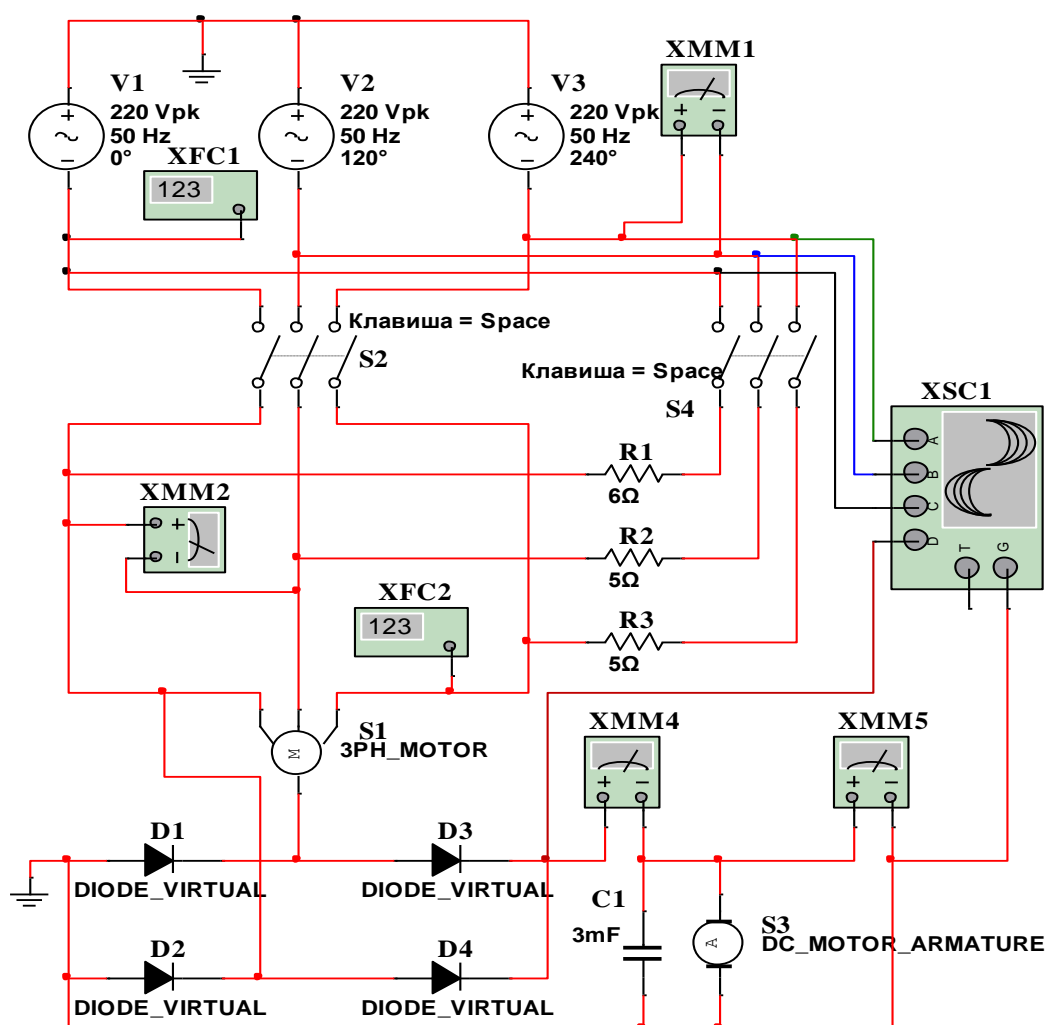


О‘ЗБЕКИСТОН RESPUBLIKASI
OLIY TA‘LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI
ISLOM KARIMOV NOMIDAGI TOSHKENT DAVLAT
TEXNIKA UNIVERSITETI

ELEKTROTEXNIKA VA ELEKTRONIKA

О‘QUV QO‘LLANMA



Toshkent 2023

Xalmanov D.X «Elektrotexnika va elektronika.
O'quv qo'llanma. – Toshkent: ToshDTU 2022.

O'quv qo'llanmada texnika sohasidagi oliy va o'rta maxsus ta'lim o'quv yurtlarida o'qitiladigan «Elektrotexnika va elektronika» fanidan laboratoriya ishlarini kompyuterda sxemotexnik modellashtirish dasturida (NI Multisim 14.0) virtual bajarishning nazariy va amaliy tartibi ko'rsatilgan.

Oliy va o'rta maxsus o'quv yurtlarida ta'lim olayotgan talabalar va o'quvchilar «Elektrotexnika va elektronika» fanidan laboratoriya ishlarini virtual bajarish natijasida nazariy bilimlarini amaliy jixatdan mustaxkamlaydi hamda o'qish jarayonida innovatsion kompyuter texnologiyalarini qo'llashni o'rganadi.

В учебном пособии показан теоретический и практический порядок виртуального выполнения лабораторных работ по предмету «Электротехника и электроника», преподаваемого в высших и средних специальных учебных заведениях в области техники, в компьютерной программе схематического моделирования (NI Multisim 14.0).

В результате виртуального выполнения лабораторных работ по предмету «Электротехника и электроника» студенты, обучающиеся в высших и средних специальных учебных заведениях, укрепляют свои теоретические знания с практической стороны и учатся использовать инновационные компьютерные технологии в процессе обучения.

The tutorial shows the theoretical and practical order of the virtual implementation of laboratory work on the subject of "Electrical Engineering and Electronics", taught in higher and secondary specialized educational institutions in the field of technology, in a computer program for schematic modeling (NI Multisim 14.0).

As a result of the virtual performance of laboratory work on the subject "Electrical Engineering and Electronics", students studying in higher and secondary specialized educational institutions strengthen their theoretical knowledge from the practical side and learn to use innovative computer technologies in the learning process. Islom Karimov nomidagi

Toshkent davlat texnika universitetining 2022-yil 30-dekabrdagi 01/9-05-591 sonli buyrug'iga asosan chop etishga ruxsat etilgan. Guvohnoma № 02-2022-0008.

Taslimov A.D.

Toshkent davlat texnika universiteti,
«Elektr ta'minoti» kafedrası professori, texnika
fanlari doktori;

Ulukmuradov A.N.

Toshkent to'qimachilik va engil sanoati inistituti
«Fizika va elektrotexnika» kafedrası mudiri,
dotsent.

KIRISH

O‘zbekistonda elektrotexnika tarmog‘ini rivojlantirish va tubdan isloh qilish, shuningdek ishlab chiqarish sanoatini malakali mutaxassislar bilan ta‘minlash oliy ta‘lim muassasalari oldiga qo‘yilgan asosiy vazifalardan biridir. Demak, bugungi kunda ta‘limni o‘qitishning innovatsion texnologiyalarni keng qamrovda qo‘llagan holda tashkil etish, talabalarga nazariy bilimlar berish davomida kompyuter texnologiyalaridan foydalanib fanga oid jarayonlarni virtual laboratoriya ishlari ko‘rinishida batafsil yoritib berish maqsadga muvofiq bo‘ladi.

Texnika sohasidagi oliy va o‘rta maxsus ta‘lim o‘quv yurtlarida o‘qitiladigan «Elektrotexnika va elektronika» fundamental fanlar qatoriga kiradi. Fanni mukammal va puxta o‘rganishda laboratoriya ishlari muhim o‘rin tutadi.

Talabalar va o‘quvchilar laboratoriya ishlarini bajarish jarayonida, nazariy bilimlarini tajribalar orqali amaliy jihatdan mustahkamlaydi, mustaqil xulosa chiqarishni o‘rganadi va natijada malakaviy ko‘nikmalar hosil qiladi.

O‘quv qo‘llanmada «Elektrotexnika va elektronika» fanidan laboratoriya ishlarini virtual bajarishda, zamonaviy ta‘lim texnologiyalari qatoriga kiruvchi sxemotexnik modellashtirish dasturini (Multisim 14.0, keyinda «MS 14.0) qo‘llash tavsiya etiladi.

Mazkur o‘quv qo‘llanmada «Elektrotexnika va elektronika» faniga oid asosiy nazariy ma‘lumotlar hamda 18 ta laboratoriya ishlarining virtual bajarishning uslubiyati keltirilgan. Ta‘lim yo‘nalishlari va mutaxassisliklarning xususiyatlaridan, hamda o‘quv rejadagi auditoriya soatlaridan kelib chiqqan xolda, laboratoriya ishlarini tanlab bajarish tavsiya etiladi. O‘quv qo‘llanma «Elektrotexnika va elektronika» fanining o‘quv dasturi asosida tuzilgan bo‘lib, fanni o‘qiydigan oliy ta‘lim yo‘nalishlari hamda o‘rta maxsus ta‘lim mutaxassisliklariga mo‘lgallangan.

ELEKTROTEXNIKA

1. O'ZGARMAS TOK ELEKTR ZANJIRILARI

1.1. Elektr toki, elektr zanjiri va uning asosiy qonunlari.

Tabiatdagi barcha elektr hodisalarini tashkil qiluvchi zaryadlangan zarrachalar- elektron va proton bo'lib, ularning turli muhitlardagi harakati elektr tokini hosil qiladi. Shuning uchun ham elektr hodisalarini o'rganish turli muxitlardagi elektronlar va protonlarning harakatini va ularning boshqa moddalar, hamda bir-biri bilan tasirlashuvini o'rganishdan iborat. Eng kichik zaryadli elementar zarralar elektron – manfiy zaryadli, va proton –musbat zaryadli deb qabul qilingan. Elektron va proton zaryadlarining absolyut miqdorlari o'zaro teng:

$$|q_e| = |q_p| = 1,602 \times 10^{-19} \text{ Kulon (Kl)}$$

Tok kuchi **I** ma'lum elektr zaryadlar ($q = eN$, bunda **e** elektron zaryadi, **N**- elektronlar soni) yig'indisining uzluksiz harakatidan iborat bo'lib, son jixatdan ana shu zaryadlar miqdorining vaqtga nisbati bilan aniqlanadi. Tok kuchining o'lchov birligi sifatida **Amper (A)** qabul qilingan.

O'tkazgichdan **1 A** tok kuchi ($1 \text{ A} = 1 \text{ Kl} / 1 \text{ s}$), o'tishi uchun, uning kesimidan har sekunda $N = 1 \text{ Kl} / 1,6 \times 10^{-19} \text{ Kl} = 6,25 \times 10^{18}$ ta elektron o'tib turishi kerak, chunki shuncha miqdordagi elektronlar **1 Kl** zaryadni hosil qiladi.

Elektr zanjir — manbadan (generatoridan) iste'molchiga elektr energiyasining o'tishi uchun berk yo'l (kontur) hosil qiladigan qurilmalar va elementlar yig'indisiga aytiladi. Elektr zanjirida manba (generator), ulovchi simlar va iste'molchilar (yuklamalar) zanjirning asosiy elementlari hisoblanadi.

Tarmoq - elektr zanjirining ma'lum bir qismi bo'lib, ketma-ket birlashtirilgan qarshiliklar (rezistorlar), energiya manbalari va hokazolardan iborat.

Tugun - elektr zanjirining uchta va undan ortiq tarmoqlarining birlashgan joyi.

Kontur- zanjirining bir necha tarmoqlaridan iborat yopiq yo'l.

Elektr zanjirini tahlil qilish va hisoblash Om va Kirxgof qonunlari asosida bajariladi.

Om qonuni elektr zanjiriga oid asosiy qonun bo'lib, zanjirdagi tok va kuchlanishlarning o'zaro qanday nisbatda bog'langanligini ifodalaydi. Bu qonunga ko'ra berk zanjirdagi (konturdagi) tok elektr EYKga (\mathbf{E}) to'g'ri proporsional, zanjirning to'la qarshiligiga $\mathbf{r}_0 + \mathbf{R}_T$ teskari proporsionaldir.

$$I = \frac{E}{r_0 + R_T}. \quad (1.1)$$

Kirxgofning birinchi qonuni (toklar qonuni) elektr zanjirining tarmoqlanish tugunidagi toklarning qanday taqsimlanganligini ifodalaydi. Bu qonunga ko'ra, elektr zanjirining tarmoqlanish tuguniga kelayotgan va undan chiqib ketayotgan toklarning algebraik yig'indisi nolga teng.

$$\sum_{k=1}^n I_k = 0. \quad (1.2)$$

Kirxgofning ikkinchi qonuni (kuchlanishlar qonuni) berk elektr zanjirining tarmoqlarida EYK va kuchlanishlarning qanday taqsimlanganligini aniqlaydi. Bu qonunga ko'ra, berk konturdagi barcha EYKlarning algebraik yig'indisi shu konturning barcha tarmoqlaridagi kuchlanishlar pasayishining algebraik yig'indisiga teng:

$$\sum_{k=1}^n E_k = \sum_{k=1}^n I_k \cdot R_k. \quad (1.3)$$

O'zgarmas elektr toki deganda faqat bir tomonga qarab oquvchi tok tushuniladi. Elektr tokining kattaligi tok kuchi \mathbf{I} orqali harakterlanadi va bu tok o'tkazgichdan oqib o'tayotgan \mathbf{q} zaryad miqdorining \mathbf{t} vaqtga nisbati bilan aniqlanadi

$$I = \frac{q}{t} \left(A = \frac{Kl}{s} \right). \quad (1.4)$$

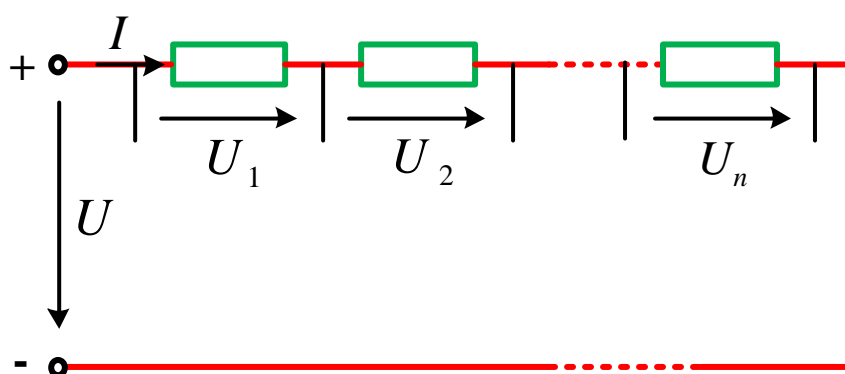
O'zgarmas tok manbaida manfiy zaryadlar bir tomonda musbat zaryadlar ikkinchi tomonda yig'ilgan bo'ladi va tashqi zanjir orqali elektronlar bir tomonga (manfiy elektrod katoddan musbat elektrod anod tomonga) harakatlanadi.

1.2. Elektr energiya iste'molchilarining o'zgaras tokli kuchlanish manbaiga ulanish sxemalari.

Iste'molchilarni elektr energiya manbaiga ulashda ketma-ket, parallel va aralash ulash sxemalari ishlatiladi.

Qarshiliklar (r_1, r_2, \dots, r_n rezistorlar) larni o'zgaras tok manbaiga **ketma-ket ulab** elektr zanjir konturini hosil qilish 1.1-rasmda ko'rsatilgan. Bunday zanjirni tashkil etuvchi har bir elementdagi (qarshilikdagi) kuchlanish Om qonuniga binoan $U_k = I \cdot r_k$ ga teng bo'ladi (k – qarshilik tartib raqami), ya'ni:

$$U_1 = I \cdot r_1, \quad U_2 = I \cdot r_2, \dots, U_n = I \cdot r_n. \quad (1.5)$$



1.1-rasm. O'zgaras kuchlanish manbaiga qarshiliklar ketma-ket ulangan elektr zanjir sxemasi.

Kirxgofning ikkinchi qonuniga binoan zanjir elementlaridagi kuchlanishlarning yig'indisi zanjirning kirishidagi kuchlanishiga teng, ya'ni:

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n = I (r_1 + r_2 + \dots + r_n) = I \cdot r_e, \quad (1.6)$$

bu yerda: $r_e = r_1 + r_2 + \dots + r_n$ butun zanjir qarshiliklarining yig'indisiga teng ekvivalent qarshilik bo'lib, uni manbaga ulaganda, zanjirdan avvalgidek qiymatdagi tok o'tishini ta'minlaydi.

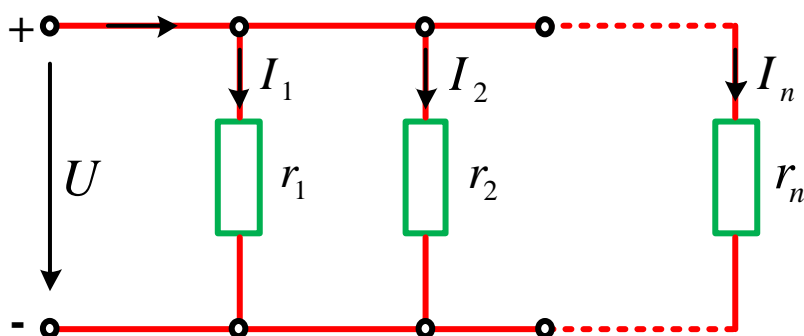
Qarshiliklar parallel ulangan zanjirning (1.2-rasm) o'ziga xos xususiyati uning shoxobchalaridagi kuchlanish pasayishi bir xil bo'lishidir, ya'ni

$$U_0 = I_1 \cdot r_1 = I_2 \cdot r_2 = \dots = I_n \cdot r_n. \quad (1.7)$$

Bunday zanjirning har bir qarshiligidan alohida $I_k = U/r_k$ tok oqib o'tib, zanjirning manbadan iste'mol qilayotgan toki I Kirxgofning birinchi qonuniga binoan zanjir shoxobchalaridan o'tayotgan toklarning yig'indisiga teng, ya'ni

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n,$$

yoki
$$I = \frac{U}{r_1} + \frac{U}{r_2} + \dots + \frac{U}{r_n} = U \cdot \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \dots + \frac{1}{r_n} \right) = U \cdot \frac{1}{r_g} = U \cdot g_g.$$

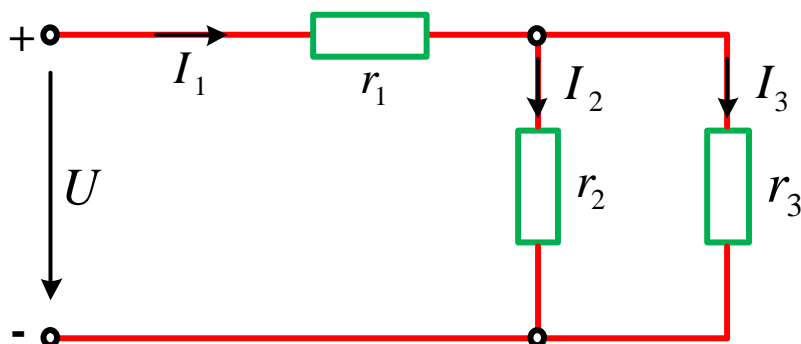


1.2-rasm. O ‘zgarms kuchlanish manbaiga qarshiliklar parallel ulangan elektr zanjir sxemasi.

bu yerda: $g = g_1 + g_2 + \dots + g_n = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \dots + \frac{1}{r_n}$ — zanjirning ekvivalent o‘tkazuvchanligi.

Iste’molchilarni energiya manbaiga aralash sxema bo‘yicha ulaganda ketma-ket va parallel ulashlarning har qanday ko‘rinishi bo‘lishi mumkin (1.3-rasm). Bunda ekvivalent qarshilik quyidagicha aniqlanadi:

$$r_e = r_1 + \frac{r_2 \cdot r_3}{r_2 + r_3}. \quad (1.8)$$



1.2-rasm. O ‘zgarms kuchlanish manbaiga qarshiliklar aralash ulangan elektr zanjir sxemasi.

Zanjirning ayrim qismlaridagi tok va kuchlanishlar Om va Kirxgof qonunlariga asosan aniqlanadi.

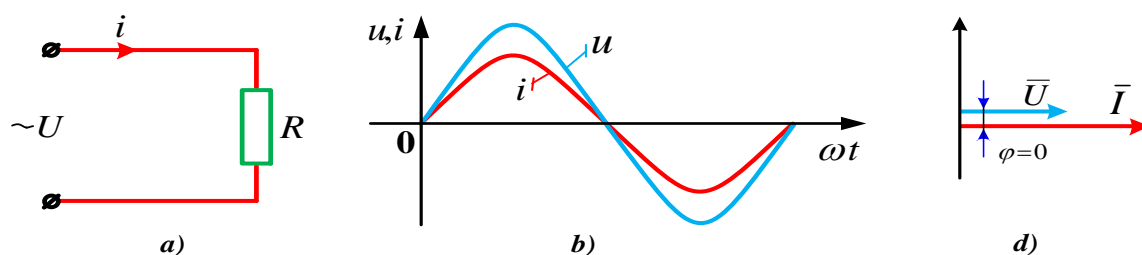
2. O'ZGARUVCHAN TOK ELEKTR ZANJIRLARI

2.1. Aktiv qarshilik, induktiv g'altak va kondensator ulangan o'zgaruvchan tok zanjirlari

Umumiy tushunchalar. Har qanday elektrotexnik qurilmalar ma'lum darajada qarshilik- R , induktivlik- L va sig'im- C elementlariga ega. Bu elementlar o'zgaruvchan tok zanjirining asosiy parametrlari hisoblanib, zanjirdagi o'zgaruvchan tokning miqdoriga va boshlang'ich fazasiga doimo ta'sir ko'rsatadi. Umuman olganda, o'zgaruvchan tok zanjirining elektr sxemasi ana shu elementlardan turlicha kombinatsiyada tashkil topgan bo'ladi.

Elektr manbaidan iste'mol qilinayotgan energiya issiqlik energiyasiga aylanadigan zanjir elementi aktiv element, uning qarshiligi aktiv qarshilik (R), undagi quvvat esa aktiv quvvat (P) deyiladi. Zanjirning induktivlik va sig'im elementlarida esa iste'mol qilinayotgan elektr energiyasi davriy ravishda goh magnit, goh elektr maydonlari energiyasiga aylanib, so'ngra elektr energiyasining manbaiga qaytadi. Manba bilan iste'molchi orasida energiya almashinish jarayoni sodir bo'lgani uchun mazkur elementlar reaktiv elementlar, ularning qarshiligi reaktiv qarshiliklar (induktiv- X_L , sig'imi- X_C), ulardagi quvvatlar esa reaktiv quvvatlar (induktiv- Q_L , sig'imi- Q_C) deyiladi. R , L , C parametrlarning har biri o'zgaruvchan tok zanjiriga yakka holda qanday ta'sir etishini ko'rib chiqamiz.

Aktiv qarshilik ulangan o'zgaruvchan tok zanjiri. Bu xildagi yuklamaga (iste'molchiga) elektr energiyasini issiqlik energiyasiga aylantirib beradigan iste'molchilar (cho'g'lanma lampalar, barcha texnika va maishiy elektr isitish asboblari, reostat va boshqalar) kiradi.



2.1-rasm. Sinusoidal o'zgaruvchan kuchlanish manbaiga aktiv qarshilik ulangan elektr zanjir sxemasi.

Faraz qilaylik, aktiv qarshilikli elektr zanjiri sinusoidal kuchlanish ($u = U_m \sin \omega t$) manbaiga ulangan bo'lsin (2.1- a rasm). U holda Kirxgofning ikkinchi qonuniga binoan zanjirning elektr muvozanat tenglamasi $u = i \cdot R$ bo'ladi. U holda, Om qonuniga binoan zanjirdagi tok:

$$i = \frac{u}{R} = \frac{U_m \sin \omega t}{R} = I_m \sin \omega t, \quad (2.1)$$

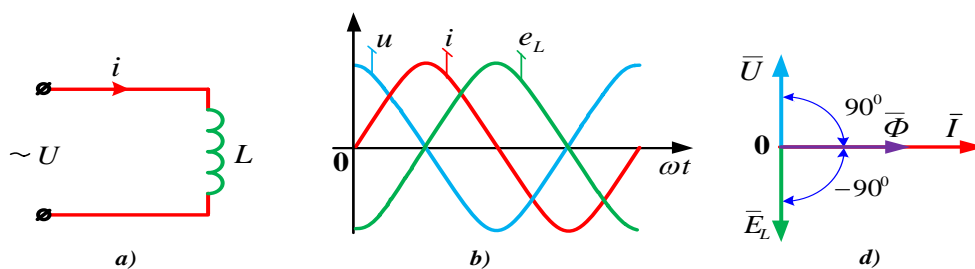
bu yerda
$$I_m = \frac{U_m}{R}. \quad (2.2)$$

Shunday qilib, ifodalardan ko'rinib turibdiki, aktiv qarshilikli zanjirda kuchlanish bilan tokning o'zgarishi sinusoidal bo'lib, ularning fazalari o'zaro mosdir. Binobarin, kuchlanish bilan tok grafiklari va vektorlari orasidagi faza siljish burchagi $\varphi = 0$ (2.1- b va d rasm).

Agar (2.2 ifodaning ikkala qismini $\sqrt{2}$ ga bo'lsak, ko'rilayotgan zanjir uchun Om qonunining kuchlanish va tokning ta'sir etuvchi qiymatlari orqali ifodalangan formulasini hosil qilamiz:

$$I = \frac{U}{R}. \quad (2.3)$$

Induktiv g'altak ulangan o'zgaruvchan tok zanjiri. Aksariyat elektrotexnik qurilmalarning asosiy qismini induktiv g'altaklar (asinxron dvigatellar, transformatorlar va b.) tashkil qiladi. Real induktiv g'altak o'zining induktivligidan tashqari, aktiv R_L va sig'im C_L qarshiliklarga ham ega. Ammo zanjirdagi fizikaviy jarayonlarni aniq tasavvur qilish uchun berilgan induktiv g'altak (ideal induktiv g'altak) induktivlikdangina iborat, ya'ni $R_L = 0$, $C_L = 0$, deb faraz qilinadi.



2.2-rasm. Sinusoidal o'zgaruvchan kuchlanish manbaiga induktiv g'altak ulangan elektr zanjir sxemasi.

Agar berilgan induktiv g'altakdan sinusoidal o'zgaruvchan tok $i = I_m \sin \omega t$ oqib o'tayotgan bo'lsa (2.2- a rasm), u holda tok hosil qilgan o'zgaruvchan magnit oqimi $\Phi = \Phi_m \sin \omega t$ ning ta'siridan g'altakda doimo induksiya EYuK (e_L) mavjud bo'ladi.

e_L g'altakning induktivligi va tokning o'zgarish tezligiga bog'liq, ya'ni

$$e_L = -L \frac{di}{dt}. \quad (2.4)$$

(2.4) tenglamaning o'ng tomoni oldidagi minus ishora Lents printsiptiga binoan yozilgan.

Kirxgofning ikkinchi qonuniga asosan zanjirning elektr muvozanat tenglamasi

$$u = -e_L = L \frac{di}{dt}. \quad (2.5)$$

Demak zanjirga berilgan kuchlanish istalgan lahzada e_L ga qiymat jihatdan teng, ammo yo'nalishi qarama-qarshi.

(2.5) formulaga tokning qiymatini kiritsak, induktiv g'altakli zanjirdagi kuchlanishning o'zgarishini ifodalovchi tenglikni hosil qilamiz:

$$\begin{aligned} u = u_L = -e_L &= L \frac{di}{dt} = \omega L I_m \cos \omega t = \omega L I_m \sin(\omega t + 90^\circ) = \\ &= U_m \sin(\omega t + 90^\circ). \end{aligned} \quad (2.6)$$

Demak, induktiv g'altakli zanjirdagi kuchlanish bilan tok (grafiklari va vektorlari) orasidagi faza siljish burchagi $\Psi = +90^\circ$, ya'ni kuchlanish tokdan faza bo'yicha 90° oldinda kelyapti (2.2- b va d rasm). Bu quyidagilar bilan tushuntiriladi:

1. G'altakdagi o'zinduksiya EYuK (e_L) istalgan lahzada tokning o'zgarish tezligi (di/dt) ga proporsional. 2. Shuning uchun tok nol qiymatlardan o'tayotganda uning o'zgarish tezligi eng katta bo'lib, e_L o'zining amplituda qiymatiga erishadi, ya'ni $e_L = E_m$. (2.6) ifodadagi $\omega L I_m = U_m$ zanjirdagi kuchlanishning amplituda qiymatidir. Bundan zanjirdagi tokning ta'sir etuvchi qiymati (yoki zanjir uchun Om qonuni) ni aniqlaymiz:

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{U_m}{\sqrt{2}\omega L} = \frac{U}{\omega L}. \quad (2.7)$$

ωL ko'paytma induktiv g'altakning reaktiv qarshiligi yoki induktiv qarshilik deb atalib, X_L bilan belgilanadi. O'lchov birligi Om (kOm, MOm):

$$X_L = \omega L = 2\pi fL. \quad (2.8)$$

Demak, g'altakning induktiv qarshiligi uning induktivligiga va o'zgaruvchan tokning chastotasiga to'g'ri proporsionaldir.

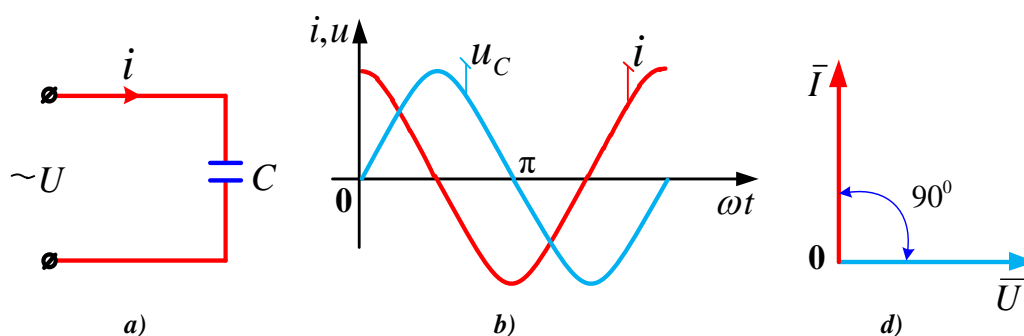
Kondensator ulangan o'zgaruvchan tok zanjiri. O'zgarmas tok zanjiriga ulangan kondensatordan juda qisqa vaqt ichida (sekundning ulushlari davomida), ya'ni kondensatorning zaryadlanish jarayoni tugab, sig'im kuchlanish u_C zanjirga tashqaridan berilgan kuchlanish u ga tenglashgunga qadar tok o'tadi. Agar kondensatorni sinusoidal kuchlanish ($u = U_m \sin \omega t$) manbaiga ulasak, uning qoplamalari orasidagi zaryad q ham o'zgaruvchan bo'ladi (2.1- a rasm). Zaryad q ning o'zgarishi elektr zaryadlarining siljishiga, ya'ni manbadan o'tuvchi tokka bog'liq. Bunda zanjirning elektr muvozanati holati kirxgofning ikkinchi qonuniga binoan quyidagicha ifodalanadi:

$$u = u_C = \frac{1}{C} \int i dt = \frac{q}{C}. \quad (2.9)$$

Agar $q = C \cdot u$ ekanligini va (2.9) formulani hisobga olsak, kondensator ulangan zanjirdagi tokning o'zgarishini ifodalovchi tenglikni hosil qilamiz:

$$i = \frac{dq}{dt} = C \frac{du}{dt} = \omega C U_m \cos \omega t = \omega C U_m \sin(\omega t + 90^\circ). \quad (2.10)$$

Demak, kondensator ulangan zanjirdagi tok kuchlanishdan faza bo'yicha 90° yoki $T/4$ davr ilgari keladi (2.3- b va d rasm).



2.3-rasm. Sinusoidal o'zgaruvchan kuchlanish manbaiga induktiv g'altak ulangan elektr zanjir sxemasi.

Sinusoidal kuchlanish nol qiymatlardan o'tayotgan lahzalarda (2.3- b rasm) dielektrikning qutblanish tezligi va shu bilan zanjirdagi siljish toki ham maksimal bo'ladi.

(2.10) dagi $\omega C U_m = I_m$ ifoda kondensator ulangan zanjirdagi tokning amplituda qiymati hisoblanadi. Bundan zanjirdagi tokning ta'sir etuvchi qiymati (yoki zanjir uchun Om qonunining ifodasi) topiladi:

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \omega C \frac{U_m}{\sqrt{2}} = \frac{U}{1/(\omega C)}. \quad (2.11)$$

$1/\omega C$ ifoda zanjirning sig'im (reaktiv) qarshiligi deyilib, X_C orqali belgilanadi. Uning o'lchov birligi Om (kOm, Mom).

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}. \quad (2.12)$$

Demak sig'im qarshiligi tokning chastotasi va kondensatorning sig'imiga teskari proporsionaldir.

2.2. Aktiv va reaktiv qarshiliklar o'zaro ketma-ket ulangan o'zgaruvchan tok zanjir

Ketma-ket ulangan zanjirga (2.4- a rasm) berilgan kuchlanish uchta tashkil etuvchidan iborat: 1) aktiv qarshilikdagi kuchlanishning pasayishi $u_R = iR$; 2) induktiv g'altakdagi o'zinduksiya EYuK ni muvozanatlovchi kuchlanish $u_L = -e_L$; 3) kondensatorning qoplamalaridagi kuchlanish u_C . Mazkur zanjirning elektr muvozanat tenglamasi Kirxgofning ikkinchi qonuniga binoan quyidagicha ifodalanadi:

$$u = u_R + u_L + u_C. \quad (2.13)$$

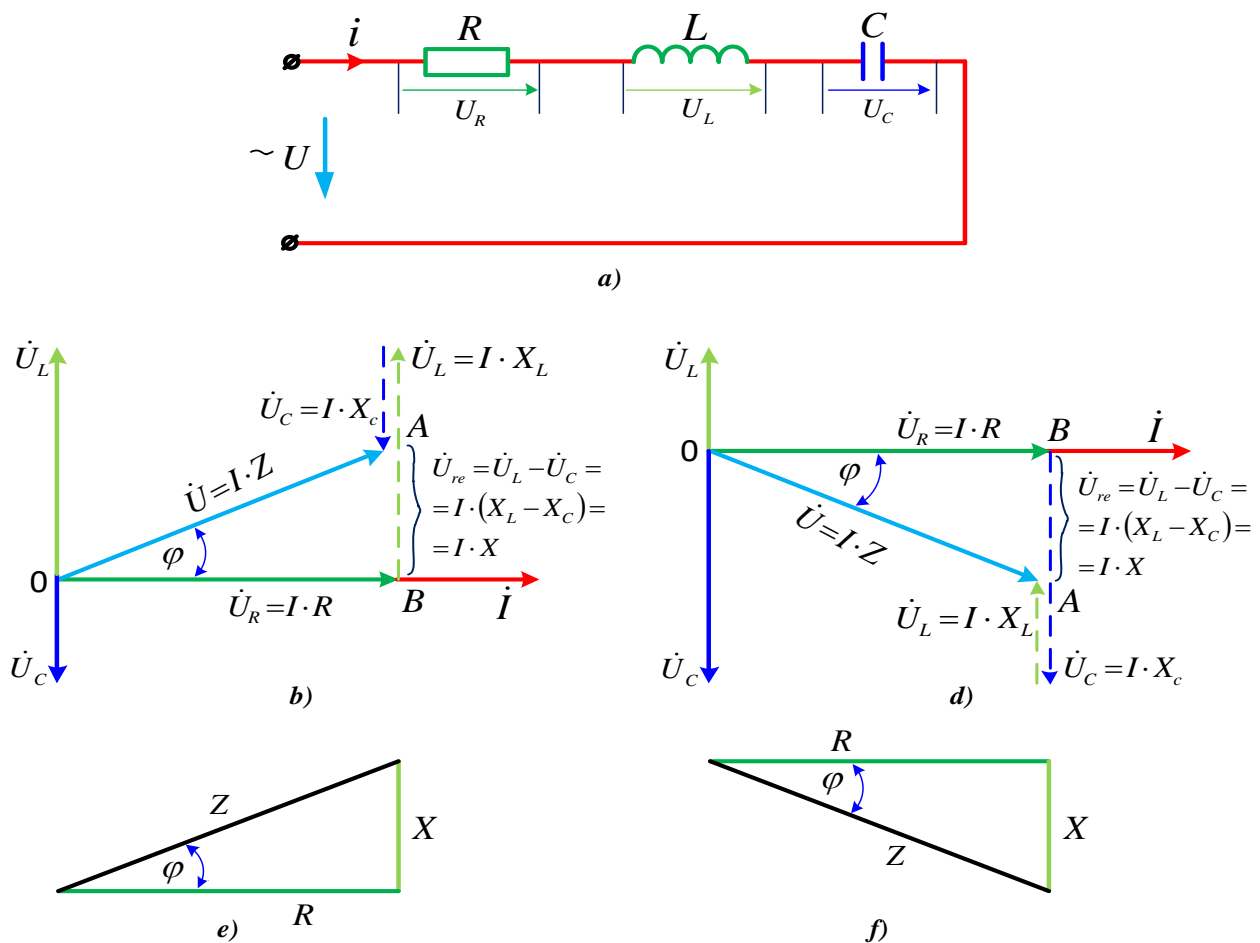
(2.13) ifodaga binoan zanjirdagi kuchlanishning o'zgarishi:

$$\begin{aligned} u &= U_{R_m} \sin \omega t + U_{L_m} \sin(\omega t + 90^\circ) + U_{C_m} \sin(\omega t - 90^\circ) = \\ &= U_m \sin(\omega t + \varphi). \end{aligned} \quad (2.14)$$

Bunda faza siljish burchagi φ ning ishorasi zanjirdagi reaktiv qarshiliklardan qaysi birining kattaligiga bog'liq.

Aktiv va reaktiv qarshiliklari o'zaro ketma-ket ulangan zanjirning vektor diagrammasi 2.4- b va d rasmda ko'rsatilgan. Tok zanjirning barcha elementlari uchun

bir xil qiymatga ega bo'lgani uchun u bosh vektor tarzida olingan. Aktiv qarshilikdagi kuchlanish vektori ($\bar{U}_R = \bar{I} \cdot R$) tok (\bar{I}) vektori bilan fazalar bo'yicha mos tushadi; induktiv g'altakdagi kuchlanish vektori (\bar{U}_L) tok vektori (\bar{I}) dan 90° oldinda keladi; kondensatordagi kuchlanish vektori (\bar{U}_C) tok vektori (\bar{I}) dan 90° orqada qoladi. Demak, reaktiv kuchlanish vektorlari \bar{U}_L va \bar{U}_C o'zaro qarama-qarshi yo'nalgan bo'lib, ular orasidagi burchak 180° ni tashkil etadi.



2.4-rasm. Sinusoidal o'zgaruvchan kuchlanish manbaiga aktiv va reaktiv qarshiliklari ketma-ket ulangan elektr zanjir sxemasi.

Mazkur vektorlar diagrammasidan ko'rinadiki, zanjirga berilgan kuchlanishning qiymati uning ayrim qismlaridagi kuchlanishlarning geometrik yig'indisiga teng, ya'ni

$$\bar{U} = \bar{U}_R + \bar{U}_L + \bar{U}_C. \quad (2.15)$$

Vektor diagramma qurish natijasida hosil bo'lgan kuchlanishlar uchburchagi OAB dan esa kuchlanishlarning absalyut qiymatlarini aniqlanish mumkin:

$$U = \sqrt{U^2_R + (U_L - U_C)^2} = I\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}. \quad (2.16)$$

Shunday qilib, berilgan zanjir uchun Om qonunining ifodasi:

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + X^2}} = \frac{U}{Z}, \quad (2.17)$$

bu yerda Z - zanjirning to'la qarshiligi, Om , X - zanjirning reaktiv qarshiligi, Om . Kuchlanishlar uchburchagining uchala tomonini tok I ga bo'lib, qarshiliklar uchburchagini hosil qilamiz (2.4- e va f rasm). Bu uchburchakdan foydalanib, quyidagi nisbatlarni yozish mumkin:

$$R = Z \cdot \cos \varphi, \quad X = Z \cdot \sin \varphi, \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{X}{R}, \quad \varphi = \operatorname{arctg} \frac{X}{R}. \quad (2.18)$$

R , L , C elementlari o'zaro ketma-ket ulangan zanjirni tahlil qilish natijasida quyidagi xulosaga kelish mumkin:

1. Agar $X_L > X_C$ (ya'ni $U_L > U_C$) bo'lsa (2.4-b rasm) zanjirga berilgan kuchlanish tokdan faza bo'yicha φ_u burchakka oldinda keladi:

$$u = U_m \sin(\omega t + \varphi_u), \quad \varphi_u > 0.$$

2. Agar $X_L < X_C$ (ya'ni $U_L < U_C$) bo'lsa (2.4-d rasm), zanjirga berilgan kuchlanish tokdan faza bo'yicha burchakka kechikadi:

$$u = U_m \sin(\omega t - \varphi_u), \quad \varphi_u < 0.$$

Birinchi holda zanjir aktiv-induktiv, ikkinchi holda esa aktiv-sig'im xarakterga ega hisoblanadi. Agar $X_L = X_C$ bo'lsa $U_L = U_C$ bo'lib, zanjirda kuchlanishlar rezonansi hodisasi ro'y beradi.

2.3. Aktiv va reaktiv qarshiliklari o'zaro parallel ulangan o'zgaruvchan tok zanjiri

Parallel ulangan o'zgaruvchan tok zanjirlarini tahlil qilish va hisoblash uchun o'tkazuvchanlikdan foydalanish qulaydir. Parallel ulangan o'zgaruvchan tok zanjirida (2.5-a rasm) o'tkazuvchanlik uch turga bo'linadi: aktiv o'tkazuvchanlik $g = \frac{1}{R}$; reaktiv

o'tkazuvchanlik $b = b_L - b_C$ (bu yerda $b_L = \frac{1}{\omega L}$ - induktiv, $b_C = \omega C$ - sig'im o'tkazuvchanligi); to'la o'tkazuvchanlik $Y = \sqrt{b^2 + g^2}$. Barcha o'tkazuvchanlik-lar simensda o'lchanadi va qisqacha Cm deb belgilanadi.

Berilgan zanjir (2.5-a rasm) sinusoidal kuchlanish $u = U_m \sin \omega t$ manbaiga parallel ulangan. Kirxgofning birinchi qonuniga binoan zanjirdagi tok (yoki umumiy tok):

$$i = i_g + i_L + i_C. \quad (2.19)$$

U holda elementlari parallel ulangan zanjirdagi umumiy tokning o'zgarishi:

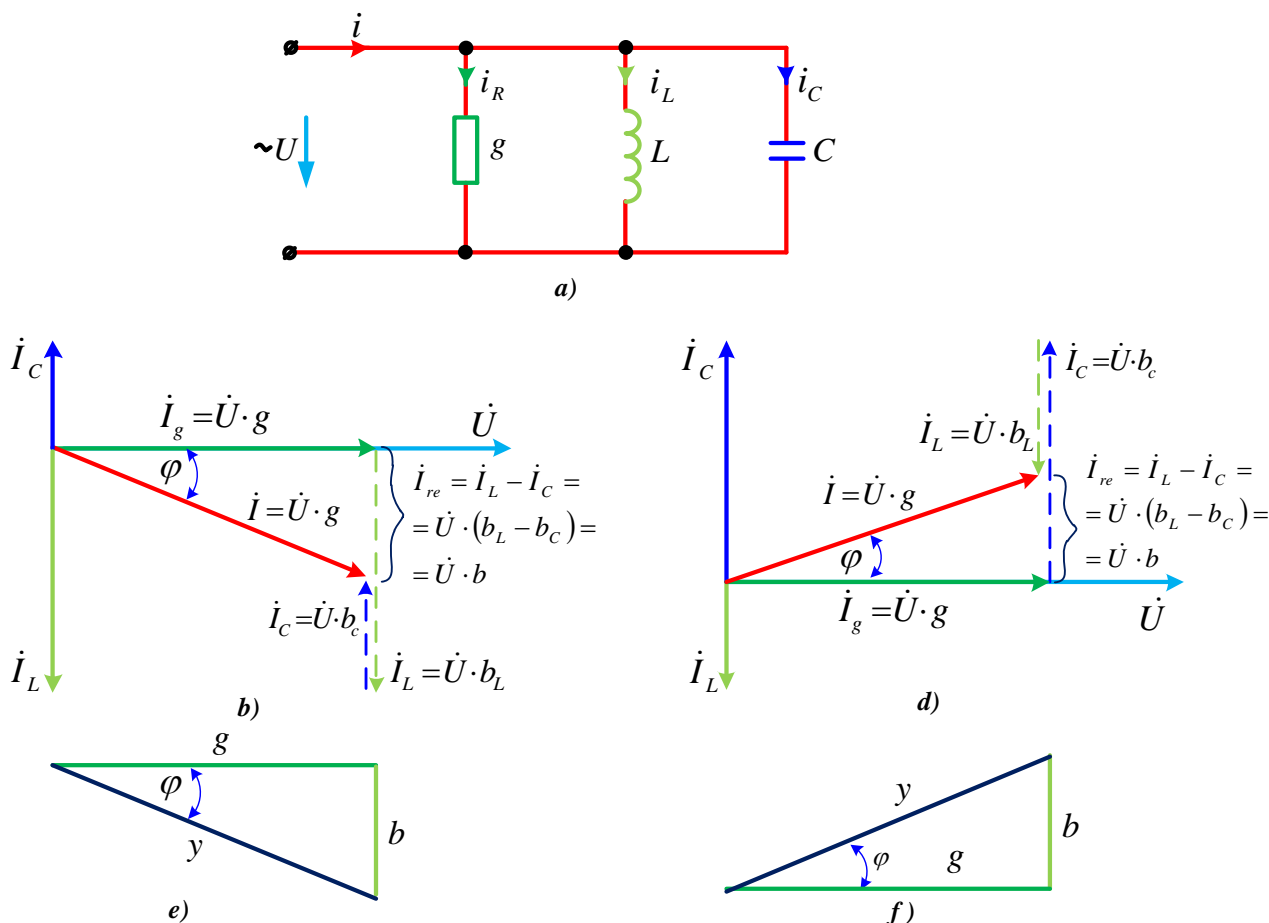
$$\begin{aligned} i = i_g + i_L + i_C &= gu + \frac{1}{L} \int u dt + C \frac{du}{dt} = gU_m \sin \omega t - \\ &- \frac{U_m}{\omega L} \cos \omega t + \omega C U_m \cos \omega t = I_{gm} \sin \omega t - \\ &I_{Lm} \sin(\omega t - 90^\circ) + I_{Cm} \sin(\omega t + 90^\circ) = I_m \sin(\omega t - \varphi), \end{aligned} \quad (2.20)$$

bu yerda $\Psi_i = \Psi_u - \varphi = 0 - \varphi = -\varphi$ - umumiy tokning boshlang'ich fazasi. Bunda faza siljish burchagi φ ning ishorasi zanjirdagi reaktiv o'tkazuvchanliklardan qaysi birining kattaligiga bog'liq.

Aktiv va reaktiv qarshiliklari o'zaro parallel ulangan zanjirning vektor diagrammasi 2.5- b va d rasmda ko'rsatilgan. Kuchlanish zanjirning barcha elementlarida bir xil qiymatga ega bo'lgani uchun kuchlanish vektori bosh vektor tarzida olingan. Aktiv o'tkazuvchanlikdagi tok vektori $\bar{I}_g = g \cdot \bar{U}$ kuchlanish vektori \bar{U} bilan fazalar bo'yicha mos tushadi, induktiv g'altakdagi tok vektori \bar{I}_L kuchlanish vektori dan 90° ga orqada qoladi va nihoyat kondensatordagi tok vektori \bar{I}_C kuchlanish vektori \bar{U} dan 90° oldinda keladi. Qarama-qarshi fazada bo'lgan toklar (\bar{I}_L va \bar{I}_C) ning vektorlari orasidagi burchak 180° ga teng.

Mazkur vektorlar diagrammasidan ko'rinadiki, zanjirdagi umumiy tok parallel shoxobchalardagi toklarning geometrik yig'indisiga teng:

$$\bar{I} = \bar{I}_g + \bar{I}_L + \bar{I}_C. \quad (2.21)$$



2.5-rasm. Sinusoidal o'zgaruvchan kuchlanish manbaiga aktiv va reaktiv qarshiliklari parallel ulangan elektr zanjir sxemasi.

Vektor diagrammani qurish natijasida hosil bo'lgan toklar uchburchagi OND dan

$$I = \sqrt{I_g^2 + (I_L - I_C)^2} = U \sqrt{g^2 + (b_L - b_C)^2}. \quad (2.22)$$

Berilgan zanjir uchun Om qonunining ifodasi:

$$I = U \sqrt{g^2 + (b_L - b_C)^2} = U \sqrt{g^2 + b^2} = U \cdot Y. \quad (2.23)$$

Toklar uchburchagining uchala tomonini kuchlanishi U ga bo'lib, o'tkazuvchanliklar uchburchagini hosil qilamiz (2.5- e va f rasm). O'tkazuvchanliklar uchburchagidan quyidagi nisbatlarni yozish mumkin:

$$g = Y \cdot \cos \varphi; \quad b = Y \cdot \sin \varphi; \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{b}{g_n}. \quad (2.24)$$

R, L, C elementlari o'zaro parallel ulangan zanjirlarni tahlil qilish natijasida quyidagi xulosalarga kelish mumkin:

1. Agar $b_L > b_C$ bo'lsa $I_L > I_C$ bo'lib, zanjirdagi umumiy tok I kuchlanish U dan faza bo'yicha φ burchakka orqada qoladi (2.5- b rasm):

$$i = I_m \sin(\omega t - \varphi), \varphi > 0. \quad (2.25)$$

2. Agar $b_L < b_C$ bo'lsa $I_L < I_C$ bo'lib, zanjirdagi umumiy tok I kuchlanish U dan faza bo'yicha burchakka φ oldinda keladi (2.5- d rasm). Buning uchun $\varphi < 0$ bo'lishi shart, ya'ni

$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi), \varphi < 0. \quad (2.26)$$

Birinchi holda zanjir aktiv-induktiv (2.5- b rasm), ikkinchi holda esa aktiv-sig'im (2.5- d rasm) xarakteriga ega hisoblanadi. Agar $b_L = b_C$ bo'lsa, $I_L = I_C$ bo'lib, zanjirda toklar rezonansi hodisasi ro'y beradi.

2.4. Elektr zanjirlarida rezonans.

Induktivlik va sig'im elementlari bo'lgan elektr zanjirlarida kuzatiladigan rezonans hodisalarining tabiati mexanikadagi, molekulyar fizikadagi, optikadagi va boshqa sohalardagi rezonanslarning tabiatiga o'xshashdir. Barcha hollarda rezonans tebranish konturiga (sistemasiga) tashqaridan berilgan davriy ta'sir (tashqi kuch) tufayli sodir bo'ladi. O'z parametrlariga ko'ra har bir tebranish sistemasi o'zining xususiy tebranishlar chastotasi ω_0 ga ega. Sistemada to'plangan energiya o'z holatini to'la siklda shu chastota tezligida o'zgartirib turadi. Ichki energiya sarfi bo'lmagan (ideal) har qanday tebranish sistemasini ω_0 chastota bilan tebratib yuborilsa, u bu holatni keragicha uzoq vaqt saqlab tura oladi. Ichki energiya sarfi bo'lgan tebranish sistemasida esa to'plangan energiya asta-sekin nolgacha kamaya boradi va sistemadagi tebranishlar ham so'nadi. Agar sistemada bo'layotgan har sikldagi energiya sarfini o'sha ω_0 chastotada siklik ravishda tashqi energiya manбайдan to'ldirib tura olsak, u holda sistemada energiya miqdori o'zgarmasdan qolib, tebranish cheksiz uzoq davom etadi. Bu rezonans hodisasining namoyon bo'lishidir. Boshqacha aytganda, rezonans tebranish sistemasining xususiy tebranishlar chastotasi ω_0 ning tashqi kuchning (energiya manbaining) majburiy chastotasi ω bilan mos tushish hodisasidir.

Elektr zanjirlarda tebranish sistemasi tarzida induktiv g'altak L va sig'im C dan tashkil topgan tebranish konturdagi kondensatorning qoplamalarida boshlang'ich zaryad q_0 bo'lganda, kondensatorning elektr maydon energiyasi

$$W_{\mathcal{E}} = \frac{q_0^2}{2C} = \frac{CU_0^2}{2} \quad (2.27)$$

ga teng bo'lib, u g'altakning xuddi shu miqdordagi magnit maydon energiyasi

$$W_M = \frac{\psi_0^2}{2L} = \frac{LI_0^2}{2} \quad (2.28)$$

bilan siklik ravishda o'rin almashib turadi va ushbu o'zgarishlar natijasida konturda

$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ burchak chastotali davriy tebranishlar hosil bo'ladi.

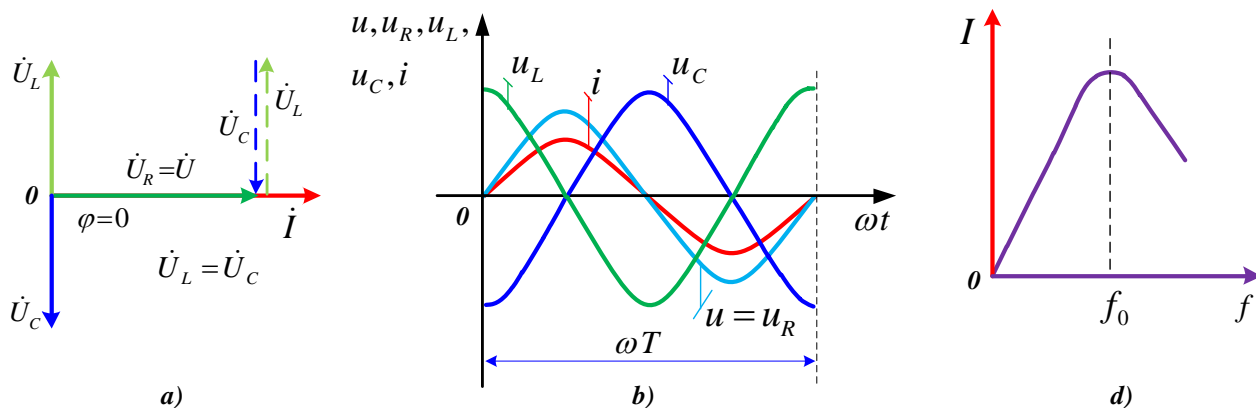
Kuchlanishlar rezonansi xodisasi R, L, C elementlari o'zaro ketma-ket ulangan o'zgaruvchan tok zanjirida hosil bo'lishi mumkin (2.4- a rasm). Bunda reaktiv elementlar qarshiliklarining o'zaro teng ($X_L = X_C$) bo'lishi rezonans sharti hisoblanadi. U holda bunday zanjirdagi tok:

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}} = \frac{U}{R}$$

Demak, rezonans paytida zanjirdagi tok aktiv qarshilik bilan cheklanib, o'zining maksimal qiymatiga erishadi. Bunda umumiy kuchlanish U bilan tok I faza bo'yicha mos tushib, zanjirning quvvat koeffitsienti $\cos \varphi = 1$ bo'ladi.

Zanjirning rezonans holatiga mos vektor diagramma va grafik 2.6- a rasmda ko'rsatilgan. Ulardan ko'rinadiki, rezonans paytida qarama-qarshi fazada bo'lgan reaktiv (rezonans) kuchlanishlar U_L va U_C o'zaro teng bo'lib, bir-birlarini to'la kompensatsiyalaydi. Xaqiqatan ham $\bar{I} \cdot X_L = \bar{I} \cdot X_C$, u holda $\bar{U}_L = \bar{U}_C$ hisoblanadi. Bunday paytda $U = U_R$ bo'ladi.

Reaktiv kuchlanishlar (U_L va U_C) zanjirga berilgan kuchlanish U dan birmuncha katta bo'lishi mumkin.



2.6-rasm. Kuchlanishlar rezonansida vektor diagramma (a), tebranma xarakterlar grafigi (b) va tok chastotasi (d).

Kuchlanishlar rezonansining kattaligi reaktiv elementlar qarshiliklarining aktiv qarshilikdan necha marta katta bo'lishiga bog'liq. Bu quyidagi ifodalardan ham ko'rinib turibdi:

$$U_L = I \cdot X_L = \frac{U}{R} \cdot X_L = U \cdot \frac{X_L}{R}.$$

$$U_C = I \cdot X_C = \frac{U}{R} \cdot X_C = U \cdot \frac{X_C}{R}.$$

Demak, kuchlanishlar rezonansi aktiv qarshiligi uncha katta bo'lmagan zanjirlarda yaqqol bilinib turadi. Kuchlanishlar rezonansi avvaldan hisobga olinmasa, rezonans paytida yuzaga kelgan kuchlanishlar elektr qurilmalarining izolyatsiyasi va ularning yaroqliligiga putur etkazadi.

