari ko'rinishidagi xarakterleniwine diodlar (4,a-su'wret), tiristorlar (4,b-su'wret), dinistorlar (4,g-su'wret)

Inertsiyasi'z si'zi'qli' yemes to'rtpolyuslikler. Polyusleridagi tok ha'm kernewliklerdin' bir zamatli'q ma'nisleri arasi'ndag'i' baylani'slari' basqa polyusleridagi tok ha'm kernewlikler bir zamatli'q ma'nislerin toli'q sa'wlelendiriwshi x_1 ha'm x_2 $F_1(x_1, x_2)$ ha'm $F_2(x_1, x_2)$ funkciyalar menen belgilengen to'rtpolyuslikler *inerciyasi'z si'zi'qli' yemes tortpolyuslikler* (ISYT) delinedi(4-su'wret).



4-su'wret

ISYT larg'a xarakterleniwi mu'mkin bolg'an real elementlerge xarakterleniwi 5-su'wrette ko'rsetilgen tranzistorlardi' keltiriw mu'mkin.



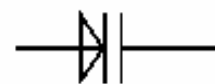
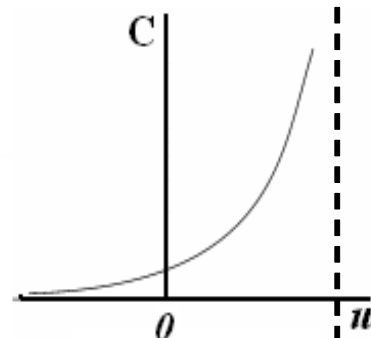
5-su'ret

Si'zi'qli' yemes si'yi'mli'li'q. Si'zi'qli' yemes si'yi'mli'li'qti'n' sxemasi'ndag'i' sha'rtli belgileniwi 6-su'wrette keltirilgen. Bunda saqlang'an zaryad kernewlikke $q = q(u)$ si'zi'qli' yemes baylani'sli' boladi'.

Si'zi'qli' yemes induktivlikti'n' elektr sxemasi'ndag'i' sha'rtli belgisi 1b-su'wrette keltirilgen. Bul magnit tarti'si'w Ψ din' tok i ge si'zi'qli' yemes baylani'si'n bildiredi. $\Psi = \Psi(i)$. Magnit maydani' wo'zgeriwi natijesinde induktivlik katushkada induktivlenip ati'rg'an E.Q.K. (kernewlik) magnit tarti'si'wi'ni'n' tuwi'ndi'si'na proporsiyanal $u(t) = d\Psi/dt$ bolg'anli'g'i' ushi'n, Ψ di' 6-su'wret quramali' funkciya si'yaqli' deferensiyallap to'mendegini payda yetemiz.

$$u(t) = \frac{d\Psi(i)}{dt} = L(i) \frac{di}{dt}.$$

$L(i)$ ma'nisi **si'zi'qli' yemes induktivlik** dep ataladi'. Si'zi'qli' yemes induktivlikler menen ferromagnit wo'zekli katushkalar baylani'slari' ko'rsetiledi.



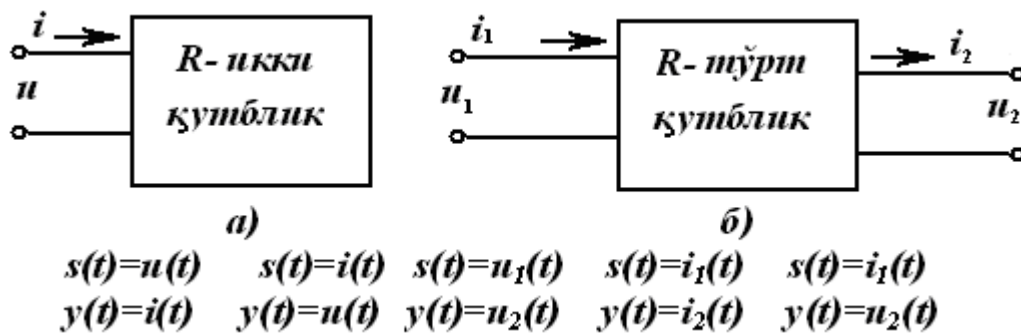
Inerciyasi'z elementli shi'nji'rlardin' analizi

Qurami'nda si'yi'mli'li'q ha'm induktivlikleri, yag'ni'y energiyani' saqlawshi' elementleri bolmag'an elektr shi'nji'rlar *rezistiv shi'nji'rlar* dep ataladi'. Bulardi'n' matematikali'q modelleri si'zi'qli' yemes ten'lemeler sistemasi'nan ibarat boladi'. Uli'wmali'q jag'dayda bul ten'lemeler analitikali'q sheshimge iye yemes. Wolardi' sheshiw ushi'n grafikali'q, grafonalitikali'q ha'm sanli' usi'llardan paydalani'ladi'.

Bazi' bir si'zi'qli' yemes rezistiv shi'nji'rlardi' teksergende ma'sele to'mendegi izbe-izlikte sheshiledi.

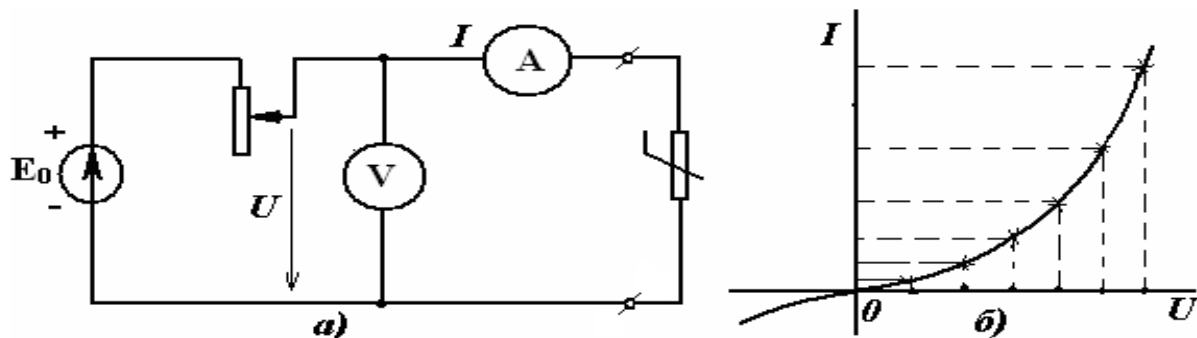
Berilgeni: belgili su'wretleniwlerge iye bolg'an si'zi'qli' yemes element ha'm si'zi'qli' qarsi'li'q, turaqli' tok ha'm kernewlik derekleri de shi'nji'r kiriwinde ta'sir qi'li'p ati'rg'an wo'zgeriwshi $s(t)$ signal deregi

Ani'qlaw kerek: shi'nji'r di'n' reakciyasi'n, shi'nji'r di'n' kiriwindegi yamasa shi'g'i'wi'ndag'i' tok(kernewlik)ti'.



7-su'wret

Birinshi jag'dayda shi'nji'r di' yeki polyuslik(7a-su'wret), yekinshisinde to'rtpolyuslik(7,b-su'wret) ta'rizde keltiriw mu'mkin.



8-su'wret

Rezistivteki
polyusliktin' *kiriw*
xarakteristikasi' dep *kiriw*
signali' $s(t)$ bir zamattag'i'
ma'nisinin si'zi'g'i'ndag'i'
reakciya $y(t)$ bir zamattag'i'
ma'nisine baylani'sli'na,
yag'ni'y $y = y(s)$
funkciyasi'na ayti'ladi'.
Rezistiv to'rtpolyusliktin'
uzati'w funkciyasi' dep *kiriw*
signali' $s(t)$ bir zamattag'i'
ma'nisinin shi'g'i'wdag'i'
reakciya $y(t)$ bir zamattag'i'
ma'nisi ta'sirine, yag'ni'y
 $y = y(s)$ funkciyag'a
ayti'ladi'.