Rezonans paytida zanjirning reaktiv quvvati nolga teng, ya'ni $Q = Q_L - Q_C = U_L \cdot I - U_C \cdot I = 0$ bo'ladi, chunki $U_L = U_C$.

Bunday zanjirning to'la quvvati uning aktiv quvvatiga tenglashadi, ya'ni $S = \sqrt{P^2 + Q^2} = P$. Demak, rezonans paytida sig'imdagi elektr maydoni energiyasi induktivlikdagi magnit maydoni energiyasiga davriy ravishda o'tib turadi va aksincha, aktiv qarshilikdagi energiya iste'moli esa manbadan to'ldirib turiladi.

Rezonans hodisasini manba kuchlanishining chastotasini, induktivlikni yoki kondensatorning sig'imini o'zgartirish bilan yuzaga keltirish mumkin.

Kuchlanishlar rezonansi hodisasidan radiotexnikada keng foydalanilgani uchun, bunday elektr zanjiri ketma-ket tebranish kontura deyiladi. Chunki ikkala reaktiv qarshilik chastotaga bog'lik:

$$X_L = \omega L = 2\pi fL \quad \text{va} \quad X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi fC}.$$

Agar L va C parametrlardan biri o'zgaruvchan qilib olinsa, u holda konturni istalgan chastotada rezonansga sozlash mumkin. Bu chastota rezonans chastotasi deyiladi va f_0 bilan belgilanadi. $X_L = X_C$ shartidan $2\pi f_0 L = \frac{1}{2\pi f_0 C}$, u holda rezonans chastotasi $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$.

L va C li konturni kuchlanish chastotasi rezonans chastotasiga teng bo'lgan konturga ulanganda konturdagi tok aktiv qarshilik bilan chegaralanib, o'zining boshqa chastotalarga nisbatan yuqori qiymatiga erishadi (2.6 d -rasm).

Toklar rezonansi hodisasi R (g), L , C elementlari o'zaro parallel ulangan o'zgaruvchan tok zanjirida yuzaga keladi (2.5 a - rasm). Buning uchun reaktiv elementlarning o'tkazuvchanliklari o'zaro teng ($b_L = b_C$) bo'lishi kerak.

U holda zanjirdagi tok Om qonuniga binoan

$$I = U \cdot \sqrt{g^2 + (b_L - b_C)^2} = U \cdot g.$$

Demak, rezonans paytida zanjirdagi tok aktiv o'tkazuvchanlik bilan cheklanib, o'zining minimal qiymatiga erishadi va kuchlanish bilan faza bo'yicha mos tushadi ($\varphi = 0$).

Zanjirning rezonans holatiga mos vektor diagramma va grafiklar 2.7- a va b rasmlarda ko'rsatilgan. Ulardan ko'rinadiki, rezonans paytida qarama-qarshi fazada bo'lgan reaktiv (rezonans) toklar I_L va I_C o'zaro teng bo'lib, bir-birlarini to'la kompensatsiyalaydi. Rezonans sharti ($b_L = b_C$) ga ko'ra $\bar{U} \cdot b_L = \bar{U} \cdot b_C$, demak $\bar{I}_L = \bar{I}_C$.

Reaktiv toklar o'zaro kompensatsiyalashgani tufayli zanjir aktiv xarakterga ega bo'lib, uning quvvat koeffitsienti $\cos \varphi = 1$ bo'ladi.

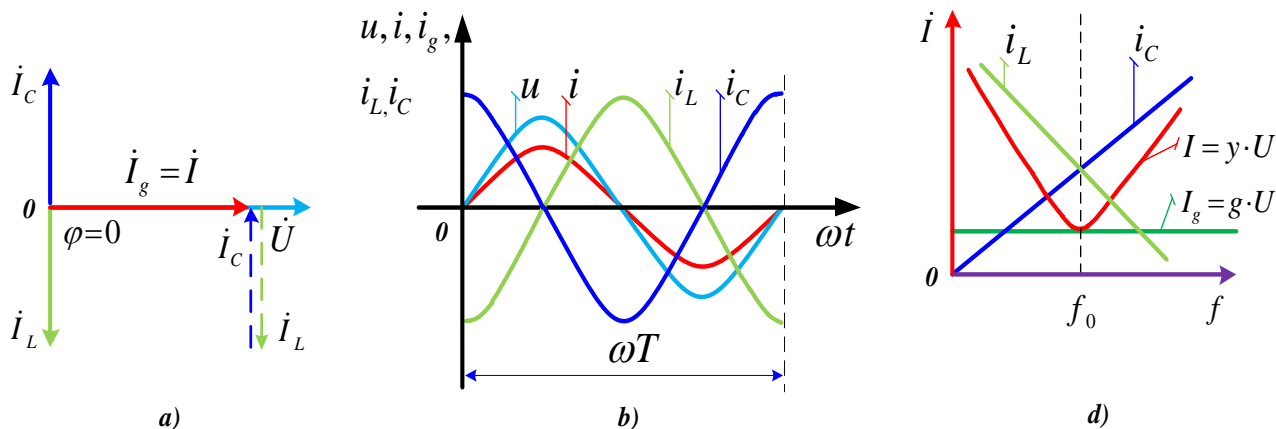
Rezonans paytida reaktiv toklar I_L va I_C zanjirdagi umumiy tok I dan

$(\bar{I} = \bar{I}_g + \bar{I}_L + \bar{I}_C)$ bir qancha katta bo'lishi mumkin. Shuning uchun ham bu hodisa toklar rezonansi deb ataladi. Mazkur reaktiv toklarning kattaligi reaktiv elementlar o'tkazuvchanliklari $b_L = b_C$ ning aktiv o'tkazuvchanlik g dan necha marta kattaligiga bog'liq. Bu quyidagi nisbatlardan ham ko'rinib turibdi:

$$\frac{U \cdot b_L}{U \cdot g} = \frac{U \cdot b_C}{U \cdot g} \quad \text{yoki} \quad \frac{b_L}{g} = \frac{b_C}{g}.$$

Demak, toklar rezonansi aktiv o'tkazuvchanligi uncha katta bo'lmagan zanjirlarda sodir bo'lishi mumkin. Toklar rezonansi ham kuchlanishlar rezonansi kabi uchta usul bilan yuzaga kelgirilishi mumkin.

Toklar rezonansiga moslangan konturdagi tok ($I = I_g$) rezonans chastotada boshqa chastotalarga nisbatan minimal qiymatga erishadi (2.7 d -rasm).



2.7-rasm. Toklar rezonansida vektor diagramma (a), tebranma xarakteristiklari grafigi (b) va toklar chastotasi (d).

Toklar rezonansida manbadan kelayotgan energiya zanjirda sarf bo'layotgan aktiv energiyasiga qoplab, zanjirni ulash lahzasi L va C elementlarida erishilgan toklar bilan rezonans tebranishlarini ushlab turish uchun xizmat qiladi.

Sanoatdagi asosiy iste'molchilar aktiv-induktiv xarakterga ega bo'lgani uchun induktiv reaktiv quvvatni kamaytirib, tarmotsning quvvat koefitsientini oshirish maqsadida iste'molchiga kondensatorlar batareyasi ulanadi. Kondensatorlar batareyasining reaktiv sig'im quvvati, qurilmaning reaktiv induktiv quvvatini qisman kompensatsiyalab, iste'molchidan tarmoqqa qaytariladigan umumiy reaktiv quvvatning miqdorini va ta'sirini kamaytirishga yordam beradi, ya'ni

$$Q = Q_L - Q_C.$$

Natijada qurilmaning (shuningdek tsex va korxonaning) quvvat koeffitsietsti oshib, uzatish simlaridagi tok va liniyadagi quvvat isrofi hamda manba to‘la quvvatining kamaytirilishiga imkon bo‘ladi.

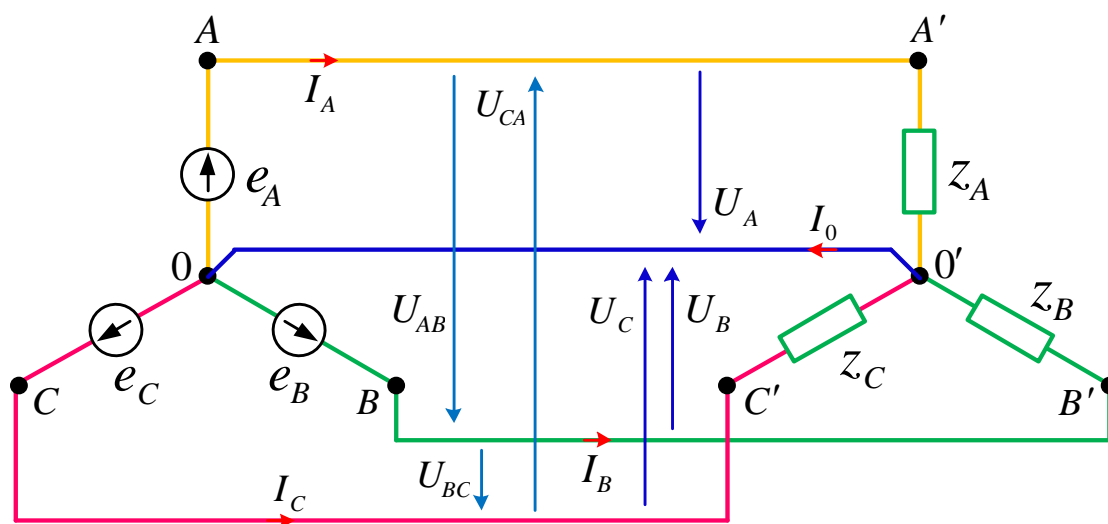
3. UCH FAZALI O‘ZGARUVCHAN TOK ELEKTR ZANJIRLARI

3.1. Uch fazali kuchlanish manbaiga iste‘molchilarni «yulduz» usulida ulash.

Uch fazali o‘zgaruvchan tok zanjirida elektr energiyasining iste‘molchilari uch fazali EYK manbai bilan “yulduz” yoki “uchburchak” sxema bo‘yicha ulanadi.

Uch fazali tok manbaiga iste‘molchilarning qanday sxema bo‘yicha ulanishi ularning har qaysi fazalarining qarshiliklarini qanday miqdordagi nominal kuchlanishga mo‘ljallanganiga bog‘liq.

Iste‘molchilar “yulduz” sxemada ulanganda Z_A , Z_B , Z_C faza qarshiliklarining bosh uchlari A, B, C manbadan kelayotgan liniya simlariga, oxirgi uchlari esa neytral tugun 0 ga ulanadi (3.1-rasm).



3.1-rasm. Uch fazali kuchlanish manbaiga iste‘molchilar «yulduz» sxemada ulangan elektr zanjiri.

Agar yuklama fazalar bo‘yicha nosimmetrik bo‘lsa, u holda 0’ tuguni uch fazali manbaning xuddi shunday neytral nuqtasi 0 bilan biriktiriladi, manba bilan iste‘molchilarning 0 va 0’ tugunlarini uch fazali manba faza EYuK larining oniy

qiymatlari bir-birlaridan fazalari bo'yicha 120° (yoki uchdan bir davrga) siljigan bo'ladi, yani:

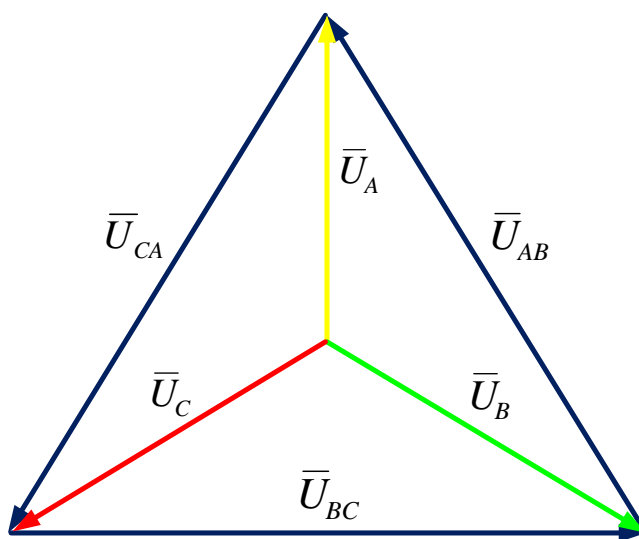
$$\begin{aligned} e_A &= E_m \sin \omega t; \\ e_B &= E_m \sin(\omega t - 120^\circ); \\ e_C &= E_m \sin(\omega t - 240^\circ). \end{aligned} \quad (3.1)$$

Uch faza EYUK larining amplitudalari bir xil bo'lib, ularning tashkil etuvchi qiymatlari E_A, E_B va E_C o'zaro teng, yani $E_A = E_B = E_C = E_f$ bo'ladi.

Agar liniya va neytral simlarining qarshiligi nolga teng bo'lsa, faza qarshiliklarining qismlaridagi oniy kuchlanishlar miqdor jihatidan faza EYuK lari bilan bir xil bo'ladi, ya'ni

$$\begin{aligned} u_A &= U_m \sin \omega t; \\ u_B &= U_m \sin(\omega t - 120^\circ); \\ u_C &= U_m \sin(\omega t - 240^\circ). \end{aligned} \quad (3.2)$$

Faza kuchlanishi istagan biron liniya simi bilan neytral sim orasidagi hamda manba yoki iste'molchining bir nomli fazalarining bosh va oxirgi uchlari orasidagi kuchlanishlar U_A, U_B, U_C yoki U_f deb belgilanadi. Shuningdek, faza kuchlanishlarining ta'sir etuvchi qiymatlari ham o'zaro teng: $U_A = U_B = U_C = U_f$ va ularning vektorlari simmetrik uch nurli yulduz hosil qiladi (3.2-rasm).



3.2-rasm. Yulduz sxemada ulangan elektr zanjirida simmetrik jarayonda kuchlanishlar vektor diagrammasi.

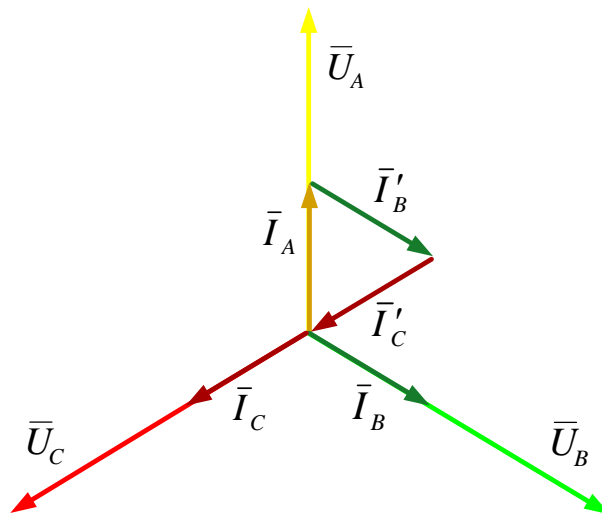
Liniya kuchlanishi - istalgan ikkita liniya simi orasidagi yoki istalgan ikkita fazaning (manba yoki iste'molchi) bosh uchlari (A,B,C) orasidagi kuchlanishlardir. Liniya kuchlanishlari $U_{AB}=U_{BC}=U_{CA}$ yoki U_L ko'rinishida belgilanadi. Ular simmetrik yuklamada o'zaro teng bo'lib, faza kuchlanishlaridan $\sqrt{3}$ marta katta, ya'ni:

$$U_{AB}=U_{BC}=U_{CA}=U_l=\sqrt{3}U_f. \quad (3.3)$$

Liniya simlaridan (A-A', B-B', C-C') oqib o'tayotgan toklar liniya toklari deyiladi. Ular I_A, I_B, I_C yoki I_L bilan belgilanadi. Manba va iste'molchining bir nomli fazalaridan oqib o'tayotgan toklar faza toklari deyilib I_A, I_B, I_C yoki I_F bilan belgilanadi. Iste'molchilar yulduz sxemada ulanganda manba bilan iste'molchining bir nomli fazalari ketma-ket ulanganligidan liniya va faza toklari o'zaro teng, ya'ni $I_l = I_f$ bo'ladi. Faza qarshiliklari teng bo'lganda (simmetrik) faza toklarining oniy qiymatlari amplitudalari bo'yicha teng bo'lib, ammo yuklama xarakteriga ko'ra oniy faza EYK dan (kuchlanishdan) φ burchakka siljigan bo'ladi:

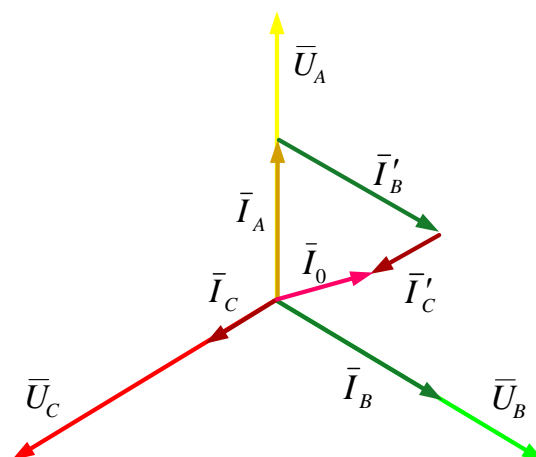
$$\begin{aligned} i_A &= I_m \sin(\omega t \pm \varphi); \\ i_B &= I_m \sin(\omega t - 120^\circ \pm \varphi); \\ i_C &= I_m \sin(\omega t - 240^\circ \pm \varphi), \end{aligned} \quad (3.4)$$

va shu toklarning yig'indisiga teng bo'lgan neytral simdagi tok yuklama simmetrik bo'lganda nolga teng bo'ladi (bu yerda: $I_m = \frac{U_m}{Z_f}$). Bu simmetrik aktiv yuklama ($r_A = r_B = r_C = r_F$) rejimi uchun qurilgan tok va kuchlanishlarning vektor diagrammasidan ham ko'rinib turibdi (3.3-rasm).



3.3-rasm. Yulduz sxemada ulangan elektr zanjirida simmetrik jarayonda kuchlanishlar va toklar vektor diagrammasi.

Agar faza qarshiliklari teng bo'lmasa ($r_A \neq r_B \neq r_C$) faza kuchlanishlarining simmetriyasini ($U_A=U_B=U_C=U_F$) saqlash uchun 0 va 0' nuqtalar orasida neytral sim ulanadi (3.1a- rasm). U holda yig'indi tok $i_A + i_B + i_C = i_N \neq 0$ neytral sim bo'ylab oqadi. Bu rejim uchun tok va kuchlanishlarning vektor diagrammasi 3.4-rasmda ko'rsatilgan. Nosimmetrik yuklamada nolinci (neytral) simni ajratish mumkin emas, chunki faza toklari yig'indisining nolga teng bo'lishi faza kuchlanishlarining (U_A, U_B, U_C) qayta taqsimoti hisobiga bo'ladi. Bunda yuklamasi kam fazaning kuchlanishi nominal qiymatidan ortib, yuklamasi katta bo'lgan faza kuchlanishi kamayib ketadi.



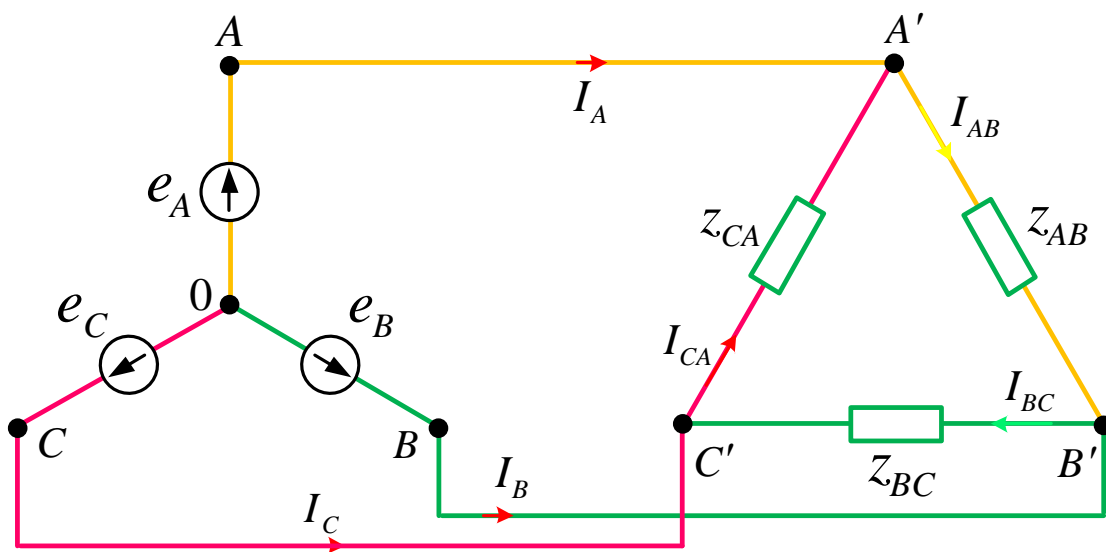
3.4-rasm. Yulduz sxemada ulangan elektr zanjirida nosimmetrik jarayonda kuchlanishlar va toklar vektor diagrammasi.

3.2. Uch fazali kuchlanishga iste'molchilarni «uchburchak» usulida ulash.

Uch fazali o'zgaruvchan tok zanjirida elektr energiyasining iste'molchilarini uch fazali EYK (kuchlanish) manbai bilan «yulduz» yoki «uchburchak» sxema bo'yicha ulanishi mumkin (3.5-rasm).

Uchburchak ulanishda faza qarshiliklari Z_{AB} , Z_{BC} , Z_{CA} tegishli A, B va C liniya simlarining oralig'iga ulanadi, ya'ni iste'molchining birinchi fazasi A va B liniya simlari oralig'ida, ikkinchi fazasi B va C liniya simlari oralig'ida va nihoyatda uchinchi fazasi C va A liniya simlari oralig'ida ulangan bo'lishi kerak Uch fazali iste'molchi qarshiliklarining qismlaridagi faza kuchlanishlari uch fazali simmetrik sistemani hosil qiladi, ya'ni:

$$\begin{aligned} u_{AB} &= U_m \sin \omega t; \\ u_{BC} &= U_m \sin(\omega t - 120^\circ); \\ u_{CA} &= U_m \sin(\omega t + 120^\circ). \end{aligned} \quad (3.5)$$



3.5-rasm. Uch fazali kuchlanish manbaiga iste'molchilar «uchburchak» sxemada ulangan elektr zanjiri.

Liniya kuchlanishlarining ta'sir etuvchi qiymatlari uchun quyidagi tengliklarni yozish mumkin:

$$U_{AB} = U_{BC} = U_{CA} = U_f = U_L \text{ yoki } U_f = U_L. \quad (3.6)$$

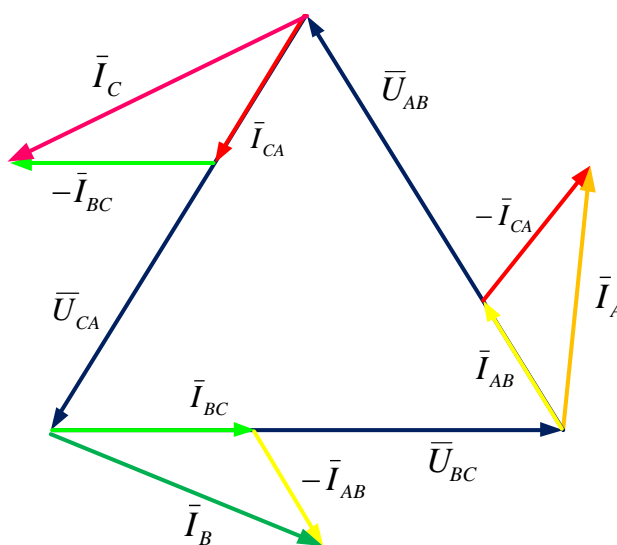
Demak, iste'molchilar uchburchak sxemada ulanganda liniya va faza kuchlanishlari o'zaro teng bo'ladi.

Faza toklari I_{AB} , I_{BC} , I_{CA} faqat ayrim faza qarshiliklari (z_{AB} , z_{BC} , z_{CA}) ning xarakteriga va qiymatiga bog‘liq bo‘lib, liniya simlaridagi toklar I_A , I_B , I_C ga teng emas. Liniya va faza toklari orasidagi bog‘lanish A, B, C tugunlar uchun Kirxgofning birinchi qonuni bo‘yicha tuzilgan tenglamalardan aniqlanadi:

$$\begin{aligned}\bar{I}_A &= \bar{I}_{AB} - \bar{I}_{CA} \\ \bar{I}_B &= \bar{I}_{BC} - \bar{I}_{AB} \\ \bar{I}_C &= \bar{I}_{CA} - \bar{I}_{BC}.\end{aligned}\tag{3.7}$$

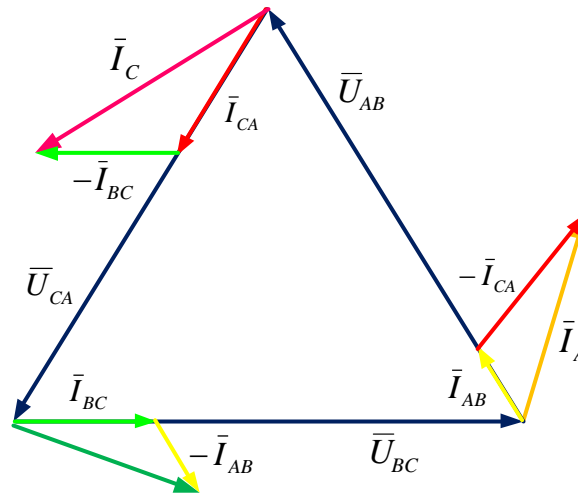
Ushbu tenglamalar yordamida uch fazali yuklamaning barcha hollari uchun liniya toklarini aniqlash mumkin.

Uch fazali simmetrik yuklamada liniya toklari o‘zaro teng bo‘lib ($I_A=I_B=I_C$), faza toklari (I_{AB} , I_{BC} , I_{CA}) dan $\sqrt{3}$ marta katta, ya’ni: $I_l = \sqrt{3}I_f$ bo‘ladi. Bunda liniya va faza toklari simmetrik sistemani hosil qiladi (3.6-rasm).



3.6-rasm. Uchburchak sxemada ulangan elektr zanjirida simmetrik jarayonda kuchlanishlar va toklar vektor diagrammasi.

Yuklama nosimmetrik bo‘lganda liniya va faza toklari orasidagi bu nisbat saqlanmaydi (3.7-rasm).



3.7-rasm. Uchburchak sxemada ulangan elektr zanjirida nosimmetrik jarayonda kuchlanishlar va toklar vektor diagrammasi.

3.3. Elektr zanjirlarda quvvatni o'lchash.

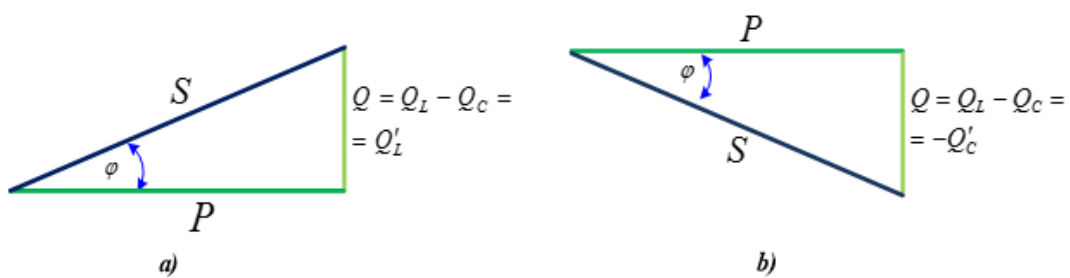
O'zgaruvchan tok zanjirida aktiv, reaktiv to'la quvvat va quvvat koeffitsienti quyidagicha aniqlanadi,

$$P = U_k \cdot I = I^2 \cdot R - \text{zanjirning aktiv quvvati};$$

$$Q = U_x \cdot I = I^2 \cdot X - \text{zanjirning reaktiv quvvati}; \quad (3.8)$$

$$S = U \cdot I = I^2 \cdot Z - \text{zanjirning to'la quvvati};$$

$\cos \varphi = P/S$ – zanjirning quvvat koeffitsienti.



3.8-rasm. O'zgaruvchan tok zanjirida quvvatlar uchburchagi.

Shuningdek, quvvatlar uchburchagidan (3.8-rasm) foydalanib quvvatlar o'rtasidagi bog'lanishlarni aniqlash mumkin:

$$\left. \begin{aligned} P &= S \cdot \cos \varphi = UI \cos \varphi ; \\ Q &= S \cdot \sin \varphi = UI \sin \varphi ; \\ S &= \sqrt{P^2 + Q^2} = U \cdot I. \end{aligned} \right\} \quad (3.9)$$

SI sistemasida aktiv quvvat vatt (W) yoki kilovatt (kW), reaktiv quvvat volt-ampere reaktiv (VAr) yoki kilovolt-ampere reaktiv ($kVAr$), to'la quvvat volt-ampere (VA) yoki kilovolt-ampere (kVA) birliklarda ulanadi.

To'la quvvat $S = U \cdot I$ energetik qurilmalar (elektr mashinalar, transformatorlar, uzatish liniyalari va xokazolar) ning ishlatilishi mobaynida nominal kuchlanish U_{nom} va nominal tok I_{nom} bo'yicha bera oladigan eng katta elektr quvvati hisoblanadi.

Aktiv quvvat $P = UI \cos \varphi$ iste'mol qilinayotgan elektr energiyasining boshqa tur energiyaga (foydali ishga) aylanish jadalligini ko'rsatadi.

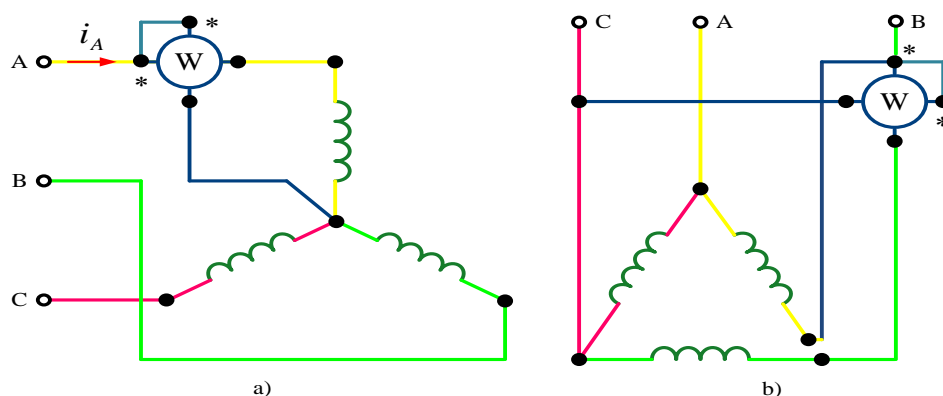
$\cos \varphi$ – quvvat koeffitsienti to'la quvvatning qanday qismi foydali ishga (ya'ni aktiv quvvatga) sarf bo'lganini ko'rsatuvchi mezondir. Tok bilan kuchlanish orasidagi faza siljish burchagi qanchalik kichik bo'lsa, bu miqdor shunchalik katta bo'ladi. Ammo o'zgaruvchan tok zanjiri energiya to'plovchi reaktiv L va C elementlarga ega bo'lganligi uchun hamma vaqt $\cos \varphi < 1$ (yoki $P < UI$) bo'ladi. $\cos \varphi = 1$ bo'lganda to'la quvvat butunlay foydali ish bajarish uchun sarf bo'ladi. Aksincha, $\cos \varphi$ birdan qancha kichik bo'lsa, avvalgiday foydali ish bajarish uchun S ning qiymatini shuncha oshirish kerak bo'ladi.

Aktiv quvvatni o'lchash asbobi vattmet $UI \cos \varphi = UI \cos(U, \hat{I})$ kattalikni o'lchaydi. Bu yerda: U – vattmetrning kuchlanish chulg'amiga berilgan kuchlanish, V; I – vattmetrning tok chulg'amidan o'tayotgan tok, A; φ — kuchlanish bilan tok orasidagi faza siljish burchagi.

Aktiv quvvatni o'lchash. Uch fazali simmetrik sistemaning aktiv quvvati quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$P = 3U_{\phi} I_{\phi} \cos \varphi_{\phi} = \sqrt{3} U_{\text{L}} I_{\text{L}} \cos \varphi_{\phi}, \quad (3.10)$$

bu yerda: U_1 va I_1 – liniya kuchlanishi va tokining qiymatlari; φ — kuchlanish va tok orasidagi siljish burchagi. Shuning uchun liniya kuchlanishi va tokining qiymatlariga ulangan vattmetr uch fazali zanjirning quvvatini ko'rsatmaydi.



3.9-rasm. Uch fazali motorning chulg'amlari «Yulduz» (a) va «Uchburchak» (b) ulanish sxemalarida aktiv quvvatni o'lchash.

Ammo quvvatning birinchi ifodasi simmetrik sistemada uch fazali zanjirning quvvatini bitta vattmetr bilan o'lchash imkonini beradi, lekin uning ko'rsatishini uchga ko'paytirish kerak. Bunda vattmetr chulg'amlari tegishli faza kuchlanishi va tokiga ulanishi kerak. Uch fazali motorning chulg'amlarini yulduz yoki uchburchak ulaganda uning quvvatini o'lchash sxemalari 3.9-rasmda ko'rsatilgan.

Nosimmetrik uch fazali zanjirning quvvatini o'lchash uchun quyidagi ifodadan foydalaniladi:

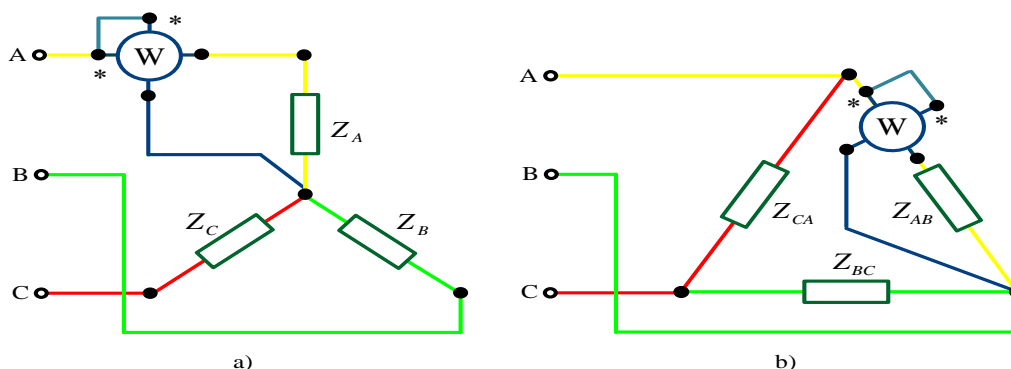
$$P_{3\Phi} = P_A + P_B + P_C = U_A I_A \cos \varphi_A + U_B I_B \cos \varphi_B + U_C I_C \cos \varphi_C. \quad (3.11)$$

Bunda quvvatni o'lchash uchta vattmetr bilan bajarilib, har bir vattmetr iste'molchining faza kuchlanishlariga va tokiga ulanishi kerak (3.9a- rasm). Odatda, to'rt simli uch fazali zanjirning quvvatini o'lchash uchun uch elementli vattmetrdan foydalaniladi. Bunday vattmetrda uchta qo'zg'almas, uchta harakatlanuvchi chulg'am bo'lib, ulardan o'tgan tokning o'zaro ta'siridan hosil bo'lgan aylantiruvchi momentlar umumiy o'qqa mahkamlangan harakatlanuvchi chulg'amlarga ta'sir etadi (3.9 b-rasm). Fazalar bo'yicha quvvatlarni jamlash avtomatik tarzda bajariladi.

Uch fazali tok zanjiridagi aktiv quvvatni o'lchash uchun bitta, ikkita va uchta vattmetr usullaridan foydalaniladi.

Uch simli simmetrik zanjirning aktiv quvvatini bitta vattmetr usulida o'lchash. Simmetrik sistemalarda uch fazali quvvatni o'lchash uchun bitta vattmetrdan foydalansa bo'ladi, chunki bunda iste'molchilarning toki, kuchlanishi, faza siljishi va har bir fazadagi aktiv quvvat bir xil bo'ladi.

Iste`molchilarning aktiv quvvatini o`lchash uchun vattmetrni ulash sxemasi 3.10-rasmda keltirilgan. Rasmda vattmetr chulg`amlarining bosh uchlari yulduzcha bilan belgilangan.



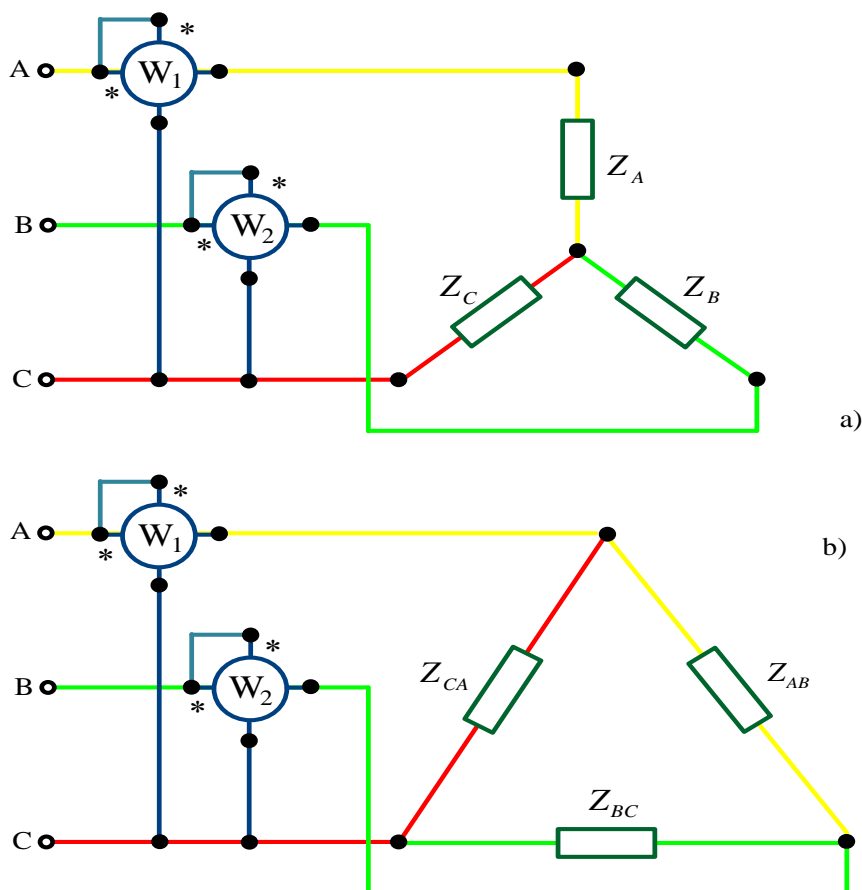
3.10-rasm. «Yulduz» (a) va «Uchburchak» (b) ulanish sxemalarida simmetrik jarayonda aktiv quvvatni bitta vattmetrda o`lchash.

Uch simli nosimmetrik zanjirning aktiv quvvatini ikkita vattmetr usulida o`lchash. Uch fazali nosimmetrik zanjirda har bir fazadagi tok, faza siljishi va aktiv quvvat turlicha bo`ladi. Hatto faza va liniya kuchlanishlari ham har xil bo`lishi mumkin. Bunday zanjirning quvvatini ikkita vattmetr usulida o`lchash mumkin. Ikkita vattmetrni uch simli zanjirga ulash sxemasi 3.11-rasmda keltirilgan. Sxemadan ko`rinadiki, vattmetrlardagi kuchlanish chulg`amlarining bosh uchlari tok chulg`ami ulangan fazalarga, oxirgi uchlari esa bo`sh qolgan. Faqat shundagina uch fazali tok zanjirining quvvati ikkita vattmetr ko`rsatishi P_{w1} va P_{w2} larning algebraik yig`indisiga teng bo`ladi, ya`ni:

$$P = P_{w1} + P_{w2}.$$

Bu ifodaning to`g`riligini quyidagicha isbotlash mumkin. Uch fazali iste`molchilarning oniy quvvati

$$p = u_A i_A + u_B i_B + u_C i_C. \quad (3.12)$$



3.11-rasm. «Yulduz» (a) va «Uchburchak» (b) ulanish sxemalarida nosimmetrik jarayonda aktiv quvvatni ikkita vattmetrda o'lchash.

Agar iste'molchilar «Yulduz» shaklida (3.11 a - rasm) ulangan bo'lsa,

$$i_A + i_B + i_C = 0$$

Bunda

$$i_C = -i_A - i_B. \quad (3.13)$$

(3.13) ifodani uch fazali sistema oniy quvvatining ifodasi (3.12) ga qo'ysak, quyidagi ko'rinishni oladi:

$$p = u_A i_A + u_B i_B + u_C (-i_A - i_B) = (u_A - u_C) i_A + (u_B - u_C) i_B = u_{AC} \cdot i_A + u_{BC} \cdot i_B.$$

Shunday qilib, uch fazali uch simli sistemaning oniy quvvatini ikkita yig'indi shakliga keltirish mumkin. Bu esa ikkita vattmetr yordamida uch fazali sistema quvvatini o'lchash imkonini beradi. Oniy quvvatdan o'rtacha, ya'ni aktiv quvvatga o'tsak, uch fazali sistemaning quvvati quyidagicha bo'ladi:

$$P = U_{AC} I_A \cos(\bar{I}_A \bar{U}_{AC}) + U_{BC} I_B \cos(\bar{I}_B \bar{U}_{BC}). \quad (3.14)$$

Demak, ikkita vattmetr ko'rsatgan quvvatlarning algebraik yig'indisi uch fazali zanjirning aktiv quvvatiga teng bo'ladi:

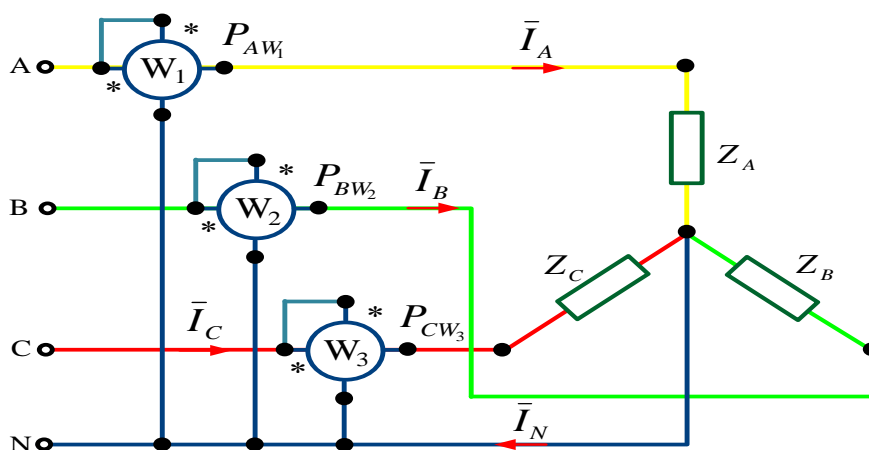
$$P = P_{W_1} + P_{W_2}.$$

To'rt simli zanjirning aktiv quvvatini uchta vattmetr usulida o'lchash.

Notekis uklamali to'rt simli zanjirlardagi uch fazali quvvatni o'lchash uchun uchta vattmetrdan foydalaniladi.

3.12-rasmda vattmetrlarni zanjirga ulash sxemasi ko'rsatilgan. Bu sxemada har bir vattmetr ayrim fazaning aktiv quvvatini o'lchaydi, ya'ni:

$$P_{AW_1} = U_A I_A \cos \varphi_A; \quad P_{BW_2} = U_B I_B \cos \varphi_B; \quad P_{CW_3} = U_C I_C \cos \varphi_C.$$



3.12-rasm. «Yulduz» ulanish sxemasida nosimmetrik jarayonda aktiv quvvatni uchta vattmetrda o'lchash.

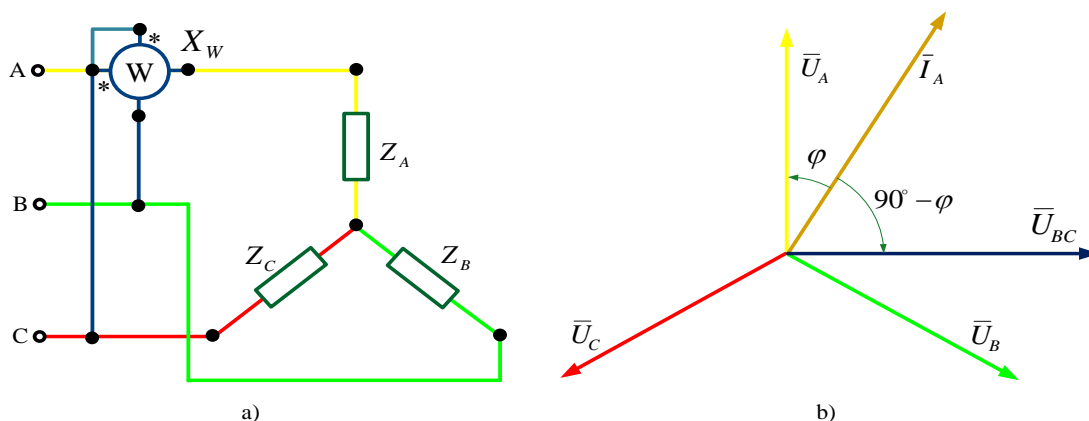
Uch fazali zanjirning aktiv quvvati uchala vattmetr ko'rsatgan quvvatlarning algebraik yig'indisiga teng:

$$P = P_{AW_1} + P_{BW_2} + P_{CW_3}.$$

Amalda bir vaqtning o'zida ikkita yoki uchta vattmetrlarning ko'rsatishini kuzatish juda qiyin, shuning uchun sanoatimizda uch simli zanjir uchun ikki elementli hamda to'rt simli zanjir uchun uch elementli uch fazali vattmetrlar ishlab chiqariladi.

Uch fazali vattmetr ikkita yoki uchta bir fazali o'lchash mexanizmlaridan iborat bo'lib, ularning umumiy momenti yagona qo'zg'aluvchan qismga ta'sir qiladi.

Uch fazali zanjirdagi reaktiv quvvatni o'lchash. Uch fazali simmetrik zanjirning reaktiv quvvatini bitta aktiv quvvat vattmetri bilan o'lchash mumkin. Buning uchun vattmetrni zanjirga 3.13a-rasmda ko'rsatilgandek ulash kerak.



3.13-rasm. «Yulduz» ulanish sxemasida simmetrik jarayonda reaktiv quvvatni o'lchash.

3.13b -rasmdagi vektor diagrammadan ko'rinadiki, vattmetrning ko'rsatishi quyidagiga teng:

$$X_W = U_{BC} I_A \cos(\bar{U}_A \bar{I}_{BC}) = U_{\pi} I_{\pi} \cos(90^{\circ} - \varphi) = U_{\pi} I_{\pi} \sin \varphi.$$

Uch fazali simmetrik zanjirning reaktiv quvvati vattmetr ko'rsatishini $\sqrt{3}$ ga ko'paytirib aniqlanadi:

$$Q = \sqrt{3} X_W = \sqrt{3} U_{\pi} I_{\pi} \sin \varphi.$$

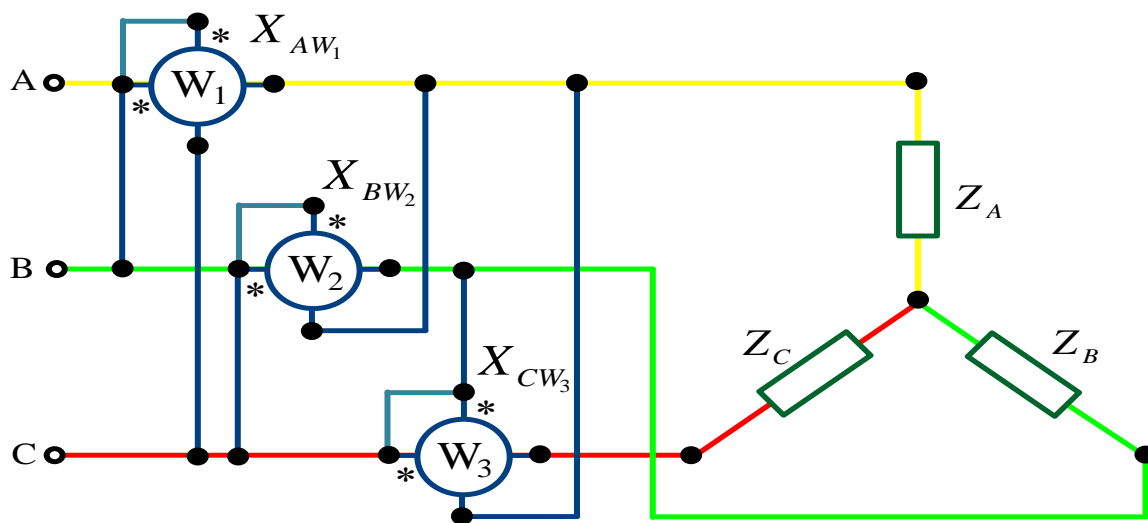
Uch fazali zanjirning reaktiv quvvatini ikkita vattmetr usuli (3.11-rasm) bilan ham o'lchash mumkin. Buning uchun, avvalgidek, vattmetrlar ko'rsatishlarining algebraik yig'indisini emas, balki ayirmasini olish kerak. Bu quyidagicha ifodalanadi:

$$P_{W_1} - P_{W_2} = U_{\pi} I_{\pi} [\cos(30^{\circ} - \varphi) - \cos(30^{\circ} + \varphi)] = U_{\pi} I_{\pi} \sin \varphi.$$

Demak, uch fazali sistemali reaktiv quvvatini aniqlash uchun vattmetrlar ko'rsatishlarining ayirmasini $\sqrt{3}$ ga ko'paytirish kerak, ya'ni

$$Q = \sqrt{3} (P_{W_1} - P_{W_2}) = \sqrt{3} U_{\pi} I_{\pi} \sin \varphi.$$

Ushbu xulosalarning barchasi yuklama tekis va liniya kuchlanishlari simmetrik bo'lgandagina to'g'ri bo'ladi. Yuklama notekis bo'lganida reaktiv quvvatni o'lchash uchun maxsus sxemalardan foydalaniladi.



3.14-rasm. «Yulduz» ulanish sxemasida nosimmetrik jarayonda reaktiv quvvatni o'lchash.

3.14-ramda ko'rsatilgan uchta vattmetrli sxema har qanday uch fazali zanjirlardagi reaktiv quvvatni o'lchash uchun yaroqlidir. Buning uchun vattmetrlar ko'rsatilgan qiymatlar yig'indisini $\sqrt{3}$ ga bo'lish kerak:

$$Q = \frac{X_{w_1} + X_{w_2} + X_{w_3}}{\sqrt{3}}.$$

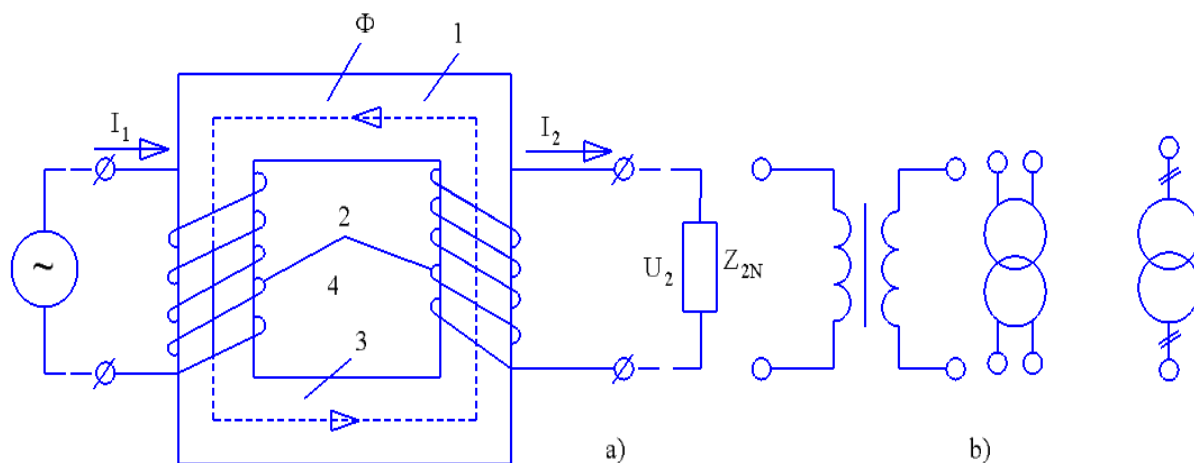
4. TRANSFORMATOR

Generatorlar ishlab chiqaradigan elektr energiyasining nisbatan past kuchlanishli, ammo katta tok kuchiga ega bo'lgan quvvatini (hozirgi vaqtda 150, 300, 500, 800 va 1200 ming kVt li generatorlar ishlab chiqariladi) yuqori kuchlanishli va nisbatan kichik tok kuchiga ega bo'lgan quvvatga o'zgartirish kerak. Bu vazifa transformatorlar yordamida oddiygina hal etiladi.

Elektr energiyasining bir pog'onada bo'lgan kuchlanish va tokini boshqa pog'onadagi kuchlanish va tokga aylantirib beradigan statik elektromagnit apparati transformator deyiladi.

4.1. Transformatorning tuzilishi va ishlash printsipti

Transformator turlarining ko'p bo'lishiga qaramay, ularda bo'ladigan elektromagnit jarayonlar umumiy o'xshashlikka ega bo'lib, ularning ishlash printsipti bir xildir. 4.1-rasmda bir fazali ikki chulg'amli transformatorning sxemasi va shartli belgilanishi ko'rsatilgan. Transformator po'lat o'zak (magnit o'tkazgich) 1 dan va ikkita mis cho'lg'amlar 2 dan iborat.



4.1-rasm. Bir fazali ikki chulg'amli transformatorning sxemasi (a) va shartli belgilanishi (b).

Po'lat o'zakning induksion toklar hisobiga qizib ketishini kamaytirish maqsadida u qalinligi $0,35 \div 0,5$ mm bo'lgan elektrotexnika po'lat plastinalardan yig'iladi. Plastinalarning ikki tomoniga izolyatsion lok surtiladi yoki ular tegishlicha qizdiriladi.

Po'lat o'zak magnit zanjirini hosil qilish uchun xizmat qiladi va shu tufayli asosiy magnit oqimi Φ po'lat o'zak bo'ylab harakatlanadi. Po'lat o'zakning miss chulg'amlar o'ralgan qismi sterjen deyiladi. Shuning uchun birlamchi chulg'amga (zanjirga) oid kattaliklar **1** indeksiga ega, masalan, birlamchi chulg'amning o'ramlar soni w_1 qismlaridagi kuchlanish u_1 zanjirdagi tok i_1 va h.k. shuningdek, ikkilamchi chulg'amga oid kattaliklar **2** indeksiga ega, masalan, w_2 , u_2 , i_2 va h.k.

Transformatorning birlamchi chulg'amiga berilgan sinusoidal kuchlanish ($u_1 = U_m \sin \omega t$) ta'sirida chulg'amdan o'zgaruvchan tok oqib o'tadi. Bu tok transformatorning po'lat o'zagida o'zgaruvchan magnit oqimi (Φ) ni hosil qiladi. Chulg'amlarning o'ramlarini kesib o'tayotgan bu asosiy magnit oqimi birlamchi

chulgʻamda oʻzinduksiya, ikkilamchi chulgʻamda esa oʻzaro induksiya hodisasiga binoan tegishli e_1 va e_2 elektr yurituvchi kuchlarni induksiyalaydi. Mazkur EYuK larning taʼsir etuvchi qiymatlari:

$$E_1 = 4,44 \cdot f \cdot w_1 \cdot \Phi, \quad (4.1)$$

$$E_2 = 4,44 \cdot f \cdot w_2 \cdot \Phi. \quad (4.2)$$

Bu yerda f - oʻzgaruvchan tokning chastotasi, Gts; w_1 va w_2 - birlamchi va ikkilamchi chulgʻamlarning oʻramlari soni; Φ - asosiy magnit oqimi, Vb.

Demak, (4.1) va (4.2) ifodalardan koʻrinadiki, chastota f va magnit oqimi Φ oʻzgarmas boʻlganda chulgʻamlarda induksiyalangan EYuK E_1 va E_2 lar ularning oʻramlari soniga proporsional ekan, yaʼni

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{w_1}{w_2}.$$

Bu nisbat transformatorning transformatsiya koeffitsienti hisoblanadi, yaʼni

$$k = \frac{E_1}{E_2} = \frac{w_1}{w_2}. \quad (4.3)$$

Mazkur koeffitsient transformatorga berilgan kuchlanishning necha marta oʻzgarishini koʻrsatadi. Agar $k > 1$ boʻlsa, transformator kuchlanishini pasaytirib beruvchi, agar $k < 1$ boʻlsa, kuchlanishni orttirib beruvchi hisoblanadi.

Agar 4.2 a - rasmda koʻrsatilgan transformatorning ikkilamchi chulgʻamiga yuklama Z_2 ulasak, EYuK E_2 taʼsirida undan tok i_2 oʻta boshlaydi. Shunday qilib, kuchlanishi u_1 , tok kuchi i_1 boʻlgan manbaning elektr energiyasi transformator yordamida kuchlanishi u_2 va tok kuchi i_2 boʻlgan elektr energiyasiga aylantirib, isteʼmolchiga uzatiladi.

Transformatorning manbadan (tarmoqdan) olayotgan birlamchi quvvati $P_1 = U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1$ boʻlsa, uning isteʼmolchiga berayotgan ikkilamchi quvvati $P_2 = U_2 \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_2$. Agar transformatoridagi quvvat isrofi hisobga olinmasa, $P_1 \approx P_2$ boʻladi.

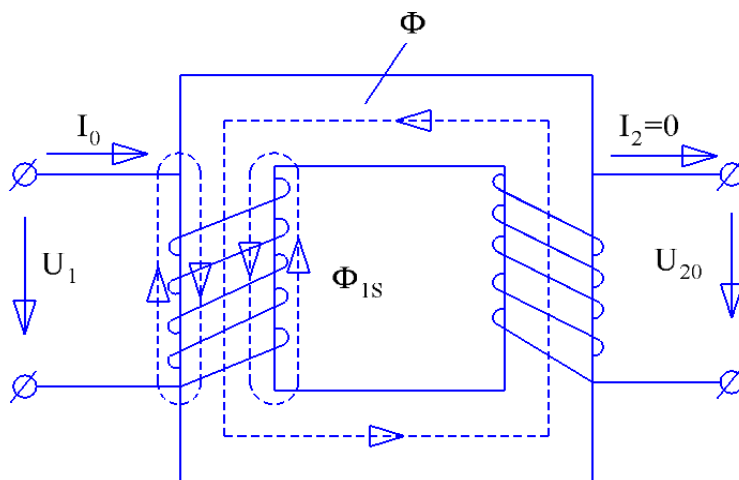
Birlamchi va ikkilamchi zanjirlardagi faza siljish burchaklarini taxminan bir xil desak, $U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2$ deyish mumkin. Agar kuchlanishlar bir-birlari bilan xuddi EYuK lar kabi nisbatda bo‘ladi desak, transformatsiya koeffitsientini quyidagicha qayta yozish mumkin:

$$k = \frac{E_1}{E_2} \approx \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}.$$

Demak, transformator chulg‘amlaridagi toklar kuchlanishlarga teskari proportsional.

4.2. Transformatorning ish rejimlari

Salt ishlash rejimi. Transformatorlarni ishlatish jarayonida ko‘pgina vaqt ularning birlamchi chulg‘ami manbaga ulanib, ikkilamchi uchlari bo‘sh qoladi. Bunday rejim transformatorning salt (yuklamasiz) ishlash rejimi deyiladi. Salt ishlash rejimida $U_1 = U_{1nom}$ va $I_2 = 0$ bo‘ladi. Bunga mos sxema 4.2-rasmda ko‘rsatilgan. Transformatorning birlamchi chulg‘amiga berilgan sinusoidal kuchlanish U_1 ta’sirida chulg‘amdan salt ishlash toki I_0 oqib o‘tadi.



4.2-rasm. Transformatorning salt (yuklamasiz) ishlash rejimi sxemasi.

Bu tokning magnetlovchi kuchi $I_0 w_1$ po‘lat o‘zak bo‘ylab tutashuvchi asosiy magnet oqimi $\Phi = \Phi_m \sin \omega t$ ni va qisman havo hamda po‘lat o‘zak orqali tutashib tarqalgan magnet oqimi Φ_{1S} ni hosil qiladi. Bu o‘zgaruvchan magnet oqimlari o‘zining chulg‘amlarda induksiyalangan EYuK lari bilan quyidagi bog‘lanishga ega:

$$\begin{aligned}
e_1 &= -w_1 \frac{d\Phi}{dt} = \omega w_1 \Phi_m \sin(\omega t - 90^\circ) \\
e_2 &= -w_2 \frac{d\phi}{dt} = \omega w_2 \Phi_m \sin(\omega t - 90^\circ) \\
e_{1S} &= -w_1 \frac{d\phi}{dt} = \omega w_1 \Phi_{1S} \sin(\omega t - 90^\circ).
\end{aligned}
\tag{4.4}$$

Demak, EYuK lar ularni induktsiyalangan magnit oqimlaridan faza bo'yicha 90° ga kechikadi. Bu EYuK larning ta'sir etuvchi qiymatlari:

$$E_1 = \frac{F_{1m}}{\sqrt{2}} = \frac{\omega w_1}{\sqrt{2}} \Phi_m = \frac{2\pi f}{\sqrt{2}} w_1 \Phi_m$$

yoki

$$\begin{aligned}
E_1 &= 4,44 f_1 w_1 \Phi_m, \\
E_2 &= 4,44 f w_2 \Phi_m, \\
E_{1S} &= 4,44 f w_1 \Phi_{1S}.
\end{aligned}$$

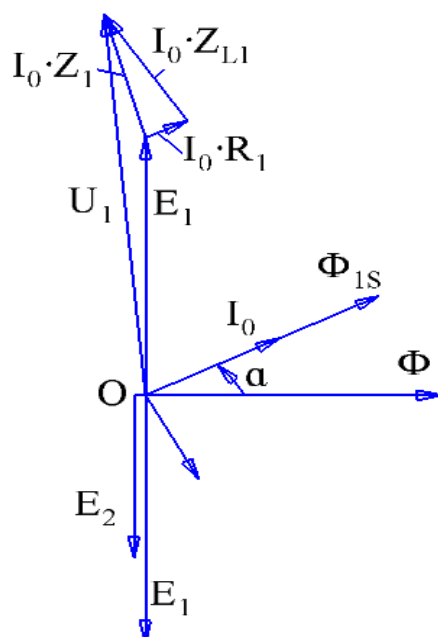
Birlamchi chulg'amga berilgan kuchlanish \bar{U}_1 EYuK (\bar{E}_1 va \bar{E}_{1S}) larni, shuningdek, chulg'amning aktiv qarshiligi R_1 kuchlanishning pasayishini kompensatsiya qiladi. U holda Kirxgofning II qonuniga binoan birlamchi chulg'am zanjirining elektr muvozanat holati:

$$\bar{U}_1 = -\bar{E}_1 + \bar{E}_{1S} + \bar{I}_0 R_1 \tag{4.5}$$

Agar EYuK \bar{E}_{1S} ni chulg'amdagi kuchlanishning induktiv pasayuvi $I_0 \cdot X_L$ bilan kompensatsiya qilinadi desak va $\bar{I}_0 R_1 = \bar{U}_{R1}$ bo'lsa:

$$\text{yoki } \left. \begin{aligned}
\bar{U}_1 &= -\bar{E}_1 + \bar{U}_{R1} + \bar{U}_{L1} \\
\bar{U}_1 &= -\bar{E}_1 + \bar{I}_0 R_1 + \bar{I}_0 X_{L1}
\end{aligned} \right\} \tag{4.6}$$

(4.6) tenglama yordamida transformator salt ishlash rejimining vektor diagrammasini quramiz (4.3-rasm).

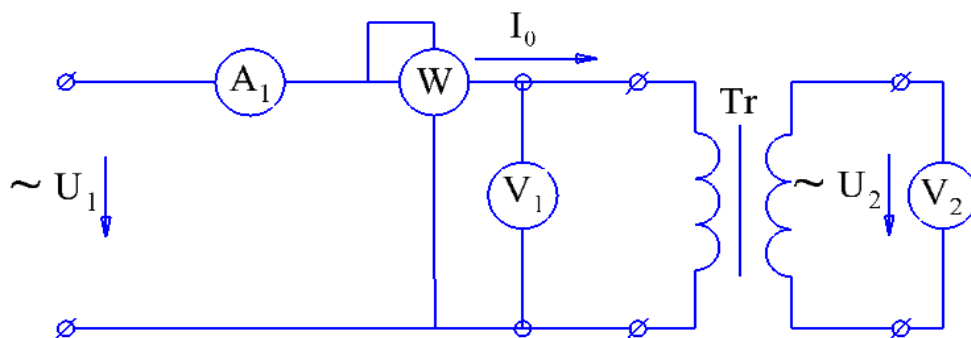


4.3-rasm. Transformatorning salt (yuklamasiz) ishlash rejimi vektor diagrammasi.

Salt ishlash tajribasida transformatorning po‘lat o‘zagida magnit maydoni hosil qilish uchun sarf bo‘ladigan quvvat isrofi P_p ni va transformatorning transformatsiya koeffitsienti k ni aniqlashdir. Transformatorning salt ishlash tajribasini o‘tkazish sxemasi 4.4-rasmda ko‘rsatilgan. Birlamchi chulg‘amga ulangan o‘lchash asboblari yordamida transformatorning salt ishlash vaqtidagi toki I_0 va quvvati P_0 hamda kuchlanish U_{10} aniqlanadi. Tajriba vaqtida $U_{10} = U_{1nom}$ bo‘lishi kerak. Ikkilamchi chulg‘am uchlariga ulangan voltmetr yordamida kuchlanish $U_2 = U_{20}$ aniqlanadi. Tok $I_2 = 0$. Salt ishlash vaqtidagi vattmetr ko‘rsatgan quvvat isrofi:

$$P_0 = P_n + I_0^2 \cdot R_1.$$

Mis chulg‘amlarining qizishi salt ishlash tokning $I_0^2 R_1 = (0,05I_{1n})^2 \cdot R_1$ qiymati bilan cheklangani uchun, undagi quvvat isrofini $P_m = I_0^2 \cdot R_1 \approx 0$ deyish mumkin. U holda $P_0 = P_n$ bo‘ladi.

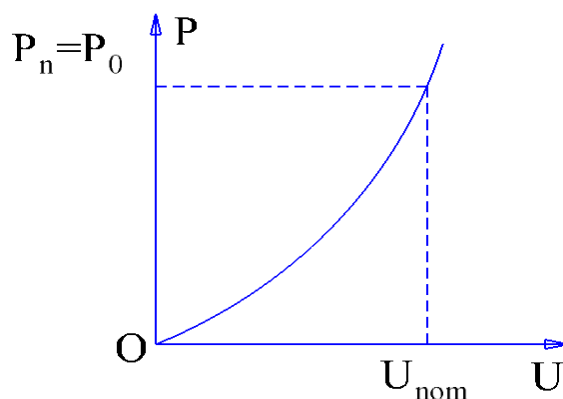


4.4-rasm. Transformatorning salt ishlash tajribasini o'tkazish sxemasi.

Olingan ma'lumotlar bo'yicha transformatorning transformatsiya koeffitsienti $k = U_{10}/U_{20}$ ni va salt ishlash vaqtidagi parametrlarini aniqlash mumkin:

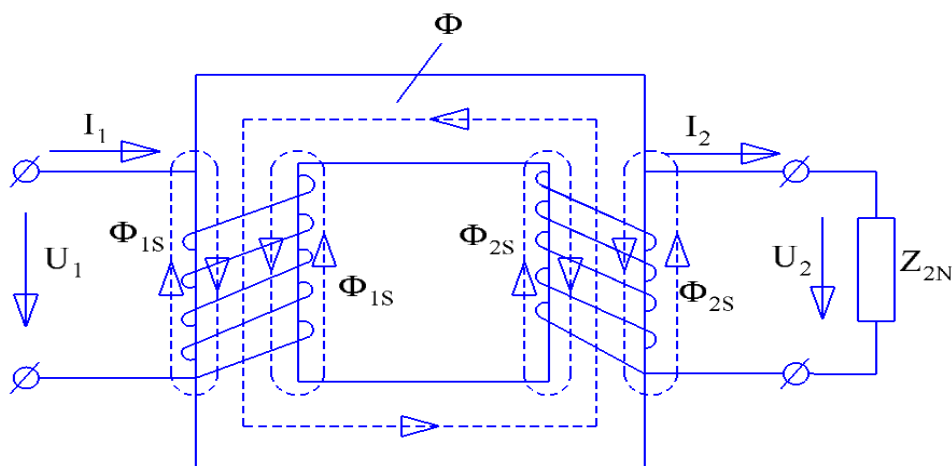
$$z_{10} = \frac{U_1}{I_0}; \quad R_{10} = \frac{P_0}{I_0^2}; \quad X_{10} = \sqrt{Z_{10}^2 - R_{10}^2}.$$

Agar birlamchi chulg'amga beriladigan kuchlanish 0 dan U_{1nom} gacha orttira borilsa, po'latdagi quvvat isrofining kuchlanishga bog'liqligini ko'rish mumkin. Bu bog'lanish kvadratik bo'lib, unga mos grafik 4.5-rasmda ko'rsatilgan.



4.5-rasm. Transformatorning po'lat o'zagida quvvat isrofining grafigi.

Yuklama rejimi. Bu rejimda kuchlanish \bar{U}_1 yuklamaga bog'liq emas. Transformatorning ikkilamchi chulg'amini biror yuklama z_{2H} ga ulanganida EYuK E_2 ta'sirida undan I_2 yuklama toki o'ta boshlaydi. Bu tok hosil qilgan magnetlovchi kuch $\bar{I}_2 w_2$ po'lat o'zak va havo orqali tutashgan, tarqalgan magnet oqimi Φ_{2S} ni hosil qiladi (4.6-rasm).



4.6-rasm. Transformatorga yuklama ulanganida ishlash rejimi sxemasi.

Bu oqim asosiy magnit oqimiga qarama-qarshi yoʻnalgani uchun uni, shuningdek, elektr yurituvchi kuch E_1 ni ham kuchsizlantirmoqchi boʻladi. U holda transformator elektrik muvozanat holatining buzilishiga yoʻl qoʻyiladi. Ammo birlamchi chulgʻanning magnitlovchi kuchi $\bar{I}_1 w_1$ shunday oʻzgaradiki, natijasida transformatorning muvozanat holati saqlanib, oʻzakdagi asosiy magnit oqimi Φ miqdor jihatidan oʻzgarishsiz qoladi. Bu holda magnitlovchi kuchlar muvozanati quyidagicha ifodalanadi:

$$\bar{I}_1 w_1 + \bar{I}_2 w_2 = \bar{I}_0 w_1 \quad \text{yoki} \quad \bar{I}_1 w_1 = \bar{I}_0 w_1 - \bar{I}_2 w_2 \quad (4.7)$$

Demak, birlamchi tokning magnitlovchi kuchi ikkilamchi tokning magnitsizlash taʼsirini kompensatsiyalaydi. Agar (4.7) ifodaning ikkala tomonini w_1 ga boʻlsak, magnitlovchi kuchlar tenglamasidan toklar tenglamasiga oʻtish mumkin:

$$\bar{I}_1 = \bar{I}_0 + \left(-\bar{I}_2 \frac{w_2}{w_1} \right). \quad (4.8)$$

Bu yerda $\bar{I}_2' = -\bar{I}_2 \frac{w_2}{w_1}$ kattalik ikkilamchi tokning magnitsizlash taʼsirini muvozanatlovchi birlamchi tokning tashkil etuvchisi hisoblanadi. Shuning uchun bu kattalik ikkilamchi tok deyiladi. U holda birlamchi tok

$$\bar{I}_1 = \bar{I}_0 + \bar{I}_2' \quad (4.9)$$

Yaʼni salt ishlash toki bilan keltirilgan ikkilamchi tokning geometrik yigʻindisiga teng. Yuklama toki I_2 noldan boshlab, tok I_1 esa salt ishlash toki I_0 dan boshlab ortadi. Salt

ishlash toki nominal tokning $I_0 = (2,5 \div 10\%) \cdot I_{1nom}$ ulushini tashkil etadi. Taxminiy hisoblashlarda $\bar{I}_1 \approx \bar{I}_2$ deyish mumkin.

Yuklama toki I_2 ning o'zgarishi bilan tok I_1 ning tashqi ta'sirsiz o'z-o'zidan o'zgarishi transformatorning o'z-o'zidan rostlanishi deyiladi. Buni yuklama rejimi uchun qurilgan vektor diagrammadan (4.7-rasm) ko'rish qulay. U holda ikkilamchi zanjirning yuklama rejimidagi elektr muvozanati tenglamasi Kirxgofning ikkinchi qonuniga binoan

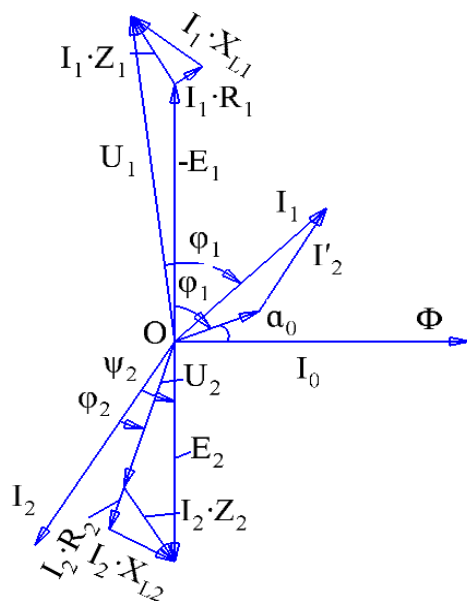
$$\bar{U}_2 = \bar{E}_2 - \bar{U}_{R_2} - \bar{E}_{2S},$$

bu yerda: U_2 - ikkilamchi chulg'am uchlaridagi kuchlanish; $I_2 \cdot R_2 = \bar{U}_{R_2}$ - ikkilamchi chulg'amdagi kuchlanishning aktiv pasayishi; E_{2S} tarqalgan magnit oqimi Φ_{2S} tufayli induktsiyalangan EYuK.

Φ_{2S} ikkilamchi chulg'amdagi kuchlanishning induktiv pasayuvi $\bar{U}_{L2} = \bar{I}_2 \cdot X_{L2}$ bilan kompensatsiya qilinadi, u holda

$$\left. \begin{array}{l} \bar{U}_2 \bar{E}_2 - \bar{U}_{R_2} - \bar{U}_{L_2} \\ \text{yoki} \\ \bar{U}_2 = \bar{E}_2 - \bar{I}_2 R_2 - \bar{I}_2 X_{L_2} \end{array} \right\} \quad (4.10)$$

Salt ishlash rejimi uchun chizilgan vektor diagrammani (4.3-rasm) asos diagramma hisoblab, unga (4.9) va (4.10) tenglamalar yordamida transformatorning yuklama rejimidagi vektor diagrammasini qo'shib quramiz (4.7-rasm).



4.7-rasm. Transformatorga yuklama ulangan rejimning vektor diagrammasi.

Yuklamani aktiv-induktiv xarakterga ega desak tok \bar{I}_2 EYuK \bar{E}_2 ga nisbatan faza bo'yicha ψ_3 burchakka kechikadi. Endi kuchlanish \bar{U}_2 vektorini (4.10) ifodaga binoan aniqlash uchun vector $\bar{I}_2 X_{L2}$ ni vektor \bar{E}_2 ning oxirgi uchidan tok \bar{I}_2 ga perpendikulyar ravishda chizamiz. Chunki ikkilamchi chulg'amdagi kuchlanishning induktiv pasayuvi tok \bar{I}_2 dan 90° ga ilgarilab keladi. So'ngra kuchlanishning aktiv pasayuvi $\bar{I}_2 R_2$ ni tok \bar{I}_2 bilan bir xil yo'nalishda $\bar{I}_2 X_{L2}$ ga perpendikulyar qilib joylashtiramiz. Vektor $\bar{I}_2 R_2$ ning boshlanishini \bar{E}_2 va $\bar{I}_2 X_{L2}$ vektorlarning oxirgi uchlari bilan birlashtirib ikkilamchi chulg'amdagi kuchlanishning to'la ichki pasayuvi vektori $\bar{I}_2 z_2$ ni va koordinata boshi O nuqta bilan birlashtirib, kuchlanish \bar{U}_2 ni aniqlaymiz. Tok \bar{I}_2 bilan kuchlanish \bar{U}_2 orasida faza siljish burchagi φ_2 hosil bo'ladi. Agar $\bar{I}'_2 = -\bar{I}_2$ desak, (4.9) ifodadan \bar{I}_1 ni aniqlaymiz. Kuchlanish \bar{U}_1 tok \bar{I}_1 dan φ_1 burchakka ilgarilab keladi, ammo φ_1 burchak φ_2 burchakdan katta. Vektorlar diagrammasidan ko'rinib turibdiki, \bar{I}_2 ning ortishi bilan \bar{I}_1 ham ortib, φ_1 tobora kichraymoqda. Demak, transformatorning quvvat koeffitsienti $\cos \varphi_0$ dan to $\cos \varphi_i$ gacha ortishi mumkin.

Transformatorning o'z-o'zidan rostlanish xususiyati faqat nominal yuklama dorirasida o'rinalidir. Boshqa hollarda \bar{I}_2 ning magnitsizlash ta'siri ortib ketadi.

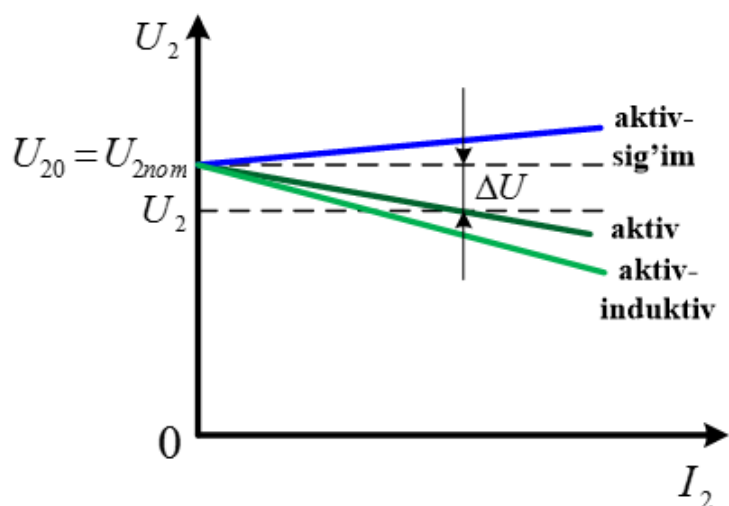
Birlamchi chulg'am kuchlanishi U_1 va quvvat koeffitsienti $\cos \varphi_2$ o'zgarmas bo'lganda ikkilamchi chulg'amdagi kuchlanish U_2 ning yuklama toki I_2 ga bog'liqligini ifodalovchi egri chiziq $U_2 = f(I_2)$ transformatorning tashqi xarakteristikasi deyiladi.

4.8-rasmda transformatorning turli xil xarakterdagi yuklamalarga oid tashqi xarakteristikasi ko'rsatilgan. Xarakteristikadan ko'rinadiki, aktiv yuklamada $\cos \varphi = 1$, aktiv-induktiv yuklamada esa $\cos \varphi < 1$ va faza siljish burchagi

$\varphi > 0$ bo'ladi. Nihoyat aktiv-sig'im yuklamada $\cos \varphi_2 < 1$ va $\varphi < 0$ dir. Ikkilamchi chulg'amdagi kuchlanishning o'zgarishi:

$$\Delta U\% = \frac{U_{2n} - U_2}{U_{2n}} \cdot 100, \quad (4.11)$$

Bu yerda: $U_{2n} = U_{20}$ – transformator salt ishlagan paytda ikkilamchi chulg'am uchlaridagi kuchlanish; U_2 – transformator yuklama bilan ishlayotgandagi kuchlanish.



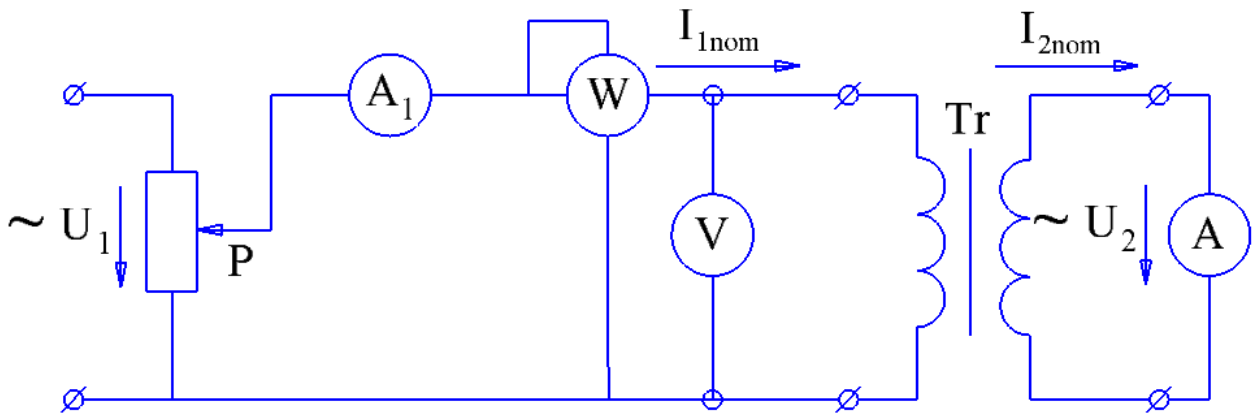
4.8-rasm. Transformatorning tashqi xarakteristikasi.

Tashqi xarakteristikadan ko‘rinadiki, aktiv va aktiv-induktiv yuklama (iste‘molchi) uchun ishlayotgan transformatoridagi kuchlanish nominalidan doim ΔU ga kichik, aktiv-sig‘im xarakterli yuklamada esa ΔU ga ortiq bo‘ladi. Elektr iste‘molchilari, asosan, aktiv-induktiv xarkterga ega bo‘ladi.

Liniyadagi kuchlanishlarning pasayuvini hisobga olib iste‘molchiga o‘rnatiladigan katta quvvatli transformatorlarning chiqish tomonidagi kuchlanishi, odatda, nominaldan 5 protsent ortiq qilib loyihalanadi.

Qisqa tutashuv rejimi. Bu rejimda ikkilamchi chulg‘am uchlari o‘zaro tutashib, tashqi qarshilik bo‘ladi. Transformator uchun bunday rejim nomaqbul rejim hisoblanadi. Bunda ikkilamchi, shuningdek birlamchi tok nominalidan 18-20 marta ortib ketadi. Bu hodisaga yo‘l qo‘yib bo‘lmaydi. Shuning uchun real sharoitlarda transformatorni qisqa tutashuv tokidan saqlash maqsadida avtomatik ajratkichlar o‘rnatiladi. Transformatorlarni laboratoriya sharoitida tekshirish uchun «qisqa tutashuv» pasaytirilgan kuchlanishlarda amalga oshiriladi.

Transformator nominal yuklama bilan ishlaganda uning chulg‘amlaridan nominal tok o‘tib, chulg‘amlar qiziydi. Keltirilgan quvvat bir qismining issiqlik tarzida atrof-muhitga tarqalishi mis chulg‘amlardagi quvvat isrofi P_m deyiladi, uni transformatorning qisqa tutashuv rejimida ishlash tajribasidan (4.9-rasm) aniqlanadi. Sxemadan ko‘rinadiki, transformatorning ikkilamchi chulg‘ami ampermetr A_2 orqali qisqa tutashtirilgan.



4.9-rasm. Transformatorning qisqa tutashuv rejimida ishlash tajribasi sxemasi.

Tajriba vaqtida birlamchi chulg'amga potentsiometr P yordamida ikala chulg'andan ham nominal toklar ($I_1 = I_{1nom}$; $I_2 = I_{2nom}$) o'tadigan darajada pasaytirilgan kuchlanish beriladi. Bu kuchlanish transformatorning qisqa tutashuv kuchlanishi (U_k) deyiladi:

$$u_k \% = \frac{U_k}{U_{1nom}} \cdot 100.$$

Qisqa tutashuv kuchlanishi transformator nominal kuchlanishining kichik ulushini ($U_k \approx 0,1U_{1n}$) tashkil etgani uchun po'lat o'zakdagi quvvat isrofi $P_p \approx 0$ deyish mumkin. U holda qisqa tutashuv paytida vattmetr ko'rsatgan quvvat P_q miss chulg'amlarning qizishiga sarf bo'lgan quvvat isrofi P_m ga teng bo'ladi, ya'ni

$$P_k = P_n + I_{1n}^2 \cdot R_1 = 0 + P_m = P_m.$$

Tajribadan olingan ma'lumotlar bo'yicha transformatorning qisqa tutashuv parametrlarini aniqlash mumkin:

$$z_{1k} = \frac{U_k}{I_{1n}}; \quad R_{1k} = \frac{P_m}{I_{1n}^2}; \quad X_{1k} = \sqrt{z_{1k}^2 - R_{1k}^2}.$$

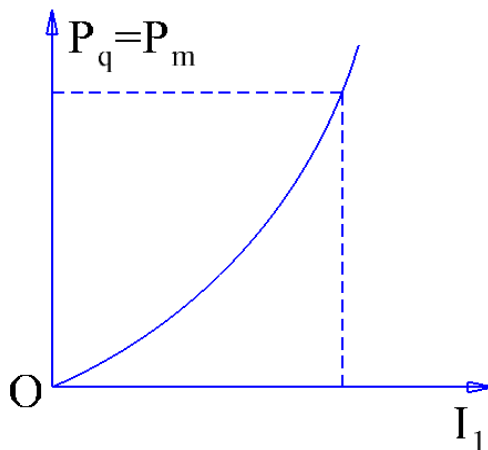
Agar qisqa tutashuv kuchlanishi $U_k = 0,05U_{1nom} = 0,05E_1$ ekanligini hamda normal holatda $E_1 = 4,44f\omega_1\Phi_m$ bo'lishini hisobga olsak, u holda qisqa tutashuv paytidagi magnet oqimi

$$E_{1k} = 0,05E_1 = 4,44f\omega_1\Phi_k; \quad \Phi_k = \frac{0,05E}{4,44f\omega_1}.$$

Demak, qisqa tutashuv paytida magnit oqimi, shuningdek, magnit induktsiyasi ta'minan 20 marta kamayadi:

$$\frac{\Phi_k}{\Phi_m} = \frac{1}{20} \quad \text{yoki} \quad \frac{B_k}{B_m} = \frac{1}{20};$$

$P_n \approx B_m^2$ bo'lganda $P_n = 0$ deyish mumkin.



4.10-rasm. Transformatorning mis chulg'amda quvvat isrofining grafigi.

Agar transformatorning birlamchi chulg'amiga beriladigan kuchlanishni 0 dan U_k gacha orttira borsak, mis chulg'amdagi quvvat isrofining toka bog'liqligini ifodalovchi egri chiziq hosil bo'ladi (4.10-rasm).

4.3. Transformatoridagi quvvat isroflari va uning foydali ish koeffitsienti

Har qanday elektr mashinalaridagi kabi transformatorlarda ham keltirilgan energiyaning bir qismi uning o'zida isrof bo'ladi. Bu quvvat isroflari quyidagilardan iborat:

1. Tokning issiqlik ta'siri tufayli mis chulg'amlarda yuzaga kelgan quvvat isrofi

$$P_m = I_{1nom}^2 R_1 + I_{2nom}^2 R_2.$$

2. Magnit oqimining o'zgaruvchanligi tufayli yuzaga kelgan po'lat o'zakdagi gisterezis va uyurma toklarga sarf bo'ladigan quvvat isrofi $P_p = P_r + P_y$. Bu quvvat isrofi po'lat o'zakning materialiga, magnit induktsiyasiga va o'zgaruvchan tokning chastotasiga bog'liq.

3. Transformatorning konstruktsiyasiga bog'liq bo'lgan quvvat isrofi P_k .

Bulardan P_m va P_p asosiy isroflar hisoblanadi. Mis chulgʻamlardagi quvvat isroflari yuklamaga bogʻliq boʻlgani uchun oʻzgaruvchan, poʻlat oʻzakdagi quvvat isroflari P_p esa transformatorning ish jarayonidan oʻzgarmas (nominal kuchlanish chegarasida) dir.

Transformatorning foydali ish koeffitsienti

$$\eta' = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + \Delta P} = \frac{P_2}{P_2 + P_p + P_m}, \quad (4.12)$$

Bu yerda: P_1 – transformatorning kirish tomonidagi quvvati; P_2 – transformatorning chiqish tomonidagi foydali quvvati;

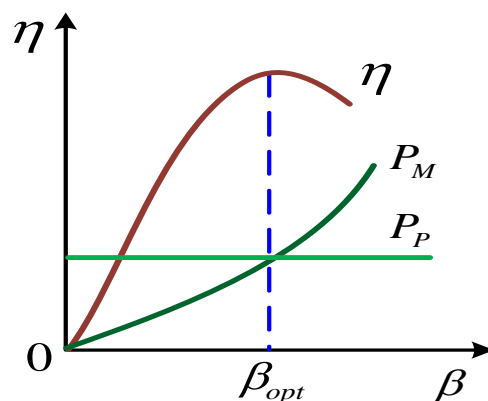
ΔP – transformatoridagi toʻla quvvat isrofi.

Agar transformatorning foydali ish koeffitsientini uning qanday yuklanganligini koʻrsatuvchi yuklanish koeffitsienti $\beta = \frac{I_2}{I_{2H}}$ orqali ifodalasak,

$$\eta'' = \frac{\beta \cdot P_{2 \text{ nom}}}{\beta \cdot P_{2 \text{ nom}} + P_p + \beta^2 P_m} = \frac{\beta \cdot S_{\text{nom}} \cdot \cos \varphi_2}{\beta \cdot S_{\text{nom}} \cdot \cos \varphi_2 + P_p + \beta^2 P_m} \quad (4.13)$$

$\cos \varphi_2$ – yuklama quvvat koeffitsienti, S_{nom} – transformatorning toʻla quvvati, VA.

Katta quvvatli transformatorlarning foydali ish koeffitsienti $0,97 \div 0,99$, kichik quvvatli larniki esa $0,82 \div 0,9$ atrofida boʻladi. Transformatorlarda $R_p = P_m$ boʻlganda uning yuklanish koeffitsienti optimal $P_{\text{opt}} = 0,5 \div 0,6$ boʻlib, bunda transformatorning foydali ish koeffitsienti eng yuqori boʻladi (4.11-rasm).



4.11-rasm. Transformatorning foydali ish koeffitsienti grafiqi.

5. SINXRON MASINALAR

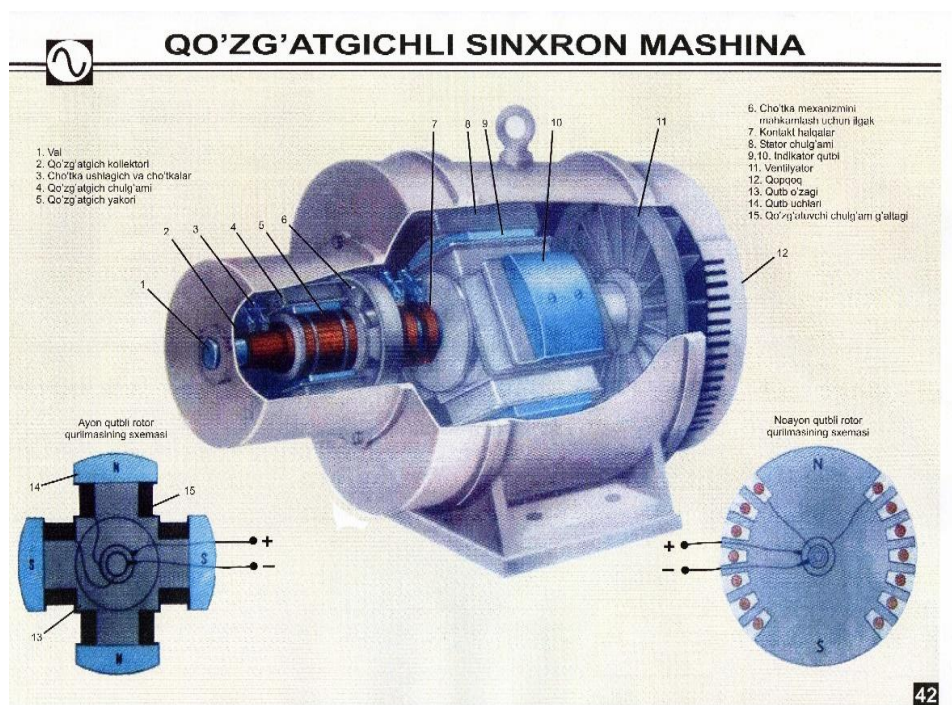
5.1. Sinxron generatorning tuzilishi va ishlash pirinsipi.

Sinxron mashinalar asinxron mashinalarning bir qismi bo‘ladi va Mator sifatida ham, generator sifatida ham ishlatilishi mumkin. Ular stator aylanadigan maydoniga teng bo‘lgan doimiy tezlikda ishlaydi va bu tezlik sinxron n_s tezligi, deb ataladi. Rotorning qo‘zg‘otuvchi sim o‘ramasi tok olgichdan ta‘minlanadi va natijada manfiy va musbat qutblarni hosil qiladi.

Mator sifatida ishlatilganda statorning aylanayotgan maydoni rotorni harakatga keltiradi: generator sifatida ishlatilganda esa stator ichida harakatga keltiriladigan rotor aylanadigan maydon hosil qiladi.

Katta tezlikda aylanishga mo‘ljallangan mashinalar tekis mashinalarga yoki trubina turidagi mashinalarga kiradi. Past tezlikli mashinalarning rotorlari ajralib turadigan qutbli bo‘ladi va shuning uchun ular qutbi aniq mashinalar deyiladi.

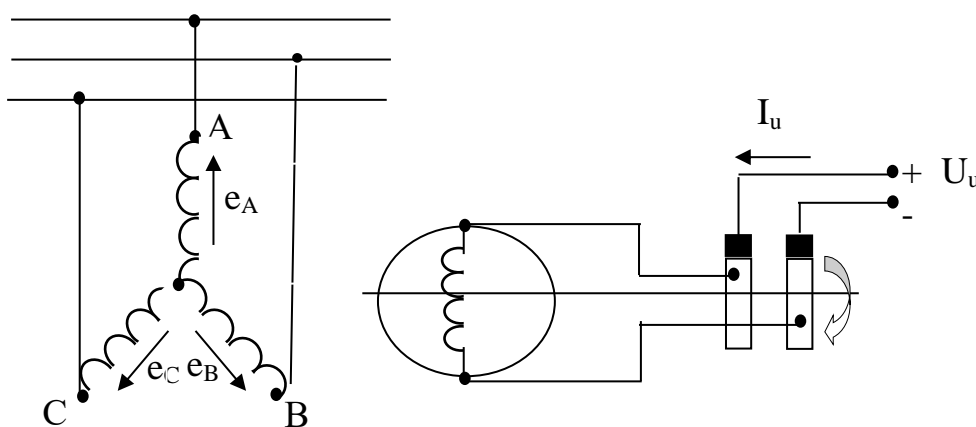
Sinxron mashinalar generator sifatida ishlaganda faol quvvat ham reaktiv quvvat ham ishlab chiqarishi mumkin. Ya‘ni, «avtonom ishlaganda» ularni elektr kuchi ishlab chiqarish uchun ishlatish mumkin va buning uchun kondensatorga o‘xshagan qo‘shimcha jihozlar kerak bo‘lmaydi.



5.1-rasm. Uch fazali sinxron generatorning tuzilishi.

Uch fazali sinxron generator birlamchi motorning mexanik energiyasini o'zgaruvchan tok elektr energiyasiga aylantirib beradi. Generatorning statori uch fazali asinxron motorning statoriga o'xshash bo'lib (5.1-rasm), rotori esa val, po'lat o'zakdan va uyg'otish chulg'amidan iborat. Uyg'otish chulg'ami kontakt halqa va grafit cho'tkalar orqali o'zgarvas tok manbaiga ulangan. Kontakt halqalari rotor o'qidan va o'zaro izolyatsiya qilingan.

Rotor chulg'amidan o'tgan uyg'otuvchi o'zgarvas tok uyg'otish magnet oqimi Φ_u ni hosil qiladi (5.2-rasm).



5.2-rasm. Rotor chulg'amida magnet oqimini hosil qilish sxemasi.

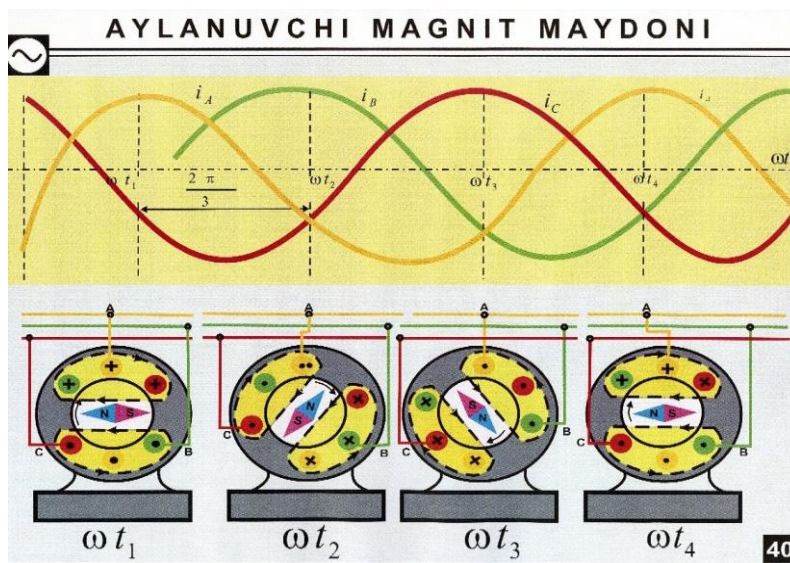
Birlamchi motorning aylanish tezligiga teng n tezlik bilan aylanayotgan rotorning uyg'otuvchi magnet oqimi statorning uch fazali chulg'amida $f = \frac{pn}{60}$ chastotali o'zgaruvchan EYUK ni hosil qiladi (5.2-rasm):

$$E_0 = 4,44 \cdot \Phi_u \cdot f \cdot w \cdot k_{ch}, \quad (5.1)$$

bu yerda: p – generatorning juft qutblari soni, n – rotorning aylanish tezligi, ayl/min; Φ_u – qutblarning magnet oqimi, Vb; w – generator bir fazasi chulg'amining o'ramlar soni; k_{ch} – statorning (yakorning) chulg'am koeffitsienti.

Agar stator chulg'amlarining uchlarini biron qarshilikka ulasak, fazalardan I_A , I_B , I_C toklar oqib o'tadi (5.3-rasm). Bu faza toklari statorning (yoki yakorning) $n_0 = \frac{60f}{p}$ tezlik bilan aylanayotgan magnet oqimi Φ_{ya} ni hosil qiladi. Demak, rotor va statorning

magnit oqimi bir xil tezlik bilan aylanyapti, ya'ni $n = n_0$. Shuning uchun ham sinxron mashina deyiladi.



5.3-rasm. Statorda aylanuvchi magnet maydonini hosil qilish.

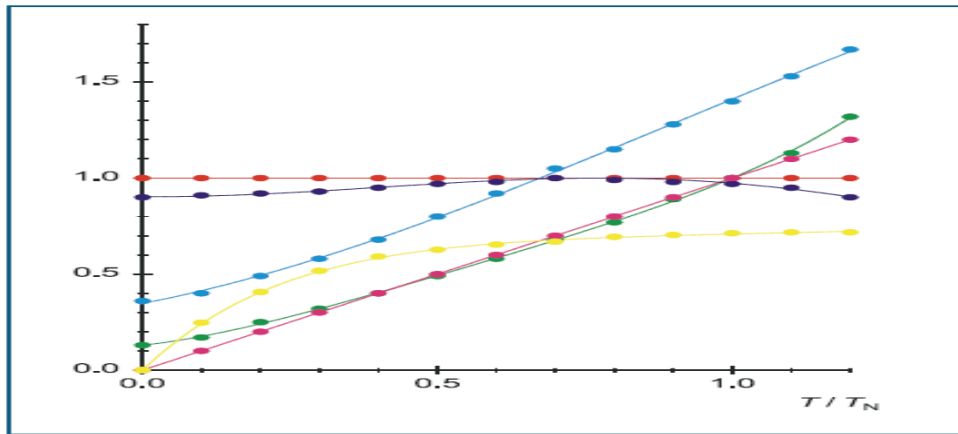
Kichik quvvatli sinxron mashinalarda uyg'otish chulg'amli qutblar qo'zg'almas korpusga, o'zgaruvchan tok chulg'amli esa aylanuvchan rotorga o'rnatilgan bo'ladi.

Alohida tarmoqqa ishlayotgan sinxron generatorning asosiy xususiyatlarini aniqlash uchun quyidagi xarakteristikalar olinadi.

1. **Salt ishlash xarakteristikasi** – yuklama (yakor) toki $I_{ya} = 0$ va aylanish tezligi $n = \text{const}$ bo'lganda generator qismalaridagi kuchlanish (yoki EYUK) U ning uyg'otish toki I_u bilan qanday bog'langanligini ko'rsatadi, ya'ni $I_{ya} = 0$; $n = \text{const}$ va $f = \text{const}$ bo'lganda $U = f(I_y)$ (5.5-rasmlar).

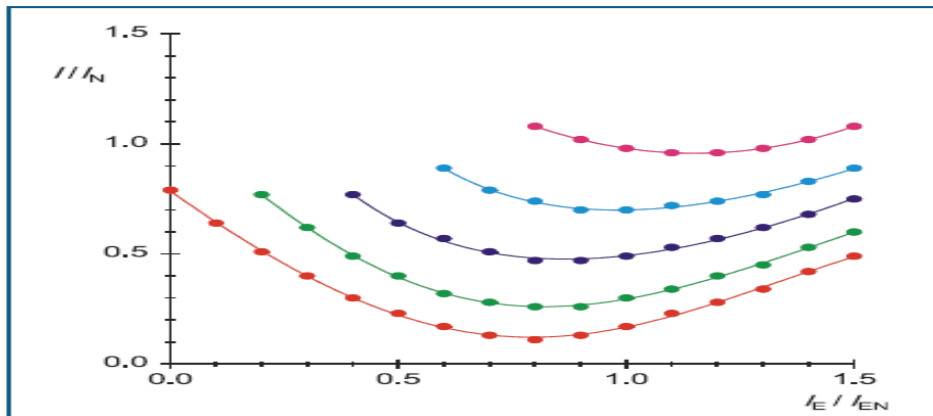
2. **Generatorning tashqi xarakteristikasi** – uyg'otish toki I_u , quvvat koeffitsienti $\cos\varphi$, aylanish tezligi n o'zgarmas bo'lganda generator qismalaridagi kuchlanish U ning yuklama (yoki yakor) toki I_{ya} bilan qanday bog'langanligini ko'rsatadi, ya'ni: $I_y = \text{const}$; $\cos\varphi = \text{const}$, $n = \text{const}$ va $f = \text{const}$ bo'lganda $U = f(I_{ya})$. (5.6-rasm).

3. **Rostlash xarakteristikasi** – quvvat koeffitsienti $\cos\varphi$, aylanish tezligi n va chastota f o'zgarmas bo'lganda generator qismalaridagi kuchlanishni miqdor jihatdan doimiyligini ta'minlash uchun yuklama toki o'zgarganda uyg'otish tokini qanday o'zgartirish kerakligini ko'rsatadi, ya'ni: $U = \text{const}$, $\cos\varphi = \text{const}$, $f = \text{const}$ va $n = \text{const}$ bo'lganda $I_y = f(I_{ya})$. (5.7-rasm).



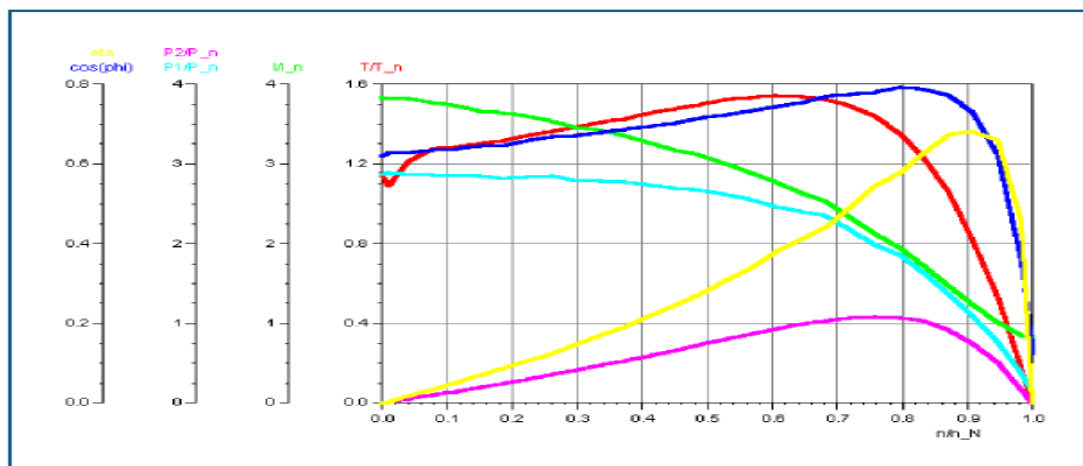
5.5-rasm. Doimiy qo‘zg‘olgan tokda sinxron mashina yuklanish ko‘rsatgichlari.

• n / n_s • I / I_N • $\cos \varphi$ • P_1 / P_N • P_2 / P_N • η



5.6-rasm. Aylanish moment yuklanishi har xil bo‘lganda sinxron mashina egri chiziqlari.

• $T/T_N=0.00$ • $T/T_N=0.25$ • $T/T_N=0.50$ • $T/T_N=0.75$ • $T/T_N=1.00$



5.7-rasm. Sinxron mashinani sinxronlash - tashqi xususiyatlari.

ELEKTRONIKA

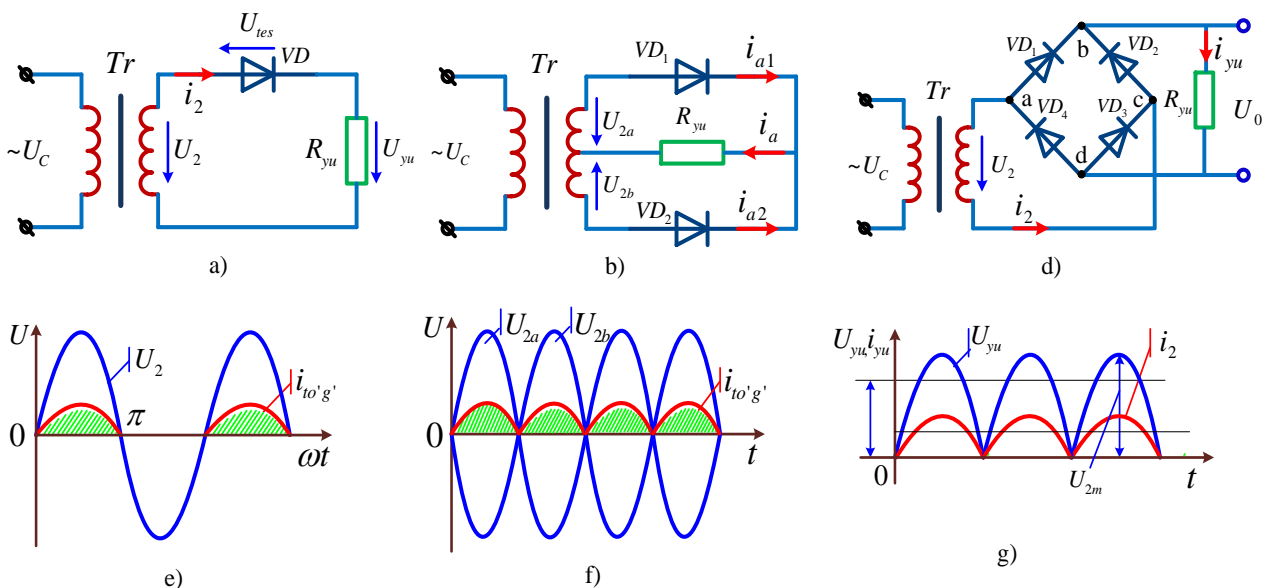
6. O'ZGARUVCHAN TOKLI KUCHLANISHNI TO'G'RILASH

ELEKTR ZANJIRLARI

6.1. Bir fazali o'zgaruvchan kuchlanishni to'g'rilash elektr zanjirlari.

Elektr energiyasining bir qancha iste'molchilari (elektr transporti, elektroliz, aloqa apparatlari, avtomatika va telemexanika asboblari va b.) o'zgarmas tok manbaidan ishlaydilar. Ammo bu iste'molchilarni o'zgarmas tokni alohida manbai (o'zgarmas tok generatorlari va kimyoviy manbalari va b.) bilan ta'minlash hamma vaqt ham mumkin bo'lavermaydi. O'zgaruvchan tok manbalari ko'p tarqalganligi, o'z navbatida o'zgaruvchan tokni o'zgarmas tokka aylantirish vazifasini qo'yadi.

Bunday o'zgartirishning ma'nosi iste'molchiga o'zgaruvchan tok (kuchlanish) manbaidan kelayotgan elektr zaryadlarining bir tomonlama harakatini ta'minlashdan iborat. Shunday qilib, bunday o'zgartirgichlarning chiqish tomoniga ulangan iste'molchilarda tok bir tomonga oqadi. O'zgaruvchan tokni to'g'rilash degan nom ana shundan kelib chiqqan. O'zgaruvchan tokni to'g'rilash uchun bir tomonlama o'tkazish xususiyatiga ega bo'lgan asboblardan, ya'ni to'g'rilagichlardan foydalaniladi. To'g'rilagichlarning elektronli, ionli, yarim o'tkazgichli va elektromexanikali turlari bor. Hozirgi zamon texnikasida yarim o'tkazgichli to'g'rilagichlar keng tarqalgan.



6.1-rasm. Bir fazali kuchlanishni to'g'rilash elektr zanjiri sxemalari.

6.1-rasmda bir fazali o'zgaruvchan tokli kuchlanishni yarim o'tkazgichli to'g'rilagichlar yordamida (VD diodlarda) to'g'rilashni bitta yarim davrli (6.1 a -rasm,) ikkita yarim davrli transformatorning o'rta nuqtasi bilan (6.1 b -rasm,) va nihoyat ko'prik (6.1 d -rasm,) sxemalari ko'rsatilgan.

Barcha sxemalarda tok diod orqali faqat bir tomonga (sxemalarda chapdan o'ngga) o'tishi mumkin, chunki yarim o'tkazgichni to'g'ri yo'nalishda ulaganda uning o'tish (ichki) qarshiligi bo'ladi. Teskari yo'nalishda tok o'ta olmaydi, chunki $r_i = \infty$. Masalan 6.1 a -rasmdagi zanjir uchun kuchlanish sinusoidasining bitta davri T davomida (6.1 e -rasm) yuklama qarshiligida (R_{yu}) sinusoidaning musbat yarim to'lqiniga teng kuchlanishning pasayuvi hosil bo'ladi. Bunday kuchlanishning o'rtacha qiymati $U_{o'r}$ ana shu musbat yarim to'lqinning yuzasiga teng, ya'ni

$$U_{o'r} = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} u dt = \frac{1}{T} \int_0^{\pi} U_m \sin \omega t dt = \frac{1}{\omega T} \int_0^{\pi} U_m \sin \omega t d(\omega T) = \frac{U_m}{2\pi} |\cos \omega t|_0^{\pi} = \frac{U_m}{\pi} = \frac{\sqrt{2}U}{\pi} = 0,45U. \quad (6.1)$$

Demak, sinusoidal kuchlanishning o'rtacha yoki to'g'rilangan $U_{o'r}$ qiymati, yuzasi bir davr ichida musbat yarim to'lqinning yuzasiga teng bo'lgan abcd to'g'ri to'rtburchakning balandligiga teng.

Bitta yarim davrli to'g'rilagichda to'g'rilangan kuchlanishning o'rtacha qiymati zanjirga berilgan o'zgaruvchan kuchlanish ta'sir etuvchi qiymatning 45% ini tashkil etadi. U holda to'g'rilagichning to'g'rilash koeffitsienti $K_T = 0,45$.