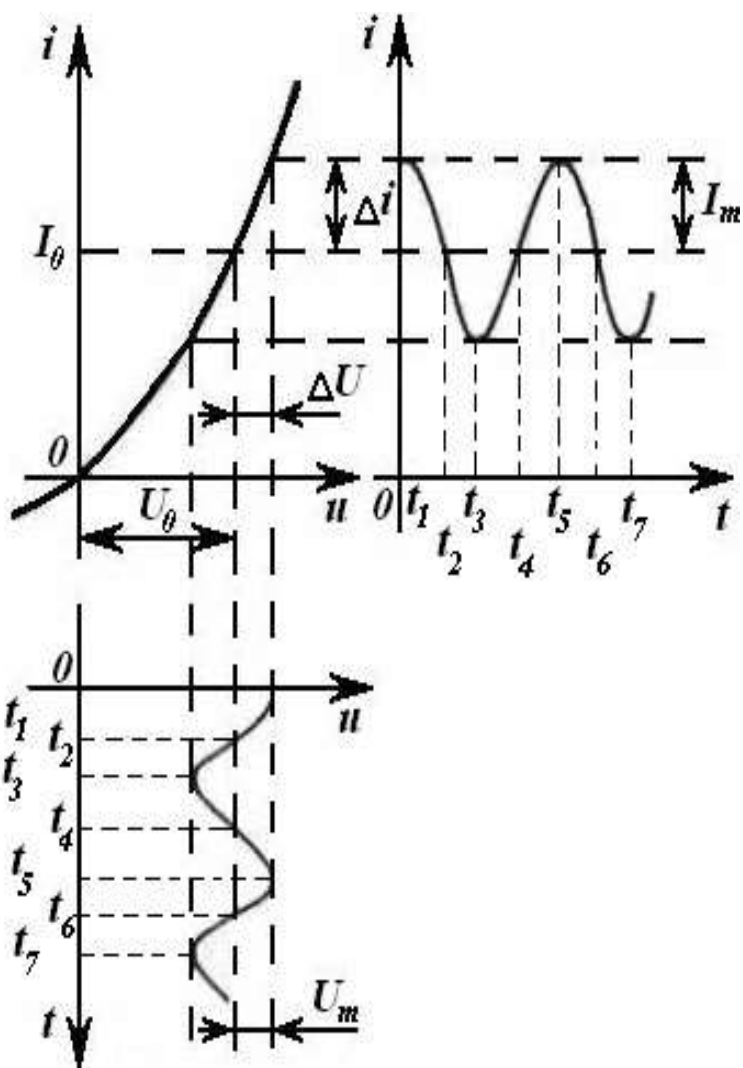
Qa'legen t_1 waqi'tti'
saylaymi'z ha'm wog'an mas

mashtabta *kiriw* ha'm shig'iw ma'nislerinin' t ko'sherine jaylasti'rami'z. Bul
waqi'tti'n' bir zamati'na sa'ykes kelgen *kiriw* ma'nisine u di' VAX grafiginde
proekciyasi'n ali'p, sodan tok i di ani'qlap, gorizonta kesindi ju'rgizip, shi'g'i'w
ma'nisinin t_1 noqati'na perpendekulyar menen kesiliskshe dawam ettiremiz(8-
su'wret).

EYM leri payda bolaman degenge shekem bul ma'selelerdi sheshiw ushi'n
ha'r tu'rli usi'llardan paydalani'lg'an. Bulardan biri ha'm ken' qollani'lati'ni'
ko'pag'zali'lar ja'rdeminde approksimaciyalaw usi'li' boli'p yesaplanadi':

$$y(s) = a_0 + a_1s + a_2s^2 + \dots + a_ns^n.$$

Yeger ISYT xarakteristikasi' ushi'n approksimaciyalawshi'
kopag'zali'lardi'n' koeficientleri ani'qlansa shi'g'i'w ma'nisin apiwayi worni'na
qoyi'w usi'li' menen ani'qlaw mu'mkin:



9-su'wret

$$y(t) = a_0 + a_1 \left[s(t) + a_2 \left[s(t) \right]^2 + \dots + a_n \left[s(t) \right]^n \right].$$

Mi'sali' 9-su'wrettegi VAX $i(u) = 0,5u + 10u^2 - 2u^3$ ko'pag'zali' ja'rdeminde approksimaciyalani'wi' mumkin bolsa, bul jag'dayda $u(t) = 2\sin t$ kiriw kernewligi ushi'n diod arqali' wo'tip ati'rg'an to'mendegishe jazi'li'wi' mu'mkin:

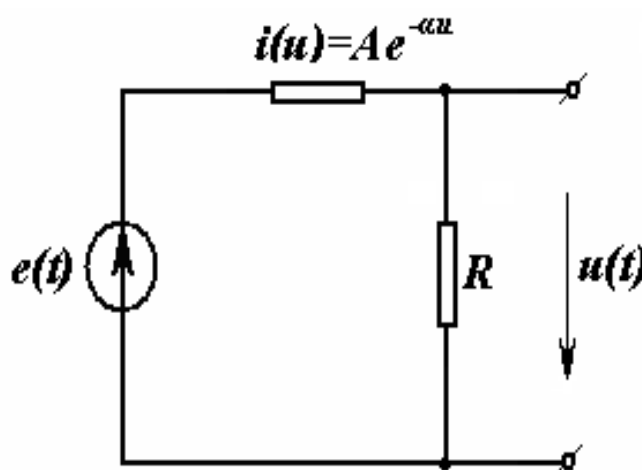
$$i(t) = 0,5 \cdot 2\sin t + 10(2\sin t)^2 - 2(2\sin t)^3 = \sin t + 40\sin^2 t - 16\sin^3 t.$$

Yeger ISYT ushi'n kiriw yaki uzati'w xarakteristikasi'n ani'qlaw mu'mkin bolsa grafikali'q ha'm grafo-analitikali'q usi'llar qollani'li'wi' mumkin bolmaydi'. Bunday jag'daylarda Kirxkov ha'm de Om ni'zamlari' ja'rdeminde shi'nji'r di'n' toli'q tenlemelerin du'zip, sanli' sheshimi ani'qlanadi'.

Bul usi'ldi' mi'sallar ja'rdeminde tu'sindiremiz. Sxemasi' 10-su'wrette kelti'ri'lgan rezistiv shi'nji'r berilgen bolsi'n. Shi'nji'r di'n' tenlemesin du'zemiz:

$$\begin{aligned} u(t) &= Ri(t) = Ri[u_R(t)] = \\ &= RAe^{-\alpha[e(t)-u(t)]}; \\ u(t) - RAe^{-\alpha[e(t)-u(t)]} &= 0. \end{aligned}$$

Bul ten'lemeni qa'legen $e(t)$ ma'nisleri ushi'n $u(t)$ g'a qatnasi'na *inerciya usi'li'*, *Nyuton usi'li'* yamasa basqa sanli' usi'llar ja'rdeminde sheshiw mu'mkin.

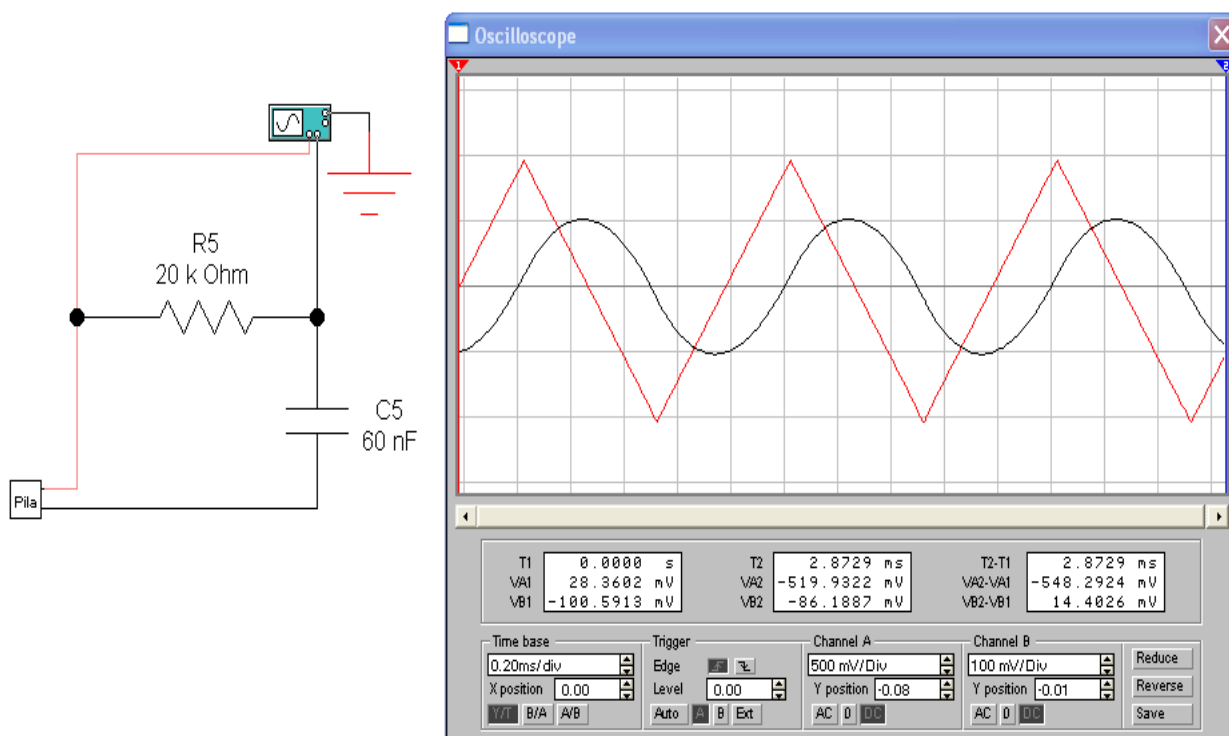


10-su'wret

I.2 Kompyuterli modellestiriv haqqi'nda uli'wma mag'lumat

Kompyuterli modellestiriv bul tiykarg'i obekt yaki ha'diyseni kompyuterde islep shig'ari'lg'an modeli boli'p, tiykari'nan jan'asha jandasi'w arqali' real obekttin' sheklengen qa'siyetleri arqali' ta'jriybeni shig'insiz ha'm ziyansi'z a'melge asi'ri'w boli'p yesaplanadi'. Kompyuterli modellestiriv ko'zimiz benen ko'rip bile almaytin ha'diyselerdi, ko'zimizge ko'rinbeytin ju'da' kishi ha'm ju'da' u'lken obektlerdi ko'zimiz benen ko'rip tiykarg'i tu'sinik ha'm qa'siyetlerin an'lap jetiwege ja'rdem beriwshi modellestirivge janasha jandasiwdan ibarat. Kompyuterli modellestiriv en' quramali' bolg'an ha'diyselerdi da a'piwayi' xalqqa an'sat