Ikkita yarim davrli to'g'rilash sxemalarida esa, diodlar VD_1 va VD_2 (6.1 b -rasm) hamda VD_1 - VD_3 va VD_2 - VD_4 (6.1 d -rasm) ta'minlaydi. Bu holda kuchlanish o'rtacha yoki to'g'rilangan qiymati:

$$U_{o'r} = \frac{2}{T} \int_0^{T/2} u dt = \frac{2\sqrt{2}U}{\pi} = 0,9U. \quad (6.2)$$

To'g'rilagichning to'g'rilash koeffitsienti $K_T = 0,9$.

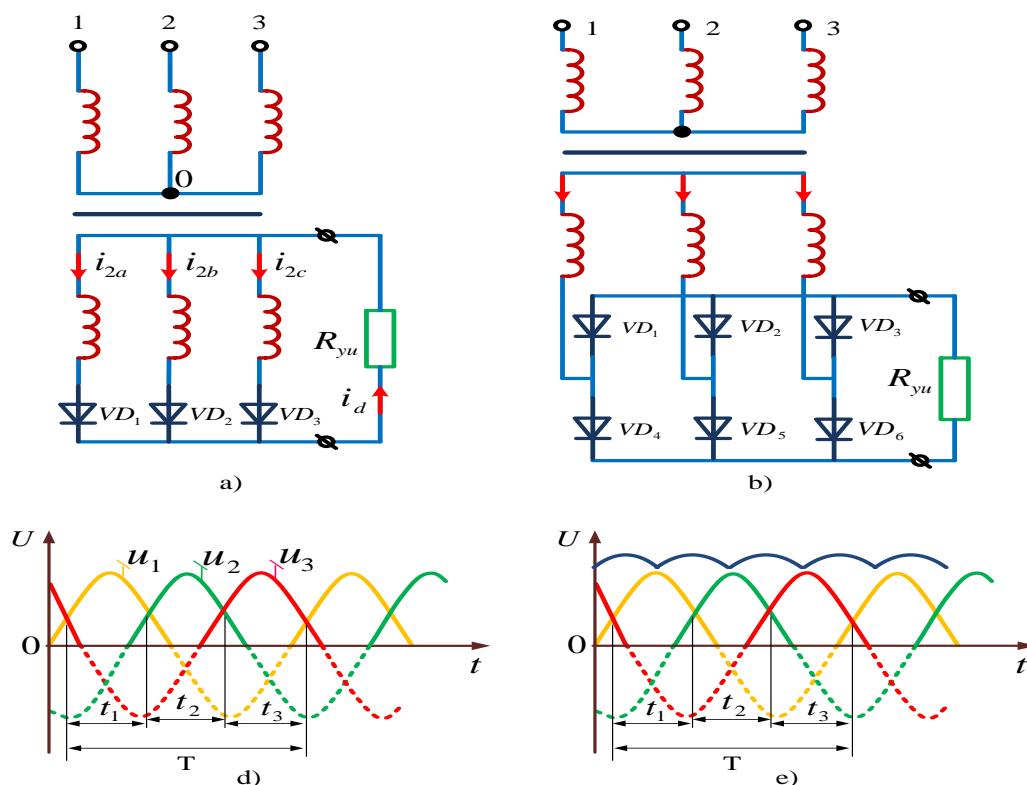
Bir fazali o'zgaruvchan tokni to'g'rilash uchun asosan ko'prik sxema (6.1 d -rasm) qo'llaniladi. Masalan, radiopriyomniklarda va televizorlarda ana shunday sxemadan foydalaniladi.

6.2. Uch fazali o'zgaruvchan kuchlanishni to'g'rilash elektr zanjirlari.

Ko'p fazali to'g'rilagichlarda to'g'rilangan kuchlanishning sifati birmuncha mukammal hisoblanadi. Bularning ichida eng ko'p tarqalgani uch fazali o'zgaruvchan tokni o'zgarmas tokka aylantirib beruvchi uch fazali to'g'rilagichlar hisoblanadi. 6.2 a va 6.2 b - rasmlarda uch fazali toklarni bitta va ikkita yarim davrli to'g'rilash sxemalari ko'rsatilgan. Bu sxemalarda, masalan 6.2 a - rasmdagi zanjirda VD_1 , VD_2 va VD_3 diodlarning har biri uchdan bir $T/3$ davrda 6.2 b -rasmdagi zanjirda esa diodlarning har biri oltidan bir $T/6$ davrda ishlaydilar.

Agar uch fazali bitta yarim davrli to'g'rilagichning (6.2 a -rasm) ishlashini ko'radigan bo'lsak, unda diod VD_1 vaqt t_1 dan t_2 gacha, VD_2 diod t_2 dan t_3 gacha va, nihoyat, VD_3 diod t_3 dan t_4 gacha bo'lgan intervallarda ishlaydi. Shunday qilib, har bir diodga sinusoidalarning $\omega t_1 = \frac{\pi}{6}$ va $\omega t_2 = \frac{5\pi}{6}$ fazalari orasidagi musbat to'liqning bir qismi to'g'ri keladi (6.2 d -rasm) u holda to'g'rilangan kuchlanishning o'rtacha qiymati

$$U_{o'r} = \frac{3U_m}{T} \int_{\pi/6}^{5\pi/6} \sin \omega t dt = \frac{3\sqrt{2}U}{2\pi} |\cos \omega t|_{\pi/6}^{5\pi/6} = \frac{3\sqrt{2} \cdot \sqrt{3}U}{2\pi} = 1,17U. \quad (6.3)$$



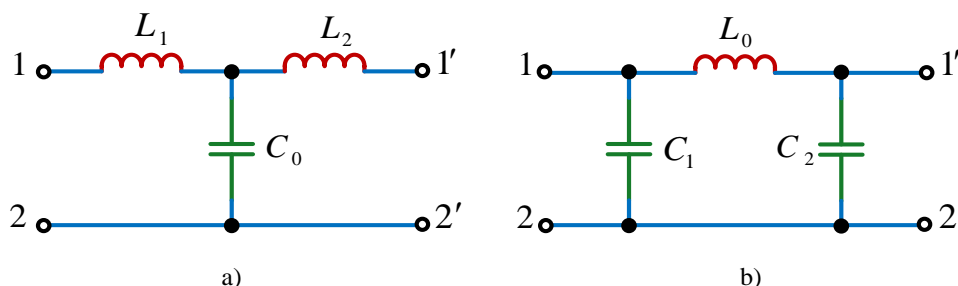
6.2-rasm. Uch fazali kuchlanishni to'g'rilash elektr zanjiri sxemalari.

Demak, to‘g‘rilagichning to‘g‘rilash ko‘ffitsienti $K_T = 1,17$. Umumiy holda m – fazali to‘g‘rilagichning to‘g‘rilash ko‘ffitsienti

$$K_T = \frac{m\sqrt{2}}{\pi} \sin \frac{\pi}{m} = \sqrt{2} \frac{\sin \frac{\pi}{m}}{\pi/m}. \quad (6.4)$$

Masalan, uch fazali ko‘prik sxemasi uchun (6.2 b -rasmda $m=6$) to‘g‘rilash ko‘ffitsienti $K_T = 1,41$ bo‘lib, to‘g‘rilangan kuchlanish zanjirning kirish tomonidagi o‘zgaruvchan kuchlanishning amplituda qiymatiga tengdir. To‘g‘rilangan kuchlanish egri chizig‘ining shaklidan ko‘rinadiki (6.1 e va f - rasm, 6.2- d va e rasm), to‘g‘rilagichlarning chiqish tomonidagi kuchlanishlarning faqat yo‘nalishi o‘zgarmas bo‘lib, miqdori (amplitudasi) jihatdan pulsatsiyalanuvchidir.

Pulsatsiyani kamaytirib, to‘g‘rilangan kuchlanish shaklining egriligini iloji boricha to‘g‘ri chiziqqa yaqinlashtirish uchun tekislovchi filtrlardan (6.3 a va b - rasm,) foydalaniladi.



6.3-rasm. Tekislovchi filtrlar.

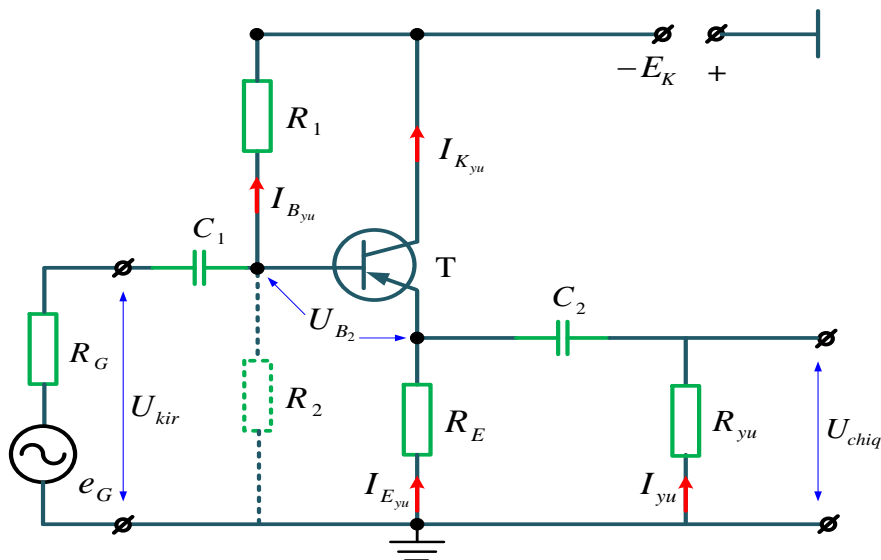
7. QUUVAT KUCHAYTIRGICHLAR VA ELEKTR FILTRLAR

7.1. Quvvat kuchaytirgichlarining tuzilishi va ishlash prinsipi.

Tok kuchaytirgichlari dyeganda, shunday kuchaytirish kaskadlari tushuniladiki, ularda kirishdagi elektr tebranishlarning quvvat bo‘yicha kuchaytirilishi tokning kuchaytirilishi hisobiga amalga oshadi. Tok kuchaytirgichlarida chiqish toki kirish tokidan ancha kattadir, chiqish kuchlanishi esa kirish kuchlanishidan kichikdir. Bu esa tok kuchaytirgich chiqishidagi qarshiligi R_{chiq} ning kirish qarshiligi R_{kir} dan kichikligini bildiradi.

$$R_{chiq} < R_{kir} \quad (7.1)$$

Bu shart tok kuchaytirgichlarini past chastotali kuchaytirish qurilmalarining umumiy kompleks idagi o'rnini, nima uchun mo'ljallanganligini aniqlashda katta ahamiyat kasb etadi. Ko'p hollarda past chastotali kuchaytirish qurilmalari bir nayecha kaskadlardan iborat bo'ladi, Har bir oldingi kaskad keyingi kaskad uchun o'zgaruvchan elektr manbai bo'lib, keyingi kaskadning kirish zanjiri esa oldingi kaskad uchun yuklama bo'lib xizmat qiladi. Ba'zida keyingi kaskadning kirish qarshiligi yoki yuklama vazifasini bajaruvchi sxemaning qandaydir qismi oldingi kaskadning chiqish (ichki) qarshiligi bilan to'g'ridan-to'g'ri moslashavermaydi. Masalan, yuklamaning kichik qarshiligi bilan kuchaytirgichning katta chiqish qarshiligini moslashtirish uchun, ularning orasiga, chiqish qarshiligi kichik, kirish qarshiligi katta bo'lgan tok kuchaytirgichlarini ulash maqsadga muvofiq. Agar signal ko'p kaskadli kuchaytirgichning birinchi kaskadiga ichki qarshiligi katta bo'lgan datchikdan byerilsa, u holda ko'p kaskadli kuchaytirgichning birinchi kaskadi bo'lib, tok kuchaytirgichi ishlatiladi. Bunday kaskadlarni Elektron transformatorlar deb qarash mumkin. Mana shulardan kyelib chiqib shuni aytish kerak-ki, past chastotaligi kuchaytirgichlarda tok kuchaytirgichlari o'z-o'zidan ya'ni mustaqil holda ishlatilmaydi. Ular faqatgina yordamchi, bufyer kaskadlari vazifasini bajaradi.



7.1-rasm. Bipolyar tranzistordagi tok kuchaytirgichi elektr sxemasi.

Bipolyar tranzistorlarda tok kuchaytirgichlari umumiy kollektor (UK) sxemasi bo'yicha yig'iladi. UK kaskadning sxemasi 7.1-rasmida keltirilgan. UK sxemasi dyeyilishiga sabab, kollektor chiqish qutbi o'zgaruvchan tok bo'yicha, ham kirish ham

chiqish zanjirlari uchun umumiy qutb bo‘lib xizmat qiladi. Ushbu sxemaning emitter chiqish qutbidan olinayotgan chiqish kuchlanishi qiymat jihatdan taxminan kirish kuchlanishiga teng hamda ular faza bo‘yicha mos bo‘lgani uchun bu sxemani emitter qaytargich sxemasi deb yuritiladi.

7.2. Elektr filtrlarning tuzilishi va ishlash prinsipi.

Chastota ortganda induktiv qarshilik ortadi, sig‘im qarshilik esa kamayadi. Induktiv qarshilik tok kuchlanishdan faza bo‘yicha 90^0 ga orqada qoladi, sig‘im qarshilikda esa kuchlanish tokdan shuncha burchakka orqada qoladi. Reaktiv qarshiliklarni bu hususiyatlari amalda turli vazifalarni bajaruvchi elektrik filtr qurilmalarini tuzishda ishlatiladi. Demak, filtr manbai bilan iste‘molchi orasida joylashgan. Oldiga qo‘yilgan vazufalarga qarab filtrlar quyidagi turlarga bolinadi:

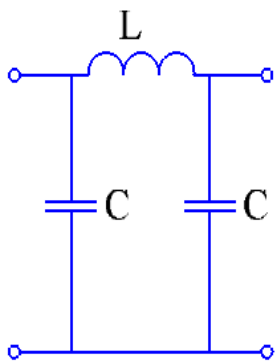
1. Past chastotali filtrlar, ular 0 dan f chastotagacha bo‘lgan toklarni ko‘rsatadi.
2. Yuqori chastotali filtrlar, ular ma‘lum chastotadan to chegarasigacha bo‘lgan chastotali toklarni o‘tkazadi.
3. Palosali filtrlar, ular f_1 dan f_2 gacha bo‘lgan chastotali toklarni otkazadi.
4. To‘chuvchi filtrlar, ular chastotasi f_1 dan f_2 gacha bo‘lgan toklarni o‘tkazmaydi.

Tuzilishi bo‘yicha filtrlar har bir ulanishga ega bo‘lgan induktivlik va sig‘im laridan tashkil topgan to‘rt qutbliliklarni eslatadi.

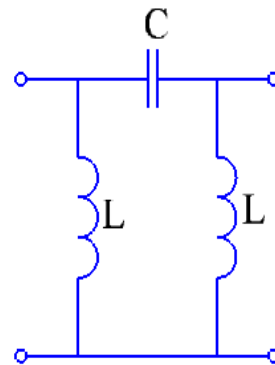
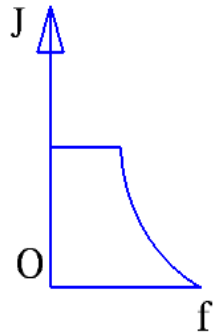
Past chastotali filtrlar zanjirida induktivlik ketma-ket, sig‘im esa parallel ulangan bo‘lishi lozim, shundagina bunday filtrlar f_1 dan 0 gacha bo‘lgan chastotali toklarni o‘tkazib, f_1 dan yuqori chstotali toklarni o‘tkazmaydi. Aytib o‘tilganidek, past chastotali toklar uchun induktivlik kichkina qarshilikni hosil qiladi, yuqori chastotali toklar uchun katta qarshilik. Sig‘im esa uni teskarisi, katta chastotali toklar uchun u kichik qrshilik hosil qilsa, past chastotali toklar uchun esa katta qarshilik hosil qiladi. Shuning uchun u yuqori chastota bo‘yicha iste‘molchini shuntlaydi, ya‘ni yuqori chastotali toklarni o‘zi orqali o‘tkazib yuboradi.

Past chastotali filtrlar o‘zgaruvchan tokni to‘g‘rilashda qo‘llaniladi, ya‘ni ular tokni o‘zgaruvchi qismini kamaytirish uchun kerak bo‘ladi. Shuning uchun ular tekslovchi deb ham ataladi (7.2-rasm).

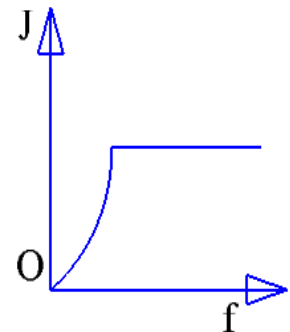
Yuqorida chastotali filtrlarda induktivlik va sig‘im o‘rinlari almashtiriladi, ya‘ni ular istemolchilardan yuqori chastotali toklarni o‘zkazib yuborib, past chastotali toklarni ushlab qoladi (7.3-rasm).



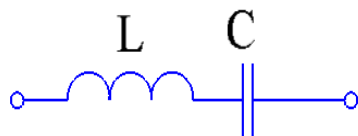
7.2-rasm. Past chastotali filtr.



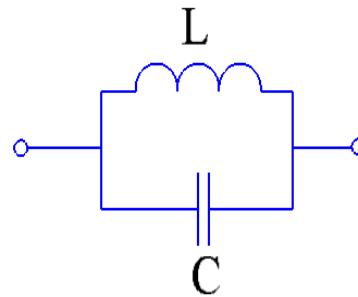
7.3-rasm. Yuqori chastotali filtr.



Induktiv g‘altak va kondensoner ketma-ket (7.4-rasm) va parallel (7.5-rasm) ulangan tebranish konturini filtrlash ta‘sirini ko‘rib chiqamiz.

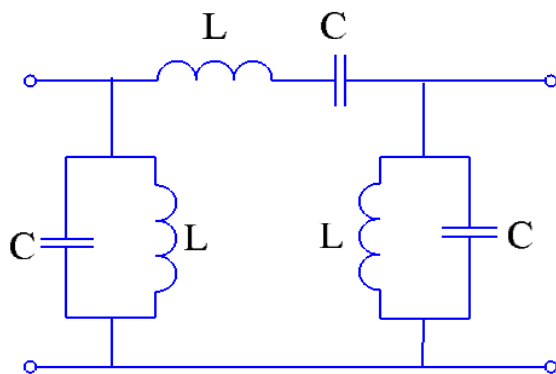


7.4-rasm. Ketma-ket tebranish konturi.

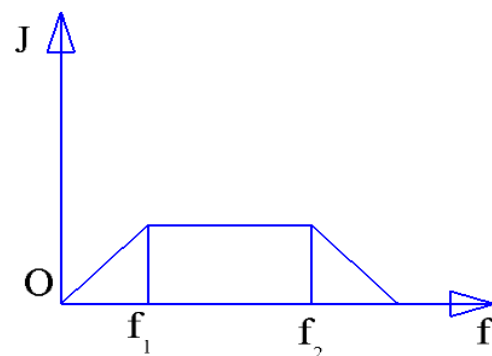


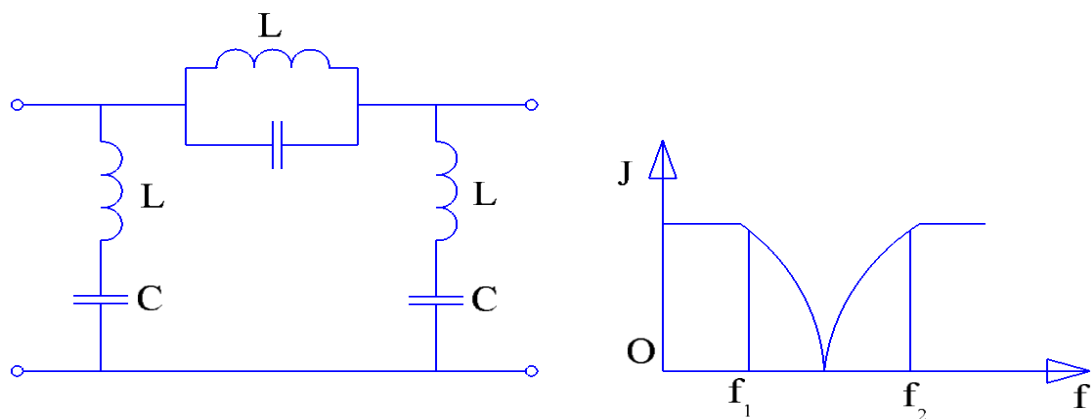
7.5-rasm. Parallel tebranish konturi.

Ko‘rsatib o‘tilgan LC tebranish konturlari asosan polosali (7.6-rasm) va to‘suqchi (7.7-rasm) filtrlarda qo‘llaniladi.



7.6-rasm. Polosali filtr.





7.7-rasm. To'suvchi filtr.

LC dan tuzilgan ketma-ket zanjir rezonansli va unga qo'shni bo'lgan chastotalar uchun kichik qarshilikka ega, shuning uchun u ma'lum polosadagi hamda unga yaqin bo'lgan chastotalarni yahshi o'tkazadi, lekin boshqalarni ushlab qoladi. LC dan tuzilgan parallel zanjir esa rezonansga moslashtirilgan va unga yaqin chastotalarga katta qarshilik hosil qiladi. Shuning uchun u iste'molchini rezonansga yaqin bo'lgan barcha chastotalardan tashqari chastotalardan shuntlaydi, yani ular o'zi orqali o'tkazib yuboradi.

Tusuvchi filtrlar ma'lum chastotali polosani ushlab qolishi lozim. Shuning uchun ketma-ket hamda parallel zanjirlarni o'rni almashtiriladi.

LC dan iborat parallel zanjirlar rezonansi yaqin polosali chastotalarni amalda o'tkazmaydi, shu bilan birgalikda boshqa chastotalarga qarshilik ko'rsatmaydi.

LC dan tuzilgan ketma-ket zanjir, unga qarama-qarshi rezonansli va unga yaqin chastotalarni o'zidan o'tkazib yuborib iste'molchini shuntlaydi, yani ular uchun katta qarshilik ko'rsatadi.

Ushbu filtrlarni o'tkazib yuborish karakteristikalari chizmalarda filtrlar bilan yonma-yon berilgan. Ordinata bo'yicha iste'molchilardagi tok ko'rsatilgan.

To'g'rilangan kuchlanishdagi pulsasiyalar qiymatini kamaytirish, ya'ni tekislash uchun filtr qo'llanadi. Chunki to'g'rilangan kuchlanishdagi pulsasiyalarning mavjudligi o'zgarmas tok istemolchilarning ishlashini yomonlashtiradi. Shuning uchun pulsasiya qiymat jihatidan kamaytirilishi kerak. To'g'rilangan kuchlanishdagi pulsasiya uning to'g'rilangan qiymati q bilan baholanadi. Pulsasiya koeffitsientininig ruxsat etilgan qiymati istemolchi xiliga bog'liq bo'ladi. Masalan, radiotexnik

qurilmalarni ozuqalantiruvchi to'g'rilagichlar uchun pulsasiya koeffitsientining ruxsat etilgan qiymati $q=0,1 - 0,003\%$ bo'lishi kerak.

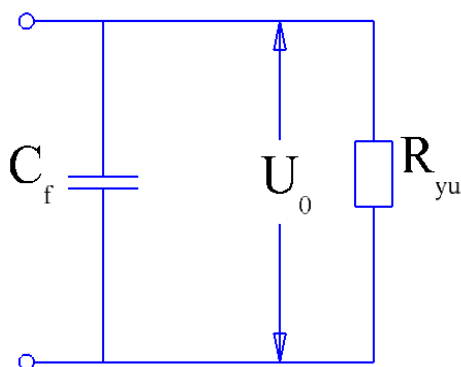
To'g'rilagich chiqishidagi pulsasiya koeffitsientining filtr chiqishidagi pulsasiya koeffitsientiga nisbati filtrning tekislash koeffitsienti deyiladi.

$$S = \frac{q}{q_1} = \frac{U_{a,r}}{U_{a',r}} \quad (7.2)$$

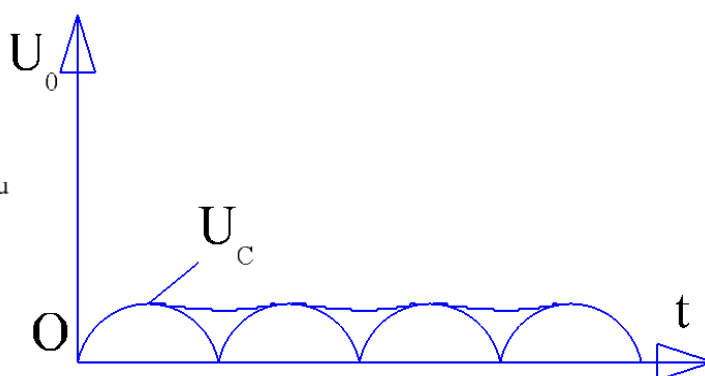
Sig'imli filtr (7.8-rasm) iste'molchiga parallel ulanadi. Filtr uchun olinadigan kondensator sig'imi shunday bo'lishi kerakki, uning asosiy garmonikadagi qarshiligi X_{Sf} yuklama qarshiligi R_{yu} dan juda kichik bo'lishi kerak, ya'ni,

$$X_{Cf} = \frac{1}{\omega_{a,r} \cdot C_f} \ll R_{yu}$$

chunki shunday nisbat bo'lgandagina iste'molchida hosil bo'ladigan tokning o'zgaruvchi tashkil etuvchisi hosil qilgan kuchlanishning pasayishi kichik qiymatga ega bo'ladi.



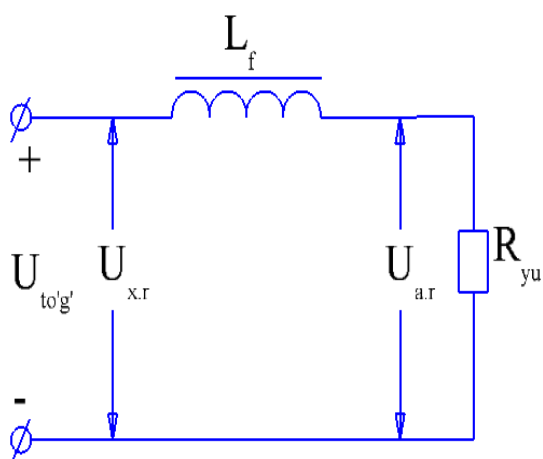
7.8-rasm. Sig'im filtri.



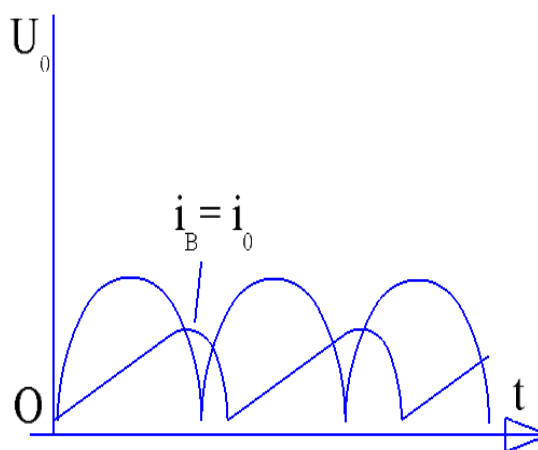
7.9-rasm. Sig'im filtridagi kuchlanish grafiqi.

Sig'im filtrli to'g'rilagich chiqishidagi kuchlanish ko'rinishi 7.9-rasmda tasvirlangan bo'lib ko'rinadiki, to'g'rilagich chiqishidagi pulsatsiyalanuvchi kuchlanish ta'sirida sig'im dioddan o'tadigan tok bilan zaryadlanib, iste'molchi orqali zaryadsizlanadi. Shu sababli, iste'molchidagi to'g'rilangan kuchlanish ancha tekislangan bo'ladi.

Induktiv filtrda (7.10-rasm) induktiv g'altak iste'molchi bilan ketma-ket ulanadi. Uning qarshiligi o'zgaruvchan tokka nisbatan katta bo'lganligi uchun tokning iste'molchida o'zgaruvchi tashkil etuvchisidan hosil bo'ladigan kuchlanish pasayishi juda kichik bo'ladi (7.11-rasm).



7.10-rasm. Induktiv filtr.



7.11-rasm. Induktiv filtridagi tok grafigi.

Induktiv filtrli to'g'rilagichda iste'molchi qarshiligi bilan induktiv qarshilik quyidagi nisbatda bo'lishlari kerak

$$X_{L_f} = \omega L_f \gg R_{yu} \quad (7.3)$$

amalda $\omega L_f = 2\pi f L_f \geq 10R_{yu}$ bo'ladi.

Induktiv filtrning tekislash koeffitsienti

$$S = \frac{q}{q_1} = \frac{U_{a.r}}{U_{a'r}} = \frac{\sqrt{(\omega_{a.r} \cdot L_f)^2 + R_{yu}^2}}{R_{yu}} \quad (7.4)$$

agar $\omega_{a.r} L_f \gg R_{yu}$ hisobga olinsa, u holda

$$S = \frac{\omega_{a.r}}{R_{yu}} = \frac{2\pi f \cdot L_f}{R_{yu}} \quad (7.5)$$

Bu ifodadan ko'rinadiki, iste'molchi qarshiligi R_{yu} qancha kichik bo'lsa, tekislash koeffitsienti shuncha katta bo'lar ekan. Shuning uchun induktiv filtr nisbatan katta tokli to'g'rilagichlarda qo'llanadi.

Tekislash koeffitsientining qiymatlarini oshirish kerak bo'lsa, LC yoki RC filtrlar qo'llanadilar. Ularning tekislash koeffitsientlari

$$S = \omega_{a.r}^2 L_f \cdot C_f - 1; \quad S = \omega_{a.r} R_f \cdot C_f \cdot \frac{R_{yu}}{R_{yu} \cdot R_f} \quad (7.6)$$

Filtrlarda katta sig'imga (20-100 mkF) ega bo'lgan elektrolit kondensatorlar qo'llanadilar. RC-filtrlarda R_f qiymati 0,2-0,3 R_{yu} oralig'ida olinadi.

8. INVERTORLAR VA STABILIZATORLAR

8.1. Invertorlar xaqida umumiy ma'lumotlar.

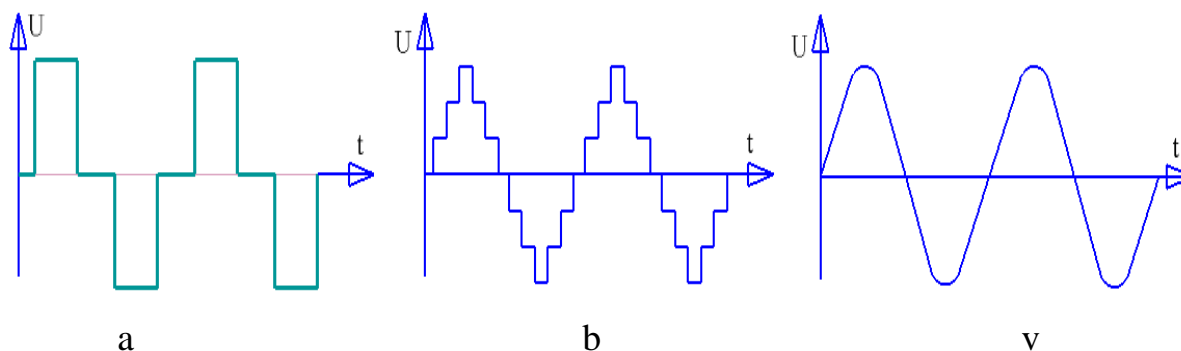
Invertor to'g'rilagichga teskari qurilma bo'lib, o'zgarmas elektr tokini o'zgaruvchan elektr tokiga aylantiradi. Bunda o'zgaruvchan elektr toki sinusoidal, yoki boshqa ko'rinishda bo'lishi mumkin. Amalda asosan 50 Gs chastotali sinusoidal o'zgaruvchan tok hosil qiluvchi invertorlar keng ishlatiladi.

Invertorlar aloxida qurilma sifatida yoki muqobil energiya manbalarining tarkibiy qismi sifatida ishlatilishi mumkin. Masalan, quyosh panellaridan foydalanganimizda, paneldan chiqqan 12 V kuchlanishli o'zgarmas elektr toki invertorda 220 V kuchlanishli sinusoidal o'zgaruvchan tokka aylantirib beradi. Yoki, 12 V kuchlanishli oddiy akkumulyator orqali 220 V kuchlanishda ishlovchi yoritish lampasini yoqish kerak bo'lsin. Albatta u 12 V kuchlanishda yonmaydi, bu kuchlanishni 220 V o'zgaruvchan tokkka aylantirib keyin lampaga ulanadi 8-rasm.

Invertorlar dastlab elektr qurilmalarini zahira tok manbalari bilan (akkumulyatorlar orqali) ta'minlash maqsadlarida ishlatilgan bo'lsa, muqobil energiya manbalarining taraqqiyoti ularni keng iste'molga olib kirdi. Ayniqsa quyosh energiyasidan foydalanishda invertorning o'rni va ahamiyati juda muxim.

Bugungi kunda yuzlab Amper tok kuchida ishlovchi yarim o'tkazgichli elektron qurilmalar katta quvvatli invertorlarni yaratish imkoniyatlarini bermoqda va ular quyosh elektr stansiyalarida ishlatilmoqda.

Invertorning tuzilishi va ishlash prinsipi bugungi kun raqamli texnikasi nuqtai-nazaridan juda sodda. Buning uchun dastlab o'zgarmas tokdan ma'lum chastotada to'g'ri burchakli kuchlanish impulslari kesib olinadi.



8.1-rasm. Invertorda sinusoidal kuchlanishning hosil bo'lishi.

Keyin bu impulslar ma'lum qonuniyat bilan tegishli invertorlash sxemasidan o'tkaziladi va musbat hamda manfiy impulslar hosil bo'ladi (8.1 a - rasm). Maxsus differensial qurilmalar orqali bu to'g'ri burchakli impulslar pog'onasmin ko'rinishda o'sib boruvchi impulslar ketma-ketligiga aylantiriladi (8.1 b-rasm). Diqqerensiallash qadamining aniqligi impulsni sinusoidal (8.1v-rasm) formaga yaqinligini belgilaydi. Amalda invertorlar aynan hosil bo'lgan kuchlanishining sinusoidaga qanchalik yaqinligi bilan baholanadi.

Invertorlarning quyidagi turlari sanoatda keng ishlab chiqariladi:

Invertor 12V 1000Vt TS-1000-212;

Invertor 12V 1500Vt TN-1500-212V;

Invertor 12V 3000Vt TN-3000-212B;

Invertor 24V 3000Vt TN-3000-224B;

Invertor 48V 3000Vt TN-3000-248B,

Bunda 12V, 24V, 48V ivertor kirishidagi o'zgarmas kuchlanish, keyingi raqamlar invertorning quvvatini va ishlab chiqarilish shartli belgilarini bildiradi.

8.2. Invertorlarning tuzilishi va ishlash prinsipi.

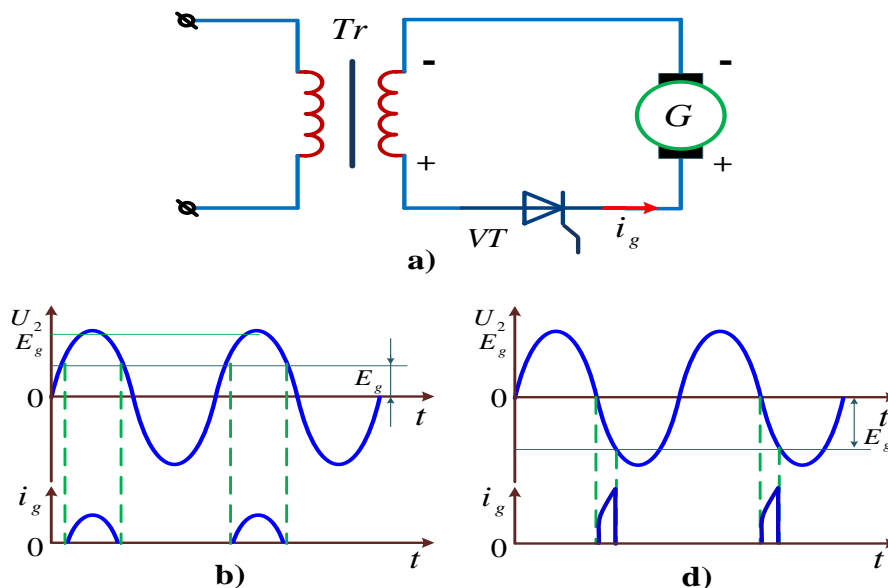
Ko'pincha, o'zgarmas tokni o'zgaruvchan tokka aylantirish talab etiladi. O'zgarmas tokni o'zgaruvchan tokka aylantirib beruvchi qurilma *invertor* deb ataladi.

Invertorlar o'zgarmas tok zanjiridagi energiyani o'zgaruvchan tok zanjiriga uzatishi mumkin. Bunda invertorning ishi manbaning o'zgaruvchan kuchlanishi bilan belgilanadi. Invertor esa manbaga bog'langan deyiladi. Agar invertor iste'molchini manba bilan bog'lanmagan holda energiya bilan ta'minlasa, u *avtonom invertor* deyiladi.

Invertorlash jarayoni to'g'rilash jarayoniga teskaridir. Shu bois invertorlash jarayonini boshqariladigan yarim davrli to'g'rilagich misolida ko'rib chiqish mumkin (8.2-rasm). O'zgarmas tok generatori (G) transformatorning (Tr) ikkilamchi cho'lg'ami bilan tiristor (VT) orqali bog'langan.

Transformatorning ikkilamchi cho'lg'amidagi kuchlanish sinusoidal qonun bo'yicha o'zgaradi. Tiristor faqat $|U_2| > |E_g|$ bo'lgandagina ishlaydi. Bunda tok

transformatorning ikkilamchi cho'lg'amidan generatorga oqib o'tadi. Bu esa to'g'rilash rejimiga mos keladi (8.2 a - rasm).



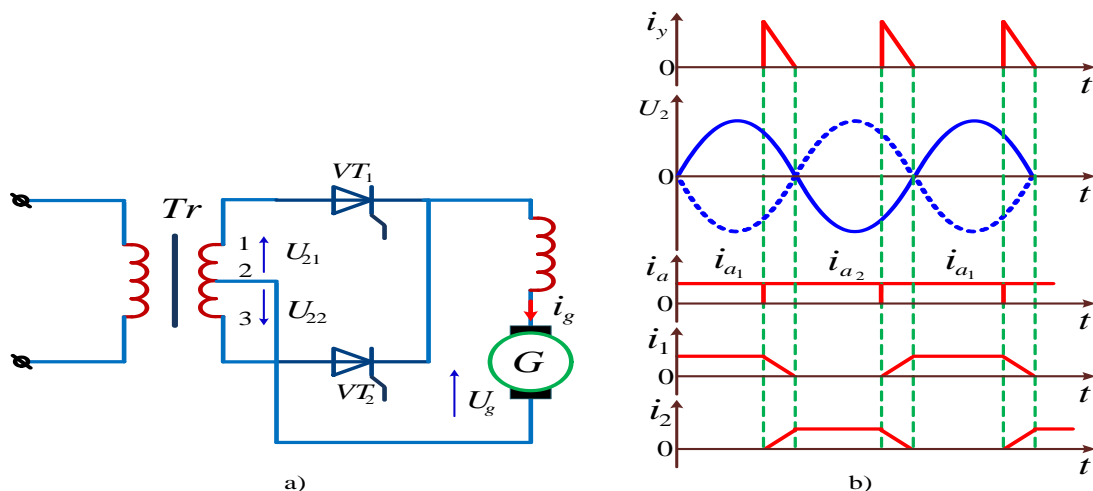
8.2-rasm. Boshqariladigan yarim davrli to'g'rilagich misolida invertorlash.

Agar generator EYuK ning qutblarini o'zaro almashtirsak va tiristorning boshqarish burchagini $\alpha > 180^\circ$ qilsak, tok generatordan transformatorga oqib o'tadi. Mazkur tok faza jihatdan transformatorning ikkilamchi cho'lg'amidagi kuchlanish bilan mos tushadi. Sxema invertor rejimida ishlaydi (8.2 b,d - rasmlar). Bunda $E_g > U_2$.

Demak, o'zgartirgich to'g'rilash rejimidan invertorlash rejimiga o'tishi uchun, birinchidan genartor EYuK ning yo'nalishini o'zgartirish va $E_g > U_2$ bo'lishini ta'minlash, ikkinchidan, tiristorni boshqaruv burchagi α ni 180° dan katta qilib olish kerak.

Manba bilan bog'langan invertorning ishlashini bir fazali invertor misolida ko'rib chiqamiz (8.3-rasm). Transformatorning ikkilamchi cho'lg'amiga ikkita tiristor (VT_1 va VT_2) va generator (G) ulangan. Tiristor VT_1 ochiq bo'lib, U_{21} kuchlanish manfiy qiymatga ega bo'lsa, tok transformatorning 1-2 uchlariga musbat potensialga ega bo'lgan uchidan kirib keladi. Bunda energiya generatordan o'zgaruvchan tok manbaiga uzatiladi. Invertor uchun chiqish kuchlanishi bo'lmish U_g tiristor VT_1

yopilmagunicha U_{21} ning o'zgarish qonuni bo'yicha o'zgaradi. Keyingi yarim davr ichida transformatorning 2-3 uchlarida manfiy ishorali U_{22} kuchlanish bo'ladi. Tok tiristor VT_2 dan o'tib, transformator 2-3 cho'lg'amining oxiridan bosh uchiga oqib o'tadi. Bunda energiya yana genartordan manbaga uzatiladi.



8.3-rasm. Bir fazali inverter.

Tiristor VT_1 ga ikkilamchi cho'lg'amning to'liq kuchlanishi berilgan bo'lib, mazkur kuchlanish TV_1 uchun teskaridir. Bunda tiristor VT_1 yopiladi.

O'zgartirgich inverter rejimida ishlaganida ochilishni ilgarilatish burchagi degan tushuncha kiritiladi. Bu burchak β bilan belgilanadi ($\beta = \pi - \alpha$). Har bir tiristorning ochilish burchagi U_{21} va U_{22} kuchlanishlar nolga teng bo'lgan lahzadan boshlab β burchagi chapga siljiydi. Bunda bir tiristor berkilganida ikkinchisining bir zumda ochilishi ta'minlanadi.

Shuning xisobiga transformator cho'lg'amlaridagi tok uzluksizdir. Tiristorlarning normal ishlashi uchun $\beta > \gamma + t_{o'ch}$ shart bajarilishi kerak. Bu yerda γ -tiristorning kommutatsiya burchagi, $t_{o'ch}$ -tiristor yopilish xossalari qayta tiklanish vaqti.

Inverter kuchlanishining o'rtacha qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$U_{H\beta} = \frac{1}{\pi} \int_{-\beta}^{\beta} \sqrt{2} U_2 \sin \omega t d\omega t = -U_{H0} \cos \beta$$

bu yerda $U_{H0} = 0,9U_2 - \beta = 0$ bo'lgandagi kuchlanishning o'rtacha qiymati.

β ni α orqali ifodalasak:

$$U_{H\beta} = -U_{Ho} \cos(\pi - \alpha) = U_{Ho} \cos \alpha = U_{Ha}$$

Kuchlanishning o`rtacha qiymati to`g`rilagichniki kabi aniqlanadi:

$\alpha > \frac{\pi}{2}$ bo`lganda o`zgartirgich invertor rejimida ishlaydi.

$\alpha < \frac{\pi}{2}$ bo`lganda o`zgartirgich to`g`rilash rejimida ishlaydi.

$\alpha = \frac{\pi}{2}$ bo`lganda, o`zgartirgich faqat reaktiv quvvat ishlab chiqaradi ($U_{Ha} = 0$)

Ikkita bir xil tiristorli o`zgartirgichlarning ochilish burchaklarini rostlash orqali ulardan birini to`g`rilagich, ikkinchisini esa invertor sifatida ishlatsa bo`ladi. O`zgarmas tok elektr uzatish liniyalarida (EUL) to`g`rilagich sifatida ishlovchi tiristorli o`zgartirgichlar o`rnatiladi. Ular uch fazali o`zgaruvchan tokni pulsatsiyalanuvchi o`zgarmas tokka aylantirib beradi. EUL orqali o`zgarmas tok uzatiladi. Liniyaning oxirida invertor rejimida ishlovchi tiristorli o`zgartirgich o`rnatiladi. U pulsatsiyalanuvchi o`zgarmas tokni uch fazali o`zgaruvchan tokka aylantiradi. Bunda to`g`rilagich ham invertor ham bir xil tiristorlarga ega bo`lib, seksiyalardan yig`iladi.

Tiristorli o`zgartirgichlar o`zgarmas tok dvigatellarining tezligini boshqarish va aylanish yo`nalishini o`zgartirishda keng qo`llanadi.

8.3. Parametrik stabilizatorlar.

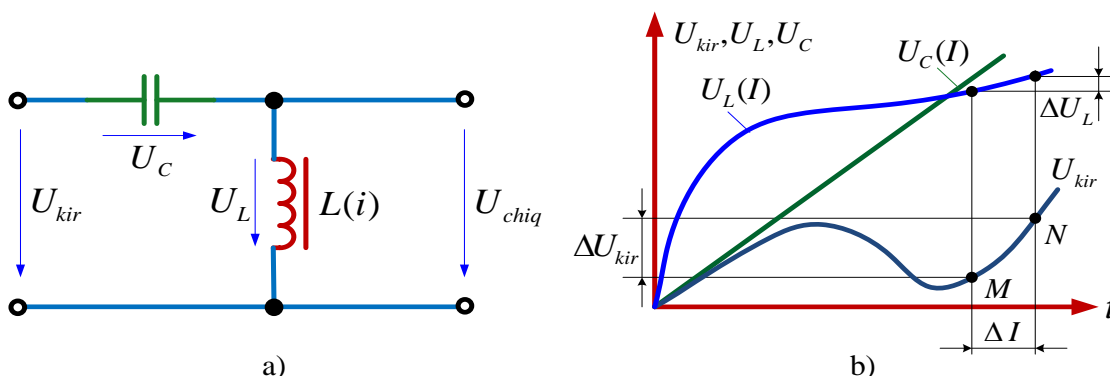
Zamonaviy elektr va radiotexnik qurilmalarning pishiqligi, tejamlilik va uzoq muddat ishlay olishi ko`p jihatdan ularga berilayoggan kuchlanishning stabilligiga bog`liq. Masalan, katta quvvatli radiolampalarni qizdirishga beriladigan kuchlanishning qiymati 1% ga ortsa, ularning xizmat muddati 15% ga, oddiy cho`g`lanma lampaga beriladigan kuchlanishni 10% dan ziyodroq orttirilsa, xizmat muddati 4 marta kamayadi. Kuchlanishning past bo`lishi ham nomaqbul bo`lib, qurilma normal ish rejiminng buzilishiga sabab bo`ladi.

Shu tufayli kam quvvatli manbalardan foydalanilganda, shuningdek, tarmoqqa katta quvvat ulanganda, iste`molchini stabil kuchlanish bilan ta`minlash maqsadida manba bilan iste`molchining o`rtasiga ulanadigan kuchlanish stabilizatorlaridan foydalaniladi. Kuchlanish stabilizatorining quvvati vattning kichik ulushlaridan to yuzlab kilovattgacha bo`lib, stabillash aniqligi mingdan birgacha boradi. Masalan,

zamonaviy elektr o'lchov asboblarning ayrim qismlarini stabil kuchlanish bilan ta'minlash uchun kuchlanishniig stabilash aniqligi o'lchov asboblarning aniqlik klassidan bir xona yuqori bo'lishi kerak.

Kuchlanishni stabilashga asosan parametrik va kompensatsiyalash usuli bilan erishiladi. Parametrik stabilizatorning ishlash prinsipi chiziqli va nochiziqli elementlarning ulanish sxemalarini tanlashdan va ularning xarakteristikalaridan foydalanishdan iborat. Bu elementlar parametrlarining o'zgarishining manba kuchlanishiga bog'liqligi shundayki, bunda stabilizatorning chiqish tomonidagi kuchlanishning o'zgarishi, uning kirish tomonidagi kuchlanishning o'zgarishidan birmunchakichik bo'ladi.

Endi parametrik stabilash prinsipini oddiy elektromagnitli (ferrezonansli) kuchlanish stabilizatori misolida ko'rib chiqaylik. Bunday zanjir ketma – ket ulangan kondensator C va nochiziqli induktivlik L dan iborat (8.4 a –rasm).



8.4-rasm. Parametrik kuchlanish stabilizatori.

Zanjirning volt-amper xarakteristikasidan ko'rinadiki (8.4 b –rasm) M va N nuqtalar orasidagi ish zonasida stabilizatorning kirish tomonidan kuchlanish va tokning bir qancha o'zgarishiga nochiziqli induktivlikdagi kuchlanishning ozgina o'zgarishi to'g'ri kelyapti. Kuchlanish stabilizatorining ishini belgilovchi asosiy ko'rsatkich uning kuchlanishi bo'yicha stabilash koeffitsientidir:

$$K_U = \frac{\Delta U_{kir}}{U_{kir}} \cdot \frac{\Delta U_{chiq}}{U_{chiq}} \quad (8.1)$$

Bu koeffitsient stabilizatorning kirish tomonidagi kuchlanishning o'zgarishi uning chiqish tomonidagi kuchlanishning o'zgarishidan necha marta kattaligini

ko'rsatadi. Oddiy ferrezonansli kuchlanish stabilizatori (FKS) da $K_U = 5 \dots 10$ bo'lib, konstruksiyasi murakkab FKS larda bir necha o'nlarini tashkil etadi. FKS ning afzalligiga birinchi navbatda uning ishlatishga qulayligi, puxtaligi, konstruksiyasining oddiyliigi va arzonligini kiritish mumkin. Bulardan tashqari, asosiy element tarzida to'yingan va to'yinmagan transformatorlarning qo'llanishi, stabilizatorning chiqish tomonidagi kuchlanishni, stabilizatorning o'zida hech qanday qo'shimcha material sarf qilmay va stabillash sifatini buzmay, istagan miqdorda o'zgartirish mumkin.

9. «ELEKTROTEXNIKA VA ELEKTRONIKA» FANIDAN **VIRTUAL LABORATORIYA ISHLARI**

9.1. “Elektrotexnika va elektronika” fanidan virtual laboratoriya ishlarini bajarishda «MS 14.0» dasturini qo'llash.

Zamonaviy komp'yuter texnologiyalari «Micro-Cap», «Pspice», «MATLAB», «Electronics Workbench», «Labview ingener», «Design Lab», «Multisim» kabi komp'yuterda sxemotexnik modellashtirish dasturlarini o'qitish jarayonida samarali qo'llash ta'lim sifatini keskin ko'tarishda muhim omildir.

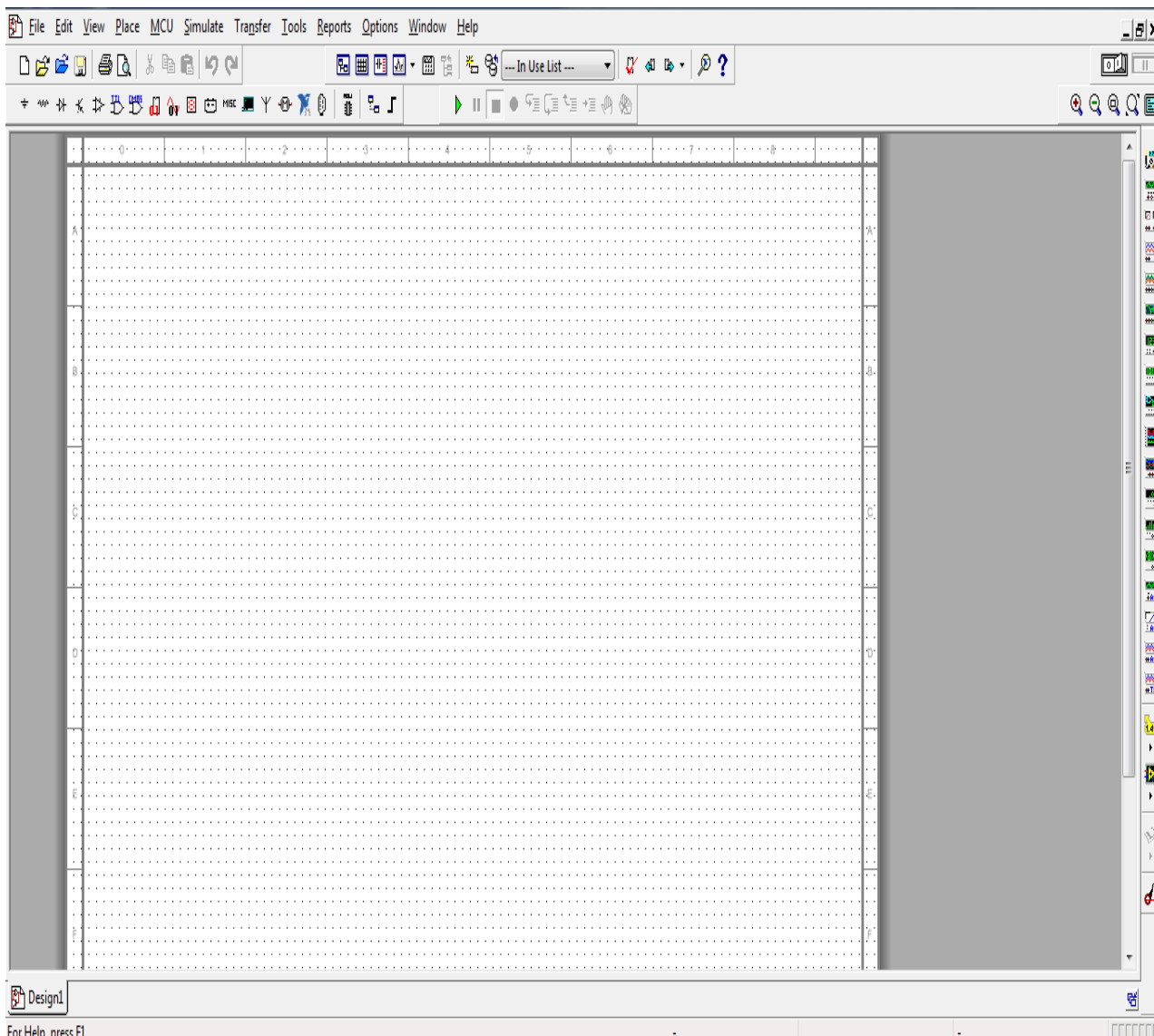
Mavjud dasturlar qatorida, «Multisim 14.0» («MS 14.0») dasturi elektr va elektron zanjirlarni virtual sxemotexnik modellashtirishga mo'ljallangan bo'lib, interfeysning oddiyliigi va intuitiv tushunarligi, elektr va elektron elementlar hamda o'lchov, nazorat va kuzatish asboblari bazasining keng diapazoni bilan yaqqol afzalliklarga egadir.

«Elektrotexnika va elektronika” fanini sifatli o'qitishda «MS 14.0» dasturini qo'llab, elektr zanjirlardagi turg'un va o'tkinchi jarayonlarni to'la tadqiq qilish mumkin. Dasturni qo'llab fanlarga oid tajriba ishlarini 486 va undan yuqori protsessorli shaxsiy komp'yuterda (noutbukda, planshetda, mobil telefonda va x.k.) turli sharoitlarda bajarish mumkin.