tu'siniw imkaniyati'n beriwshi bir tu'sindirme qurali' boli'p, ha'zirgi waqi'tta bunday modellestiriw ha'mme tarawda, soni'n' ishinde elektr shi'nji'rlardi da laborotoriyalardi' virtual wo'tkiziwde ken' qollani'ladi'. Ha'zirgi waqi'tta bul modellerdi programmalasti'ri'p wo'z aldi'na, tek bir jo'nelistegi programmalar jarati'li'p ati'r, bul programmadan paydalaniw ku'ndelikli turmisimizg'a aylani'p barati'r. Sabaqli'qta qollani'lati'n virtiual laborotoriyalardi' wo'tkeriw ushi'n arnalg'an programmasi' bolsa jetkilikli. Mi'sali':



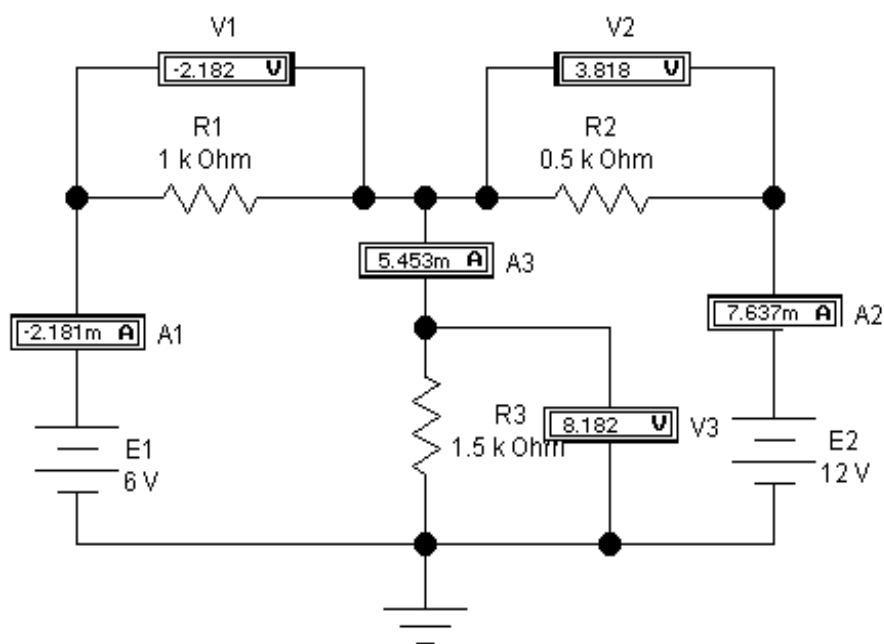
11-su'wret

Virtiual laborotoriyada wo'tkerilgen bir ta'jiriybe modeli. R qarsi'li'qli' rezistr C kondensatorlardi' 11-su'wrettegidey yetip sxemasi'n jalg'asaq oscillograftag'i kiriw ha'm shi'g'i'w kernewligi payda boladi'. Qi'zi'l si'zi'q kiriw kernewligi, qara si'zi'q bolsa shig'i'w kernewligi boli'p yesaplanadi'.

Bul programma yesaplawlardin' a'piwayi modelinin' bir ko'rinishi boli'p keste yaki basqa ko'rinishlerde da jaratiwg'a boladi'. Modeldi ha'r tu'rli ko'riniste jarati'w mu'mkin. Bir jaratilg'an modelden keyin bir neshe ma'rte paydalaniwg'a boladi'. Soni'n' ushi'n kompyuterli modellestiriwden ken' paydalani'ladi'. Sebebi bunday model arti'qsha shi'g'i'n, resurs jetispewshiligi, ziyarli ta'sirler boli'wi' mu'mkin ha'm tag'i' basqa usi'g'an usag'an tu'siniklerdi pu'tkilley umi'ti'wg'a boladi'. Mi'sal ushi'n ximiya laborotoriyasinda wo'tkeriletin bazi' bir ta'jiriybelerde qollani'lati'n zatlar insan wo'mirine qa'wipli boladi'. Bunday

ta'jiriybeleri qalayi'nsha ta'wekelsiz, ziyarlarsi'z studentlarga toli'q jetkerip beriwge, toli'g'i'raq tu'sinik ali'wi'na na'tiyjeli jetkerip beriw mu'mkin? – degen sorawg'a ha'zirgi ku'nde kompyuterli modellestiriw juwap bere aladi'. Buni'n' ushi'n obekt haqqi'ndag'i' toli'q mag'lumatti' bilgen halda modelin, yag'ni'y programmasi'n jarati'w jetkilikli boladi.

Virtual laborotoriyalardi' wo'tkeriw ushi'n arnalg'an programmalar di' du'ziwde wo'tkerilip ati'rg'an ta'jiriybeni bir neshe ma'rte real wo'tkerilip ha'r tu'rli tosi'nanli' jag'daylar u'yrenilip, tek usi' u'yrenilgen ko'lemdegi sheklengen ma'nisler ushi'n g'ana programma du'ziledi. Biz kiritken mag'lumatlar jeterlishe ko'p bolg'an halda g'ana model, yag'niy programma jaqsi' ha'm ken' ko'lemli boladi'.



12-su'wret

Mi'sal ushi'n 12-su'wrettegidey quramali' du'zilistegi, yaki bunnan da quramali', ba'lkim quramali' yemes apiwayi bolsada kiritilmegen basqa da mag'lumatti islep bere almay qali'wshi' programmalar toli'q programma dep atay almaymiz. Tiykarg'i jag'dayda toli'q degen so'z bizlerdin' bilgen mag'lumatlari'mi'z benen sheklengen boladi'. Tiykari'nda da biz wo'z pikirlerimizge su'yengen jag'dayda g'ana realli'q ha'm idealli'q tu'siniklerin kiritemiz. Biz toli'q ha'm quramali' dep tapqan programmada bir yaki bir neshe adamni'n' u'yrenip, izertlep shi'qqan ha'm wo'z ko'z qarasi'nan kelip shi'qqan halda is ju'ritiwshi programma islep shig'adi'. Bul programma ha'mmege qolayli' boli'wi' ushi'n bir qansha jenillikler ha'm tu'sindirmeler kiritedi. Sebebi, jarati'lg'an ideal dep yesaplawshi' programmami'z ha'm quramali' funkciyali' ha'm a'piwayi' tu'sinikli boli'wi', woni'n wo'timli yaki sapadar boli'wi'n ta'minleydi.

II-BAP. Si'zi'qli' yemes shi'nji'rlarda yesaplawlardi' kompyuterli modullestiriw

II.1 Si'zi'qli' yemes shi'nji'rlarda signallar spektrin uzati'w ha'm ta'jiriybede qollaw

Si'zi'qli' yemes shi'nji'rlardi'n' ahmiyetli qa'siyetlerinen biri kiriw signallari' spektrin wo'zgertiriw boli'p yesaplanadi'. Demek shi'nji'rdin' kiriwinde garmonikali'q yamasa ha'r tu'rli jiyilikli bir neshe garmonikali'q funkciyalardi'n' ji'yi'ndi'si'nan ibarat bolg'an da'wirli signal ta'sir yetip ati'rg'anda, reaksiya(qa'legen bo'legindegi tok yaki kernew) tek g'ana kiriw ta'sirinin' garmonikalari' yemes, ba'lkim kiriw signal arasi'nda bolmag'an basqa, jan'a garmonikalardan ibarat boladi'.

Spektrdi' wo'zgertiriwdin' bunday qa'siyeti wo'zgermes parametrli (*RLC*) si'zi'qli' shi'nji'rlarda boli'wi' mu'mkin yemes. Bularda qalegen bo'legindegi tok ha'm kernew arasi'nda tek kiriw signali' arasi'nda payda bolg'an garmonikalar boladi'.