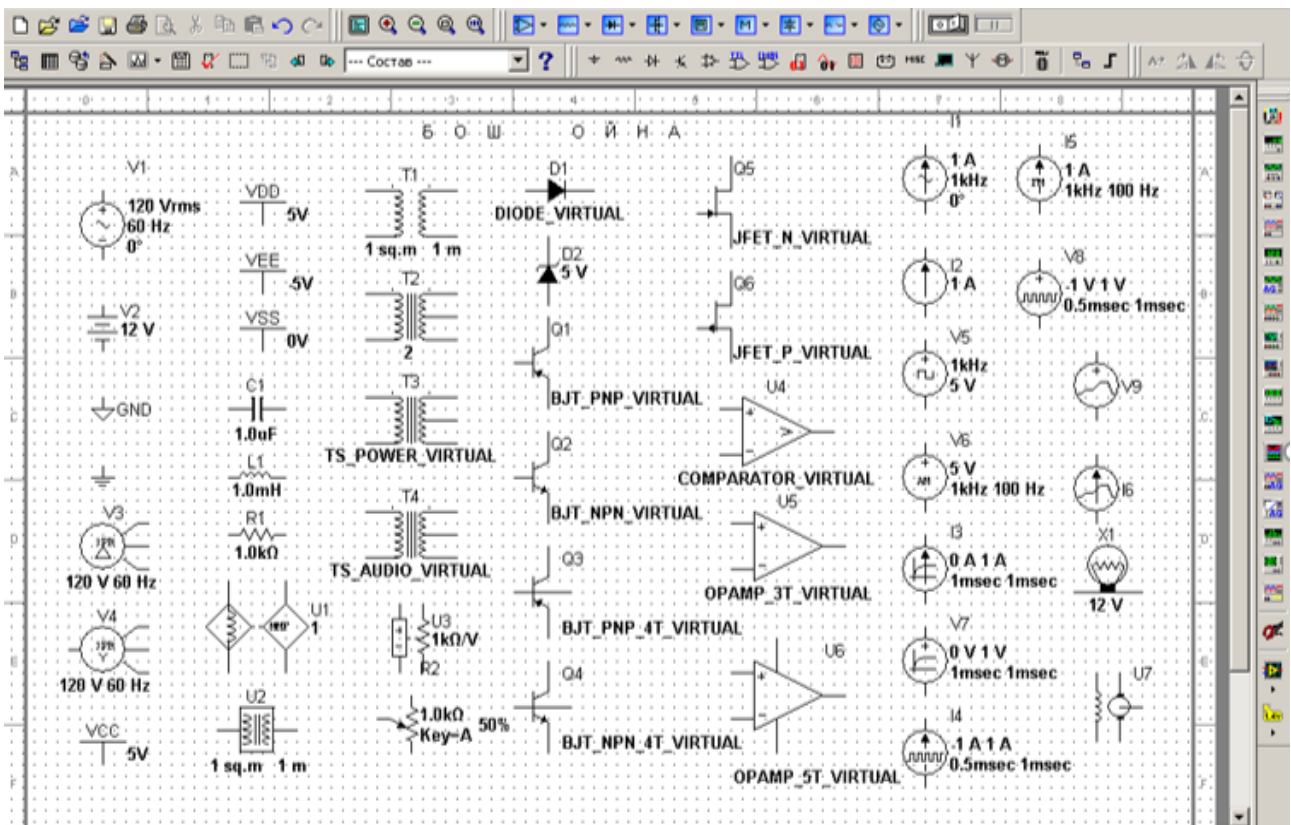
«MS 14.0» dasturi shartli belgilar–piktogrammlar bilan ifodalangan elektr zanjirlarining keng virtual elementlariga ega bo'lib, ularda real fizik elementlarning asosiy xususiyatlari mavjud bo'lganligi uchun haqiqiy virtual laboratoriya sifatida

qo'llanilishi mumkin. Komp'yuter monitorining ekranida virtual elementlardan virtual elektr sxemani yig'ib elektr o'lchov, nazorat va qurish asboblari ulash orqali elektr zanjirini to'liq taxlil etish, turg'un va o'tkinchi jarayonlarda o'rganish mumkin.

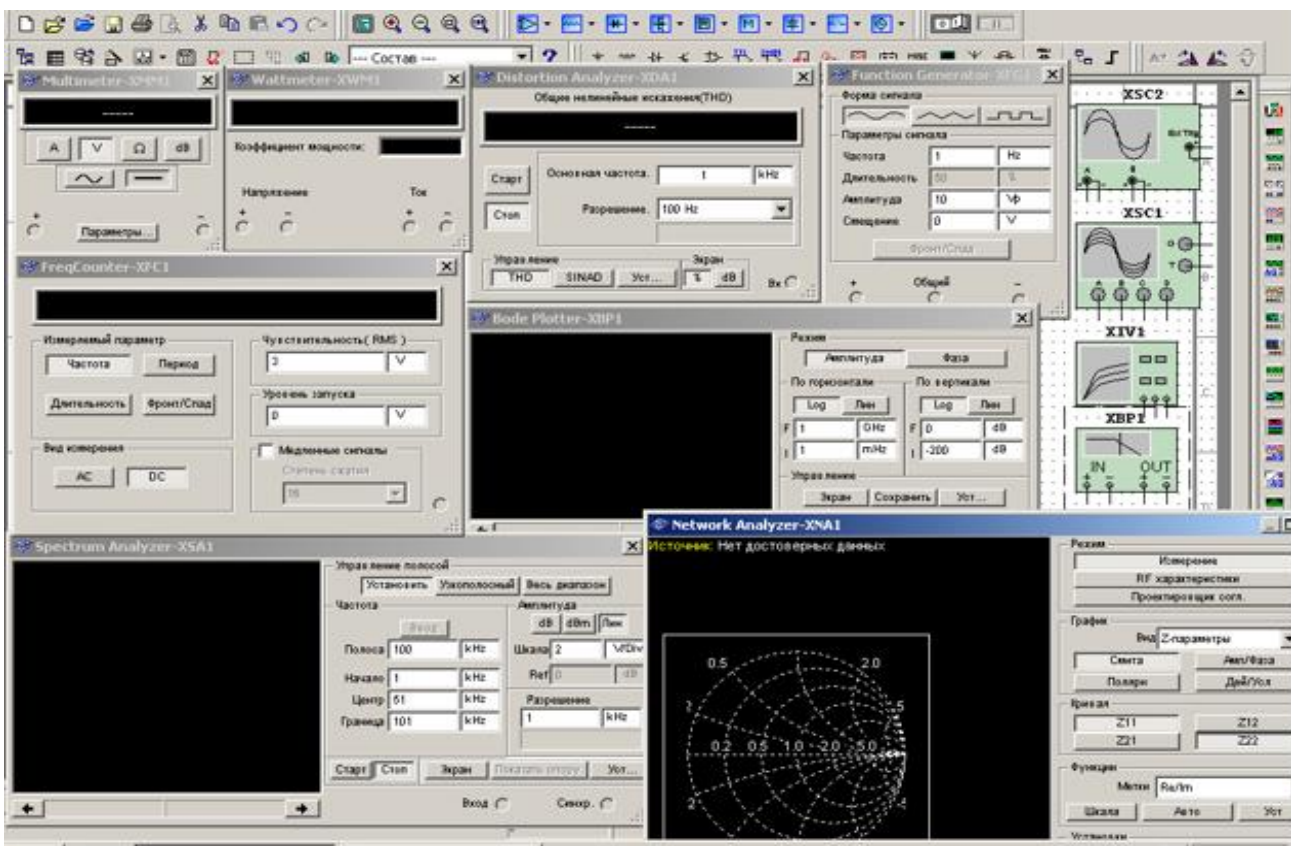
Kompyuterning monitorida «MS 14.0» dasturining «Bosh oynasi» ochiladi (9.1-rasm). «Bosh oyna»ning yuqorisida virtual elektr elementlarning (9.2-rasm) hamda elektr sxemani ulash, pauza va uzish kalitlari, o'ng tarafida nazorat-o'lchov, kuzatish va qurish virtual asboblari (9.3-rasm) bazasi joylashgan.



9.1-rasm. «MS 14.0» dasturining «Bosh oynasi».



9.2-rasm. «MS 14.0» dasturining virtual elektr va elektron elementlar bazasi.



9.3-rasm. «MS 14.0» dasturining virtual nazorat-o'lchash, kuzatish va qurish asboblari bazasi.

9.2. «Elektrotexnika va elektronika» fanidan virtual laboratoriya ishlarini bajarish tartibi

Virtual laboratoriya ishlarini bajarish tartibi quyidagicha:

-o'qituvchi talabalarga «MS 14.0» dasturi to'g'risida qisqacha nazariy va amaliy ma'lumotlar beradi;

-talaba kompyuterni elektr tarmog'iga ulab «MS 14.0» dasturining «Bosh oyna»siga kiradi (9.1-rasm) va virtual elektr elementlar bazasini (9.2-rasm), nazorat-o'lchash, kuzatish va qurish asboblarini (9.3-rasm) ajratib oladi hamda ularning ishlash jarayonlarini o'rganadi;

-o'qituvchining topshirig'i asosida talaba bajariladigan laboratoriya ishiga oid virtual elektr sxemani yig'adi va sxemaga nazorat-o'lchov, kuzatish va qurish virtual asboblarini ulaydi;

-o'qituvchi yig'ilgan elektr sxemani tekshirib bergandan so'ng, talaba ulash kalitini bosib sxemani ishga tushiradi;

-talaba virtual nazorat-o'lchov asboblari ko'rsatgan qiymatlarni hisobot jadvaliga yozadi hamda kuzatish va qurish virtual asboblaridagi diagrammalarni va tavsiflarni printerdan chiqarib oladi.

Virtual laboratoriya ishlarining hisoboti quyidagi tartibda topshiriladi:

-talabalar o'qituvchi yordamida laboratoriya ishi jadvalidagi hisoblashlarni to'ldiradi;

-talabalar jadvaldagi qiymatlar asosida diagrammalarni, tavsiflarni va grafiklarni quradi;

-o'qituvchi laboratoriya ishining hisobotini tekshirib chiqadi va aniqlangan kamchiliklarni talabalar to'g'rilaydi;

-talabalar nazorat savollariga javob bergan holda laboratoriya hisobotni o'qituvchiga topshiradi.

ELEKTROTEXNIKA

1-LABORATORIYA ISHI

O'ZGARMAS TOK ELEKTR ZANJIRLARINI TEKSHIRISH

1.1. Ishning maqsadi:

1. Elektr o'lchov asboblari yordamida elektr zanjir qismlaridagi toklarni va kuchlanishlarni bevosita o'lchash yo'li bilan Om qonuni va Kirxgoff qoidalarini tajribada tekshirish.

2. O'zgarmas tok elektr zanjirida aktiv qarshiliklarni ketma-ket, parallel va aralash ulashni va bu zanjirlarni hisoblash usullarini o'rganish.

1.2. Ishga oid nazariy tushunchalar

Talabalar laboratoriya ishiga oid nazariy tushunchalarni, **1.2. "Elektr energiya iste'molchilarining o'zgarmas tok manbaiga ulanish sxemalari"** mavzusidan, hamda asosiy va qo'shimcha adabiyotlardan o'zlashtiradi.

1.3. Ishni bajarish tartibi

O'qituvchining topshirig'iga binoan talaba laboratoriya ishini quyidagi tartibda bajaradi:

Kompyuter monitorida «MS 14.0» dasturining «Bosh oynasi»ni ochadi (1-rasm). «Bosh oyna»da joylashgan virtual elektr elementlar, kommutasiya qurilmalari (2-rasm) va virtual asboblari (3-rasm) bazasidan elektr zanjirning sxemasini yig'ishga kerakli elementlarni va asboblarni tanlab oladi.

1.4. O'zgarmas kuchlanish manbaiga aktiv qarshiliklar ketma-ket ulangan elektr zanjiri

1. O'zgarmas tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshiliklar ketma-ket ulangan (1.1-rasm) elektr zanjirining virtual sxemasini yig'adi hamda tok, kuchlanishlar, aktiv quvvat va quvvat koeffitsiyentining (X_{WM1}) qiymatlarini o'lchash uchun virtual o'lchov asboblari (X_{MM1} - X_{MM5} , X_{WM1}) ulaydi.

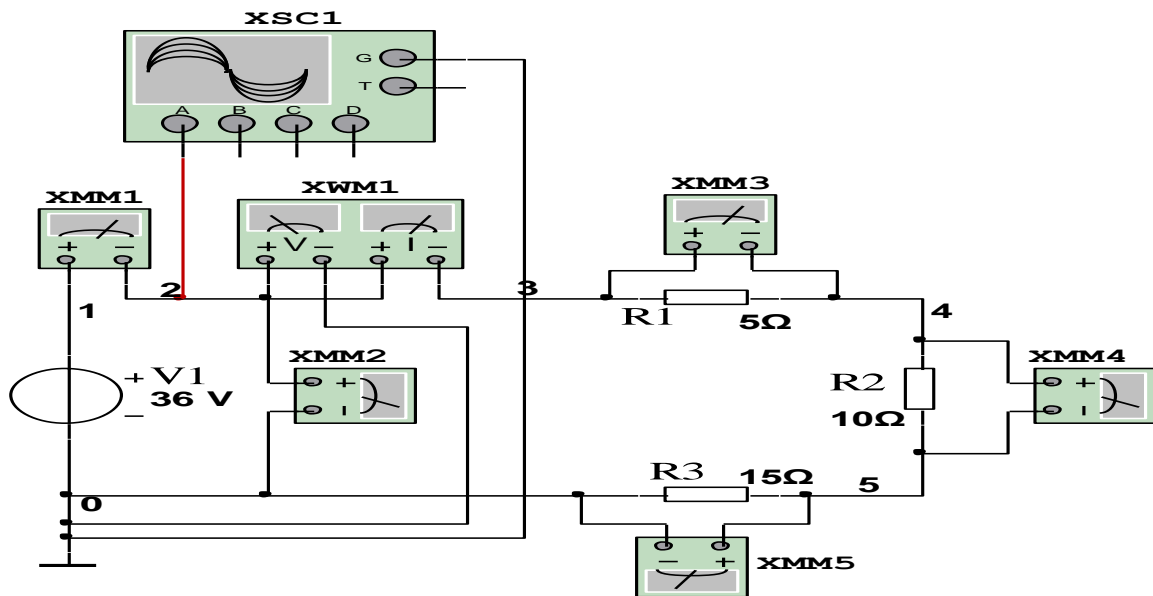
2. O'zgarmas tokli kuchlanishning ossillogrammasini kuzatish uchun ossillografni (X_{SC1}) ulaydi.

3. Virtual o'lchov asboblarning va oss'illografning shaklini kattalashtiradi.

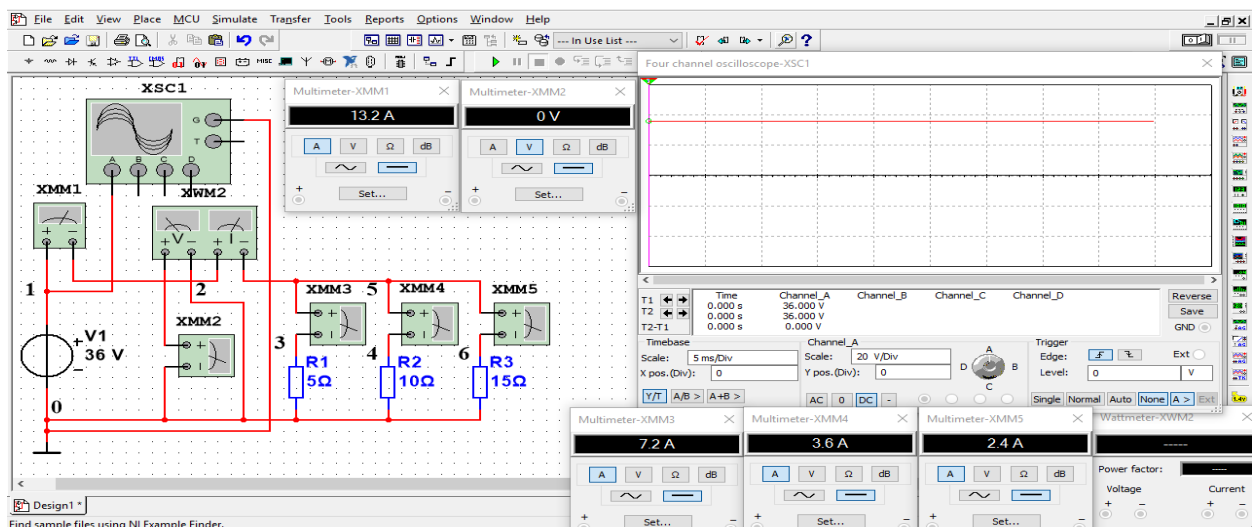
4. Ulash (1 raqami) tugmasini bosib virtual sxemani (1.2-rasm) ishga tushiradi va o'lchov asboblari ko'rsatgan tok, kuchlanishlar va quvvat qiymatlarni 1.1-jadvaldagi «O'lchashlar» qatoriga yozadi. So'ngra, «Hisoblashlar» qatorini to'ldirib Ohm qonunini va Kirxgoffning 2-qoidasini tekshiradi.

1.1-rasmda tasvirlangan virtual elektr zanjirida:

- O'zgarmas tokli kuchlanish manbai V1ning kuchlanishi 36 V.
- Aktiv qarshiliklar qiymatlari: $R_1=5\ \Omega$, $R_2=10\ \Omega$, $R_3=15\ \Omega$.



1.1-rasm. O'zgarmas tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshiliklar ketma-ket ulangan elektr zanjirning virtual sxemasi.



1.2-rasm . O'zgarmas tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshiliklar ketma-ket ulangan virtual elektr zanjirning modeli.

O'lchashlar							Hisoblashlar		
I	U	U ₁	U ₂	U ₃	P	cosφ	U ₁ +U ₂ +U ₃ =U	R _{ekv} =R ₁ +R ₂ +R ₃	I=U/R _{ekv}
A	B	B	B	B	Vt	-	B	Om	A

1.5. O'zgarmas kuchlanish manbaiga aktiv qarshiliklar parallel ulangan elektr zanjiri

1. O'zgarmas tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshiliklar parallel ulangan (1.3-rasm) elektr zanjirining virtual sxemasini yig'adi hamda kuchlanish, toklar, aktiv quvvat va quvvat koeffitsiyentining qiymatlarini o'lchash uchun virtual o'lchov asboblarini (XMM1-XMM5, XWM1) ulaydi.

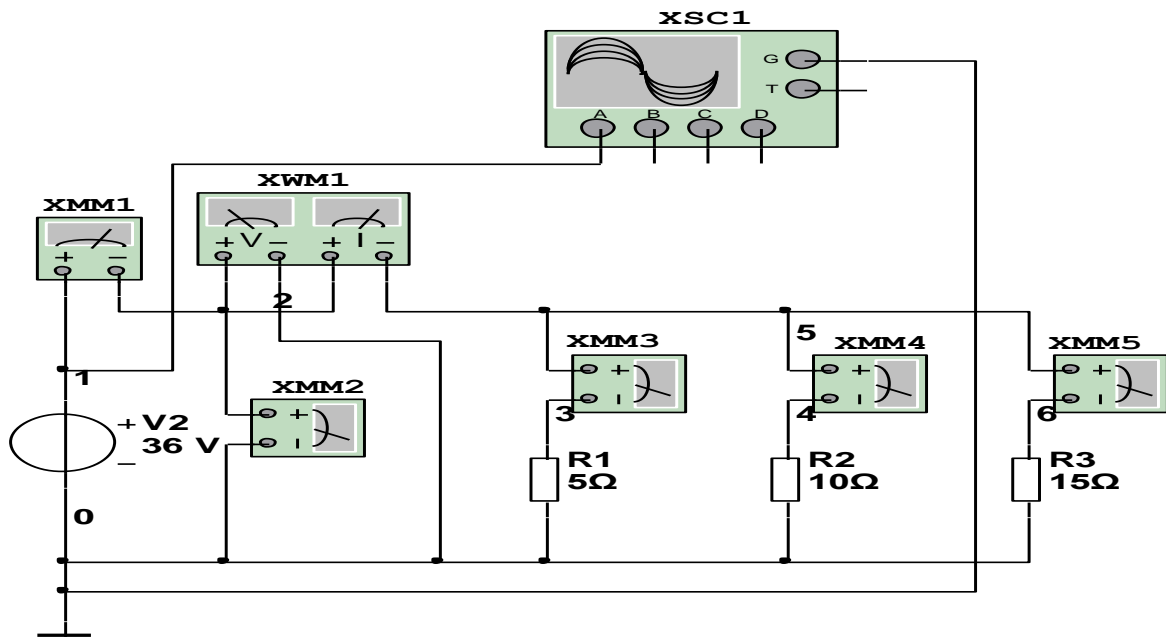
2. O'zgarmas tokli kuchlanishning ossillogrammasini kuzatish uchun oss'illografni (XSC1) ulaydi.

3. Kompyuter monitorida virtual o'lchov asboblarining va oss'illografning shaklini kattalashtiradi.

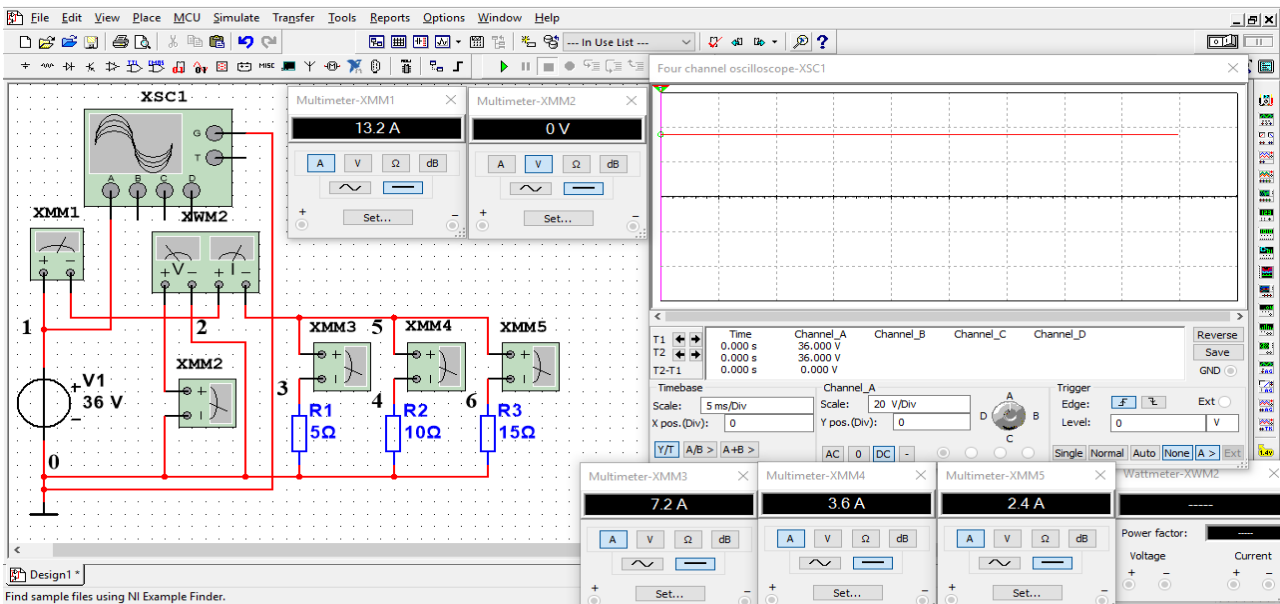
4. Ulash (1 raqami) tugmasini bosib virtual sxemani (1.4-rasm) ishga tushiradi va o'lchov asboblari ko'rsatgan kuchlanish va toklar qiymatlarni 1.2-jadvaldagi «O'lchashlar» qatoriga yozadi. So'ngra, «Hisoblashlar» qatorini to'ldirib Om qonunini va Kirxgoffning 1-qoidasini tekshiradi.

1.3-rasmda tasvirlangan virtual elektr zanjirida:

- O'zgarmas tokli kuchlanish manbai V2 ning kuchlanishi 36 V.
- Aktiv qarshiliklar qiymati: R₁=5 Om, R₂= 10 Om, R₃=15 Om.



1.3-rasm . O‘zgarmas tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshiliklar parallel ulangan elektr zanjirning virtual sxemasi.



1.4-rasm. O‘zgarmas tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshiliklar parallel ulangan virtual elektr zanjirning modeli.

1.2-jadval.

O‘lchashlar						Hisoblashlar		
U	I	I_1	I_2	I_3	P	$I_1 + I_2 + I_3 = I$	$g_{ekv} = g_1 + g_2 + g_3$	$I = U g_{ekv}$
B	A	A	A	A	Vt	A	1/Om	A

1.6. O'zgarmas kuchlanish manbaiga aktiv qarshiliklar aralash ulangan elektr zanjiri

1. O'zgarmas tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshiliklar aralash ulangan (1.5-rasm) elektr zanjirining virtual sxemasini yig'adi hamda kuchlanishlar, toklar, aktiv quvvat va quvvat koeffitsiyentining qiymatlarini o'lchash uchun virtual o'lchov asboblari (XMM1-XMM6, XWM1) ulaydi.

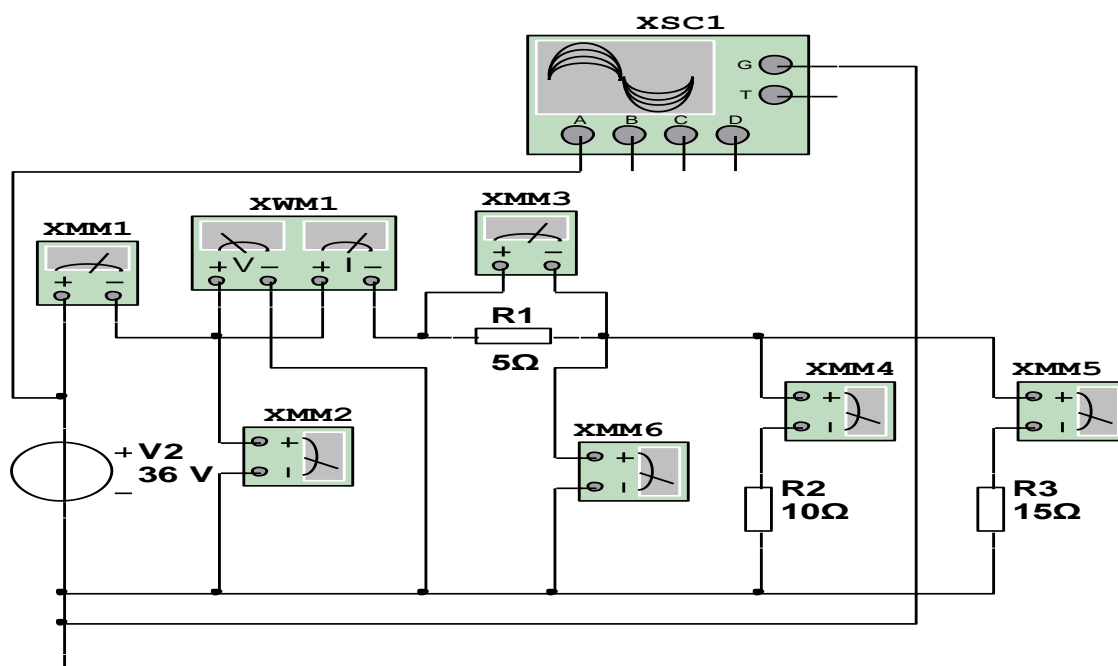
2. O'zgarmas tokli kuchlanishning ossillogrammasini kuzatish uchun oss'illografni (XSC1) ulaydi.

3. Kompyuter monitorida virtual o'lchov asboblarning va oss'illografning shaklini kattalashtiradi.

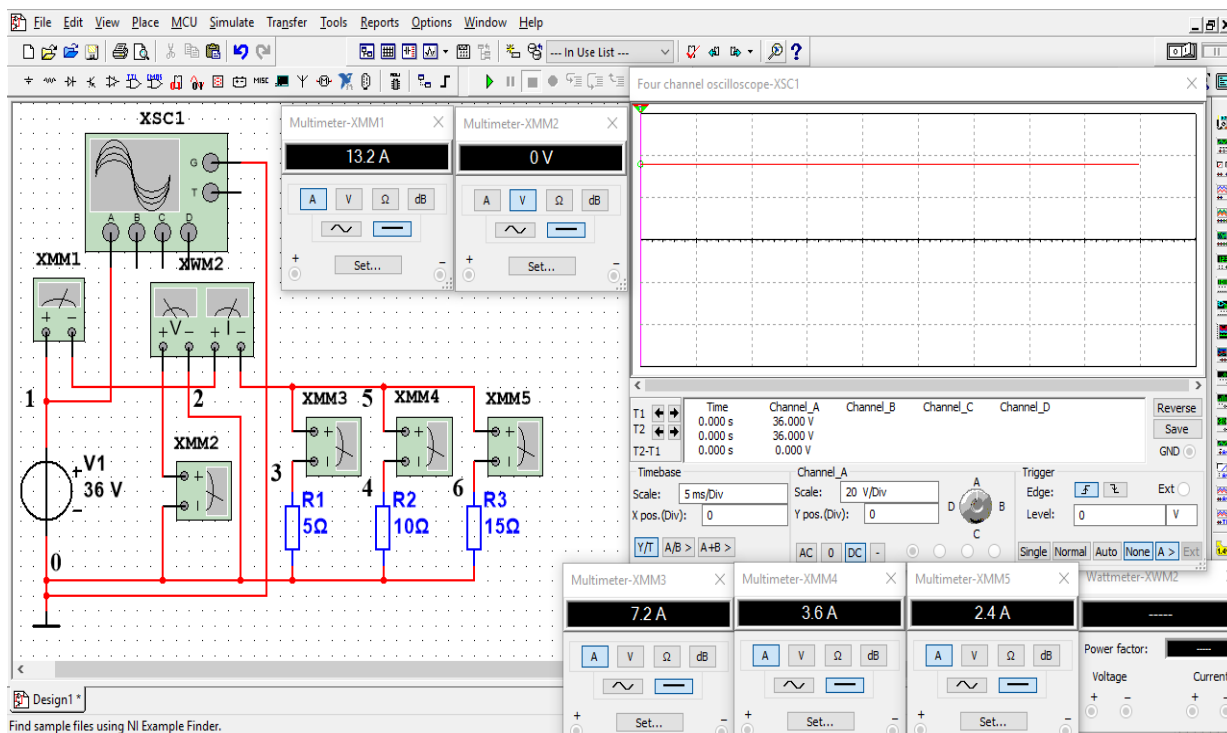
4. Ulash (1 raqami) tugmasini bosib virtual sxemani (1.6-rasm) ishga tushiradi va o'lchov asboblari ko'rsatgan kuchlanish va toklar qiymatlarni 1.3-jadvaldagi «O'lchashlar» qatoriga yozadi. So'ngra, «Hisoblashlar» qatorini to'ldirib Ohm qonunini va Kirxgoffning 1 va 2 qoidalarini tekshiradi.

1.5-rasmda tasvirlangan virtual elektr zanjirida:

- O'zgarmas tokli kuchlanish manbai V2 ning kuchlanishi 36 V.
- Aktiv qarshiliklar qiymati: $R_1=5\ \Omega$, $R_2=10\ \Omega$, $R_3=15\ \Omega$.



1.5-rasm. O'zgarmas tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshiliklar aralash ulangan elektr zanjirning virtual sxemasi.



1.6-rasm. O‘zgarmas tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshiliklar aralash ulangan virtual elektr zanjirning modeli.

1.3-jadval.

O‘lchashlar							Hisoblashlar			
U	U ₁	U ₂	I ₁	I ₂	I ₃	P	$I_2 + I_3 = I_1$	$U_1 + U_2 = U$	$R_{ekv} = R_1 + (R_2 R_3 / (R_2 + R_3))$	$I = U / R_{ekv}$
B	B	B	A	A	A	Vt	A	V	Om	A

Nazorat savollari

1. Om qonunining va Kirxgoff 1 va 2 qoidalarining ta’rifi qanday?
2. Tarmoqlanmagan va tarmoqlangan elektr zanjirlarini tushuntiring.
3. O‘zgarmas tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshiliklar ketma-ket, parallel va aralash ulangan elektr zanjirlarida Om qonuni va Kirxgoffning 1 va 2 qoidalari qanday yoziladi?
4. Elektr zanjirlarida qarshiliklar ketma-ket, parallel va aralash ulangan elektr zanjirlarida ekvivalent qarshilik qanday hisoblanadi?

2-LABORATORIYA ISHI

AKTIV QARSHILIKNI, INDUKTIV G'ALTAKNI VA SIG'IMNI O'ZGARUVCHAN TOKLI KUCHLANISHGA ULASH

2.1. Ishni bajarishdan maqsad:

1. Sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshilikni, induktiv g'altakni va sig'imni ayrim ulab elektr zanjirida Om qonunini o'rganish hamda tok va kuchlanish vektor diagrammalarini qurish.
2. Sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshilik, induktiv g'altak va sig'im ketma-ket ulangan elektr zanjirining parametrlarini hisoblash.
3. Tok va kuchlanishning tebranma harakat ossillogrammalarini kuzatish.

2.2. Ishga oid nazariy tushunchalar

Talabalar laboratoriya ishiga oid nazariy tushunchalarni, **2.1. Aktiv qarshilik, induktiv g'altak va kondensator ulangan o'zgaruvchan tok zanjirlari** mavzularidan hamda, asosiy va qo'shimcha adabiyotlardan o'zlashtiradi.

2.3. Ishni bajarish tartibi

O'qituvchining topshirigiga binoan talaba laboratoriya ishini quyidagi tartibda bajaradi: - Kompyuter monitorida «NI MS 10» dasturining «Bosh oynasi»ni ochadi (9.1-rasm).

2.4. Sinusoidal o'zgaruvchan kuchlanishga aktiv qarshilik ulangan elektr zanjiri

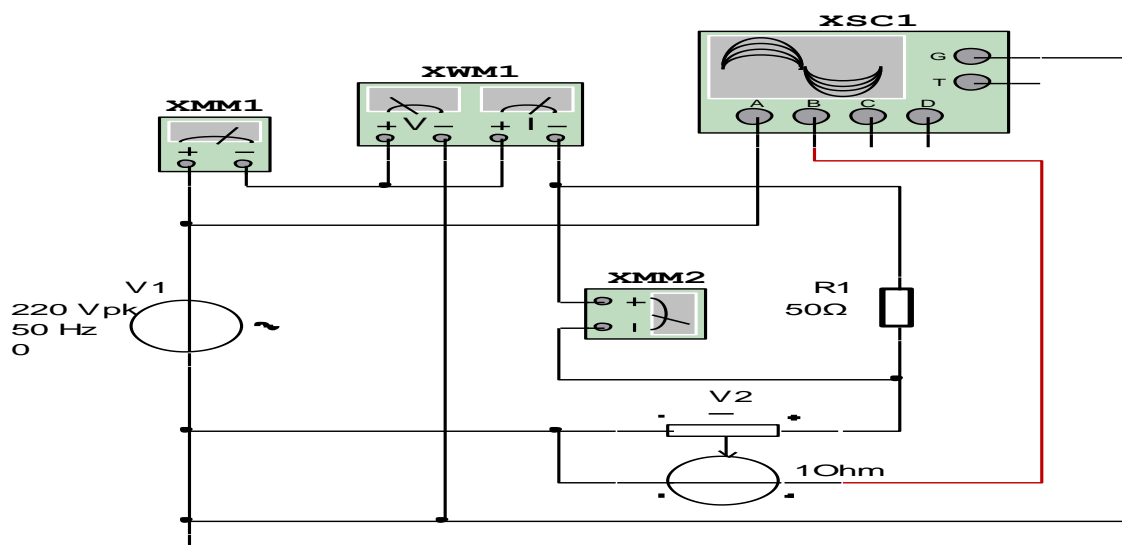
1. Sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshilik ulangan (2.1-rasm) elektr zanjirning virtual sxemasini yig'adi hamda tok, kuchlanish, aktiv quvvat va quvvat koeffitsiyentining qiymatlarini o'lchash uchun virtual o'lchov asboblari ulaydi.
2. Sinusoidal o'zgaruvchan kuchlanish va tok ossillogrammalarini kuzatish uchun oss'illografni ulaydi.
3. Virtual o'lchov asboblarning va oss'illografning shaklini kattalashtiradi.
4. Ulash (1 raqami) tugmasini bosib virtual sxemani (2.2-rasm) ishga tushiradi va o'lchov asboblari ko'rsatgan tok, kuchlanish va quvvat qiymatlarni 2.1-jadvaldagi

«O‘lchashlar» qatoriga yozadi. So‘ngra, «Hisoblashlar» qatorini to‘ldirib Om qonunini tekshiradi.

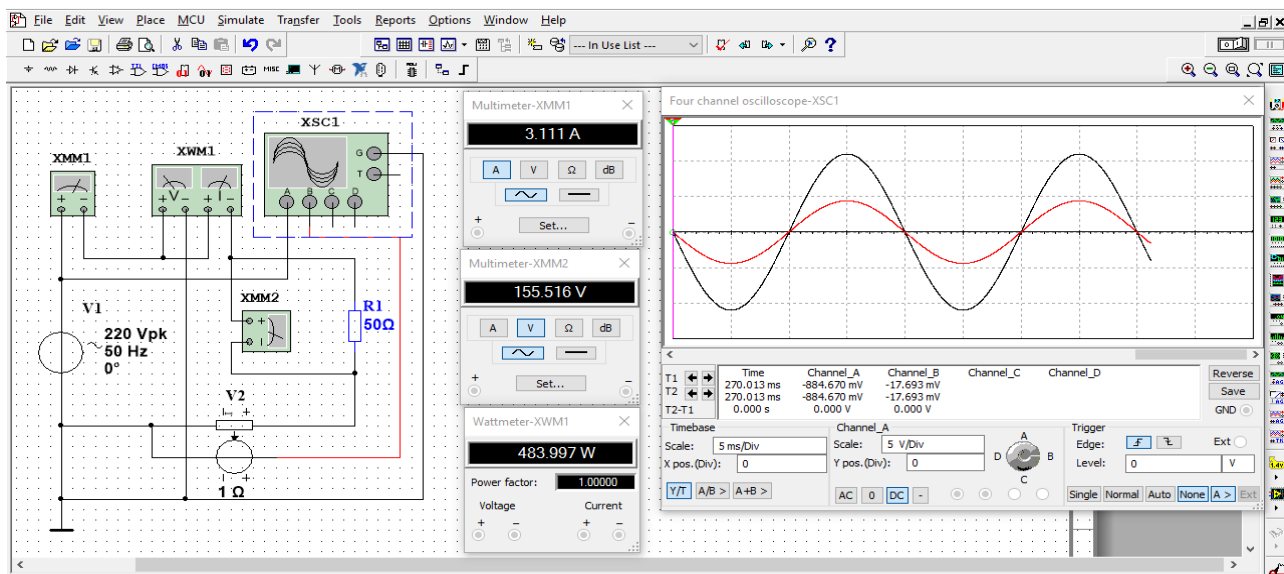
5. Tok va kuchlanishning tebranma harakat ossillogrammasini kuzatadi.

2.1-rasmda tasvirlangan virtual elektr zanjirida:

- Sinusoidal o‘zgaruvchan kuchlanish manbai V1 kuchlanishi 220 [V], chastotasi 50 /Hz/.
- Aktiv qarshilik qiymati: $R_1=50$ [Om].
- Tok datchigi V2 ichki qarshiligi 1 [Om].



2.1-rasm. Sinusoidal o‘zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshilik ulangan elektr zanjiri.



2.2-rasm. Sinusoidal o‘zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshilik ulangan virtual elektr zanjirning modeli.

2.5. Sinusoidal o'zgaruvchan kuchlanishga induktiv g'altak ulangan

elektr zanjiri

1. Sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga induktiv g'altak ulangan (2.3-rasm) elektr zanjirning virtual sxemasini yig'adi hamda tok, kuchlanish, aktiv quvvat va quvvat koeffitsiyentining qiymatlarini o'lchash uchun virtual o'lchov asboblari ulaydi.

2. Sinusoidal o'zgaruvchan kuchlanish va tok ossillogrammalarini kuzatish uchun ossillografni ulaydi.

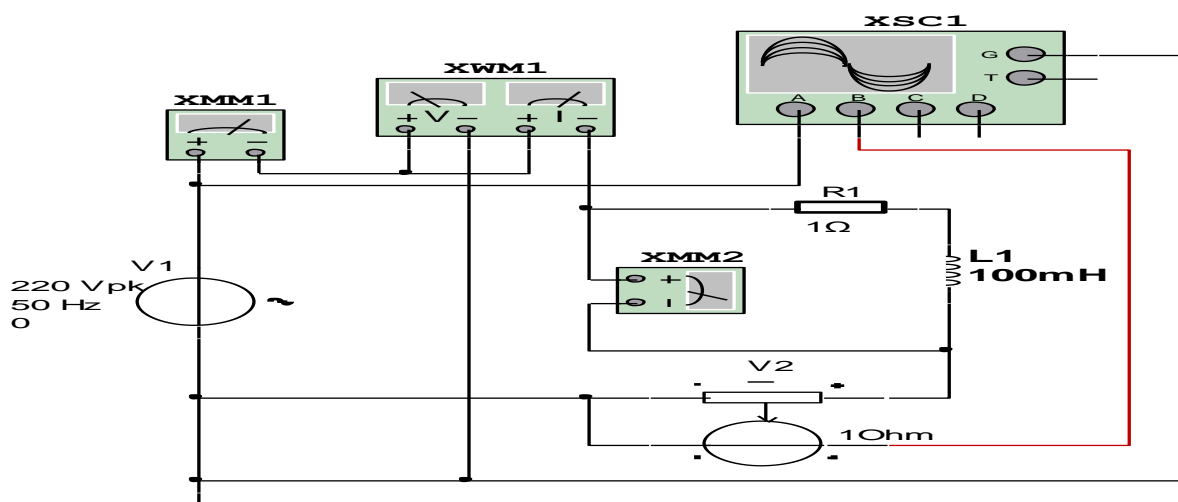
3. Virtual o'lchov asboblarning va ossillografning shaklini kattalashtiradi.

4. Ulash (1 raqami) tugmasini bosib virtual sxemani (2.4-rasm) ishga tushiradi va o'lchov asboblari ko'rsatgan tok, kuchlanish va quvvat qiymatlarni 2.1-jadvaldagi «O'lchashlar» qatoriga yozadi. So'ngra, «Hisoblashlar» qatorini to'ldirib, Ohm qonunini tekshiradi.

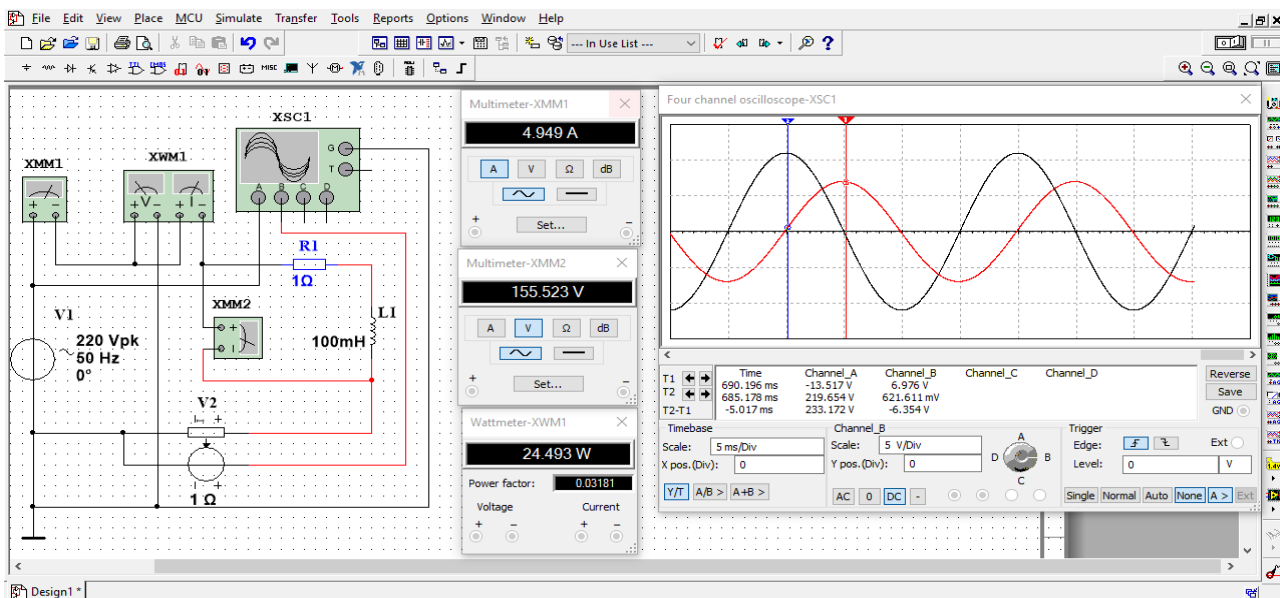
5. Tok va kuchlanishning tebranma harakat ossillogrammasini kuzatadi.

2.3-rasmda tasvirlangan virtual elektr zanjirida:

- Sinusoidal o'zgaruvchan kuchlanish manbai V1 kuchlanishi 220 [V], chastotasi 50 /Hz /.
- Induktiv g'altakning induktivlik qiymati 100 [mGn].
- Induktiv g'altakning ichki aktiv qarshilik qiymati: $R_1=1$ [Om].
- Tok datchigi V2 ichki qarshiligi 1 [Om].



2.3-rasm. Sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga induktiv g'altak ulangan elektr zanjiri.



2.4-rasm. Sinusoidal o‘zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga induktiv g‘altak ulangan virtual elektr zanjirning modeli.

2.6. Sinusoidal o‘zgaruvchan kuchlanishga sig‘im ulangan elektr zanjiri

1. Sinusoidal o‘zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga sig‘im ulangan (2.5-rasm) elektr zanjirning virtual sxemasini yig‘adi hamda tok, kuchlanish, aktiv quvvat va quvvat koeffitsiyentining qiymatlarini o‘lchash uchun virtual o‘lchov asboblarini ulaydi.

2. Sinusoidal o‘zgaruvchan kuchlanish va tok ossillogrammalarini kuzatish uchun ossillografni ulaydi.

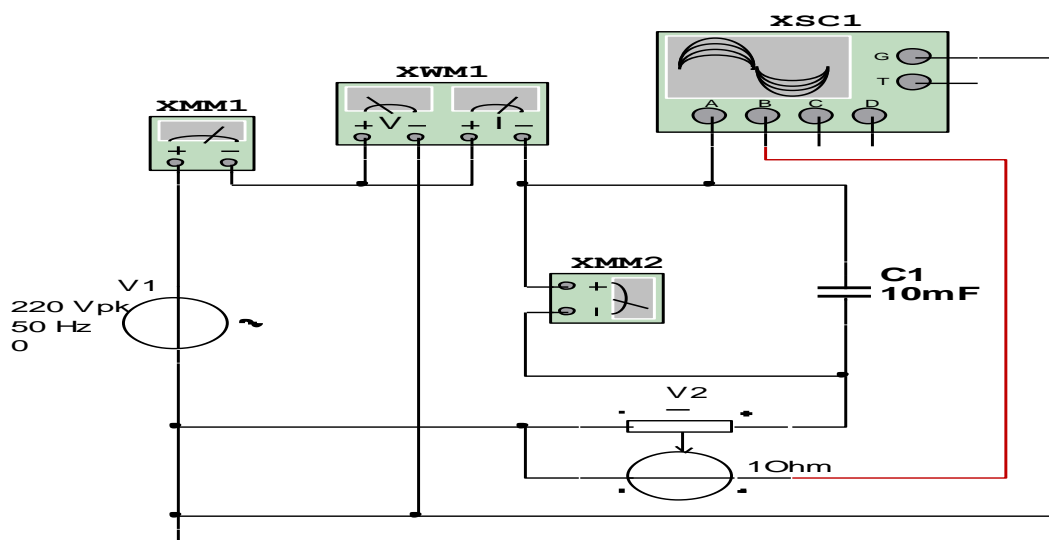
3. Virtual o‘lchov asboblarining va ossillografning shaklini kattalashtiradi.

4. Ulash (1 raqami) tugmasini bosib virtual sxemani (2.6-rasm) ishga tushiradi va o‘lchov asboblari ko‘rsatgan tok, kuchlanish va quvvat qiymatlarni 2.1-jadvaldagi «O‘lchashlar» qatoriga yozadi. So‘ngra, «Hisoblashlar» qatorini to‘ldirib Ohm qonunini tekshiradi.

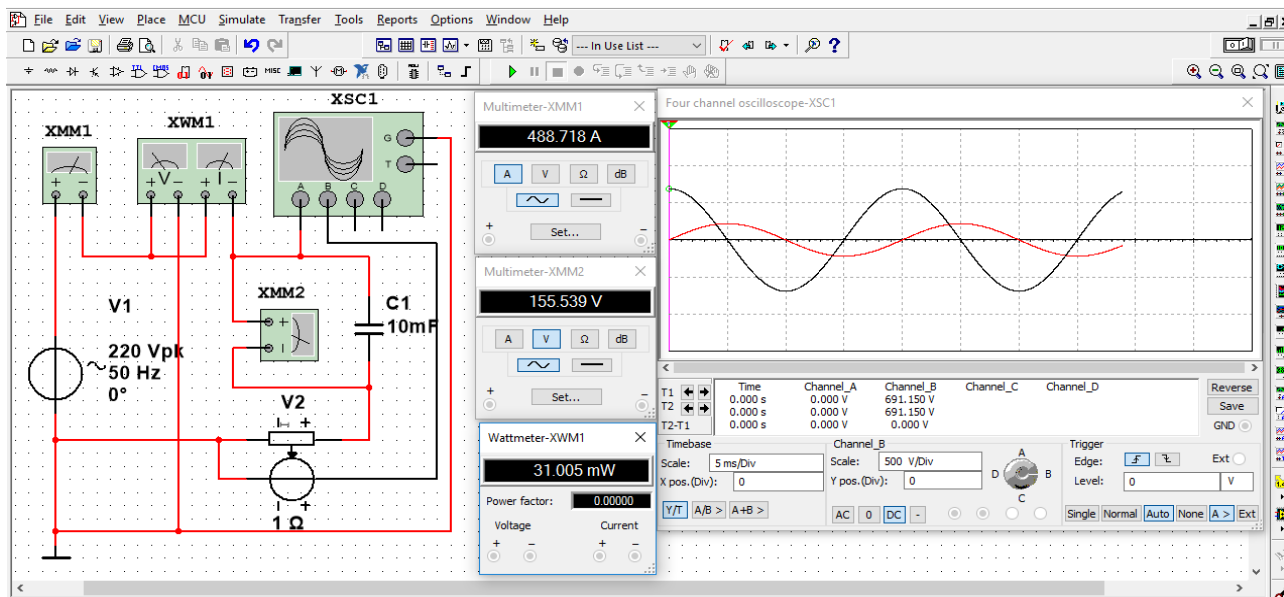
5. Tok va kuchlanishning tebranma harakat ossillogrammasini kuzatadi.

2.5-rasmda tasvirlangan virtual elektr zanjirida:

- Sinusoidal o‘zgaruvchan kuchlanish manbai V1 kuchlanishi 220 [V], chastotasi 50 /Hz.
- Sig‘im qiymati 10 [mkF].
- Tok datchigi V2 ichki qarshiligi 1 [Om].



2.5-rasm. Sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga sig'im ulangan elektr zanjiri.



2.6-rasm. Sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga sig'im ulangan virtual elektr zanjirning modeli.

2.1-jadval.

Virtual sxema	O'lchashlar			Hisoblashlar					
	I	U	P	r	X_L	X_C	L	C	$\cos\phi$
	A	V	Vt	Om	Om	Om	Gn	mkF	-
Aktiv qarshilik					-	-	-	-	
Induktiv g'altak					-	-		-	
Sig'im					-		-		

Nazorat savollari

1. Sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshilik, induktiv g'altak va sig'im ulangan elektr zanjiri uchun Ohm qonuni qanday ta'riflanadi ?
2. Kuchlanish va tok orasidagi fazaviy siljish burchagini tushuntiring.
3. Aktiv va reaktiv quvvatlar qanday aniqlanadi?
4. Quvvat koeffitsiyenti nima?

3-LABORATORIYA ISHI

AKTIV QARSHILIK, INDUKTIV G'ALTAK VA SIG'IM KETMA-KET ULANGAN O'ZGARUVCHAN TOK ELEKTR ZANJIRINI TEKSHIRISH

3.1. Ishni bajarishdan maqsad:

1. Sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshilik, induktiv g'altak va sig'im ketma-ket ulangan elektr zanjirida Ohm qonunini va Kirxgoff qoidalarini o'rganish hamda tok va kuchlanishlar vektor diagrammasini qurish.
2. Sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshilik, induktiv g'altak va sig'im ketma-ket ulangan elektr zanjirining parametrlarini hisoblash.
3. Tok va kuchlanishning tebranma harakat ossillogrammalarini kuzatish.

3.2. Ishga oid nazariy tushunchalar

Talabalar laboratoriya ishiga oid nazariy tushunchalarni, **2.2. Aktiv va reaktiv qarshiliklar o'zaro ketma-ket ulangan zanjir** mavzusidan hamda, asosiy va qo'shimcha adabiyotlardan o'zlashtiradi.

3.3. Ishni bajarish tartibi

O'qituvchining topshirig'iga binoan talaba laboratoriya ishini quyidagi tartibda bajaradi:

- Kompyuter monitorida «MS 14.0» dasturining «Bosh oynasi»ni ochadi (9.1-rasm). «Bosh oyna»da joylashgan virtual elektr elementlar, kommutasiya qurilmalari va virtual asboblarning bazasi bilan tanishadi, shuningdek kerakli elementlarni tanlab virtual elektr sxemani yig'adi va ishga tushiradi.

3.4. Sinusoidal o'zgaruvchan kuchlanishga aktiv qarshilik, induktiv g'altak va sig'im ketma-ket ulangan elektr zanjiri

1. Sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshilik, induktiv g'altak va sig'im ketma-ket ulangan, $X_L > X_C$ shartdagi elektr zanjirning virtual sxemasini (3.1-rasm) yig'adi hamda tok, kuchlanish, aktiv quvvat va quvvat koeffitsiyentining qiymatlarini o'lchash uchun virtual o'lchov asboblari (XMM1-XMM5, XWM1) ulaydi.

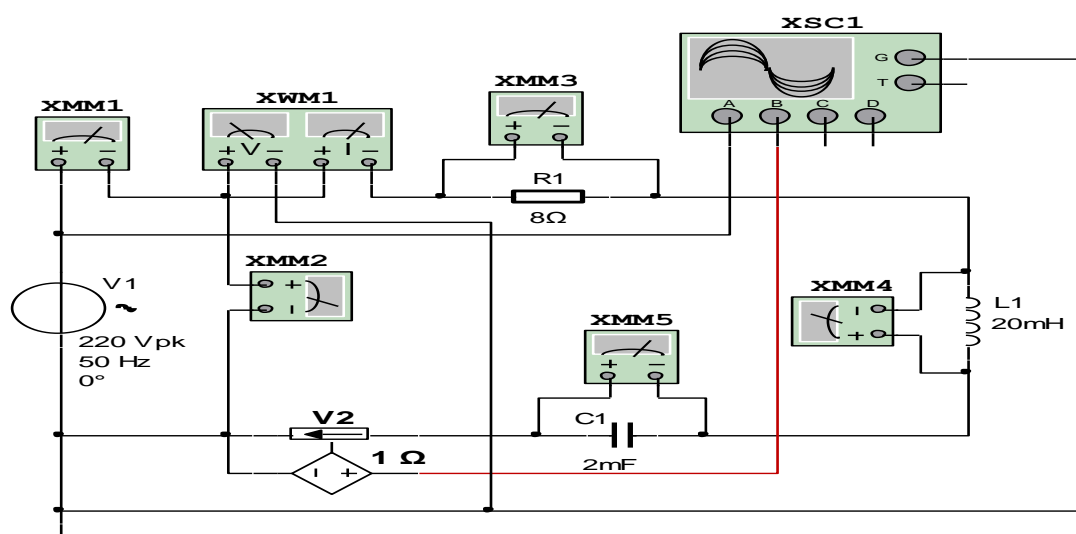
2. Sinusoidal o'zgaruvchan kuchlanish va tok ossillogrammalarini kuzatish uchun oss'illografni (XSC1) ulaydi.