Eger uzati'w (yaki kiriw) xarakteristikasi' ko'rsetkishli polinam du'zilisinde berilgen bolsa, woni sheshiwde VAX mi'sali'nda ko'rsek boladi':

$$i(u) = a_0 + a_1 u + a_2 u^2 + \dots + a_n u^n$$

Da'slep, kiriwde garmonikali'q signal bolg'an jag'daydi' ko'rip shi'g'ami'z:

$$u(t) = U \cos(\omega t + \varphi_u).$$

Keyingi ten'likti birinshi ten'likke qoysaq, to'mendegi jag'daydi' payda yetemiz:

$$i(t) = a_0 + a_1 U \cos(\omega t + \varphi_u) + a_2 U^2 \cos^2(\omega t + \varphi_u) + \dots$$

Trigonometriyalı'q wo'zgertiriwlerden son' to'mendegishe boladi':

$$\cos^2(\omega t + \varphi_u) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos 2(\omega t + \varphi_u);$$

$$\cos^3(\omega t + \varphi_u) = \frac{3}{4} \cos(\omega t + \varphi_u) + \frac{1}{4} \cos 3(\omega t + \varphi_u).$$

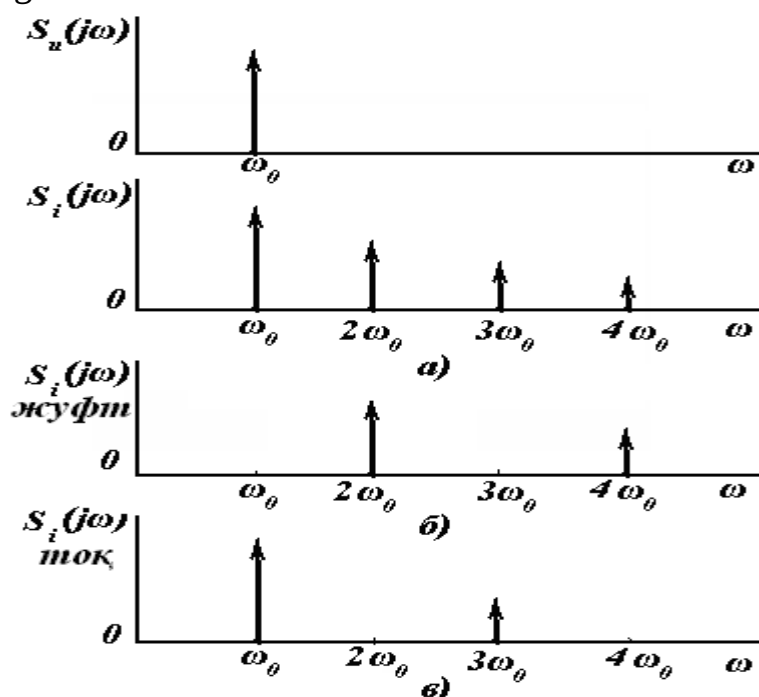
Budan ko'rinipti', n da'rejesi garmonikali'q funkciya ese jiyilikli garmonikali'q funkciyalar ji'yi'ndi'si'na ekvivalent yeken, bunda jup da'rejeli ag'za tek g'ana jup garmonikalardan, taqlari' – tek g'ana taq garmonikalardan payda bolg'an boladi'. Garmonikalardi'n' en' u'lkeni $n\omega$ da'rejesi shi'nji'r xarakteristikasinin' joqari' da'rejesi menen ani'qlanadi':

$$i(t) = a_0 + a_1 U \cos(\omega t + \varphi_u) + \frac{a_2 U^2}{2} \cos 2(\omega t + \varphi_u) + \\ + \frac{3}{4} a_3 U^3 \cos(\omega t + \varphi_u) + \frac{a_3}{4} U^3 \cos 3(\omega t + \varphi_u) + \dots$$

Uli'wma jag'dayda to'mendegishe jazi'w mu'mkin:

$$i(t) = I_0 + \sum_{l=1}^n I_l \cos l(\omega t + \varphi);$$

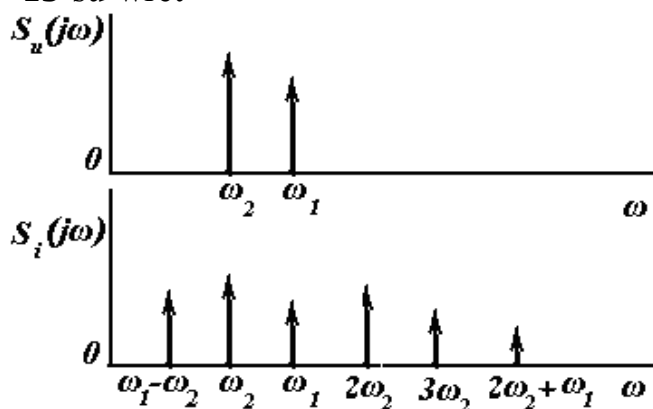
13- su'wrette uli'wmali'q du'zalistegi si'zi'qli' yemeslik ushi'n (a), jup(b) ha'm de taq (v) $i=i(u)$ fukciyasi' kiriw ha'm shig'iw signallari'ni'n' diskret spektrlari keltirilgen.



13-su'wret

Solay yetip ta'rtilerdin' $\omega_1 \pm \omega_2$, $2\omega_1 \pm \omega_2$, $\omega_1 \pm 2\omega_2$ ko'beymelerinde yaki uli'wma jag'day ushi'n $\omega_{mn} = \pm m\omega_1 \pm \omega_2$, $mn=1,2, \dots, n$. Jiyiliklerine iye bolami'z. Jiyiligi ω_{mn} ge ten' bolg'an terbelisler kombinaciya-lang'an terbelis, $|m| + |n|$ qosi'ndi'si' bolsa kombinaciya-lang'an terbelis tartibi dep ataladi'.

Kiriwde yeki garmonikali'q funkciyalar ji'yi'ndi'si'nan ibarat bolg'an signal ta'sirindegi ISYT shi'g'i'wdag'i' signallar spektri' 14-su'wrette keltirilgen.



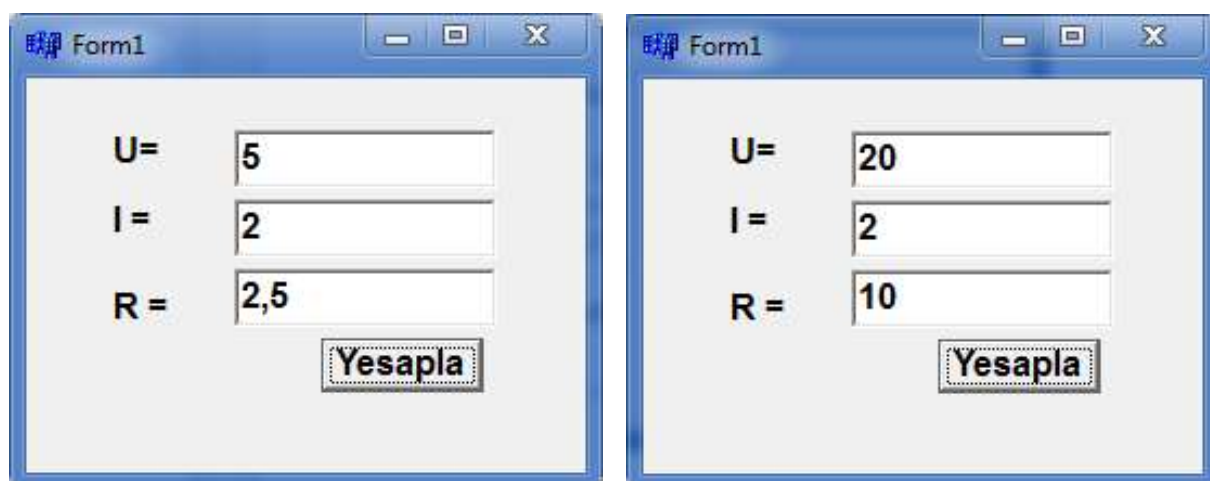
14-su'wret

II.2 Kompyuterli modellestiriwde bazi bir si'ziqli' yemes shi'nji'rlar ustinde yesaplawlar ju'rgiziw

Yesaplawlardi' modellestiriwde birinshiden funkciya ma'nisin yesaplap beriwshi programmasi'n du'ziw mu'mkin, yekinshiden bul funkciya grafigin siziwshi programmasi'n, u'shinshiden bul funkciyani'n' qandayda bir qa'siyetin bildiriwshi programmasin du'ziw mumkin. Misal ushin si'ziqli' yemes shi'nji'rdin bazi bir tenliklerin yesaplaw mumkinshiligin beriwshi programmasin Borland C++ Builder6 dan du'zip ko'reyik:

SY rezistiv elementti aniqlawda a'llette woni'n' VAXsi' berilgen boli'wi' sha'rt. Bul xarakteristikani'n' ha'r bir $u = u_0$, $i = i(u_0) = i_0$ noqati'nda static qarsi'li'q

$$R_{cm}(U_0) = u_0 / i_0$$



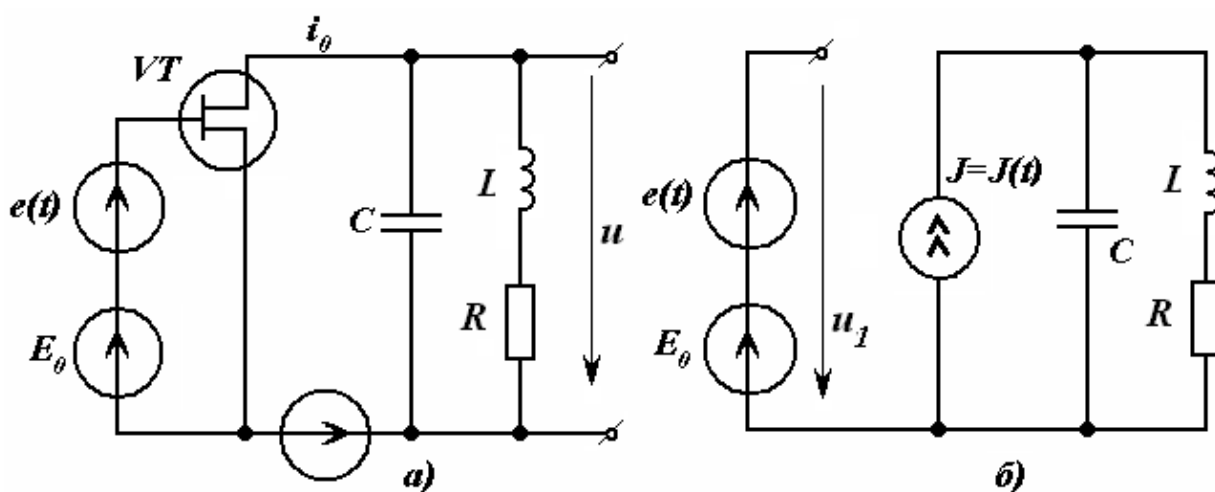
15-su'wret

Biz bul manislerdi qolda yesaplaganimizda da sol manis kelip shigiwin korip shigayiq. $U_0=5V$, $i_0=2A$ bolsa

$$R_{cm}(U_0) = u_0 / i_0 = \frac{5}{2} = 2.5Om$$

ya'ki

$$R_{cm}(U_0) = u_0 / i_0 = \frac{20}{2} = 10Om$$



16-su'wret

RLC-kontur ushi'n (16-su'wret) to'mendegi formula wori'nli' boladi'

$$Z(\omega) = \frac{R + j\omega L}{1 - \omega^2 LC + j\omega RC};$$

$$|Z(\omega)| = \frac{(R^2 + \omega^2 L^2)^{1/2}}{[(1 - \omega^2 LC)^2 + \omega^2 R^2 C^2]^{1/2}}.$$

Birinshi formulani' C++ Builder 6 programmasi'n du'zip sheshiliwin tekserip shi'g'ayi'q.

Form1

L = 5

C = 6

w = 4

J = 7

R = 5

Z(w) = 0,40166205167

Yesapla

Form1

L = 2

C = 1

w = 2

J = 3

R = 6

Z(w) = 0,62068963050

Yesapla

17-su'wret

Yekinshi formulani'n' programmasi'n du'zip alding'i ma'nisler ushi'n yesaplawlar jurgizip ko'reyik.

Form1

L = 5

C = 6

w = 4

J = 7

R = 5

Z(w) = 0,04174851998

Yesapla

Form1

L = 2

C = 1

w = 2

J = 3

R = 6

Z(w) = 0,51906651258

Yesapla

18-su'wret

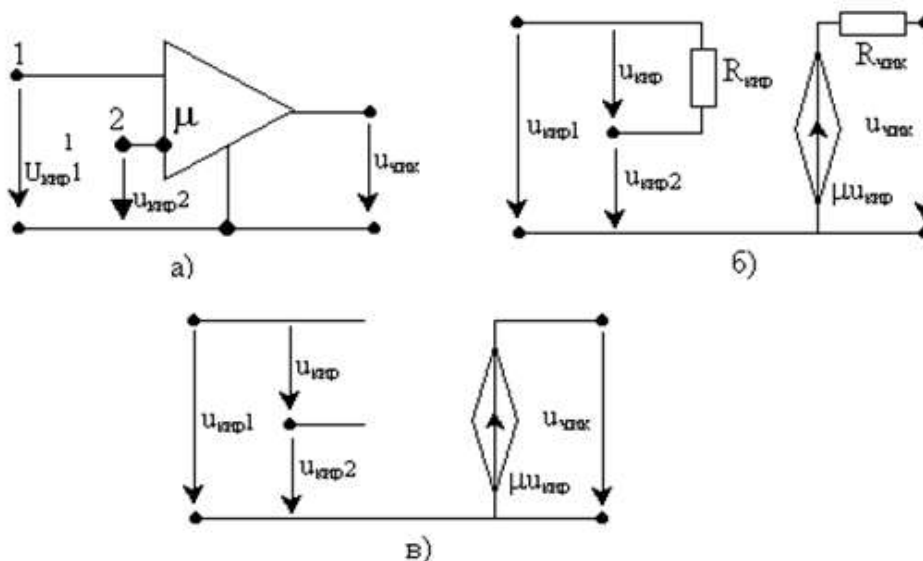
Bul yeki programma keleside qayta islewge ko'p mu'mkinshilikler beredi. Berilgen ma'nistegi yesapti'n' sheshimin qolda yesaplap shi'qqani'mi'zda da sol ma'nislerdi alami'z. Bul programmalar ju'da' quramali' dep ayta almaymi'z. Sebebi, tiykargi jag'dayda bunday jiynaqli' ma'nislerden paydalani'la bermeydi. Bul ideal programma jarati'li'wg'a degen birinshi qa'dem boli'p yesaplanadi'.

Ko'p jag'daylarda katushka induktivligi $[L] \rightarrow \text{mGn}$, kondensator si'yi'mli'li'g'i' bolsa $[C] \rightarrow \text{mkFa}$ ha'm basqalarda beriliwi mu'mkin.

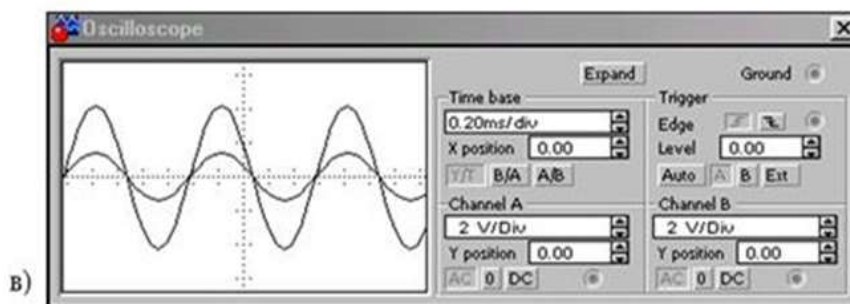
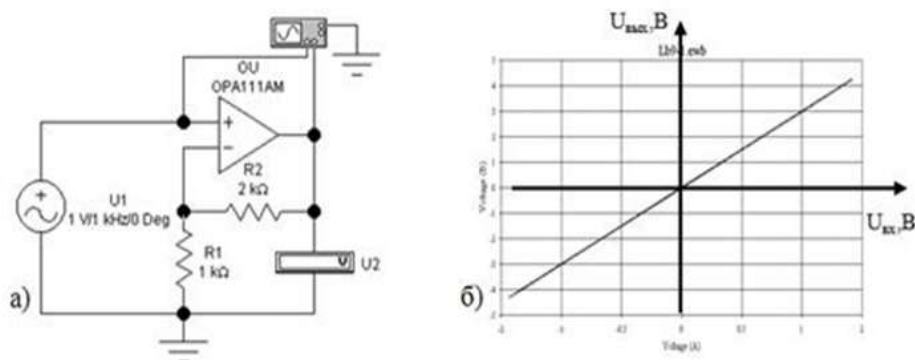
III.BAP Virtual laborotori'yali'q jumi's

III.1 Invertlenbeytug'i'n ku'sheyttirgishti tekseriw

Inversiyali' OK 19-su'wrettegi sxema fayli' ju'klenedi, na'tiyjede ShK monitori' ekrani'nda ku'sheyttirgish sxemasi' payda boladi'(20,a-su'wret).



19-su'wret



20-su'wret

19-su'wrette OK ultani'ndag'i' sheklengen ku'sheyttirgishli invers yemes ku'sheyttirgishti tekseriw sxemasi' (a), woni'n' uzati'w xarakteristikasi' (b), yekikanalli'q oscilografтин' ekranи'nda kiriw ha'm shig'iw kernewleri ko'rinip mu'yesh ald pa'neli (v).

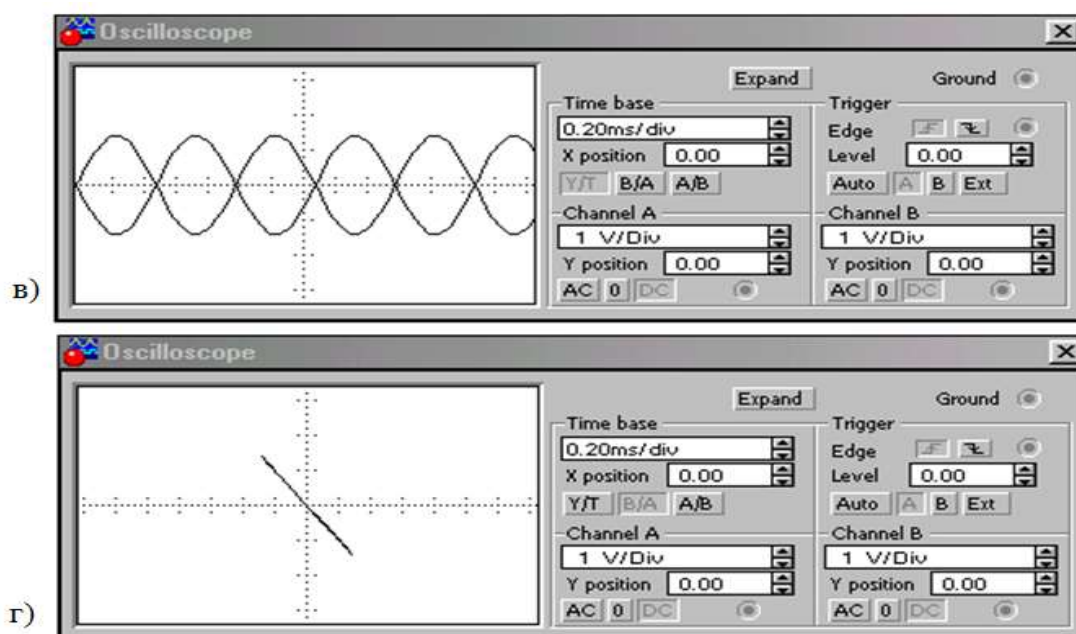
Ku'sheyttirgish sxemasi' (16.a-su'wret), uzati'w xarakteristikalari' ha'm de R_2 qarsi'li'qti'n' $R_2=1,2,3k\Omega$ ma'nislari ushi'n ku'sheyttirgishtin' kiriw ha'm shig'iw kernewlerinin bir zamatli'q ma'nislerinin' diagrammasi' si'zi'lsi'n. R_2 qarsi'li'gi'ni'n' joqari'da ko'rsetilgen u'sh ma'nisi ushi'n ku'sheyttirgishtin' qollaniliwi boyi'nsha ku'sheyttiriw koeficienti wo'lishensin. K nin' wo'lishengen ma'nislari 1-kestege jazi'lsi'n.

R_2 , k Ω		1	2	3
Yesaplaw	U, V	40	40	40
Wolsheyler	U, V	39,9	39,7	39,4
Qatelik,	η , %	0,25	0,75	1,5

1-keste

III.2 Invertleniwshi kusheyttirgishti tekseriw

Invertli OK 2-sxemasinin fayli yuklenedi, natiyjede SHK monitori ekraninda kusheyttirgish sxmasi payda boladi(16,a-su'wret)



17-su'wret

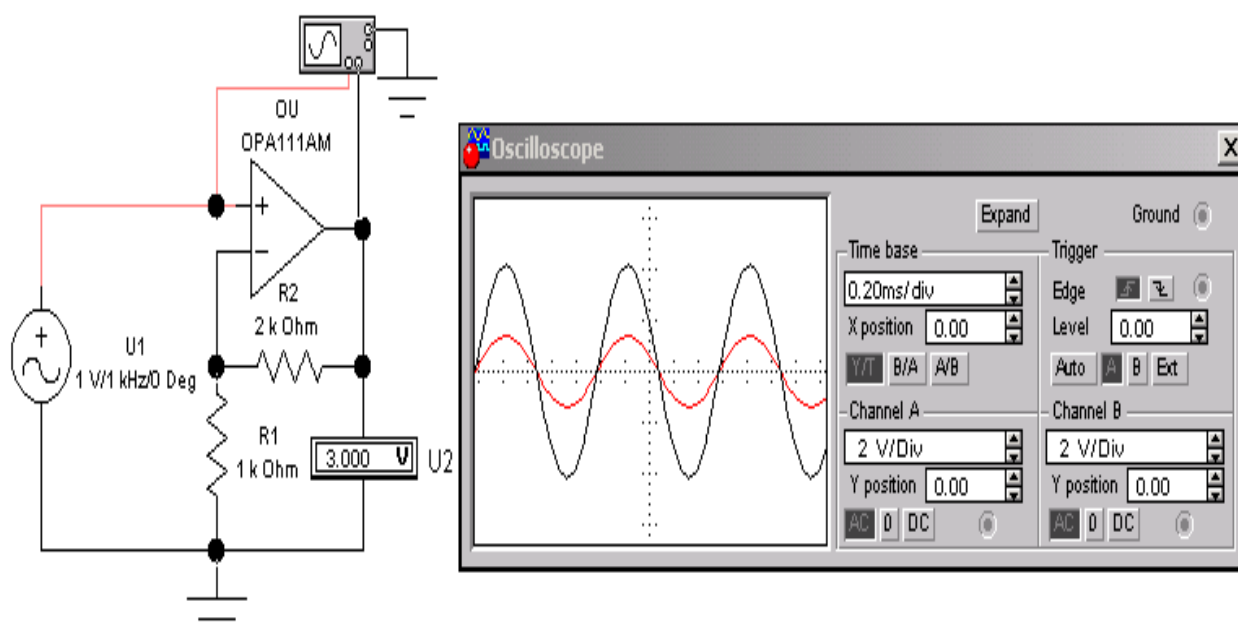
17-su'wrette OK ultanindagi sheklengen kusheyttirgishke iye invertirleniwshi kusheyttirgishti tekseriw sxemasi (a), wonin uzatiw xarakteristikasi (b), oscilograf ekraninda kiriw ha'm shigiw kernewleri oscilogrammalari korinip turgan ald paneli (v), oscilografтин ekranında kusheyttirgishtin uzatiw xarakteristikasi korinip turgan ald paneli.

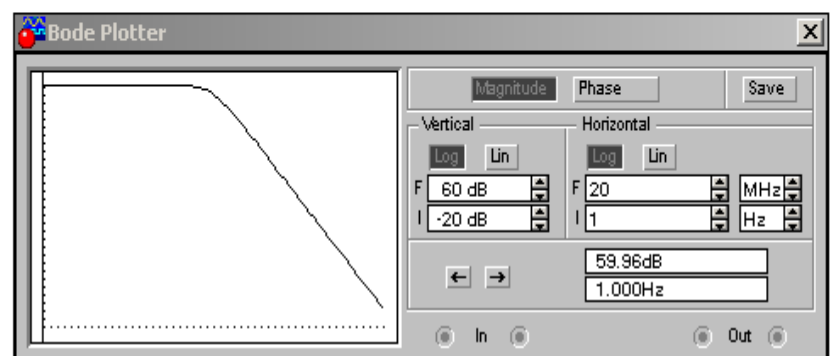
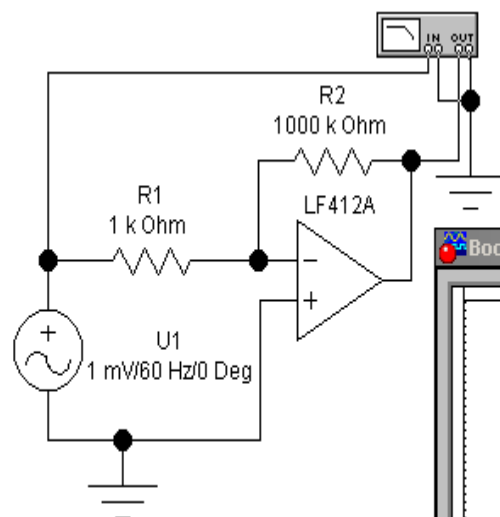
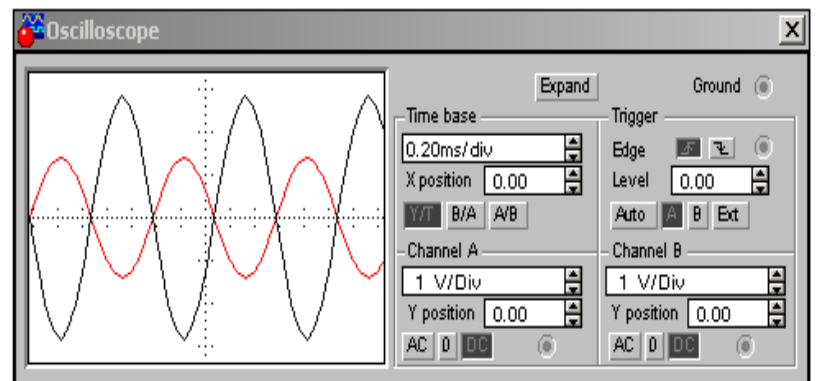
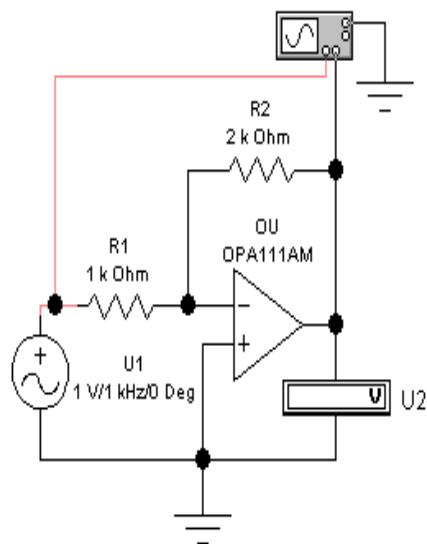
Kusheyttirgish sxemasi (17-su'wret), uzatiw xarakteristikalari ha'm de R_2 qarsiliqtin $R_2=1,2,3k\Omega$ ma'nisleri ushi'n ku'sheyttirgishtin' kiriw ha'm shi'gi'w kernewlerinin' bir zamatli'q ma'nislerinin' diagrammasi' si'zi'lsi'n. R_2 qarsi'li'g'i'ni'n' joqari'da ko'rsetilgen u'sh ma'nisi ushi'n ku'sheyttirgishtin' qollani'li'wi' boyi'nsha ku'sheyttiriw koeficienti wo'lsheysin. K ni'n' wo'lsheysin ma'nisleri 1-kestege jazi'lsi'n.