3. Virtual o'lchov asboblarning va ossillografning shaklini kattalashtiradi.

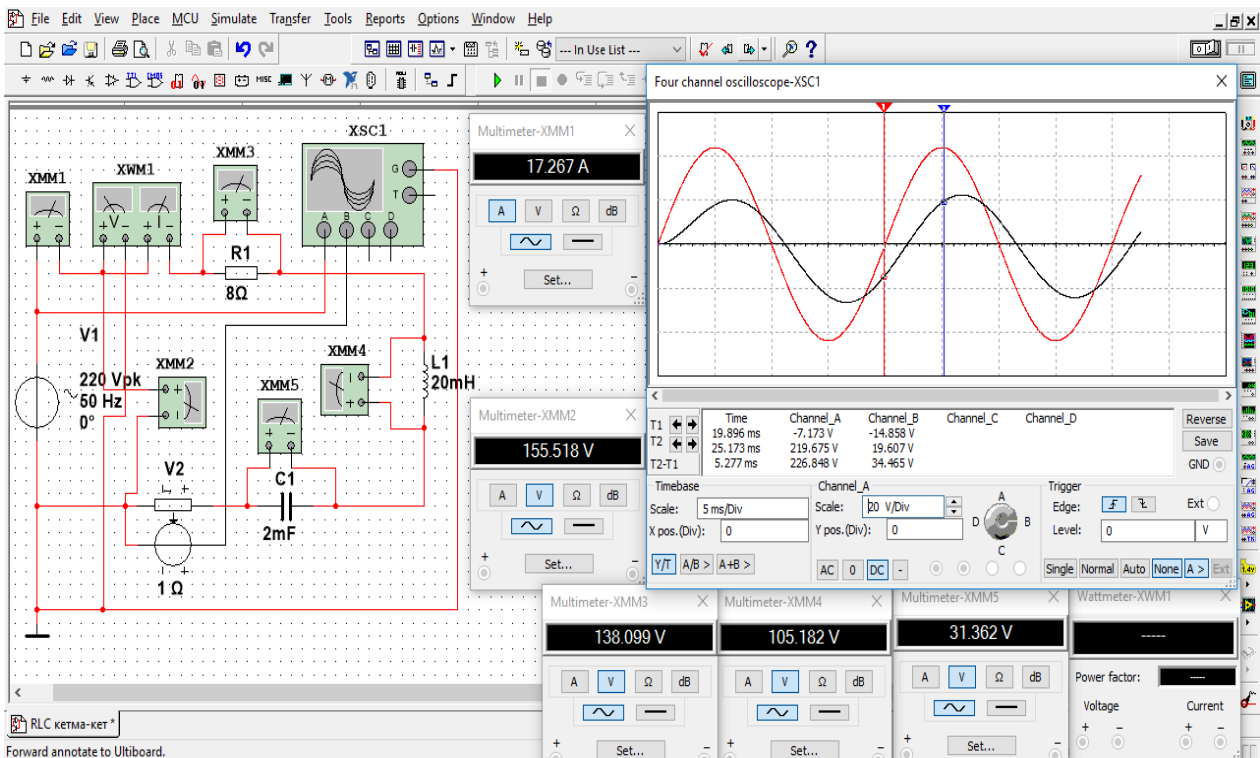
4. Ulash (1 raqami) tugmasini bosib virtual sxemani (3.2-rasm) ishga tushiradi va o'lchov asboblari ko'rsatgan tok, kuchlanish va quvvat qiymatlarni 3.1-jadvaldagi «O'lchashlar» qatoriga yozadi. So'ngra, «Hisoblashlar» qatorini to'ldirib Ohm qonunini va Kirxgoff qoidalarini tekshiradi.

5. Tok va kuchlanishning tebranma harakat ossillogrammasini kuzatadi. 3.1-rasmda tasvirlangan virtual elektr zanjirida:

➤ Sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanish manbai V1ning kuchlanishi 220 V, chastotasi 50 Hz; Aktiv qarshilik qiymati $R_1=8 \text{ Ohm}$. Induktiv g'altak qiymati $L_1=20 \text{ mGn}$. Sig'im qiymati $C_1= 2 \text{ mkF}$. Tok datchigi V2 ning ichki qarshiligi 1 Ohm.



3.1-rasm. Sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshilik, induktiv g'altak va sig'im ketma-ket ulangan $X_L > X_C$ shartdagi elektr zanjirining virtual sxemasi.



3.2-rasm. Sinusoidal o‘zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshilik, induktiv g‘altak va sig‘im ketma-ket ulangan $XL > Xc$ shartdagi virtual elektr zanjirning modeli.

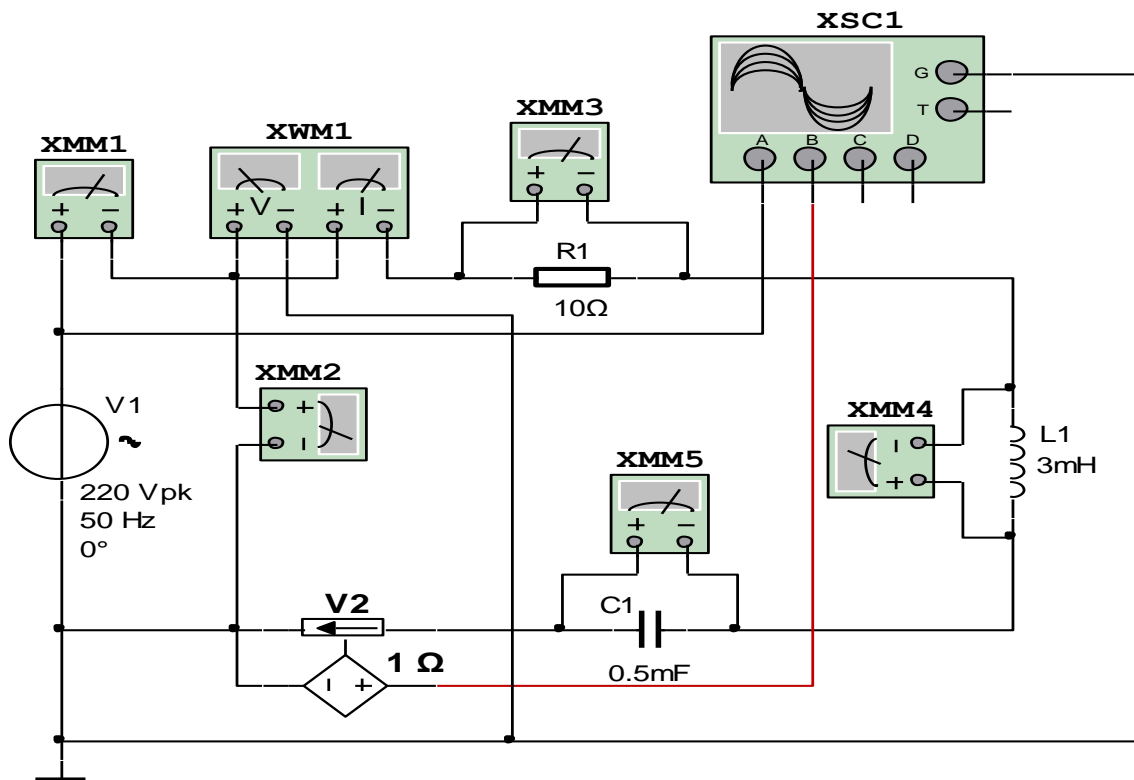
6. 3.1-rasmdagi virtual elektr zanjirida aktiv qarshilik, induktiv g‘altak va sig‘im qiymatlarini o‘zgartirib, $XL < Xc$ shartdagi elektr zanjirning virtual sxemasini (3.3-rasm) yig‘adi.

7. Ulash (1 raqami) tugmasini bosib virtual sxemani (3.4-rasm) ishga tushiradi va o‘lchov asboblari ko‘rsatgan tok, kuchlanish va quvvat qiymatlarni 3.1-jadvaldagi «O‘lchashlar» qatoriga yozadi. So‘ngra, «Hisoblashlar» qatorini to‘ldirib Ohm qonunini va Kirxgoff qoidalarini tekshiradi.

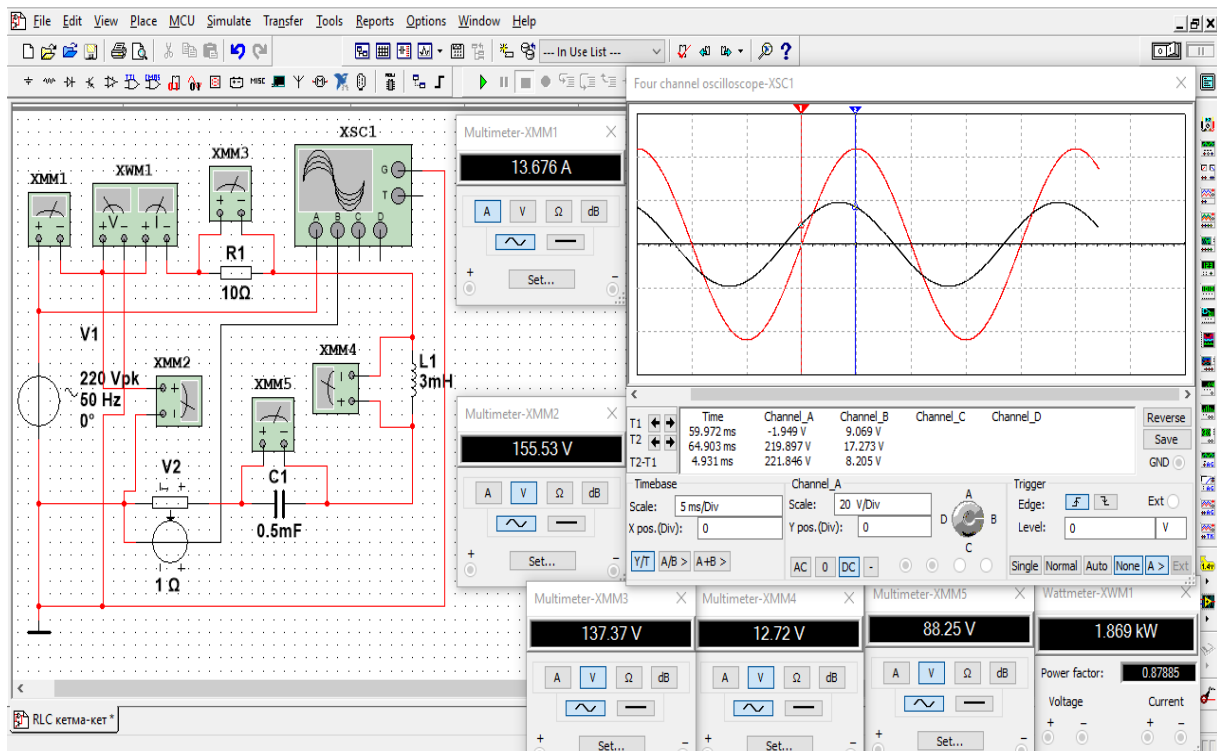
8. Tok va kuchlanishning tebranma harakat ossillogrammasini kuzatadi.

3.3-rasmda tasvirlangan virtual elektr zanjirida:

- Sinusoidal o‘zgaruvchan tokli kuchlanish manbai V1ning kuchlanishi 220 V, chastotasi 50 Hz.
- Aktiv qarshilik qiymati $R1=10$ Om.
- Induktiv g‘altak qiymati $L1=3$ mGn.
- Sig‘im qiymati $C1= 0,5$ mkF.
- Tok datchigi V2 ning ichki qarshiligi 1 Om.



3.3-rasm. Sinusoidal o‘zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshilik, induktiv g‘altak va sig‘im ketma-ket ulangan $X_L < X_C$ shartdagi elektr zanjirining virtual sxemasi.



3.4-rasm. Sinusoidal o‘zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshilik, induktiv g‘altak va sig‘im ketma-ket ulangan $X_L < X_C$ shartdagi virtual elektr zanjirining modeli.

Virtual sxema	O'lchashlar			Hisoblashlar							
	I	U	P	R	X _L	X _C	L	C	X	Z	cosφ
	A	V	V _t	Om	Om	Om	Gn	F	Om	Om	-
XL > Xc - induktiv g'altak qarshiligi sig'im qarshiligidan kata											
Aktiv qarshilik					-	-	-	-	-	-	
Induktiv g'altak				-		-		-	-	-	
Sig'im				-	-		-		-	-	
Butun zanjir				-	-	-	-	-			
XL < Xc - induktiv g'altak qarshiligi sig'im qarshiligidan kichik											
Aktiv qarshilik					-	-	-	-	-	-	
Induktiv g'altak				-		-		-	-	-	
Sig'im				-	-		-		-	-	
Butun zanjir				-	-	-	-	-			

Nazorat savollari

1. Sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshilik, induktiv g'altak va sig'im ketma-ket ulangan elektr zanjiri uchun Om qonuni va Kirxgoff qoidalari qanday ta'riflanadi?
2. Aktiv, induktiv, sig'im va to'la qarshiliklar qanday hisoblanadi?
3. Fazaviy siljish burchagini tushuntiring.
4. Aktiv, reaktiv va to'la quvvatlar qanday aniqlanadi? Quvvatlar uchburchagini tushuntiring.
5. Quvvat koeffitsiyenti nima?

4 - LABORATORIYA ISHI

AKTIV QARSHILIK, INDUKTIV G'ALTAK VA SIG'IM PARALLEL ULANGAN O'ZGARUVCHAN TOK ELEKTR ZANJIRINI TEKSHIRISH

4.1. Ishni bajarishdan maqsad:

1. Sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshilik, induktiv g'altak va sig'im parallel ulangan elektr zanjirida Om qonunini va Kirxgoff qoidalarini o'rganish hamda kuchlanish va toklar vektor diagrammasini qurish.
2. Sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshilik, induktiv g'altak va sig'im parallel ulangan elektr zanjirining parametrlarini hisoblash.
3. Tok va kuchlanishning tebranma harakat ossillogrammalarini kuzatish.

4.2. Ishga oid nazariy tushunchalar

Talabalar laboratoriya ishiga oid nazariy tushunchalarni, **2.3. Aktiv va reaktiv qarshiliklari o'zaro parallel ulangan zanjir** mavzusidan hamda, asosiy va qo'shimcha adabiyotlardan o'zlashtiradi.

4.3. Ishni bajarish tartibi:

O'qituvchining topshirig'iga binoan talaba laboratoriya ishini quyidagi tartibda bajaradi:

- Kompyuter monitorida «MS 14.0» dasturining «Bosh oynasi»ni ochadi (9.1-rasm). «Bosh oyna»da joylashgan virtual elektr elementlar, kommutasiya qurilmalari va virtual asboblarning bazasi bilan tanishadi, shuningdek kerakli elementlarni tanlab virtual elektr sxemani yig'adi va ishga tushiradi.

4.4. Sinusoidal o'zgaruvchan kuchlanishga aktiv qarshilik, induktiv g'altak va sig'im parallel ulangan elektr zanjiri

1. Sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshilik, induktiv g'altak va sig'im parallel ulangan, $B_L > B_C$ shartdagi elektr zanjirning virtual sxemasini (4.1-rasm) yig'adi hamda tok, kuchlanish, aktiv quvvat va quvvat koeffitsiyentining qiymatlarini o'lchash uchun virtual o'lchov asboblarini (XMM1-XMM5, XWM1) ulaydi.

2. Sinusoidal o'zgaruvchan kuchlanish va tok ossillogrammalarini kuzatish uchun oss'illografni (XSC1) ulaydi.

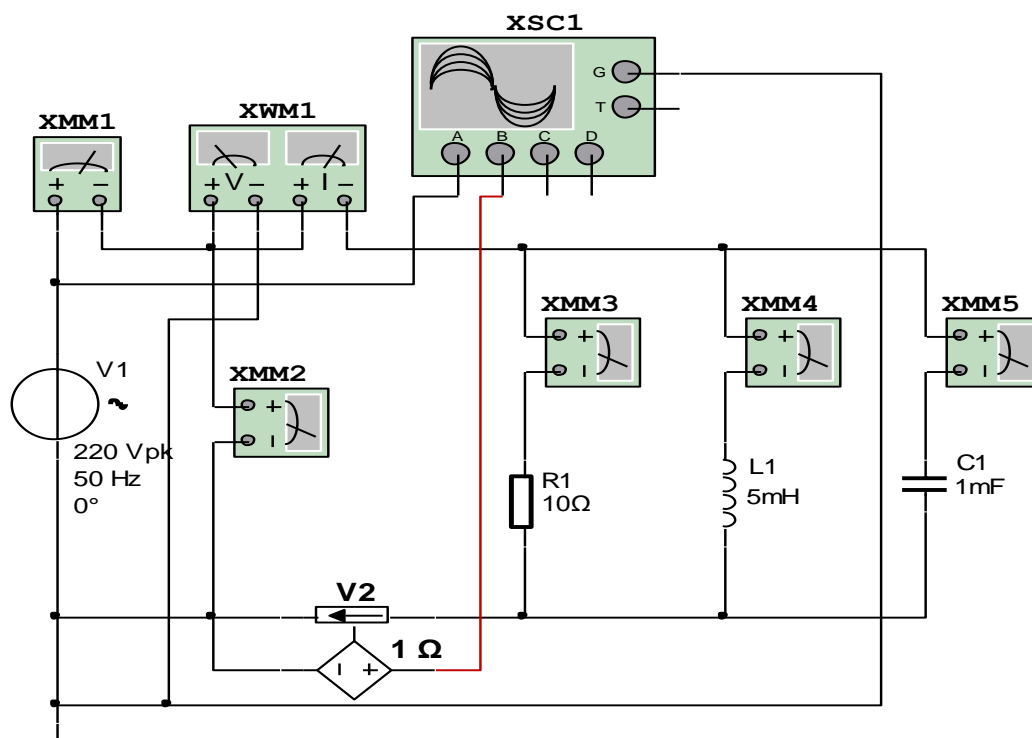
3. Virtual o'lchov asboblarning va oss'illografning shaklini kattalashtiradi.

4. Ulash (1 raqami) tugmasini bosib virtual sxemani (4.2-rasm) ishga tushiradi va o'lchov asboblari ko'rsatgan tok, kuchlanish va quvvat qiymatlarni 4.1-jadvaldagi «O'lchashlar» qatoriga yozadi. So'ngra, «Hisoblashlar» qatorini to'ldirib Om qonunini va Kirxgoff qoidalarini tekshiradi.

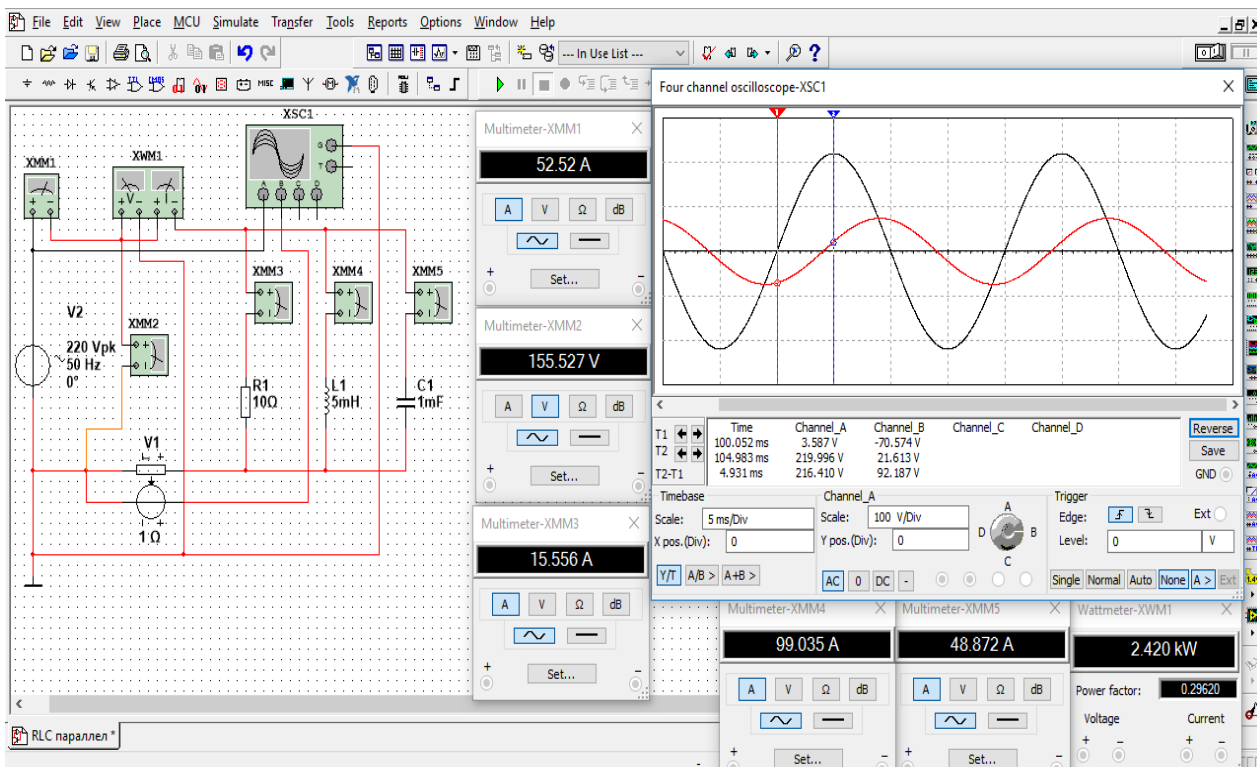
5. Tok va kuchlanishning tebranma harakat ossillogrammasini kuzatadi.

4.1-rasmda tasvirlangan virtual elektr zanjirida:

- Sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanish manbai V1 ning kuchlanishi 220 V, chastotasi 50 Hz.
- Aktiv qarshilik qiymati $R1=10\ \Omega$.
- Induktiv g'altak qiymati $L1=5\ \text{mH}$.
- Sig'im qiymati $C1=1\ \text{mF}$.
- Tok datchigi V2 ning ichki qarshiligi $1\ \Omega$.



4.1-rasm. Sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshilik, induktiv g'altak va sig'im parallel ulangan $B_L > B_C$ shartdagi elektr zanjirining virtual sxemasi.



4.2-rasm. Sinusoidal o‘zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshilik, induktiv g‘altak va sig‘im parallel ulangan $B_L > B_C$ shartdagi virtual elektr zanjirning modeli.

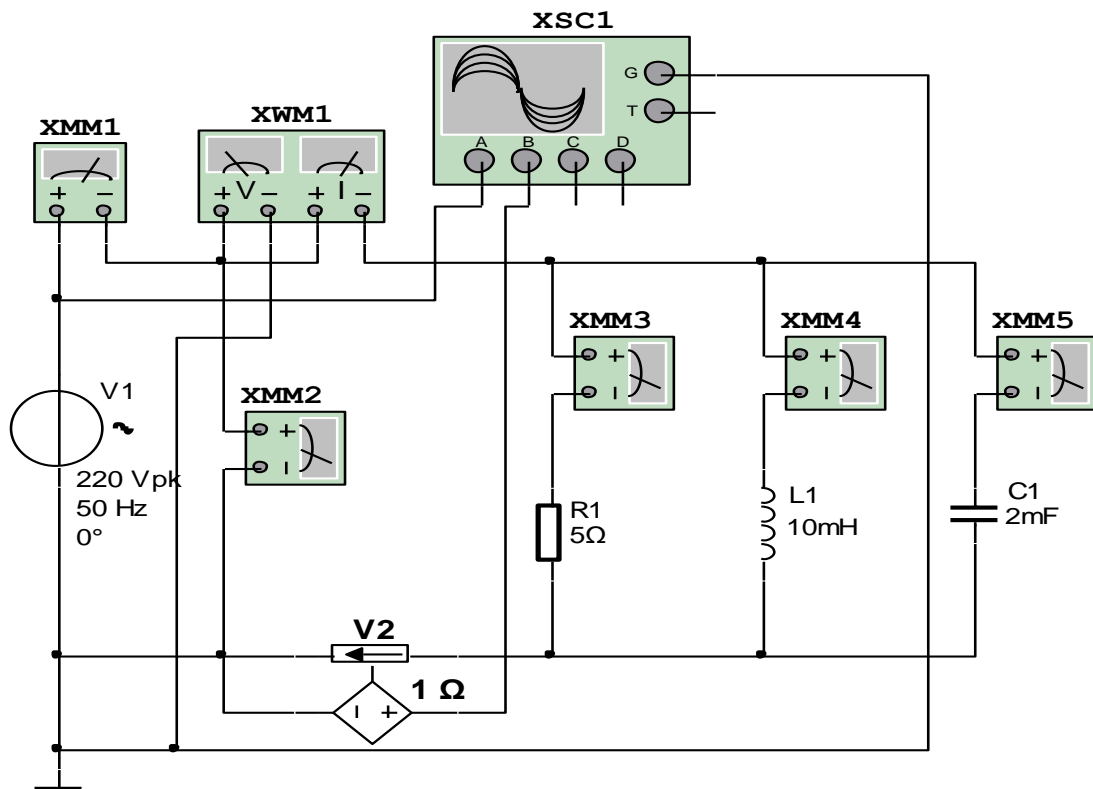
6. 4.1-rasmdagi virtual elektr zanjirida aktiv qarshilik, induktiv g‘altak va sig‘im qiymatlarini o‘zgartirib, $B_L < B_C$ shartdagi elektr zanjirning virtual sxemasini (4.3-rasm) yig‘adi.

7. Ulash (1 raqami) tugmasini bosib virtual sxemani (4.4-rasm) ishga tushiradi va o‘lchov asboblari ko‘rsatgan tok, kuchlanish va quvvat qiymatlarni 4.1-jadvaldagi «O‘lchashlar» qatoriga yozadi. So‘ngra, «Hisoblashlar» qatorini to‘ldirib Ohm qonunini va Kirxgoff qoidalarini tekshiradi.

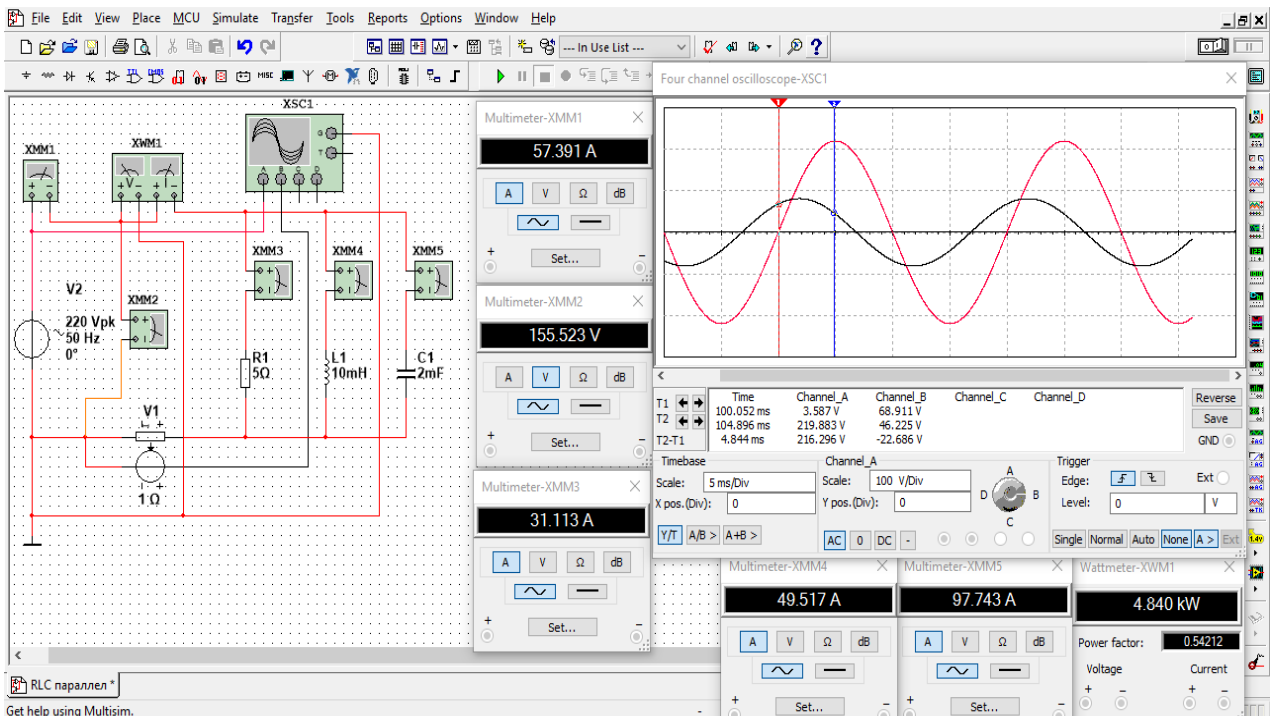
8. Tok va kuchlanishning tebranma harakat ossillogrammasini kuzatadi. 4.3-rasmda tasvirlangan virtual elektr zanjirida:

Sinusoidal o‘zgaruvchan tokli kuchlanish manbai V1ning kuchlanishi 220 V, chastotasi 50 Hz.

- Aktiv qarshilik qiymati $R1=5$ Om.
- Induktiv g‘altak qiymati $L1=10$ mGn.
- Sig‘im qiymati $C1= 2$ mkF.
- Tok datchigi V2 ning ichki qarshiligi 1 Om.



4.3-rasm. Sinusoidal o‘zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshilik, induktiv g‘altak va sig‘im parallel ulangan $B_L < B_C$ shartdagi elektr zanjirning virtual sxemasi



4.4- rasm. Sinusoidal o‘zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshilik, induktiv g‘altak va sig‘im parallel ulangan $B_L < B_C$ shartdagi virtual elektr zanjirning modeli

Virtual sxema	O'lchashlar			Hisoblashlar							
	I	U	P	G	B _L	B _C	L	C	B	Y	cosφ
	A	V	V _t	Sm	Sm	Sm	Gn	F	Sm	Sm	-
$B_L > B_C$ - induktiv g'altak o'tkazuvchanligi sig'im o'tkazuvchanligidan katta											
Aktiv qarshilik					-	-	-	-	-	-	
Induktiv g'altak				-		-		-	-	-	
Sig'im				-	-		-		-	-	
Butun zanjir				-	-	-	-	-			
$B_L < B_C$ - induktiv g'altak o'tkazuvchanligi sig'im o'tkazuvchanligidan kichik											
Aktiv qarshilik					-	-	-	-	-	-	
Induktiv g'altak				-		-		-	-	-	
Sig'im				-	-		-		-	-	
Butun zanjir				-	-	-	-	-			

Nazorat savollari:

1. Sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshilik, induktiv g'altak va sig'im parallel ulangan elektr zanjiri uchun Om qonuni va Kirxgoff qoidalari qanday ta'riflanadi ?
2. Aktiv, induktiv, sig'im va to'la utkazuvchanliklar qanday hisoblanadi?
3. Fazaviy siljish burchagini tushuntiring.
4. Aktiv, reaktiv va to'la quvvatlar qanday aniqlanadi? Quvvatlar uchburchagini tushuntiring.
5. Quvvat koeffitsiyenti nima?

5 - LABORATORIYA ISHI

AKTIV QARSHILIK, INDUKTIV G‘ALTAK VA SIG‘IM ARALASH ULANGAN O‘ZGARUVCHAN TOK ELEKTR ZANJIRINI TEKSHIRISH.

5.1. Ishni bajarishdan maqsad:

1. Sinusoidal o‘zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshilik, induktiv g‘altak va sig‘im aralash ulangan elektr zanjirida Om qonunini va Kirxgoff qoidalarini o‘rganish hamda kuchlanish va toklar vektor diagrammasini qurish.

2. Sinusoidal o‘zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshilik, induktiv g‘altak va sig‘im aralash ulangan elektr zanjirining parametrlarini hisoblash.

3. Tok va kuchlanishning tebranma harakat ossillogrammalarini kuzatish.

5.2. Ishga oid nazariy tushunchalar

Talabalar laboratoriya ishiga oid nazariy tushunchalarni, **2.2. Aktiv va reaktiv qarshiliklar o‘zaro ketma-ket ulangan zanjir** va **2.3. Aktiv va reaktiv qarshiliklari o‘zaro parallel ulangan zanjir** mavzularidan, hamda, asosiy va qo‘shimcha adabiyotlardan o‘zlashtiradi.

5.3. Ishni bajarish tartibi

O‘qituvchining topshirig‘iga binoan talaba laboratoriya ishini quyidagi tartibda bajaradi:

- Kompyuter monitorida «NI MS 10» dasturining «Bosh oynasi»ni ochadi (9.1-rasm).

5.4. Sinusoidal o‘zgaruvchan tokli kuchlanishga aktiv qarshilik, induktiv g‘altak va sig‘im aralash ulangan elektr zanjiri

1. Sinusoidal o‘zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshilik ketma-ket, induktiv g‘altak va sig‘im parallel ulangan elektr zanjirning virtual sxemasini (5.1-rasm) yig‘adi hamda tok, kuchlanish, aktiv quvvat va quvvat koeffitsiyentining qiymatlarini o‘lchash uchun virtual o‘lchov asboblari ulaydi.

2. Sinusoidal o‘zgaruvchan kuchlanish va tok ossillogrammalarini kuzatish uchun oss‘illografni ulaydi.

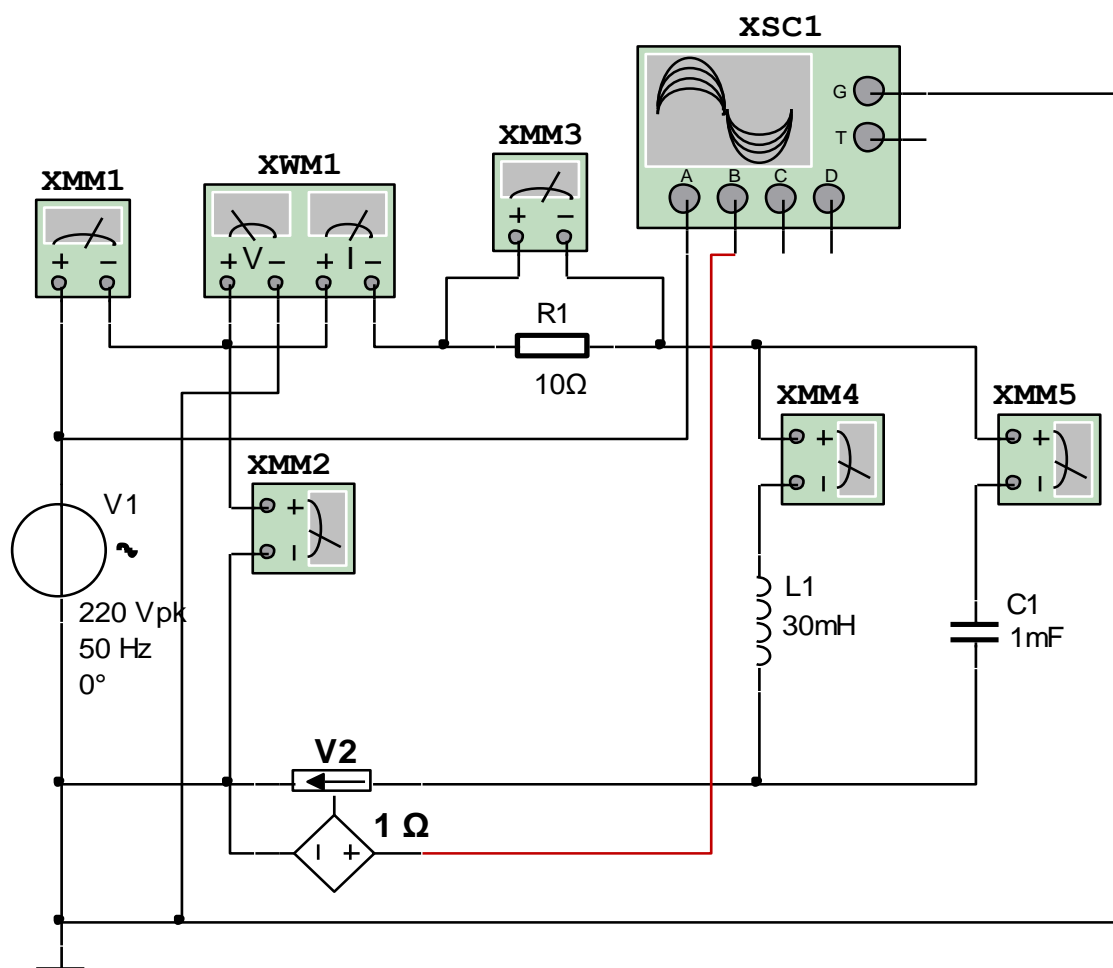
3. Virtual o‘lchov asboblarning va oss‘illografning shaklini kattalashtiradi.

4. Ulash (1 raqami) tugmasini bosib virtual sxemani (5.2 -rasm) ishga tushiradi va o‘lchov asboblari ko‘rsatgan tok, kuchlanish va quvvat qiymatlarni 5.1-jadvaldagi «O‘lchashlar» qatoriga yozadi. So‘ngra, «Hisoblashlar» qatorini to‘ldirib Ohm qonunini va Kirxgoff qoidalarini tekshiradi.

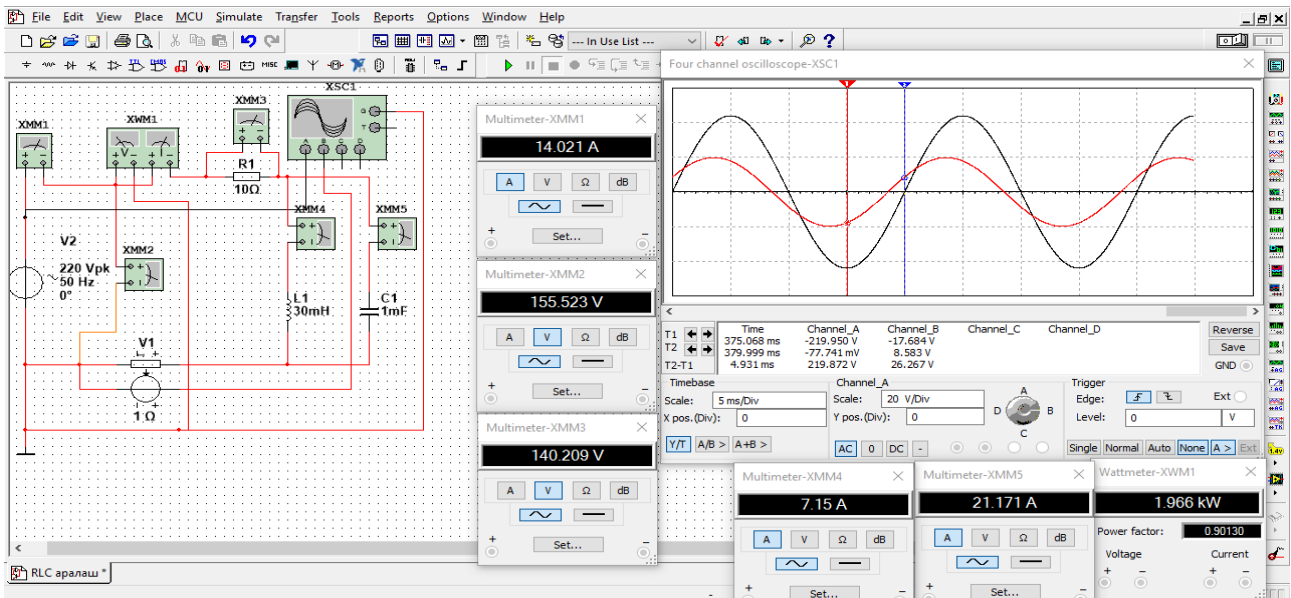
5. Tok va kuchlanishning tebranma harakat ossillogrammasini kuzatadi.

5.1-rasmda tasvirlangan virtual elektr zanjirida:

- Sinusoidal o‘zgaruvchan kuchlanish manbai V1 kuchlanishi 220 (V), chastotasi 50 (Hz).
- Aktiv qarshilik qiymati $R_1=10$ (Om).
- Induktiv g‘altak qiymati 30 (mGn).
- Sig‘im qiymati 1 (mkF).
- Tok datchigi V2 ichki qarshiligi 1 (Om).



5.1-rasm. Sinusoidal o‘zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshilik ketma-ket, induktiv g‘altak va sig‘im parallel ulangan elektr zanjiri.



5.2 - rasm. Sinusoidal o‘zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshilik ketma-ket, induktiv g‘altak va sig‘im parallel ulangan virtual elektr zanjirning modeli.

5.5. Sinusoidal o‘zgaruvchan tokli kuchlanishga induktiv g‘altak ketma-ket, aktiv qarshilik va sig‘im parallel ulangan elektr zanjiri

1. Sinusoidal o‘zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga induktiv g‘altak ketma-ket, aktiv qarshilik va sig‘im parallel ulangan elektr zanjirning virtual sxemasini (5.3 - rasm) yig‘adi hamda tok, kuchlanish, aktiv quvvat va quvvat koeffitsiyentining qiymatlarini o‘lchash uchun virtual o‘lchov asboblari ulaydi.

2. Sinusoidal o‘zgaruvchan kuchlanish va tok ossillogrammalarini kuzatish uchun oss‘illografni ulaydi.

3. Virtual o‘lchov asboblarning va oss‘illografning shaklini kattalashtiradi.

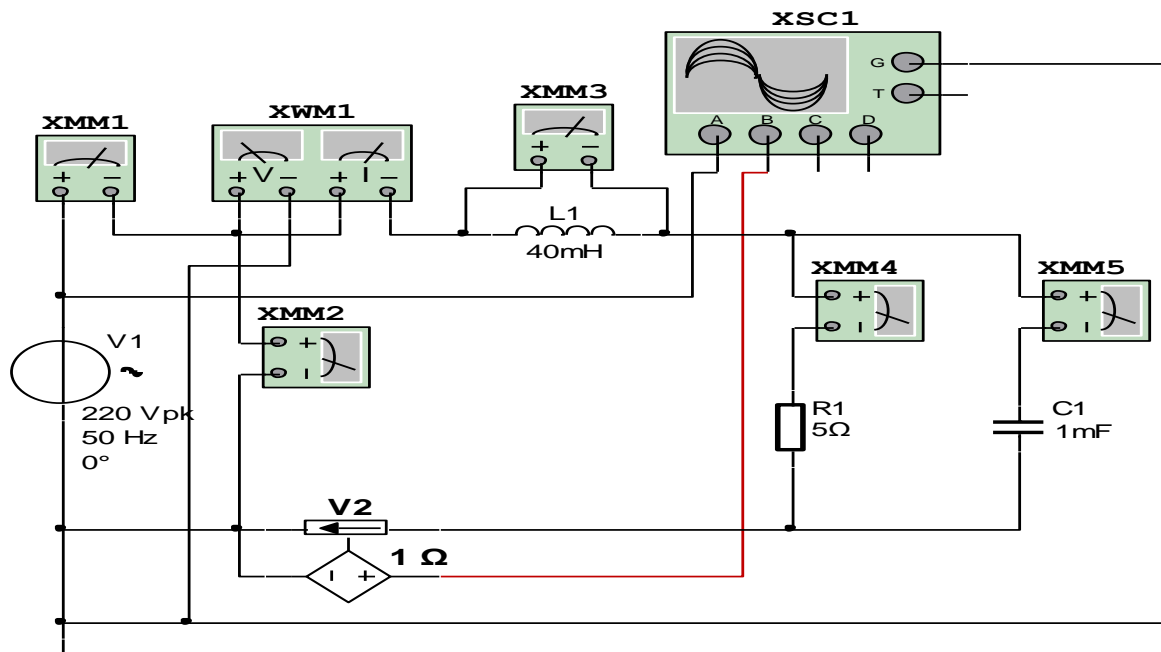
4. Ulash (1 raqami) tugmasini bosib virtual sxemani (5.4 -rasm) ishga tushiradi va o‘lchov asboblari ko‘rsatgan tok, kuchlanish va quvvat qiymatlarni 5.1-jadvaldagi «O‘lchashlar» qatoriga yozadi. So‘ngra, «Hisoblashlar» qatorini to‘ldirib Om qonunini va Kirxgoff qoidalarini tekshiradi.

5. Tok va kuchlanishning tebranma harakat ossillogrammasini kuzatadi.

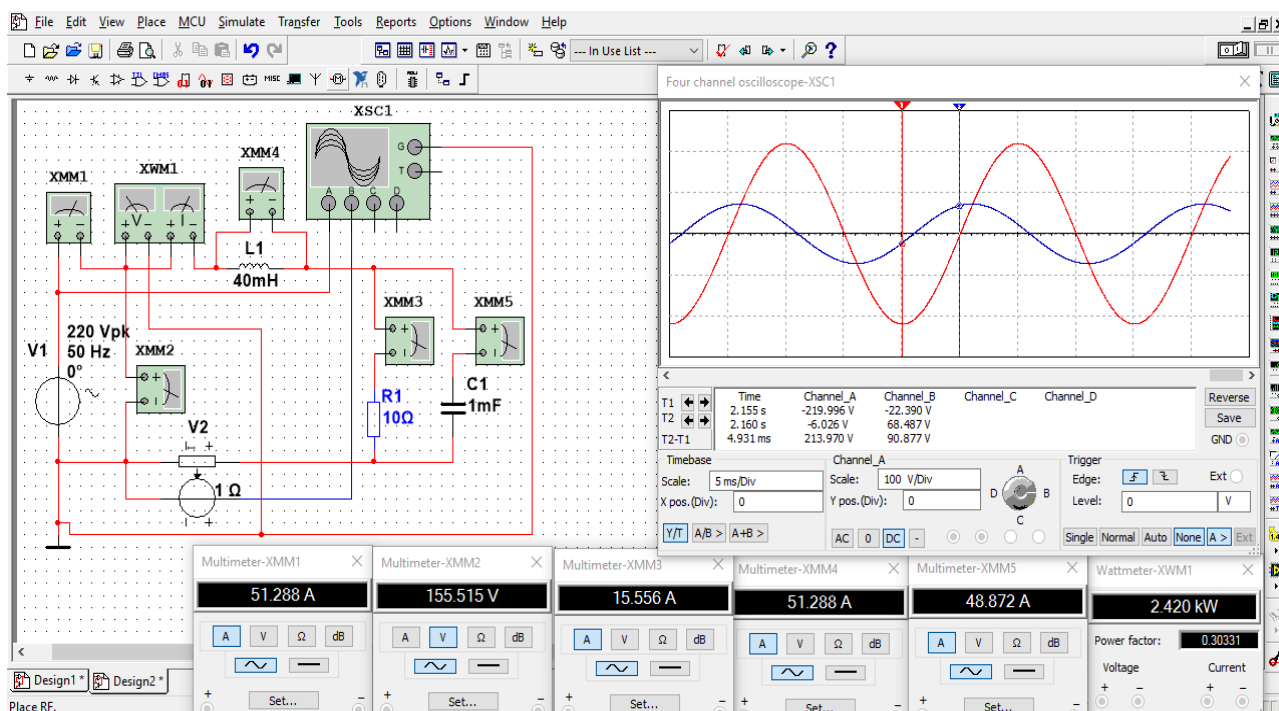
5.3-rasmda tasvirlangan virtual elektr zanjirida:

- Sinusoidal o‘zgaruvchan kuchlanish manbai V1 kuchlanishi 220 (V), chastotasi 50 (Hz).

- Aktiv qarshilik qiymati $R_1=5$ (Om).
- Induktiv g'altak qiymati 40 (mGn).
- Sig'im qiymati 1 (mkF).
- Tok datchigi V2 ichki qarshiligi 1 [Om].



5.3-rasm. Sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga induktiv g'altak ketma-ket, aktiv qarshilik va sig'im parallel ulangan elektr zanjiri.



5.4 - rasm. Sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga induktiv g'altak ketma-ket, aktiv qarshilik va sig'im parallel ulangan virtual elektr zanjirning modeli.

5.6. Sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanishga sig'im ketma-ket, aktiv qarshilik va induktiv g'altak parallel ulangan elektr zanjiri

1. Sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga sig'im ketma-ket, aktiv qarshilik va induktiv g'altak parallel ulangan elektr zanjirning virtual sxemasini (5.5-rasm) yig'adi hamda tok, kuchlanish, aktiv quvvat va quvvat koeffitsiyentining qiymatlarini o'lchash uchun virtual o'lchov asboblari ulaydi.

2. Sinusoidal o'zgaruvchan kuchlanish va tok ossillogrammalarini kuzatish uchun oss'illografni ulaydi.

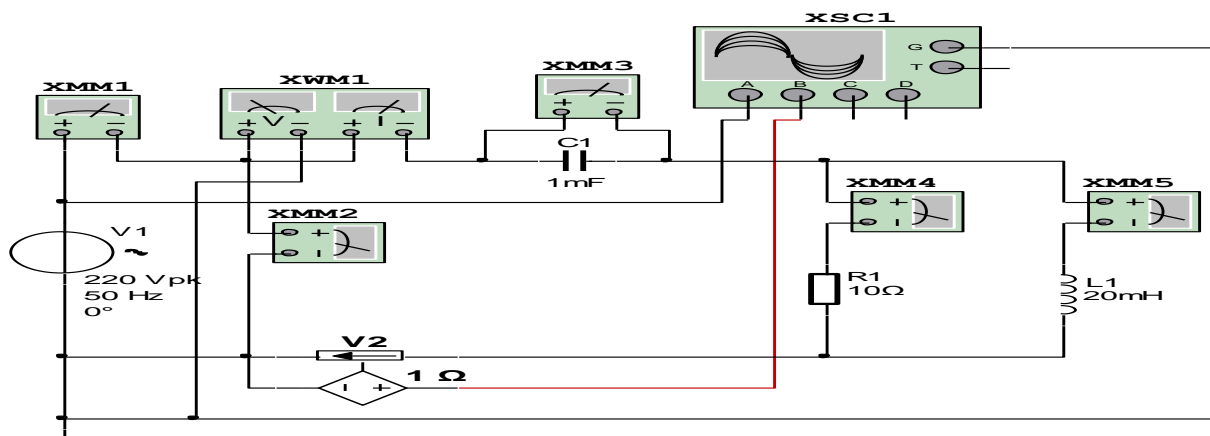
3. Virtual o'lchov asboblarning va oss'illografning shaklini kattalashtiradi.

4. Ulash (1 raqami) tugmasini bosib virtual sxemani (5.6 -rasm) ishga tushiradi va o'lchov asboblari ko'rsatgan tok, kuchlanish va quvvat qiymatlarni 5.1-jadvaldagi «O'lchashlar» qatoriga yozadi. So'ngra, «Hisoblashlar» qatorini to'ldirib Ohm qonunini va Kirxgoff qoidalarini tekshiradi.

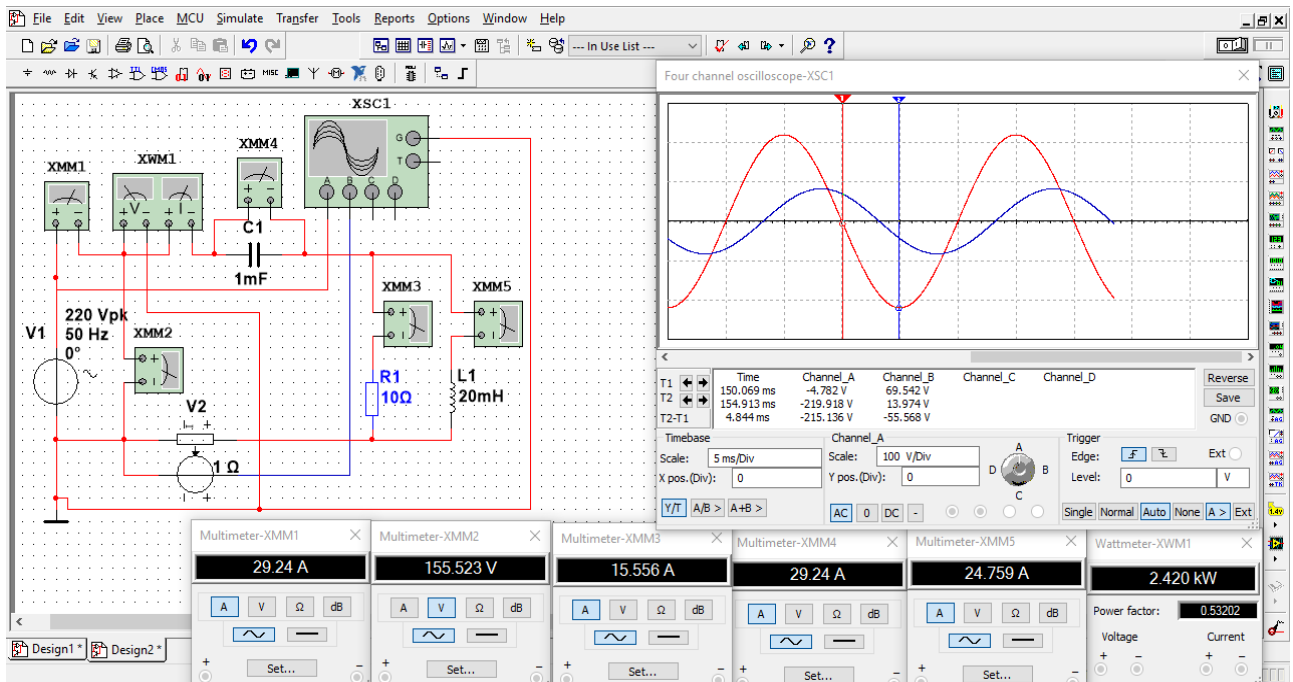
5. Tok va kuchlanishning tebranma harakat ossillogrammasini kuzatadi.

5.5-rasmda tasvirlangan virtual elektr zanjirida:

- Sinusoidal o'zgaruvchan kuchlanish manbai V1 kuchlanishi 220 (V), chastotasi 50 (Hz).
- Aktiv qarshilik qiymati $R_1=10$ (Om).
- Induktiv g'altak qiymati 20 (mGn).
- Sig'im qiymati 1 (mkF).
- Tok datchigi V2 ichki qarshiligi 1 (Om).



5.5-rasm. Sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga sig'im ketma-ket, aktiv qarshilik va induktiv g'altak parallel ulangan elektr zanjiri.



5.6- rasm. Sinusoidal o‘zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga sig‘im ketma-ket, aktiv qarshilik va induktiv g‘altak parallel ulangan virtual elektr zanjirning modeli.

5.1-jadval.

Virtual sxema	O‘lchashlar			Hisoblashlar							
	I	U	P	Z	r	X	X_L	X_C	L	C	$\cos\varphi$
	A	V	Vt	Y	g	b	b_L	bc			
				Om	Om	Om	Om	Om	Gn	m	-
				Sm	Sm	Sm	Sm	Sm		kF	
Aktiv qarshilik ketma-ket, induktiv g‘altak va sig‘im parallel ulangan elektr zanjiri											
Aktiv qarshilik				-		-	-	-	-	-	
Induktiv g‘altak				-	-	-		-		-	
Sig‘im				-	-	-	-		-		
Butun zanjir					-				-	-	
Induktiv g‘altak ketma-ket, aktiv qarshilik va sig‘im parallel ulangan elektr zanjiri											
Induktiv g‘altak				-	-	-		-		-	
Aktiv qarshilik				-		-	-	-	-	-	
Sig‘im				-	-	-	-		-		
Butun zanjir					-				-	-	

Sig'im ketma-ket, aktiv qarshilik va induktiv g'altak parallel ulangan elektr zanjiri										
Sig'im				-	-	-	-		-	
Aktiv qarshilik				-		-	-	-	-	-
Induktiv g'altak				-	-	-		-		-
Butun zanjir					-		-	-	-	-

Nazorat savollari

1. Sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshilik, induktiv g'altak va sig'im aralash ulangan elektr zanjiri uchun Om qonuni va Kirxgoff qoidalari qanday ta'riflanadi ?
2. Aktiv, reaktiv va to'la qarshiliklar qanday hisoblanadi?
3. Aktiv, reaktiv va to'la o'tkuzuvchanliklar qanday hisoblanadi?
4. Tok va kuchlanish orasidagi fazaviy siljish burchagini tushuntiring.
5. Aktiv, reaktiv va to'la quvvatlar qanday aniqlanadi? Quvvatlar uchburchagini tushuntiring.
6. Quvvat koeffitsiyenti qanday hisoblanadi?

6 – LABORATORIYA ISHI

ELEKTR ZANJIRIDA KUHLANISHLAR REZONANSINI TEKSHIRISH.

6.1. Ishni bajarishdan maqsad:

1. Sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshilik, induktiv g'altak va sig'im ketma-ket ulangan elektr zanjirida rezonans jarayonini o'rganish .
2. Elektr zanjirida induktiv g'altak yoki sig'im qiymatlarini o'zgartirib kuchlanishlar rezonansi jarayonini hosil qilish.
3. Sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanishning chastotasi qiymatini o'zgartirib kuchlanishlar rezonansi jarayonini hosil qilish.
4. Kuchlanishlar rezonansi jarayonida elektr zanjirining parametrlarini hisoblash.
5. Tok va kuchlanishlarning tebranma harakat ossillogrammalarini kuzatish.

6.2. Ishga oid nazariy tushunchalar.

Talabalar laboratoriya ishiga oid nazariy tushunchalarni, **2.4. Elektr zanjirlarida rezonans** mavzusidan hamda, asosiy va qo‘shimcha adabiyotlardan o‘zlashtiradi.

6.3. Ishni bajarish tartibi.

O‘qituvchining topshirig‘iga binoan talaba laboratoriya ishini quyidagi tartibda bajaradi:

- Kompyuter monitorida «MS 14.0» dasturining «Bosh oynasi»ni ochadi (9.1 rasm). «Bosh oyna»da joylashgan virtual elektr elementlar, kommutasiya qurilmalari va virtual asboblarning bazasi bilan tanishadi, shuningdek kerakli elementlarni tanlab virtual elektr sxemani yig‘adi va ishga tushiradi.

6.4. Sinusoidal o‘zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshilik, induktiv g‘altak va sig‘im ketma-ket ulangan elektr zanjirida rezonansgacha bo‘lgan jarayon

1. Sinusoidal o‘zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshilik, induktiv g‘altak va sig‘im ketma-ket ulangan, $X_L > X_C$ shartdagi elektr zanjirning virtual sxemasini (6.1-rasm) yig‘adi hamda tok, kuchlanishlar, aktiv quvvat va quvvat koeffitsiyentining qiymatlarini o‘lchash uchun virtual o‘lchov asboblari ulaydi.

2. Sinusoidal o‘zgaruvchan tok va kuchlanishlar ossillogrammalarini kuzatish uchun oss‘illografni ulaydi.

3. Virtual o‘lchov asboblari va oss‘illografning shaklini kattalashtiradi.

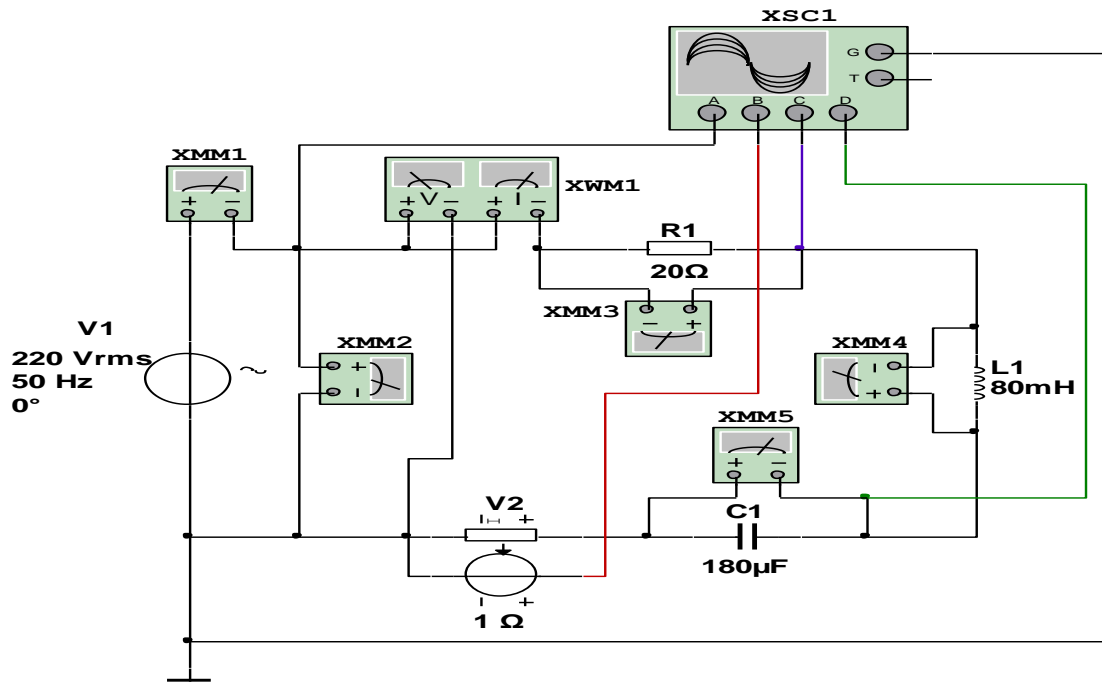
4. Ulash (1 raqami) tugmasini bosib virtual sxemani (6.2-rasm) ishga tushiradi va o‘lchov asboblari ko‘rsatgan tok, kuchlanishlar va quvvat qiymatlarini 6.1-jadvaldagi «O‘lchashlar» qatoriga yozadi. So‘ngra, «Hisoblashlar» qatorini to‘ldiradi.

5. Tok va kuchlanishlarning tebranma xarakteristikalarini kuzatadi.

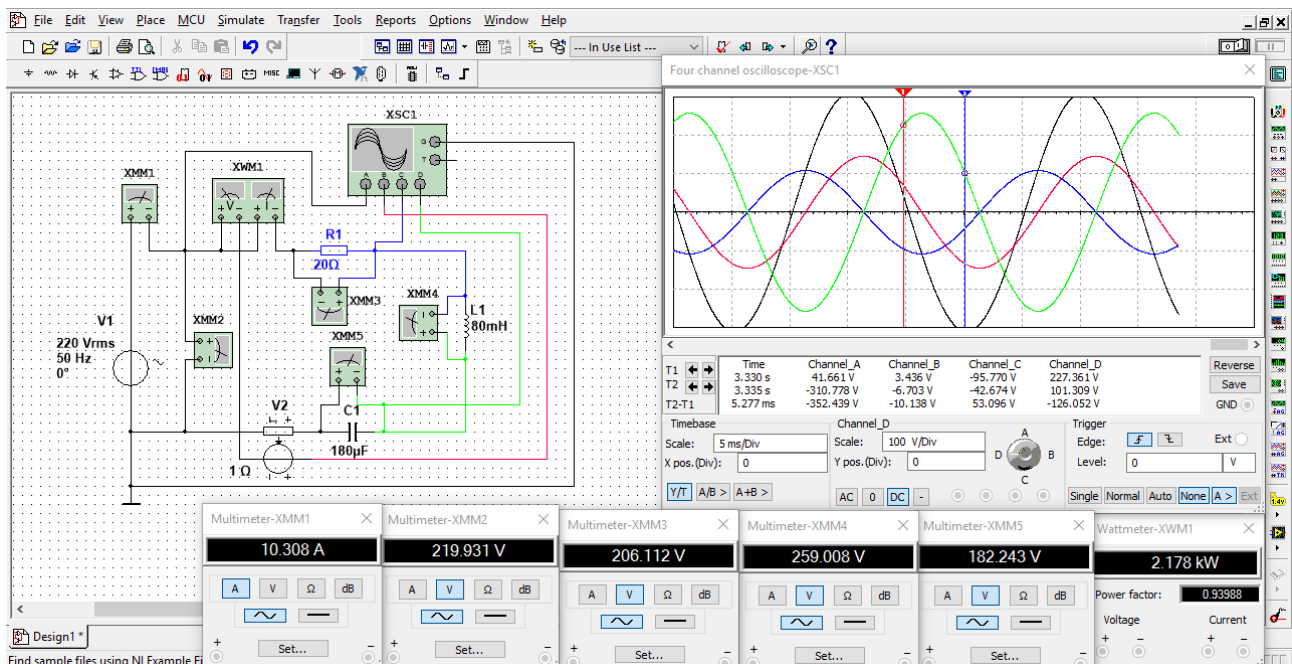
6.1-rasmda tasvirlangan virtual elektr zanjirida:

- Sinusoidal o‘zgaruvchan kuchlanish manbai V_1 kuchlanishi 220 (V), chastotasi 50 (Hz).
- Aktiv qarshilik qiymati $R_1=20$ [Om].

- Induktiv g'altak qiymati 80 [mGn].
- Sig'im qiymati 180 [mkF].
- Tok datchigi V2 ichki qarshiligi 1 [Om].



6.1-rasm. Sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshilik, induktiv g'altak va sig'im ketma-ket ulangan rezonansgacha elektr zanjirning virtual sxemasi.



6.2-rasm. Sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshilik, induktiv g'altak va sig'im ketma-ket ulangan virtual elektr zanjirning modeli.

6.5. Induktiv g'altak induktivligini yoki kondensator sig'imini o'zgartirib kuchlanishlar rezonansni hosil qilish

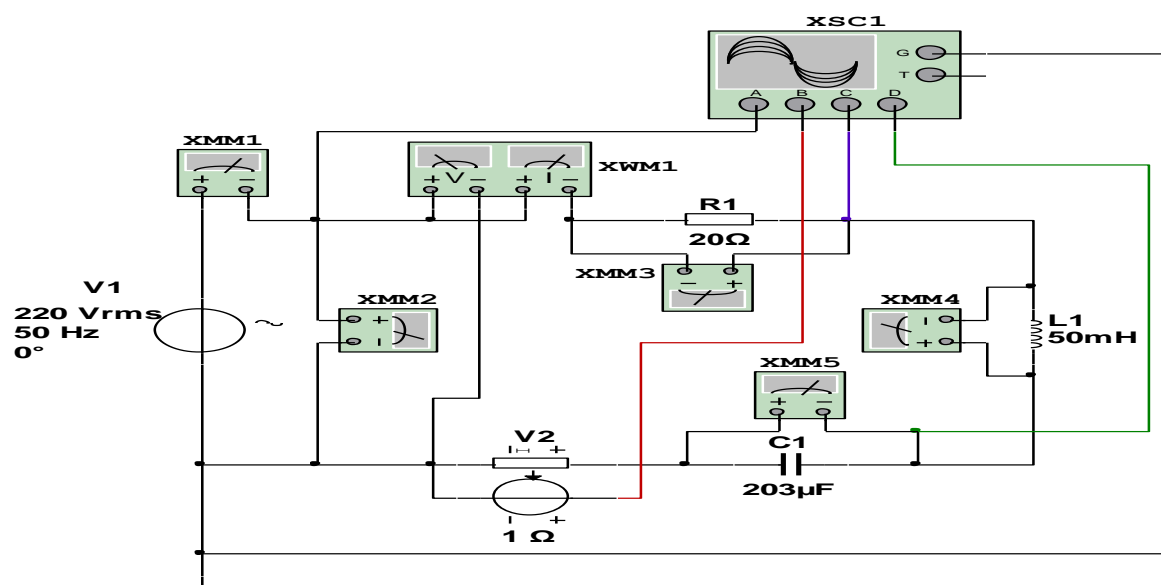
1. 6.1-rasmdagi virtual elektr sxemada induktiv g'altak induktivligi yoki kondensator sig'imi qiymatlarini o'zgartirib, $U_L = U_C$ shartda kuchlanishlar rezonansi jarayonini (6.3-rasm) hosil qiladi.

2. Ulash (1 raqami) tugmasini bosib virtual sxemani (6.4-rasm) ishga tushiradi va o'lchov asboblari ko'rsatgan tok, kuchlanishlar va quvvat va quvvat koeffitsiyenti qiymatlarni 6.1-jadvaldagi «O'lchashlar» qatoriga yozadi. So'ngra, «Hisoblashlar» qatorini to'ldiradi.

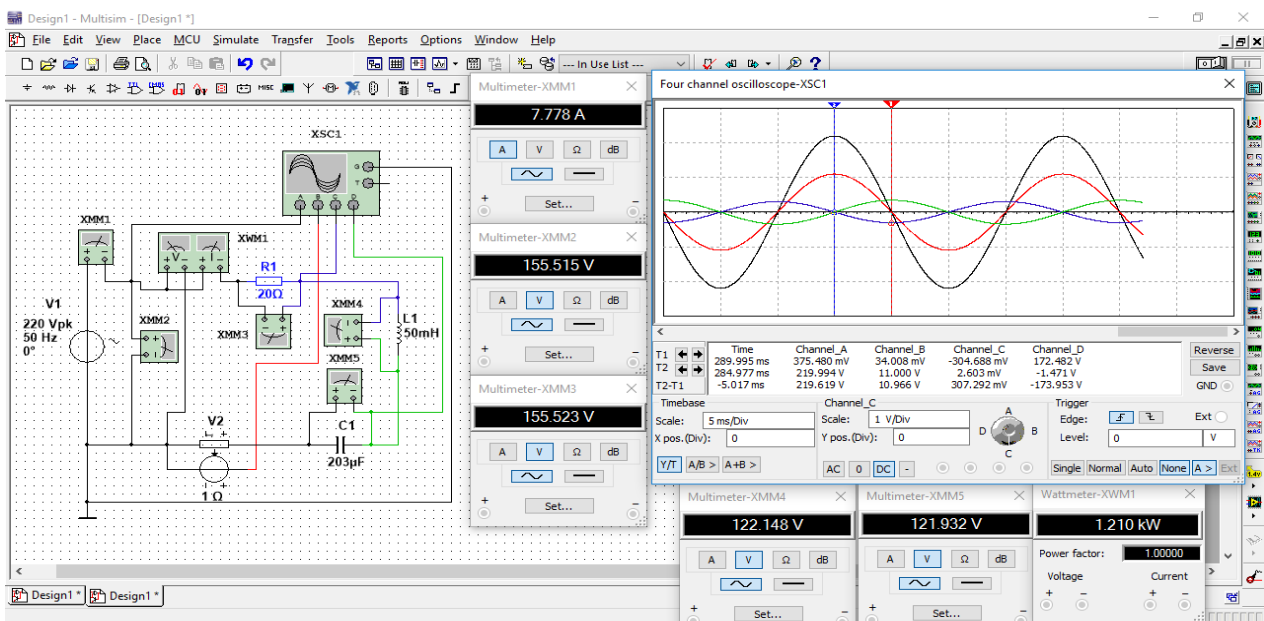
3. Rezonans jarayonida tok va kuchlanishlarning tebranma harakat ossilogrammalaridan $U_L = U_C$ va $U = U_R$ shartlarning bajarilishini kuzatadi.

6.3-rasmda tasvirlangan virtual elektr zanjirida:

- Sinusoidal o'zgaruvchan kuchlanish manbai V1 kuchlanishi 220 (V), chastotasi 50 (Hz).
- Aktiv qarshilik qiymati $R_1=20$ [Om].
- Induktiv g'altak qiymati 50 [mGn].
- Sig'im qiymati 203 [mkF].
- Tok datchigi V2 ichki qarshiligi 1 [Om].



6.3-rasm. Induktiv g'altak induktivligini yoki kondensator sig'imini o'zgartirib kuchlanishlar rezonansini hosil qilishning virtual sxemasi.



6.4-rasm. Induktiv g'altak induktivligini yoki kondensator sig'imini o'zgartirib kuchlanishlar rezonansi hosil qilingan virtual elektr zanjirning modeli.

6.6. Sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanish manbaining chastotasini o'zgartirib rezonansni hosil qilish

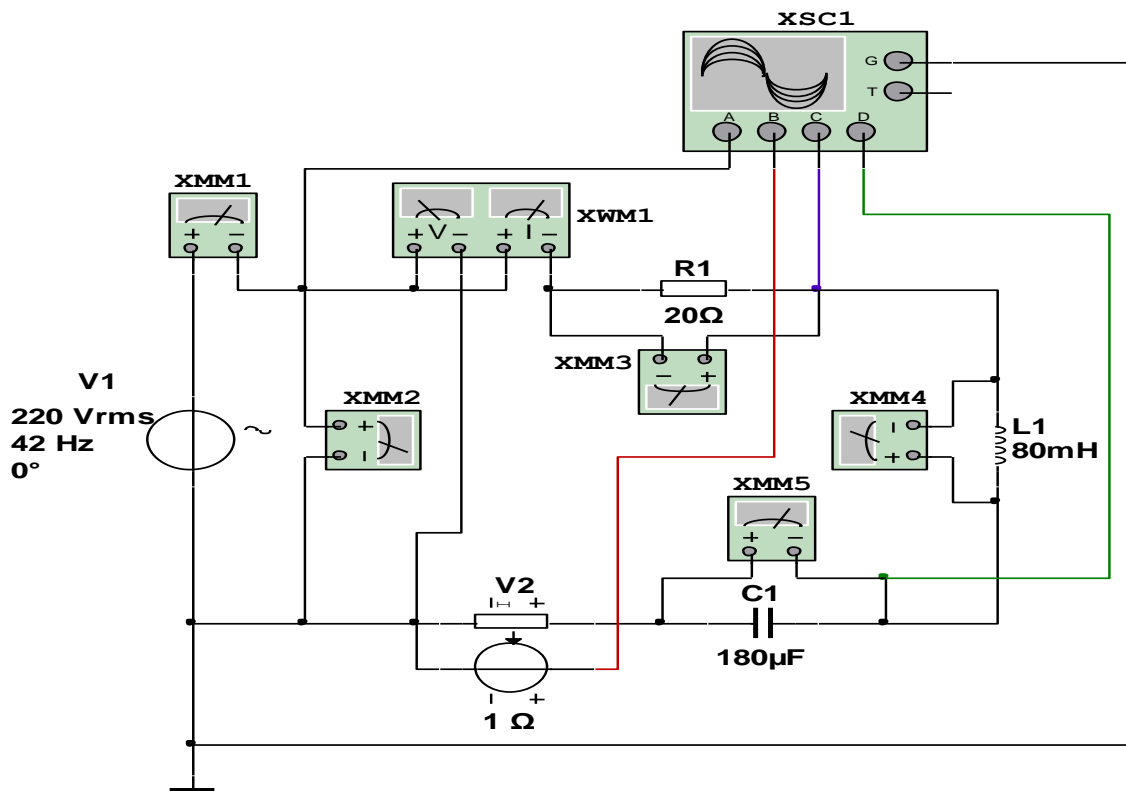
1. 6.1-rasmdagi virtual elektr sxemada sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanish manbaining chastotasi qiymatini o'zgartirib, $U_L = U_C$ shartda kuchlanishlar rezonansi jarayonini (6.5-rasm) hosil qiladi.

2. Ulash (1 raqami) tugmasini bosib virtual sxemani (6.6-rasm) ishga tushiradi va o'lchov asboblari ko'rsatgan tok, kuchlanishlar va quvvat va quvvat koeffitsiyenti qiymatlarni 6.1-jadvaldagi «O'lchashlar» qatoriga yozadi. So'ngra, «Hisoblashlar» qatorini to'ldiradi.

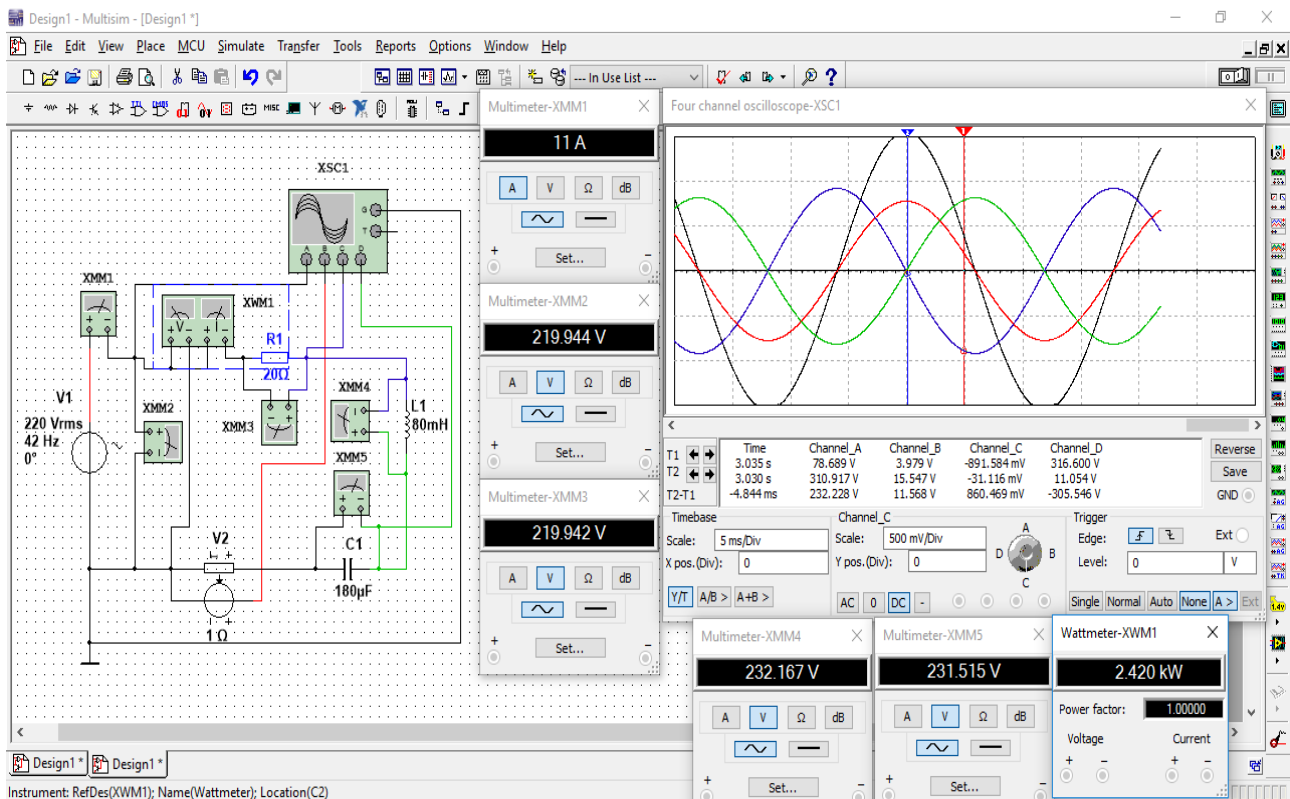
3. Rezonans jarayonida tok va kuchlanishlarning tebranma harakat ossilogrammalaridan $U_L = U_C$ va $U = U_R$ shartlarning bajarilishini kuzatadi.

6.5-rasmda tasvirlangan virtual elektr zanjirida:

- Sinusoidal o'zgaruvchan kuchlanish manbai V1 kuchlanishi 220 (V), chastotasi 42 [Hz] .
- Aktiv qarshilik qiymati $R_1=20$ [Om].
- Induktiv g'altak qiymati 80 [mGn].
- Sig'im qiymati 180 [mkF].
- Tok datchigi V2 ichki qarshiligi 1 [Om].



6.5-rasm. Sinusoidal o‘zgaruvchan tokli kuchlanish manbaining chastotasini o‘zgartirib kuchlanishlar rezonansni hosil qilishning virtual sxemasi.



6.6-rasm. Sinusoidal o‘zgaruvchan tokli kuchlanish manbaining chastotasini o‘zgartirib kuchlanishlar rezonansi hosil qilingan virtual elektr zanjirning modeli.

Virtual sxema	O'lchashlar			Hisoblashlar							
	I	U	P	R	X _L	X _C	L	C	X	Z	cos φ
	A	V	V _t	Om	Om	Om	Gn	mkF	Om	Om	-
elektr zanjirida rezonansgcha bo'lgan jarayon											
Aktiv qarshilik	-		-		-	-	-	-	-	-	-
Induktiv g'altak	-		-	-		-		-		-	-
Sig'im	-		-		-		-		-	-	-
Butun zanjir				-	-	-	-	-			
induktiv g'altak yoki sig'im qiymatini o'zgartirganda rezonans jarayoni											
Aktiv qarshilik	-		-		-	-	-	-	-	-	-
Induktiv g'altak	-		-	-		-		-		-	-
Sig'im	-		-		-		-		-	-	-
Butun zanjir				-	-	-	-	-			
kuchlanish manbaining chastotasini o'zgartirganda rezonans jarayoni											
Aktiv qarshilik	-		-		-	-	-	-	-	-	-
Induktiv g'altak	-		-	-		-		-		-	-
Sig'im	-		-		-		-		-	-	-
Butun zanjir				-	-	-	-	-			

Nazorat savollari

1. Sinusoidal o'zgaruvchan kuchlanish manbaiga aktiv qarshilik, induktiv g'altak va sig'im ketma-ket ulangan elektr zanjirida rezonans jarayonining sharti qanday ?
2. Kuchlanishlar rezonansi jarayonini hosil qilish usullarini tushuntiring.
3. Sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanish chastotasi qiymatining o'zgarishi kuchlanishlar rezonansi jarayoniga qanday ta'sir qiladi ?
4. Kuchlanishlar rezonansining amaliy ahamiyati nimadan iborat ?

7- LABORATORIYA ISHI

ELEKTR ZANJIRIDA TOKLAR REZONANSINI TEKSHIRISH.

7.1. Ishni bajarishdan maqsad.

1. Sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshilik, induktiv g'altak va sig'im parallel ulangan elektr zanjirida rezonans jarayonini o'rganish .
2. Elektr zanjirida induktiv g'altak yoki sig'im qiymatlarini o'zgartirib toklar rezonansi jarayonini hosil qilish.
3. Sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanishning chastotasi qiymatini o'zgartirib toklar rezonansi jarayonini hosil qilish.
4. Toklar rezonansi jarayonida elektr zanjirining parametrlarini hisoblash.
5. Kuchlanish va toklarning tebranma harakat ossillogrammalarini kuzatish.

7.2. Ishga oid nazariy tushunchalar.

Talabalar laboratoriya ishiga oid nazariy tushunchalarni, **2.4. Elektr zanjirlarida rezonans** mavzusidan hamda, asosiy va qo'shimcha adabiyotlardan o'zlashtiradi.

7.3. Ishni bajarish tartibi.

O'qituvchining topshirig'iga binoan talaba laboratoriya ishini quyidagi tartibda bajaradi:

- Kompyuter monitorida «MS 14.0» dasturining «Bosh oynasi»ni ochadi (1-rasm). «Bosh oyna»da joylashgan virtual elektr elementlar, kommutasiya qurilmalari va virtual asboblarning bazasi bilan tanishadi, shuningdek kerakli elementlarni tanlab virtual elektr sxemani yig'adi va ishga tushiradi.

7.4. Aktiv qarshilik, induktiv g'altak va sig'im parallel ulangan elektr zanjirida rezonansgacha bo'lgan jarayon

1. Sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshilik, induktiv g'altak va sig'im parallel ulangan, $b_L > b_C$ shartdagi elektr zanjirning virtual sxemasini (7.1-rasm) yig'adi hamda kuchlanish, toklar, aktiv quvvat va quvvat koeffitsiyentining qiymatlarini o'lchash uchun virtual o'lchov asboblari ulaydi.

2. Sinusoidal o'zgaruvchan kuchlanish va toklar ossillogrammalarini kuzatish uchun oss'illografni ulaydi.

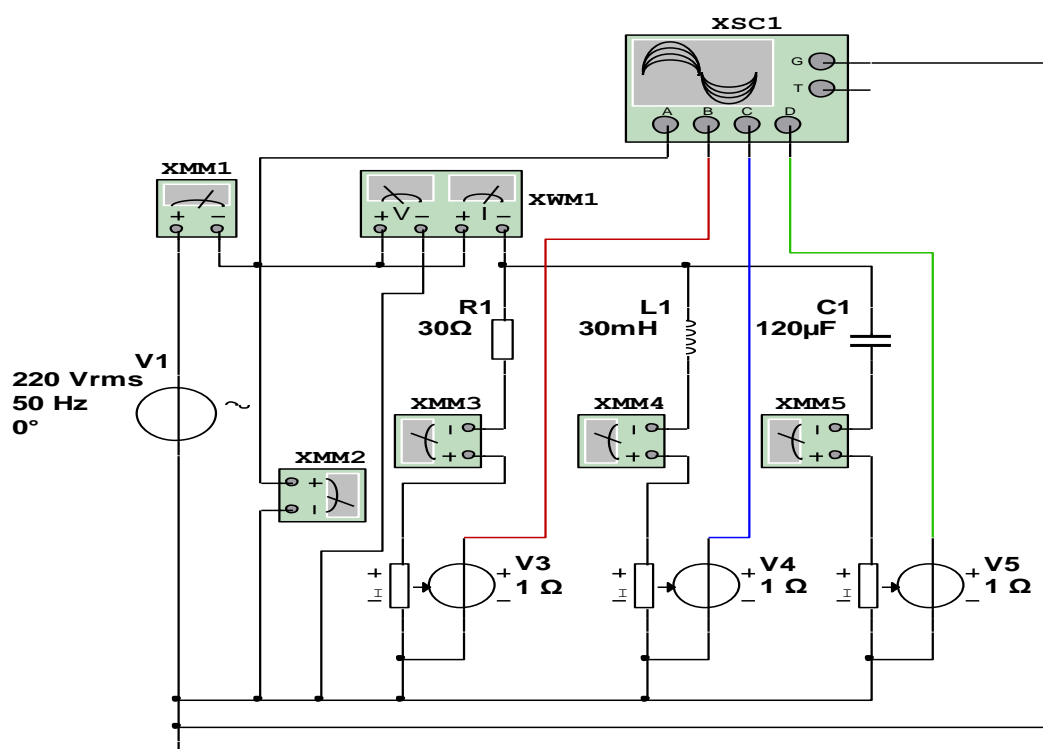
3. Virtual o'lchov asboblarning va oss'illografning shaklini kattalashtiradi.

4. Ulash (1 raqami) tugmasini bosib virtual sxemani (7.2-rasm) ishga tushiradi va o'lchov asboblari ko'rsatgan kuchlanish, toklar, quvvat va quvvat koeffitsiyenti qiymatlarni 7.1-jadvaldagi «O'lchashlar» qatoriga yozadi. So'ngra, «Hisoblashlar» qatorini to'ldiradi.

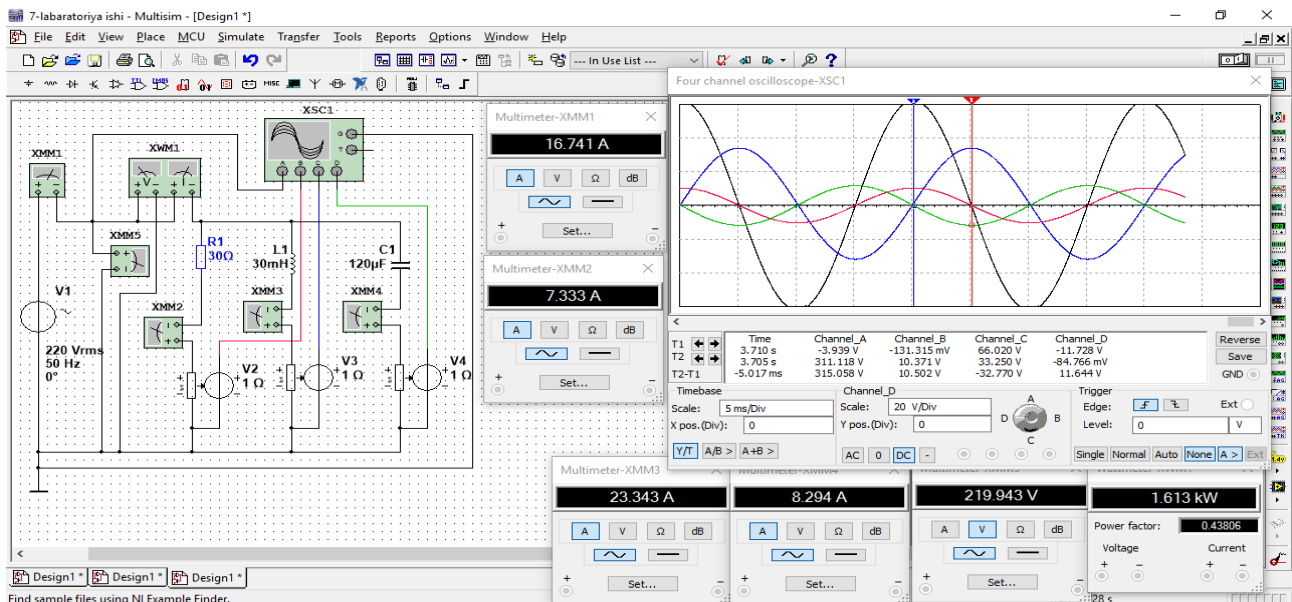
5. Tok va kuchlanishlarning tebranma harakat ossillogrammalarini kuzatadi.

7.1-rasmda tasvirlangan virtual elektr zanjirida:

- Sinusoidal o'zgaruvchan kuchlanish manbai V1 kuchlanishi 220 (V), chastotasi 42 [Hz] .
- Aktiv qarshilik qiymati $R1=30$ [Om].
- Induktiv g'altak qiymati 30 [mGn].
- Sig'im qiymati 120 [mkF].
- Tok datchiklari V3, V4, V5 ichki qarshiliklari 1 [Om].



7.1-rasm. Sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshilik, induktiv g'altak va sig'im parallel ulangan elektr zanjirning virtual sxemasi.



7.2-rasm. Sinusoidal o‘zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshilik, induktiv g‘altak va sig‘im parallel ulangan virtual elektr zanjirning modeli.

7.5. Induktiv g‘altak induktivligini yoki kondensator sig‘imini o‘zgartirib rezonansni hosil qilish

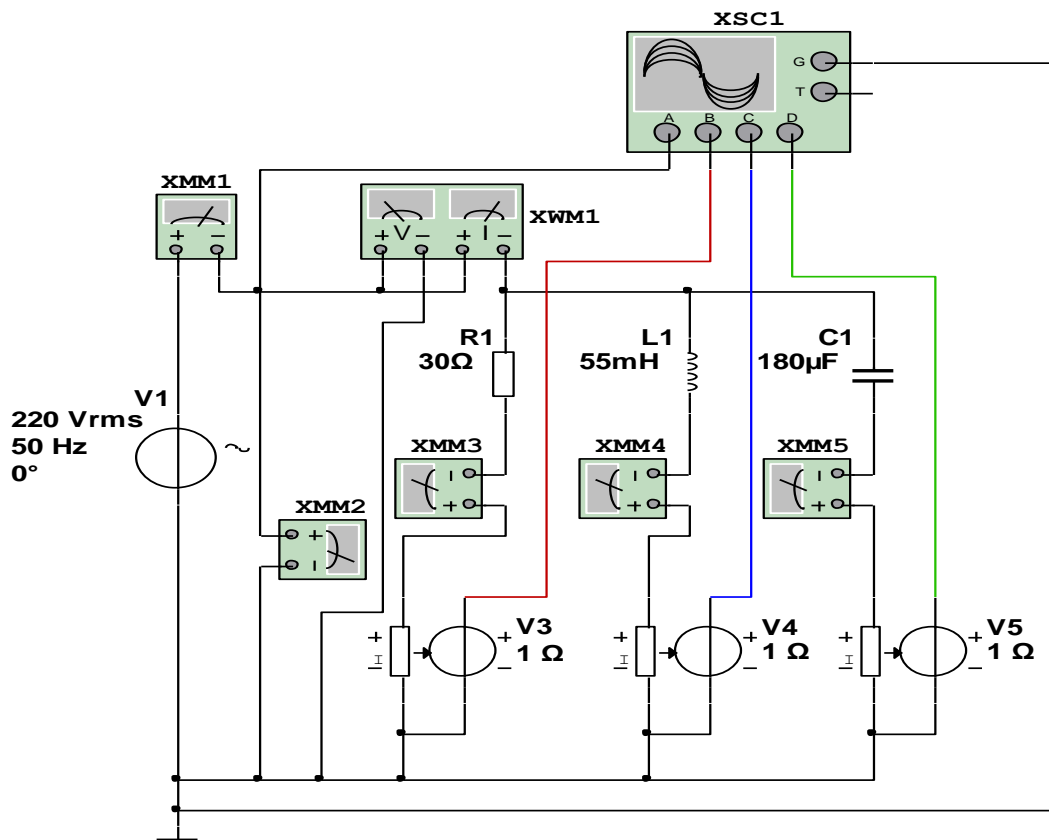
1. 7.1-rasmdagi virtual elektr sxemada induktiv g‘altak induktivligi yoki kondensator sig‘imi qiymatlarini o‘zgartirib, $I_L = I_C$ shartda toklar rezonansi jarayonini (7.3-rasm) hosil qiladi.

2. Ulash (1 raqami) tugmasini bosib virtual sxemani (7.4-rasm) ishga tushiradi va o‘lchov asboblari ko‘rsatgan kuchlanish, toklar va quvvat va quvvat koeffitsiyenti qiymatlarni 7.1-jadvaldagi «O‘lchashlar» qatoriga yozadi. So‘ngra, «Hisoblashlar» qatorini to‘ldiradi.

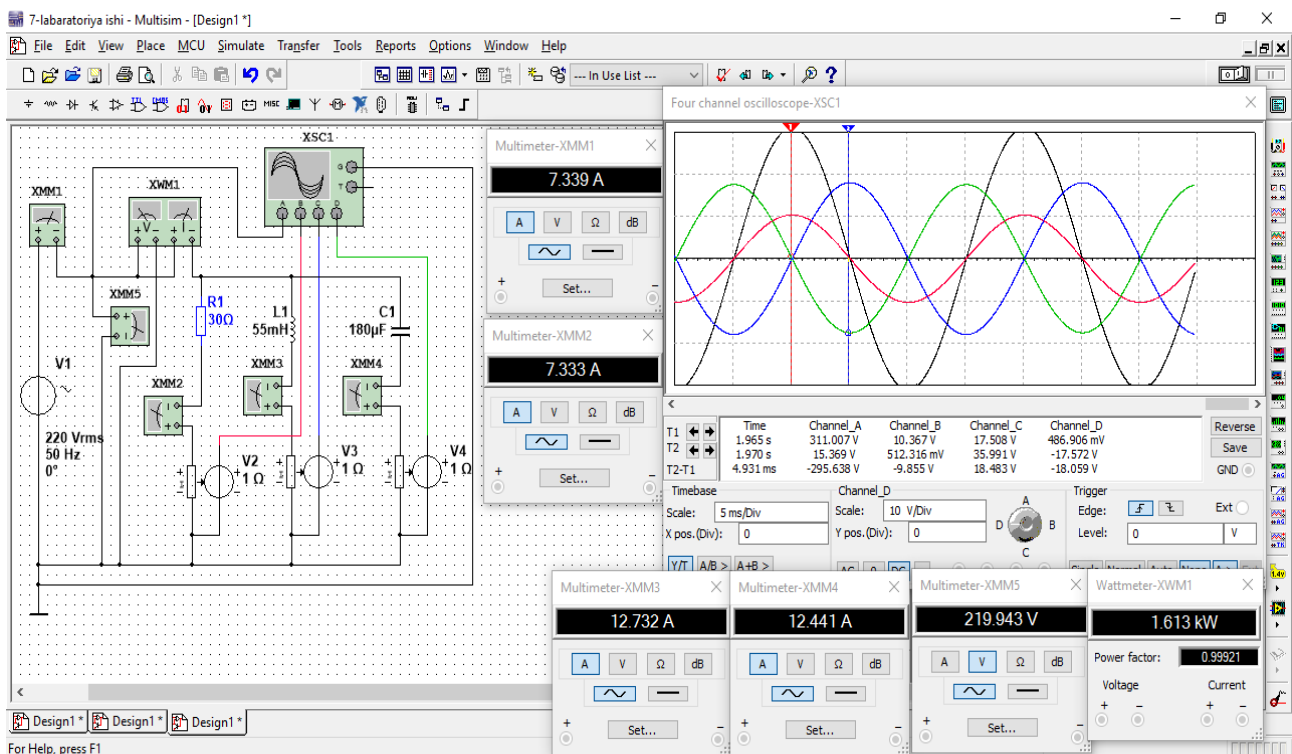
3. Rezonans jarayonida tok va kuchlanishlarning tebranma harakat ossilogrammalaridan $I_L = I_C$ va $I = I_R$ shartlarning bajarilishini kuzatadi.

7.3-rasmda tasvirlangan virtual elektr zanjirida:

- Sinusoidal o‘zgaruvchan kuchlanish manbai V1 kuchlanishi 220 (V), chastotasi 42 [Hz] .
- Aktiv qarshilik qiymati $R_1=30$ [Om].
- Induktiv g‘altak qiymati 55 [mGn].
- Sig‘im qiymati 180 [mkF].
- Tok datchiklari V3, V4, V5 ichki qarshiliklari 1 [Om].



7.3-rasm. Induktiv g'altak induktivligini yoki kondensator sig'imini o'zgartirib toklar rezonansini hosil qilishning virtual sxemasi.



7.4-rasm. Induktiv g'altak induktivligini yoki kondensator sig'imini o'zgartirib toklar rezonansi hosil qilingan virtual elektr zanjirning modeli.

7.6. Sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanish manbai chastotasini o'zgartirib rezonansni hosil qilish

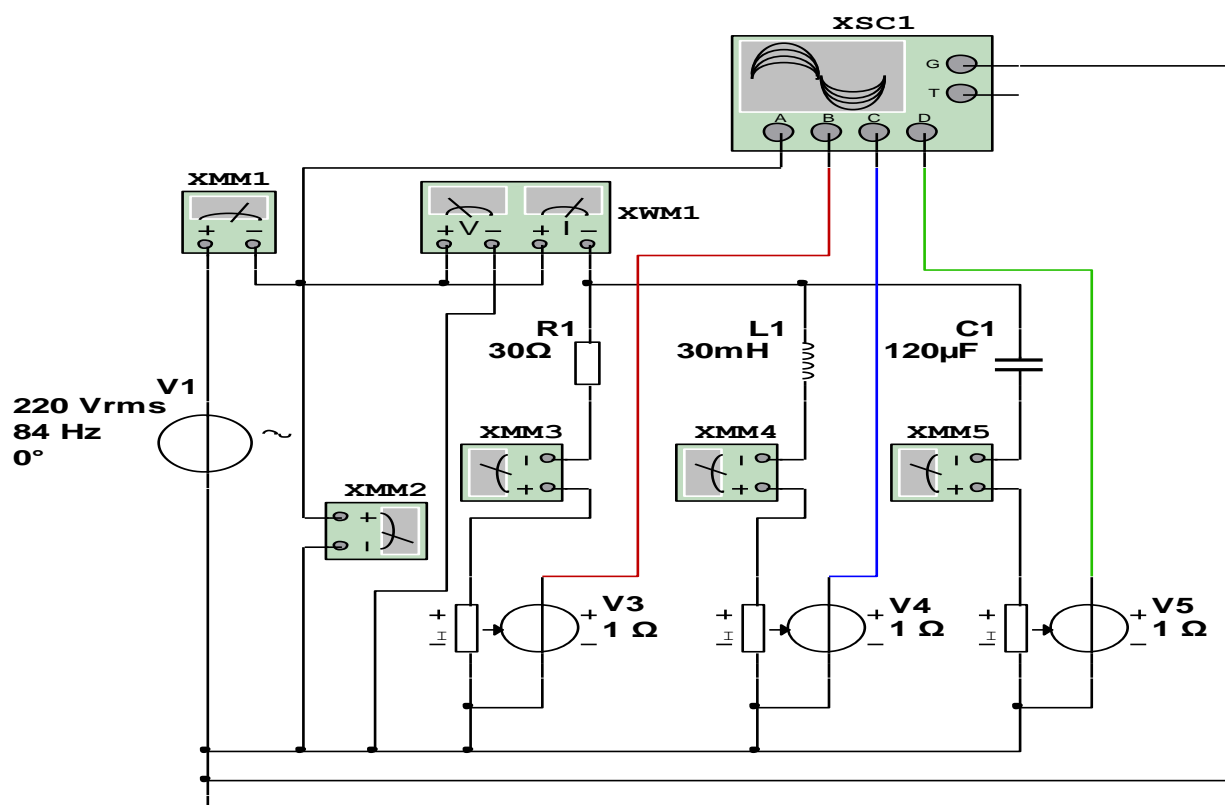
1. 7.1-rasmdagi virtual elektr sxemada sinusoidal o'zgaruvchan kuchlanish manbaining chastotasi qiymatini o'zgartirib, $I_L = I_C$ shartda toklar rezonansi jarayonini (7.5-rasm) hosil qiladi.

2. Ulash (1 raqami) tugmasini bosib virtual sxemani (7.6-rasm) ishga tushiradi va o'lchov asboblari ko'rsatgan kuchlanish, toklar va quvvat va quvvat koeffitsiyenti qiymatlarni 7.1-jadvaldagi «O'lchashlar» qatoriga yozadi. So'ngra, «Hisoblashlar» qatorini to'ldiradi.

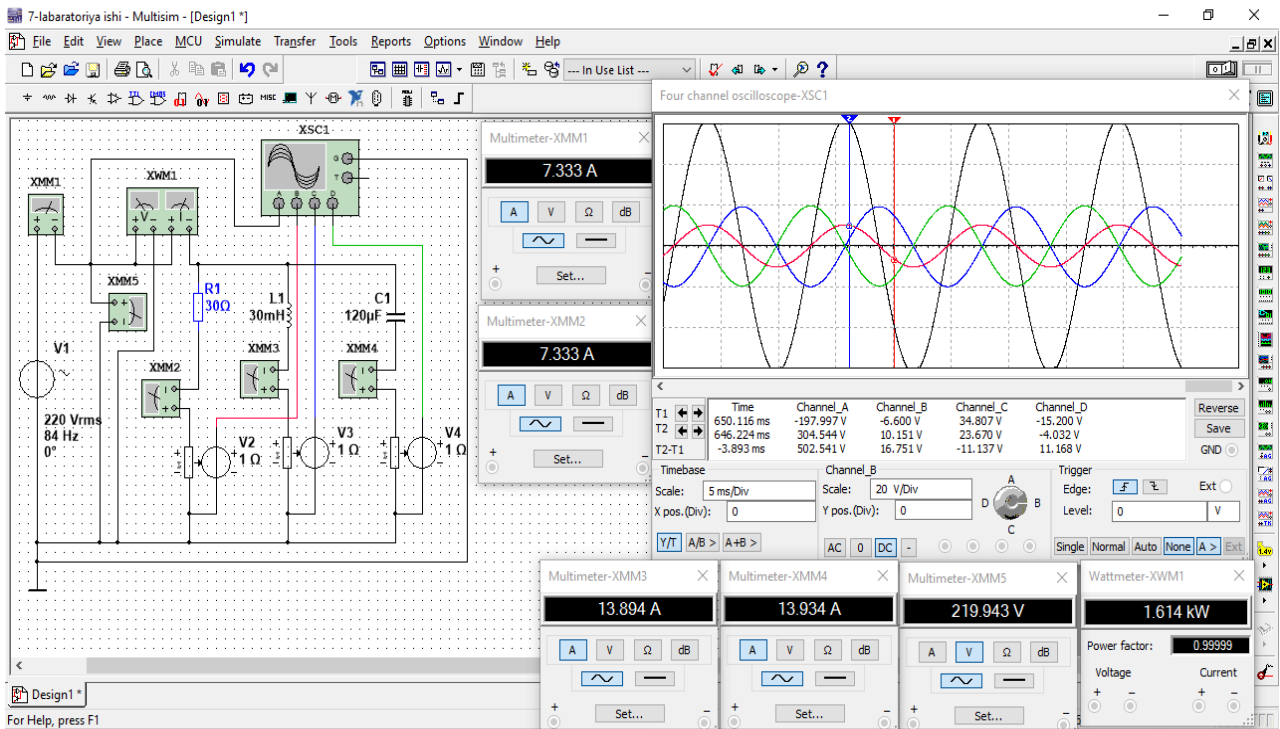
3. Rezonans jarayonida kuchlanish va toklarning tebranma harakat ossillogrammalaridan $I_L = I_C$ va $I = I_R$ shartlarning bajarilishini kuzatadi.

6.5-rasmda tasvirlangan virtual elektr zanjirida:

- Sinusoidal o'zgaruvchan kuchlanish manbai V1 kuchlanishi 220 (V), chastotasi 42 [Hz].
- Aktiv qarshilik qiymati $R_1=30$ [Om].
- Induktiv g'altak qiymati 30 [mGn].
- Sig'im qiymati 120 [mkF].
- Tok datchiklari V3, V4, V5 ichki qarshiliklari 1 [Om].



7.5-rasm. Sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanish manbaining chastotasini o'zgartirib toklar rezonansni hosil qilishning virtual sxemasi.



7.6-rasm. Sinusoidal o‘zgaruvchan tokli kuchlanish manbaining chastotasini o‘zgartirib toklar rezonansi hosil qilingan virtual elektr zanjirning modeli.

7.1-jadval

Virtual sxema	O‘lchashlar			Hisoblashlar							
	I	U	P	g	b _L	bc	L	C	b	Y	cos φ
	A	V	Vt	Sm	Sm	Sm	Gn	mkF	Sm	Sm	-
elektr zanjirida rezonansgacha bo‘lgan jarayon											
Aktiv qarshilik	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Induktiv g‘altak	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sig‘im	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Butun zanjir	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
induktiv g‘altak yoki sig‘im qiymatini o‘zgartirganda rezonans jarayoni											
Aktiv qarshilik	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Induktiv g‘altak	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sig‘im	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Butun zanjir	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
kuchlanish manbaining chastotasini o‘zgartirganda rezonans jarayoni											
Aktiv qarshilik	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Induktiv g‘altak	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sig‘im	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Butun zanjir	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Nazorat savollari.

1. Sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga aktiv qarshilik, induktiv g'altak va sig'im parallel ulangan elektr zanjirida rezonans jarayonining sharti qanday ?
2. Toklar rezonansi jarayonini hosil qilish usullarini tushuntiring.
3. Sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanish chastotasi qiymatining o'zgarishi toklar rezonansi jarayoniga qanday ta'sir qiladi ?
4. Toklar rezonansining amaliy ahamiyati nimadan iborat ?

8- LABORATORIYA ISHI

UCH FAZALI KUCHLANISHGA ISTE'MOLCHILARNI

«YULDUZ» USULIDA ULASH.

8.1. Ishni bajarishdan maqsad:

1. Uch fazali sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga iste'molchilarni «Yulduz» sxemada ulashni o'rganish .
2. «Yulduz» sxemada ulangan elektr zanjirida simmetrik ish jarayonini o'rganish.
3. «Yulduz» sxemada ulangan elektr zanjirida nosimmetrik ish jarayonini o'rganish .
4. «Yulduz» sxemada ulangan elektr zanjirida neytral sim uzilganda nosimmetrik ish jarayonini o'rganish .
5. «Yulduz» sxemada ulangan elektr zanjirida faza simi uzilganda ish jarayonini o'rganish .
6. «Yulduz» sxemada ulangan elektr zanjirida liniya simi uzilganda ish jarayonini o'rganish .
7. «Yulduz» sxemada ulangan elektr zanjirida neytral simning vazifasini o'rganish.
8. Faza va liniya kuchlanishlarini o'lchash va ular orasidagi nisbatni tajribada tekshirish.
9. Kuchlanishlar va toklarning vektor diagrammasini qurishni o'rganish .
10. Faza va liniya kuchlanishlarining tebranma harakat ossillogrammalarini kuzatish.

8.2. Ishga oid nazariy tushunchalar.

Talabalar laboratoriya ishiga oid nazariy tushunchalarni, **3.1. Uch fazali kuchlanishga iste'molchilarni «yulduz» usulida ulash** mavzusidan hamda, asosiy va qo'shimcha adabiyotlardan o'zlashtiradi.

8.3. Ishni bajarish tartibi.

O'qituvchining topshirig'iga binoan talaba laboratoriya ishini quyidagi tartibda bajaradi:

- Kompyuter monitorida «MS 14.0» dasturining «Bosh oynasi»ni ochadi (1-rasm). «Bosh oyna»da joylashgan virtual elektr elementlar, kommutasiya qurilmalari va virtual asboblarning bazasi bilan tanishadi, shuningdek kerakli elementlarni tanlab virtual elektr sxemani yig'adi va ishga tushiradi.

8.4. «Yulduz» sxemada ulangan elektr zanjirida simmetrik ish jarayoni

1. Uch fazali sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga iste'molchilar-aktiv qarshiliklar «Yulduz» sxemada ulangan elektr zanjirning virtual sxemasini (8.1-rasm) yig'adi hamda kuchlanishlar va toklar qiymatini o'lchash uchun virtual o'lchov asboblarini ulaydi.

2. Sinusoidal o'zgaruvchan faza va liniya kuchlanishlarining ossillogrammasini kuzatish uchun oss'illografni ulaydi.

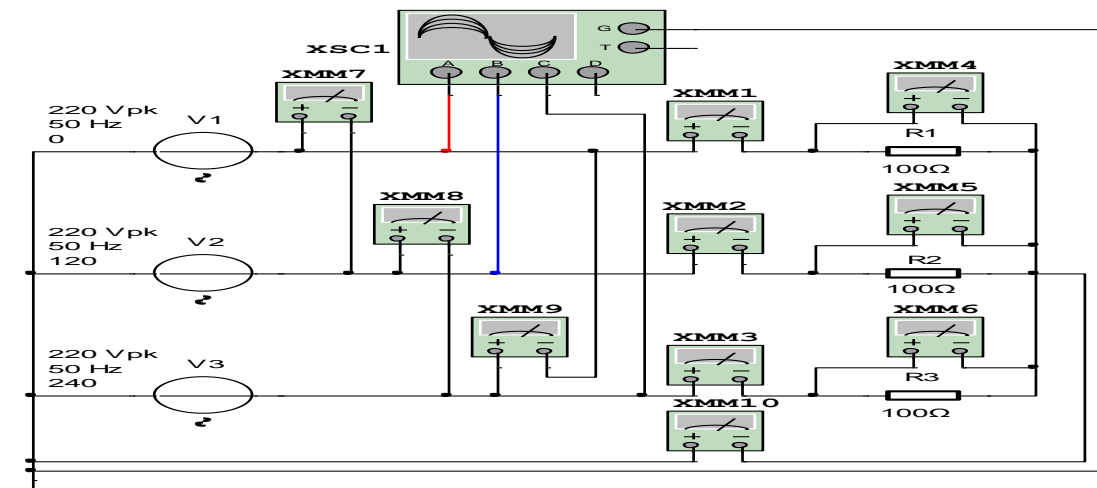
3. Virtual o'lchov asboblarining va oss'illografning shaklini kattalashtiradi.

4. Ulash (1 raqami) tugmasini bosib virtual sxemani (8.2-rasm) ishga tushiradi va o'lchov asboblari ko'rsatgan kuchlanishlar va toklar qiymatini 8.1-jadvaldagi «O'lchashlar» qatoriga yozadi. So'ngra, «Hisoblashlar» qatorini to'ldiradi.

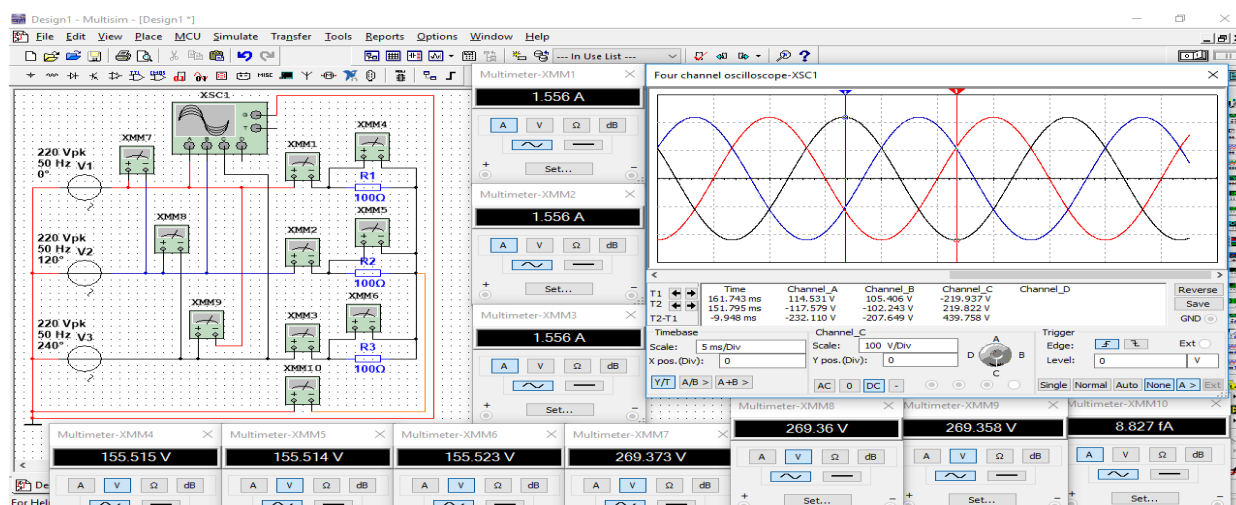
5. Faza va liniya kuchlanishlarining tebranma harakat ossillogrammasini kuzatadi.

8.1-rasmda tasvirlangan virtual elektr zanjirida:

- Uch fazali sinusoidal o'zgaruvchan kuchlanish manbai V_1, V_2, V_3 kuchlanishi 220 [V], chastotasi 50 [Hz].
- Aktiv qarshiliklar qiymati $R_1, R_2, R_3=100$ [Om].



8.1-rasm. «Yulduz» sxemada ulangan elektr zanjirida simmetrik jarayonning virtual sxemasi.



8.2-rasm. «Yulduz» sxemada ulangan elektr zanjirida simmetrik jarayondagi virtual zanjirning modeli.