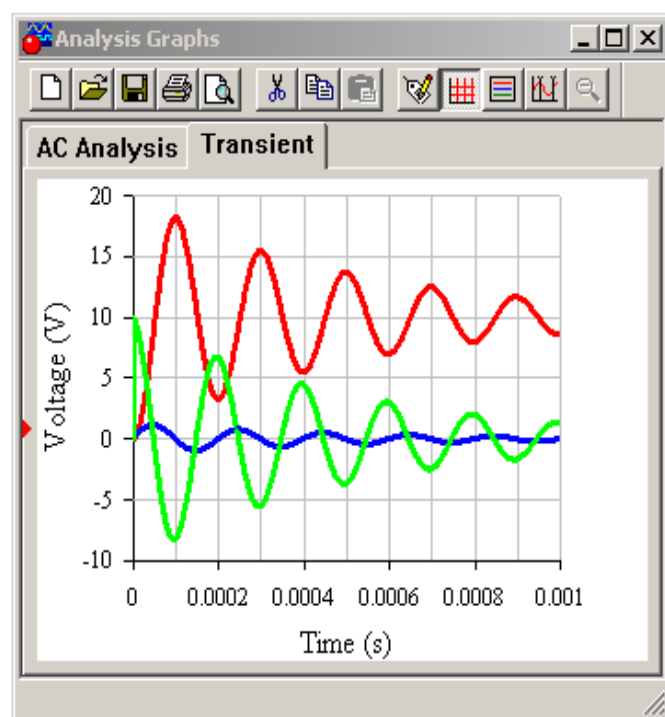
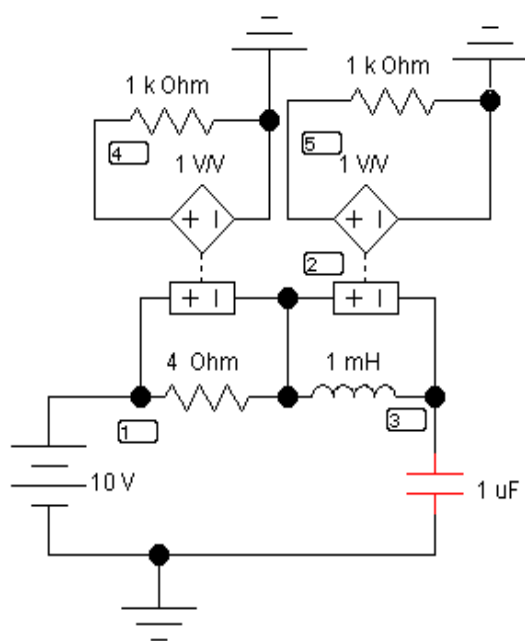
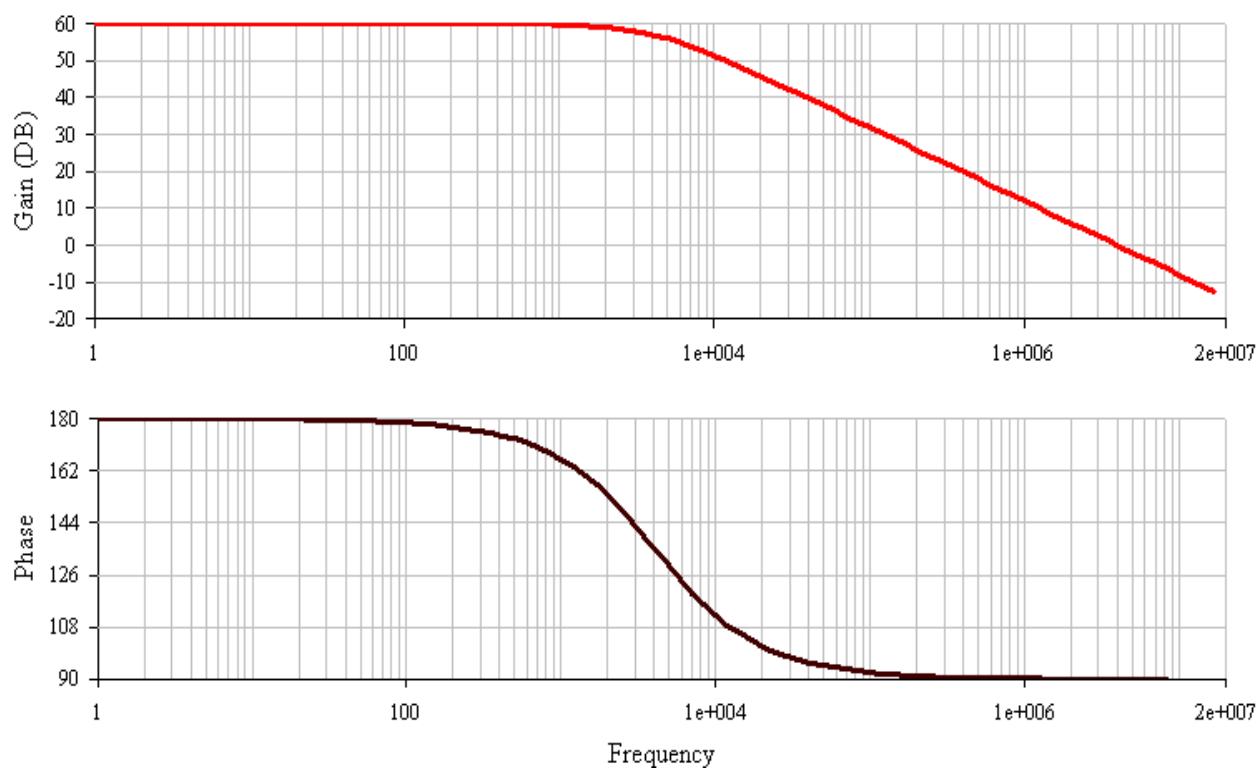
R_2 , k Ω		1	2	3
Yesaplaw	U, V	30	30	30
Wolsheyler	U, V	29,9	29,6	29,3
Qatelik,	η , %	0,3	1,3	2,3

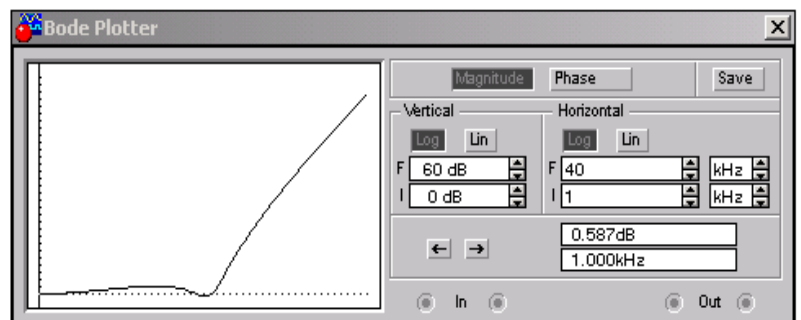
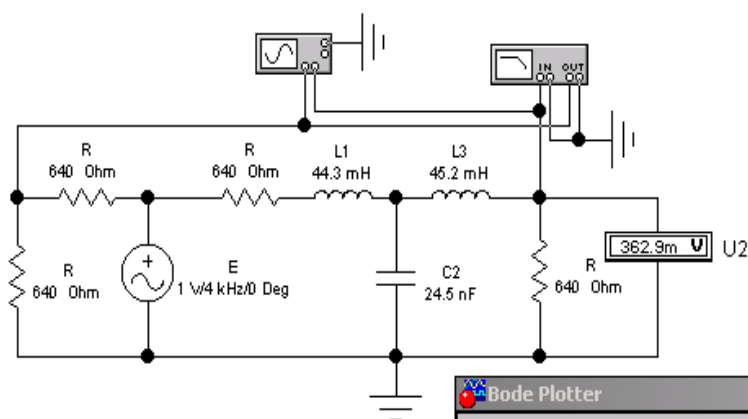
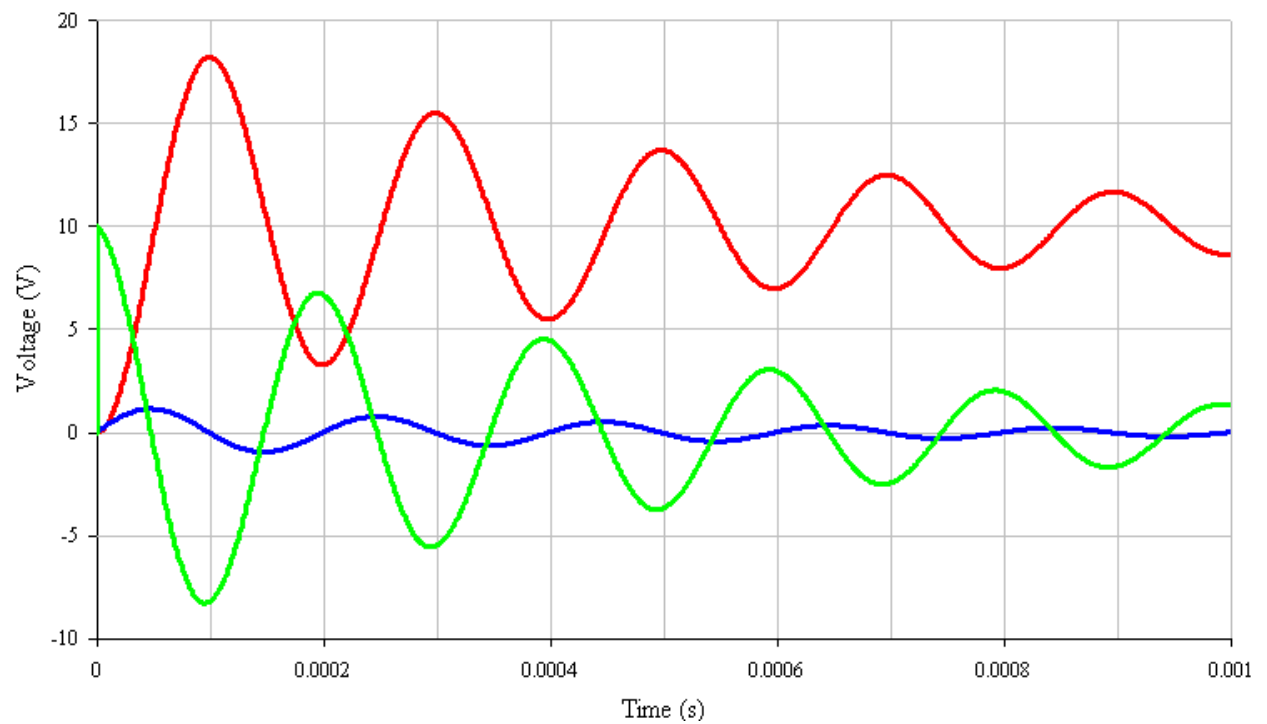
2-keste

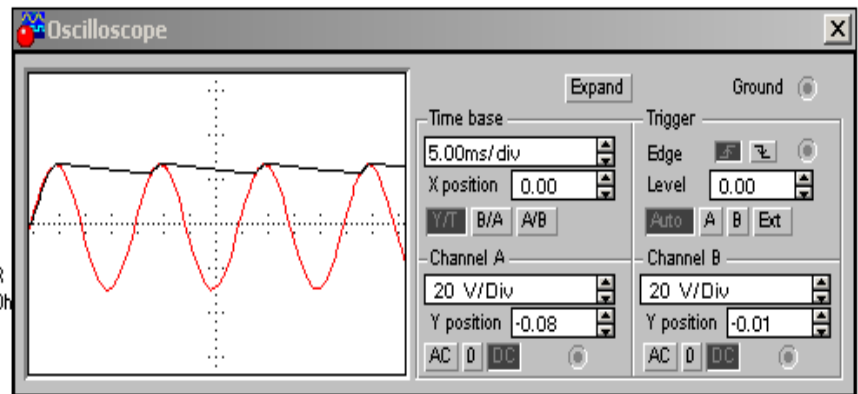
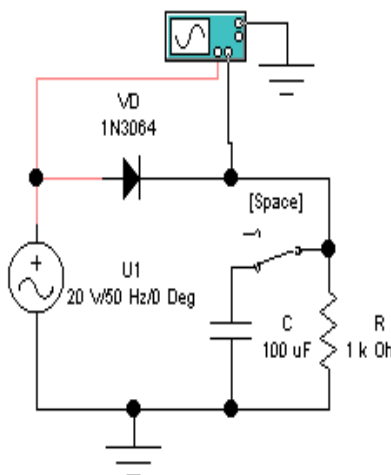
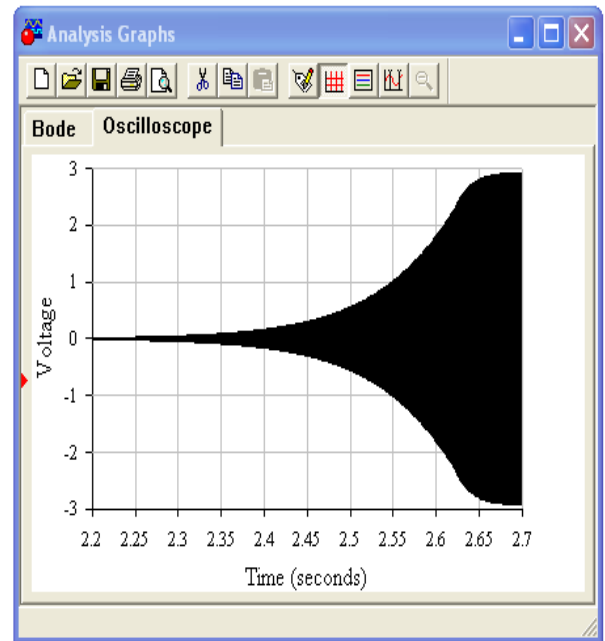
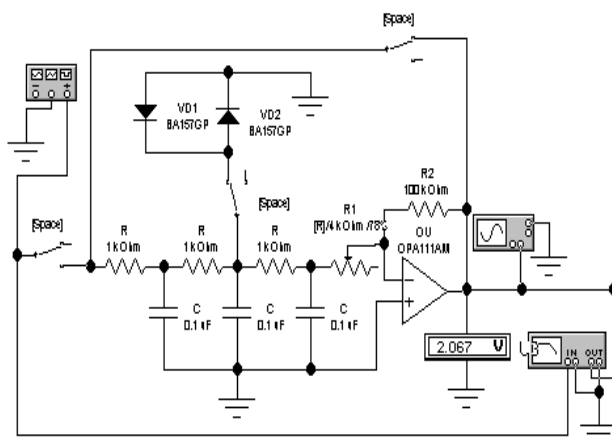
III.3 Bazi' bir shi'nji'rlardi'n' sxema ha'm ma'nisleri











Juwmaqlaw

Kompyuterli modellestiriw bul tiykarg'i obekt yaki ha'diyseni kompyuterde islep shig'ari'lg'an modeli boli'p, tiykari'nan jan'asha jandasi'w arqali' real obektin' sheklengen qa'siyetleri arqali' ta'jriybeni shig'insiz ha'm ziyansi'z a'melge asi'ri'w boli'p yesaplanadi'. Kompyuterli modellestiriw ko'zimiz benen ko'rip bile almaytin ha'diyselerdi, ko'zimizge ko'rinbeytin ju'da' kishi ha'm ju'da' u'lken obektlerdi ko'zimiz benen ko'rip tiykarg'i tu'sinik ha'm qa'siyetlerin an'lap jetiwge ja'rdem beriwshi modellestiriwge janasha jandasiwdan ibarat. Kompyuterli modellestiriw en' quramali' bolg'an ha'diyselerdi da a'piwayi' xalqqa an'sat tu'siniw imkaniyati'n beriwshi bir tu'sindirme qurali' boli'p, ha'zirgi waqi'tta bunday modellestiriw ha'mme tarawda, soni'n' ishinde elektr shi'nji'rlardi da laborotoriyalardi' virtual wo'tkiziwde ken' qollani'ladi'.

Si'zi'qli' yemes shi'nji'rlardi' programmali' modellestiriw degendegi' en' ahmiyetli tu'sinik, virtual laborotoriyalar islewshi programma u'lgisi ha'm wo'tkerilgen ha'r bir ta'jriybe obekt formasinda kelip tur.

Yesaplawlardin' C++ Builder wortali'g'i'nda jarati'li'wi' menen bul kompyuterli modellestiriw ha'm soni'n' menen bi'rge, si'zi'qli' yemes shi'nji'rlardi'n' u'stinde a'meller izbe-izligin islegennen son' bolsa, jaqsi' tu'sinik wornalasi'p bardı'.

A'debiyatlar:

1. K. T. Alimxojayev, X.S. Saatov, B.A. Tolegenova 'Elektr shi'nji'rlar teoriyasi' 2010.
2. Бакалов В.П., Воробьенко П.П., Крук Б.И. Теория электрических цепей.: Учебник для ВУЗов; Под ред. В.П. Бакалова, -М.: Радио и связь, 1998. -444 с.
3. Ziyo.net portali'