8.5. «Yulduz» sxemada ulangan elektr zanjirida nosimmetrik ish jarayoni

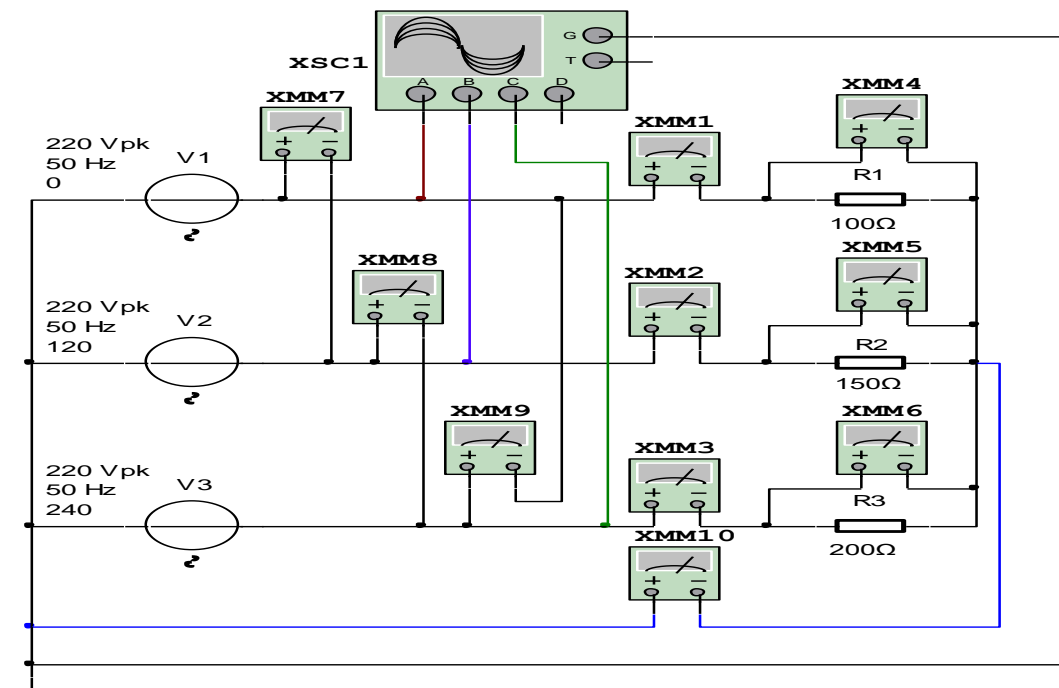
1. 8.1-rasmdagi elektr sxemada R2 va R3 qarshiliklar qiymatini o'zgartirib nosimmetrik ish jarayoniga oid elektr zanjirini (8.3-rasm) yig'adi.

2. Ulash (1 raqami) tugmasini bosib virtual sxemani (8.4-rasm) ishga tushiradi va o'lchov asboblari ko'rsatgan kuchlanishlar va toklar qiymatini 8.1-jadvaldagi «O'lchashlar» qatoriga yozadi. So'ngra, «Hisoblashlar» qatorini to'ldiradi.

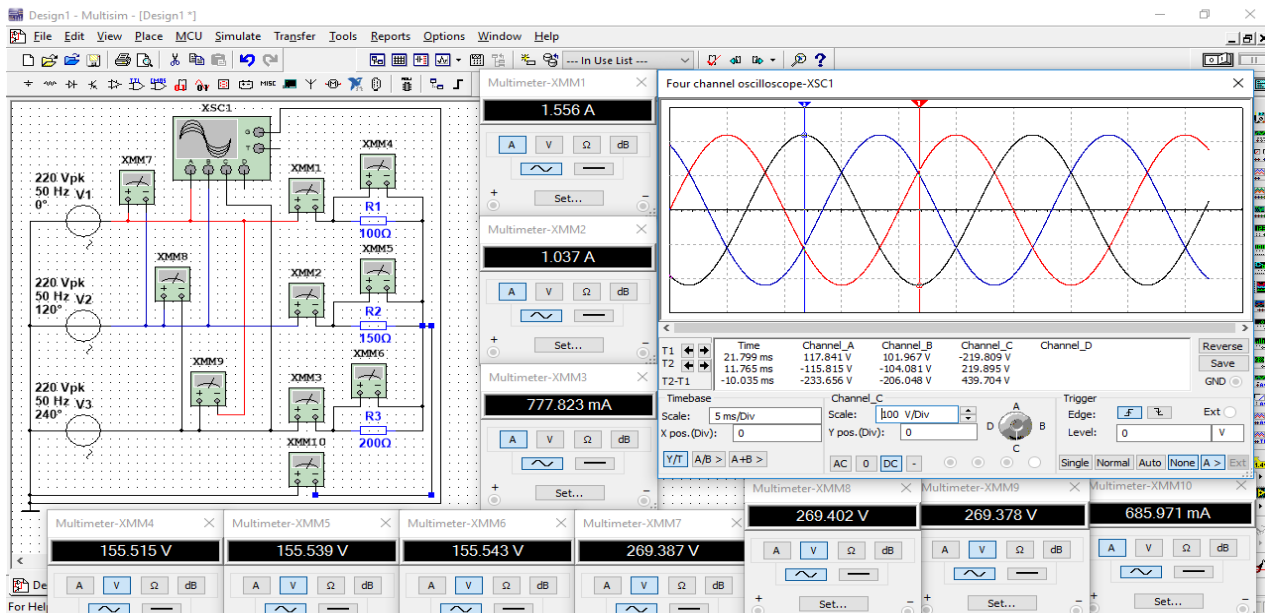
3. Faza va liniya kuchlanishlarining tebranma harakat ossillogrammasini kuzatadi.

8.3-rasmda tasvirlangan virtual elektr zanjirida:

➤ Aktiv qarshiliklar qiymati $R_1 = 100 \text{ /Om/}$, $R_2 = 150 \text{ /Om/}$, $R_3 = 200 \text{ [Om]}$.



8.3-rasm. «Yulduz» sxemada ulangan elektr zanjirida nosimmetrik jarayonning virtual sxemasi.



8.4-rasm. «Yulduz» sxemada ulangan elektr zanjirida nosimmetrik jarayondagi virtual zanjirning modeli.

8.6. «Yulduz» sxemada ulangan elektr zanjirida neytral sim uzilganda nosimmetrik ish jarayoni

1. 8.3-rasmdagi virtual elektr sxemada neytral simni uzadi (8.5-rasm).

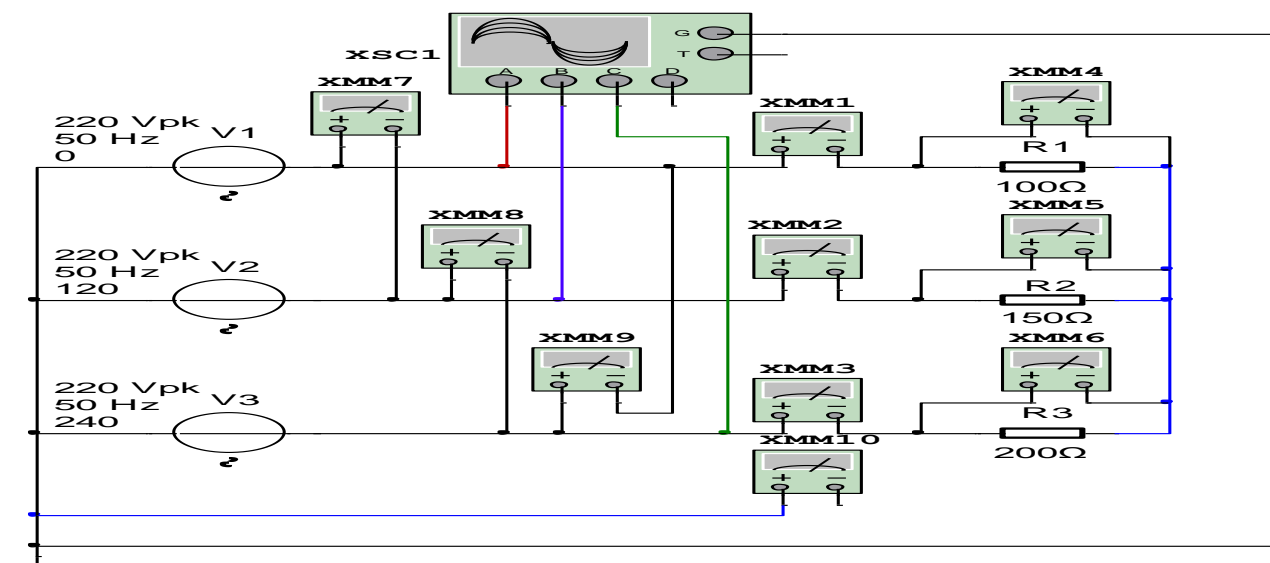
2. Ulash (1 raqami) tugmasini bosib virtual sxemani (8.6-rasm) ishga tushiradi va o'lchov asboblari ko'rsatgan kuchlanishlar va toklar qiymatini 8.1-jadvaldagi «O'lchashlar» qatoriga yozadi. So'ngra, «Hisoblashlar» qatorini to'ldiradi.

3. Elektr zanjirida neytral sim uzilganda faza kuchlanishlari va toklari qiymatining o'zgarishini kuzatadi hamda neytral simning vazifasini o'rganadi.

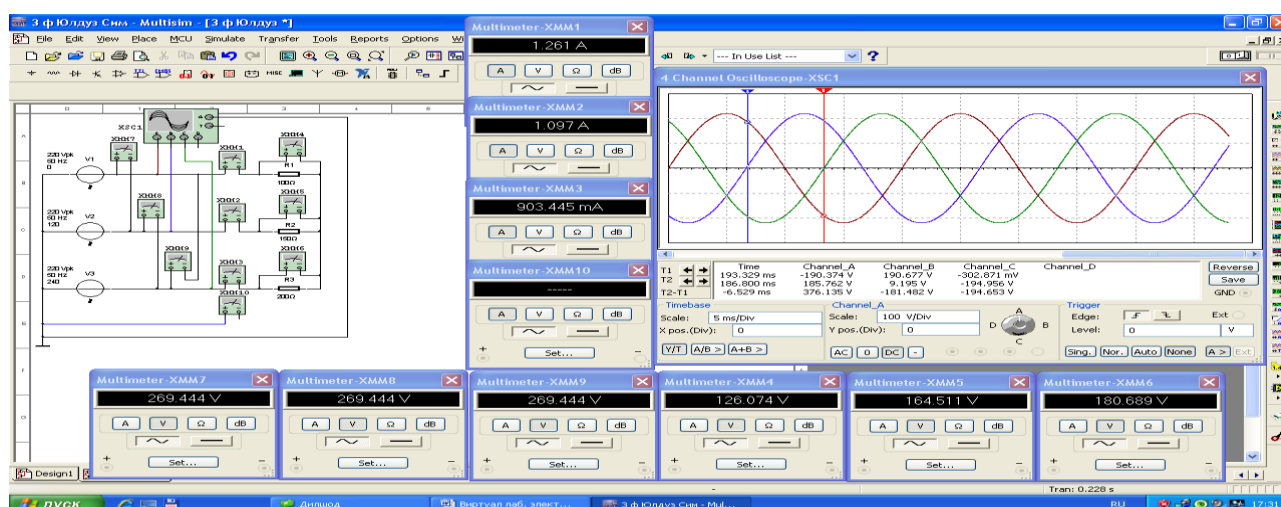
4. Faza va liniya kuchlanishlarining tebranma harakat ossillogrammasini kuzatadi.

8.5-rasmda tasvirlangan virtual elektr zanjirida:

➤ Aktiv qarshiliklar qiymati $R_1 = 100 \text{ } \Omega$, $R_2 = 150 \text{ } \Omega$, $R_3 = 200 \text{ } \Omega$.



8.5-rasm. «Yulduz» sxemada ulangan elektr zanjirida neytral sim uzilganda nosimmetrik jarayonning virtual sxemasi.



8.6-rasm. «Yulduz» sxemada ulangan elektr zanjirida neytral sim uzilganda nosimmetrik jarayondagi virtual zanjirning modeli.

8.7. «Yulduz» sxemada ulangan elektr zanjirida faza simi uzilganda nosimmetrik ish jarayoni

1. 8.3-rasmdagi virtual elektr sxemada faza simini uzadi (8.7-rasm).

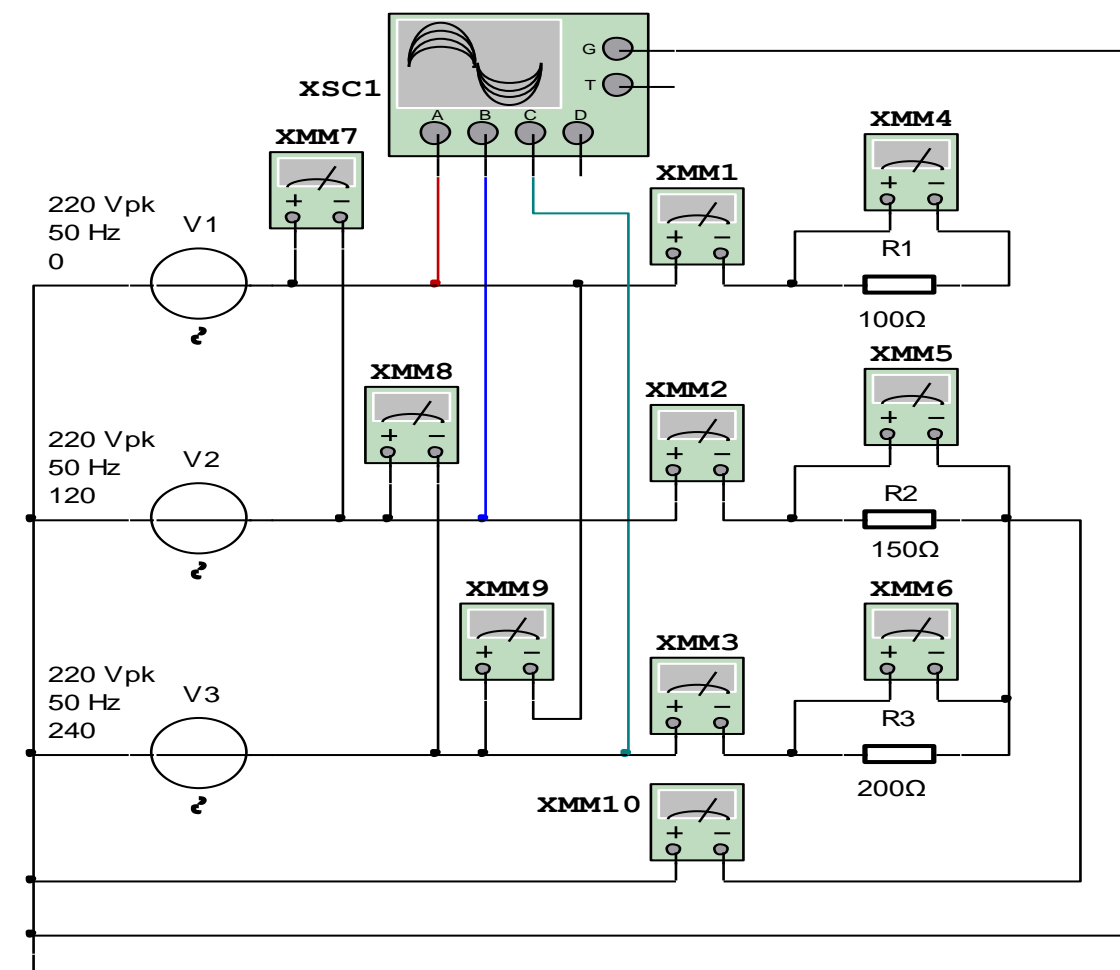
2. Ulash (1 raqami) tugmasini bosib virtual sxemani (8.8-rasm) ishga tushiradi va o'lchov asboblari ko'rsatgan kuchlanishlar va toklar qiymatini 8.1-jadvaldagi «O'lchashlar» qatoriga yozadi. So'ngra, «Hisoblashlar» qatorini to'ldiradi.

3. Elektr zanjirida faza simi uzilganda faza kuchlanishlari va toklari qiymatining o'zgarishini kuzatadi hamda neytral simning vazifasini o'rganadi.

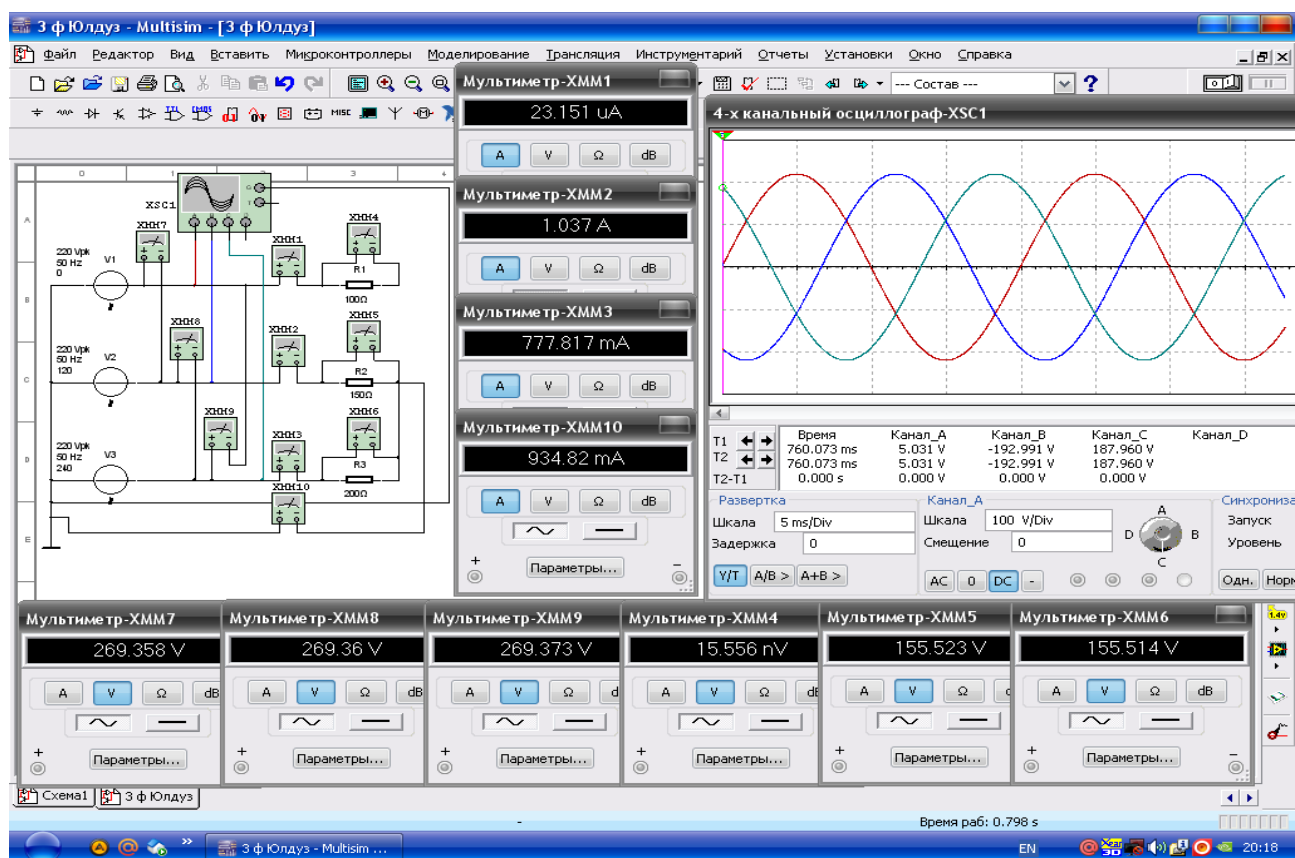
4. Faza va liniya kuchlanishlarining tebranma harakat ossillogrammasini kuzatadi.

8.7-rasmda tasvirlangan virtual elektr zanjirida:

➤ Aktiv qarshiliklar qiymati $R_1 = 100 \text{ } \Omega$, $R_2 = 150 \text{ } \Omega$, $R_3 = 200 \text{ } \Omega$.



8.7-rasm. «Yulduz» sxemada ulangan elektr zanjirida faza simi uzilganda nosimmetrik jarayonning virtual sxemasi.



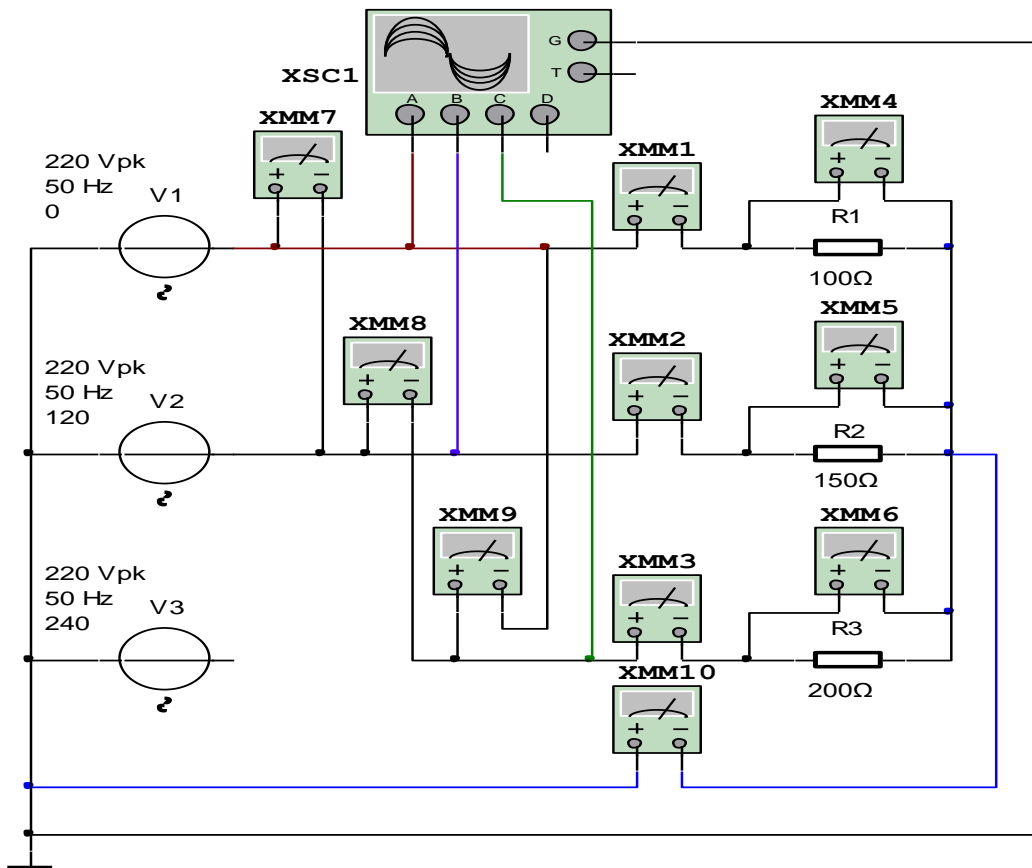
8.8-rasm. «Yulduz» sxemada ulangan elektr zanjirida faza simi uzilganda nosimmetrik jarayondagi virtual zanjirning modeli.

8.8. «Yulduz» sxemada ulangan elektr zanjirida liniya simi uzilganda nosimmetrik ish jarayoni

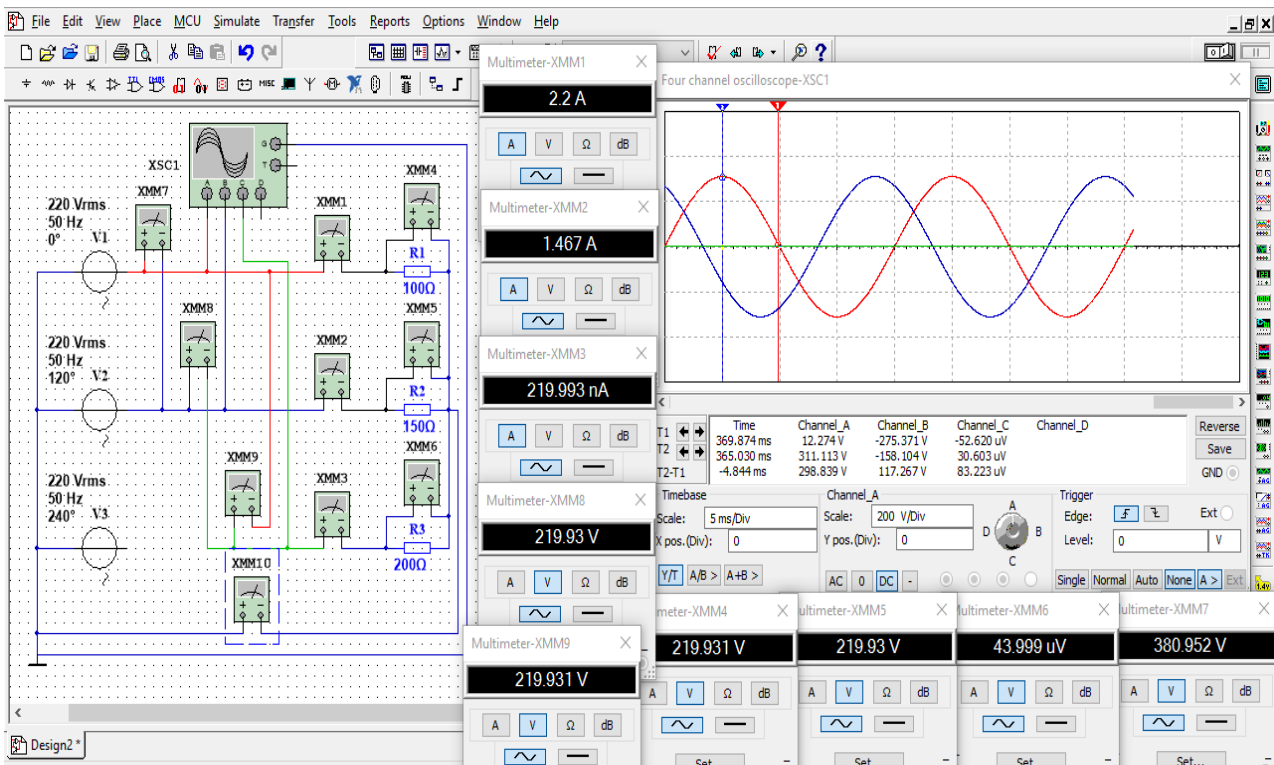
1. 8.3-rasmdagi virtual elektr sxemada liniya simini uzadi (8.9-rasm).
2. Ulash (1 raqami) tugmasini bosib virtual sxemani (8.10-rasm) ishga tushiradi va o'lchov asboblari ko'rsatgan kuchlanishlar va toklar qiymatini 8.1-jadvaldagi «O'lchashlar» qatoriga yozadi. So'ngra, «Hisoblashlar» qatorini to'ldiradi.
3. Elektr zanjirida liniya simi uzilganda faza kuchlanishlari va toklari qiymatining o'zgarishini kuzatadi hamda neytral simning vazifasini o'rganadi.
4. Faza va liniya kuchlanishlarining tebranma harakat ossillogrammasini kuzatadi.

8.9-rasmda tasvirlangan virtual elektr zanjirida:

- Aktiv qarshiliklar qiymati $R_1 = 100 \text{ /Om/}$, $R_2 = 150 \text{ /Om/}$, $R_3 = 200 \text{ [Om]}$.



8.9-rasm. «Yulduz» sxemada ulangan elektr zanjirida liniya simi uzilganda nosimmetrik jarayonning virtual sxemasi.



8.10-rasm. «Yulduz» sxemada ulangan elektr zanjirida liniya simi uzilganda nosimmetrik jarayondagi virtual zanjirning modeli.

Ish jarayonlari	O'lchashlar										Hisoblashlar		
	I_A	I_B	I_C	I_0	U_A	U_B	U_C	U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}	$\frac{U_{AB}}{U_A}$	$\frac{U_{BC}}{U_B}$	$\frac{U_{CA}}{U_C}$
	A	A	A	A	V	V	V	V	V	V			
Simmetrik													
Nosimmetrik													
Neytral sim uzilgan nosimmetrik													
Faz simi uzilgan nosimmetrik													
Liniya simi uzilgan nosimmetrik													

Nazorat savollari.

1. Uch fazali tok va kuchlanishlar qanday xolda simmetrik sistemani tashkil qiladi?
2. Uch fazali simmetrik va nosimmetrik iste'molchi nima?
3. Iste'molchilar «Yulduz» sxemada ulangan elektr zanjirida neytral simning vazifasi nimadan iborat?
4. Uch fazali zanjirlarning to'rt simli liniyalarida nima uchun neytral simning kundalang kesimi faza simining kundalang kesimidan kichik?
5. Uch fazali simmetrik va nosimmetrik istemolchilarga oid misollar keltiring.

9- LABORATORIYA ISHI

UCH FAZALI KUHLANISHGA ISTE'MOLCHILARNI

«UCHBURCHAK» USULIDA ULASH.

9.1. Ishni bajarishdan maqsad.

1. Uch fazali sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga iste'molchilarni «Uchburchak» sxemada ulashni o'rganish .

2. «Uchburchak» sxemada ulangan elektr zanjirida simmetrik ish jarayonini o'rganish .

3. «Uchburchak» sxemada ulangan elektr zanjirida nosimmetrik ish jarayonini o‘rganish .

4. «Uchburchak» sxemada ulangan elektr zanjirida faza simi uzilganda ish jarayonini o‘rganish .

5. «Uchburchak» ulangan elektr zanjirida liniya simi uzilganda ish jarayonini o‘rganish .

6. Faza va liniya toklarini o‘lchash va ular orasidagi nisbatni tajribada tekshirish.

7. Kuchlanishlar va toklarning vektor diagrammasini qurishni o‘rganish .

8. Faza va liniya kuchlanishlarining tebranma harakat ossillogrammalarini kuzatish.

9.2. Ishga oid nazariy tushunchalar.

Talabalar laboratoriya ishiga oid nazariy tushunchalarni, **3.2. Uch fazali kuchlanishga iste’molchilarni «uchburchak» usulida ulash** mavzusidan hamda, asosiy va qo‘shimcha adabiyotlardan o‘zlashtiradi.

9.3. ISHNI BAJARISH TARTIBI.

O‘qituvchining topshirig‘iga binoan talaba laboratoriya ishini quyidagi tartibda bajaradi:

- Kompyuter monitorida «MS 14.0» dasturining «Bosh oynasi»ni ochadi (1-rasm). «Bosh oyna»da joylashgan virtual elektr elementlar, kommutasiya qurilmalari va virtual asboblar bazasi bilan tanishadi, shuningdek kerakli elementlarni tanlab virtual elektr sxemani yig‘adi va ishga tushiradi.

9.4. «Uchburchak» sxemada ulangan elektr zanjirida simmetrik ish jarayoni

1. Uch fazali sinusoidal o‘zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga iste’molchilar-aktiv qarshiliklar «Uchburchak» sxemada ulangan elektr zanjirning virtual sxemasini (9.1-rasm) yig‘adi hamda kuchlanishlar va toklar qiymatini o‘lchash uchun virtual o‘lchov asboblarini ulaydi.

2. Sinusoidal o‘zgaruvchan faza va liniya kuchlanishlarining ossillogrammasini kuzatish uchun oss‘illografni ulaydi.

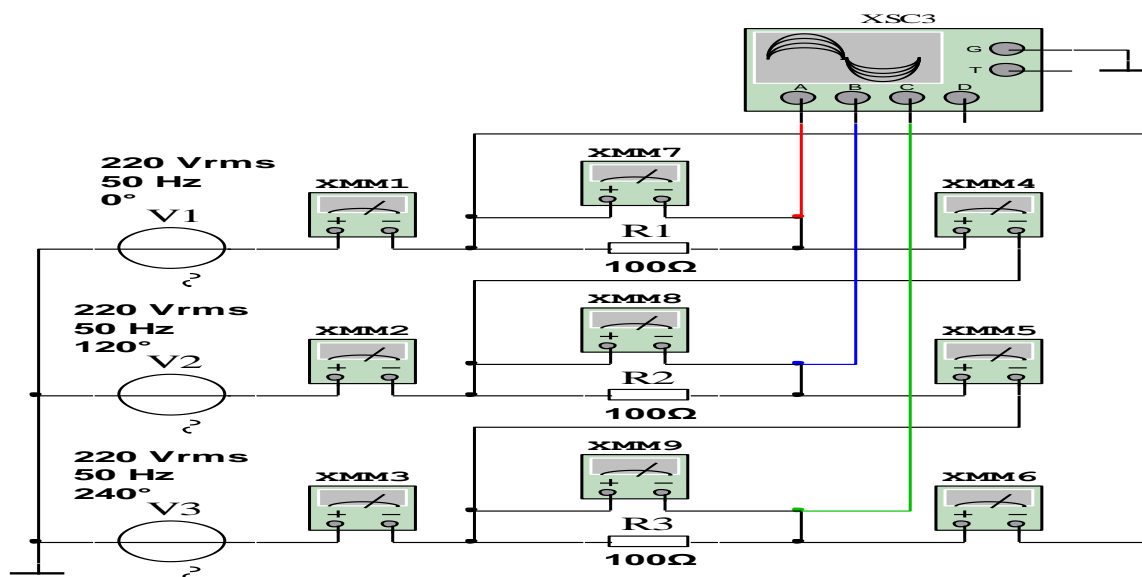
3. Virtual o‘lchov asboblarining va oss‘illografning shaklini kattalashtiradi.

4. Ulash (1 raqami) tugmasini bosib virtual sxemani (9.2-rasm) ishga tushiradi va o'lchov asboblari ko'rsatgan kuchlanishlar va toklar qiymatini 9.1-jadvaldagi «O'lchashlar» qatoriga yozadi. So'ngra, «Hisoblashlar» qatorini to'ldiradi.

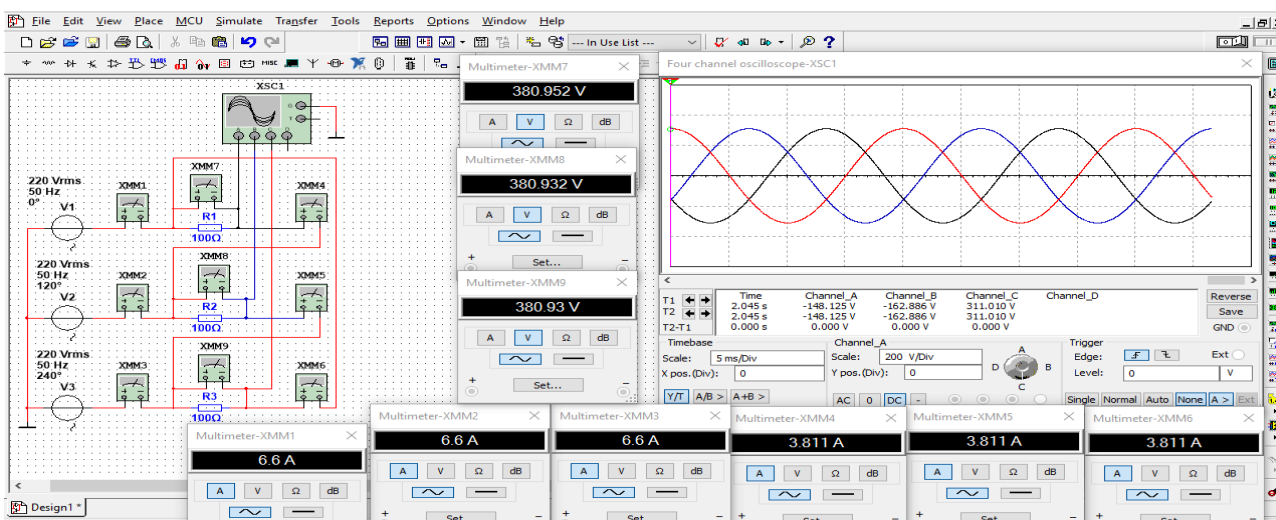
5. Faza va liniya toklarining tebranma xarakter oshillogrammasini kuzatadi.

8.1-rasmda tasvirlangan virtual elektr zanjirida:

- Uch fazali sinusoidal o'zgaruvchan kuchlanish manbai V1, V2, V3 kuchlanishi 220 [V], chastotasi 50 [Hz]
- Aktiv qarshiliklar qiymati R1, R2, R3=100 [Om].



9.1-rasm. «Uchburchak» sxemada ulangan elektr zanjirida simmetrik jarayonning virtual sxemasi.



9.2-rasm. «Uchburchak» sxemada ulangan elektr zanjirida simmetrik jarayondagi virtual zanjirning modeli.

9.5. «Uchburchak» sxemada ulangan elektr zanjirida nosimmetrik ish jarayoni

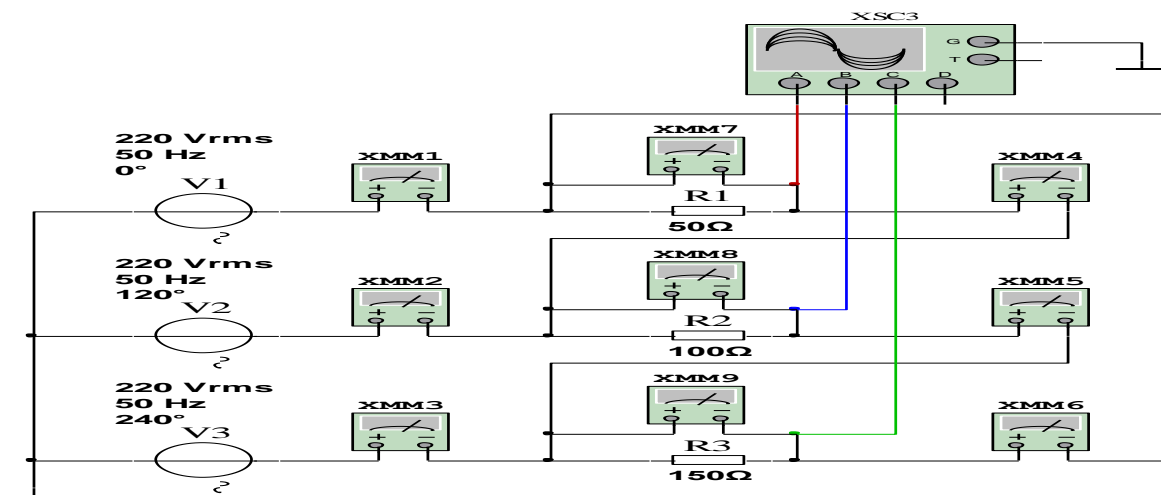
1. 9.1-rasmdagi elektr sxemada R1 va R3 qarshiliklar qiymatini o'zgartirib nosimmetrik ish jarayoniga oid elektr zanjirini (9.3-rasm) yig'adi.

2. Ulash (1 raqami) tugmasini bosib virtual sxemani (9.4-rasm) ishga tushiradi va o'lchov asboblari ko'rsatgan kuchlanishlar va toklar qiymatini 9.1-jadvaldagi «O'lchashlar» qatoriga yozadi. So'ngra, «Hisoblashlar» qatorini to'ldiradi.

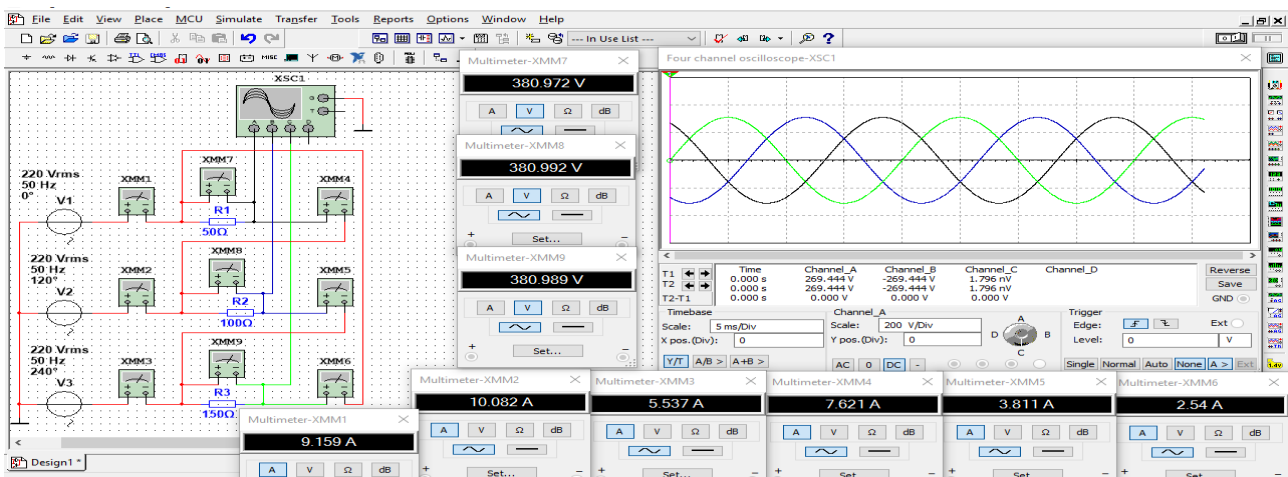
3. Faza va liniya kuchlanishlarining tebranma harakat ossillogrammasini kuzatadi.

9.3-rasmda tasvirlangan virtual elektr zanjirida:

➤ Aktiv qarshiliklar qiymati $R1 = 50 \text{ /Om/}$, $R2 = 100 \text{ /Om/}$, $R3 = 150 \text{ [Om]}$.



9.3-rasm. «Uchburchak» sxemada ulangan elektr zanjirida nosimmetrik jarayonning virtual sxemasi.



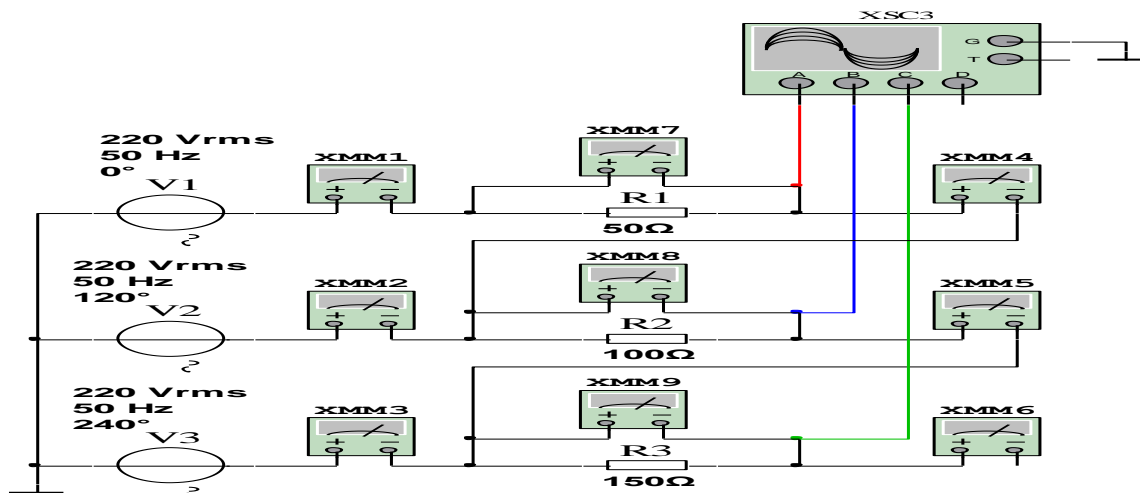
9.4-rasm. «Uchburchak» sxemada ulangan elektr zanjirida nosimmetrik jarayondagi virtual zanjirning modeli.

9.6. «Uchburchak» sxemada ulangan elektr zanjirida faza simi uzilganda nosimmetrik ish jarayoni

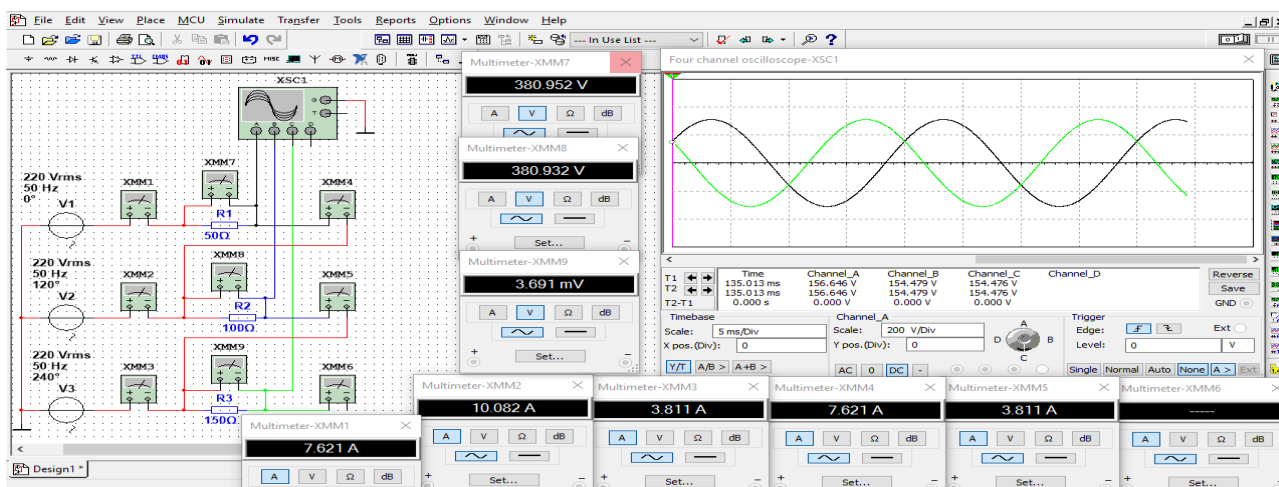
1. 9.3-rasmdagi elektr sxemada faza simini uzadi (9.5-rasm).
2. Ulash (1 raqami) tugmasini bosib virtual sxemani (9.6-rasm) ishga tushiradi va o'lchov asboblari ko'rsatgan kuchlanishlar va toklar qiymatini 9.1-jadvaldagi «O'lchashlar» qatoriga yozadi. So'ngra, «Hisoblashlar» qatorini to'ldiradi.
3. Faza va liniya kuchlanishlarining tebranma harakat ossillogrammasini kuzatadi.

9.5-rasmda tasvirlangan virtual elektr zanjirida:

- Aktiv qarshiliklar qiymati $R_1 = 50 \text{ /Om/}$, $R_2 = 100 \text{ /Om/}$, $R_3 = 150 \text{ [Om]}$.



9.5-rasm. «Uchburchak» sxemada ulangan elektr zanjirida faza simi uzilganda nosimmetrik jarayonning virtual sxemasi.



9.6-rasm. «Uchburchak» sxemada ulangan elektr zanjirida faza simi uzilganda nosimmetrik jarayondagi virtual zanjirning modeli.

9.7. «Uchburchak» sxemada ulangan elektr zanjirida liniya simi uzilganda nosimmetrik ish jarayoni

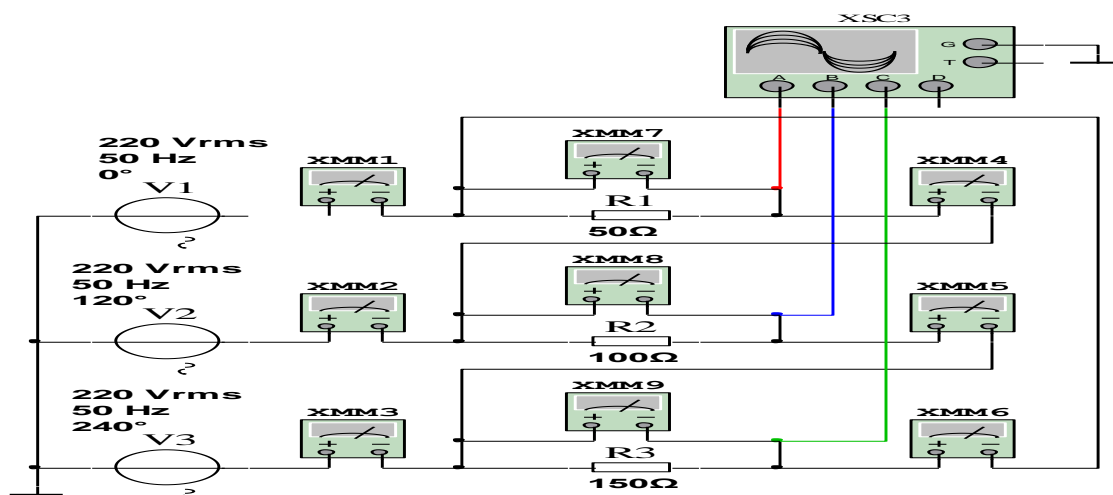
1. 9.5-rasmdagi virtual elektr sxemada liniya simini uzadi (9.7-rasm).

2. Ulash (1 raqami) tugmasini bosib virtual sxemani (9.8-rasm) ishga tushiradi va o‘lchov asboblari ko‘rsatgan kuchlanishlar va toklar qiymatini 9.1-jadvaldagi «O‘lchashlar» qatoriga yozadi. So‘ngra, «Hisoblashlar» qatorini to‘ldiradi.

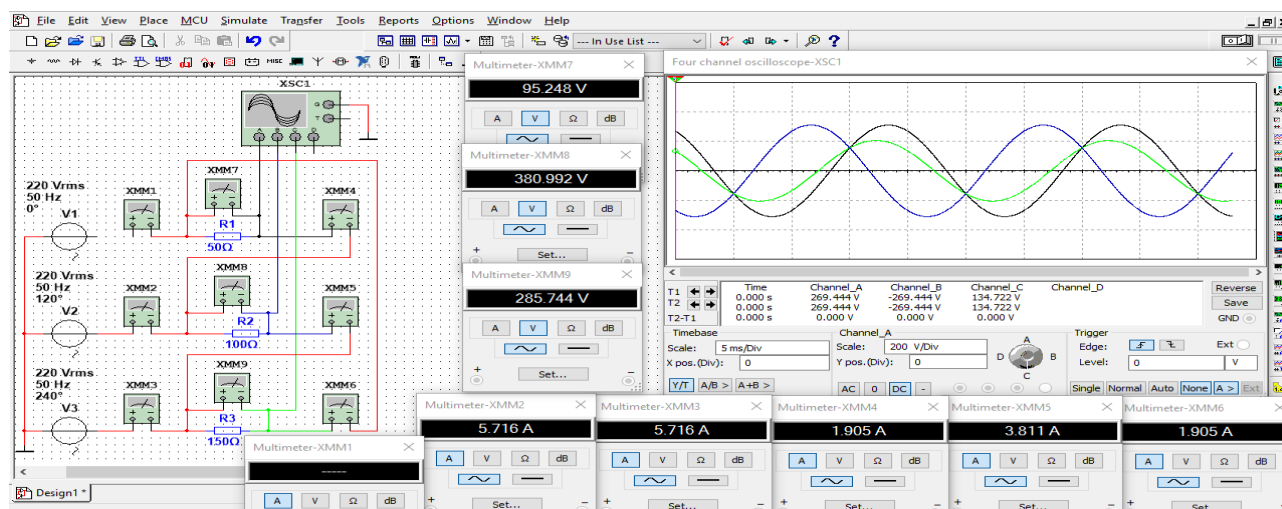
3. Faza va liniya kuchlanishlarining tebranma harakat ossillogrammasini kuzatadi.

9.7-rasmda tasvirlangan virtual elektr zanjirida:

➤ Aktiv qarshiliklar qiymati $R_1 = 50 \text{ } \Omega$, $R_2 = 100 \text{ } \Omega$, $R_3 = 150 \text{ } \Omega$.



9.7-rasm. «Uchburchak» sxemada ulangan elektr zanjirida liniya simi uzilganda nosimmetrik jarayonning virtual sxemasi.



9.8-rasm. «Uchburchak» sxemada ulangan elektr zanjirida liniya simi uzilganda nosimmetrik jarayondagi virtual zanjirning modeli.

O'lchashlar									Hisoblashlar			
Ish jarayonlari	I_{AB}	I_{BC}	I_{CA}	I_A	I_B	I_C	U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}	$\frac{I_A}{I_{AB}}$	$\frac{I_B}{I_{BC}}$	$\frac{I_C}{I_{CA}}$
	A	A	A	A	A	A	V	V	V			
Simmetrik												
Nosimmetrik												
Faza simi uzilgan nosimmetrik												
Liniya simi uzilgan nosimmetrik												

Nazorat savollari.

1. Uch fazali tok va kuchlanishlar qanday xolda simmetrik sistemani tashkil qiladi?
2. Uch fazali simmetrik va nosimmetrik iste'molchi nima?
3. Iste'molchilar «Uchburchak» sxemada ulangan elektr zanjiri qanday yig'iladi?
4. Iste'molchilar «Uchburchak» sxemada ulangan elektr zanjirida liniya va faza toklari o'rtasida fark qanday aniqlanadi?
5. Iste'molchilar «Uchburchak» sxemada ulangan elektr zanjirlarida simmetrik va nosimmetrik istemolchilarga oid misollar keltiring.

10- LABORATORIYA ISHI

ELEKTR ZANJIRLARDA QUVVATNI O'LCHASH

10.1. Ishni bajarishdan maqsad.

1. Elektrodinamik sistemali vattmetrlarning tuzilishi va ishlash prinsipi bilan tanishish.
2. Bir fazali o'zgaruvchan tok elektr zanjirida quvvatni o'lchash sxemalari bilan tanishish va aktiv quvvatni o'lchash.
3. Uch fazali o'zgaruvchan tok elektr zanjirlarida bir fazali va uchfazali vattmetrlar yordamida quvvatni o'lchash sxemalari bilan tanishish hamda aktiv va reaktiv quvvatlarni o'lchash.

10.2. Ishga oid nazariy tushunchalar.

Talabalar laboratoriya ishiga oid nazariy tushunchalarni, **3.3. Elektr zanjirlarda quvvatni o'lchash mavzusidan** hamda, asosiy va qo'shimcha adabiyotlardan o'zlashtiradi.

10.3. Ishni bajarish tartibi.

O'qituvchining topshirig'iga binoan talaba laboratoriya ishini quyidagi tartibda bajaradi:

Kompyuter monitorida «MS 14.0» dasturining «Bosh oynasi»ni ochadi (1-rasm).

«Bosh oyna»da joylashgan virtual elektr elementlar, kommutasiya qurilmalari va virtual asboblarning bazasi bilan tanishadi, shuningdek kerakli elementlarni tanlab virtual elektr sxemani yig'adi va ishga tushiradi.

10.4. RLC elementlar ketma-ket ulangan elektr zanjirda quvvatni o'lchash

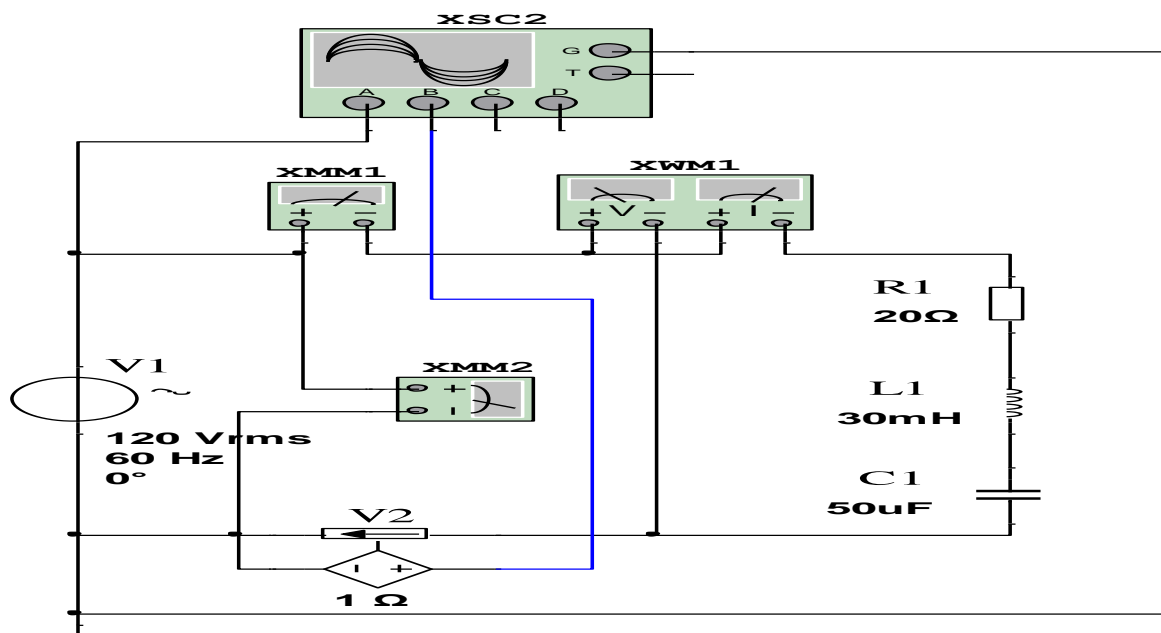
1. "Katta oyna"ning virtual elektr elementlar qatoridan sinusoidal o'zgaruvchan kuchlanish manbai V_1 , virtual rezistor R_1 , induktiv g'altak L_1 , kondensator S_1 elementlari tanlab olinadi hamda RLC elementlar ketma-ket ulangan virtual elektr zanjiri (10-1 rasm) yig'iladi.

2. "Katta oyna"ning virtual o'lchov asboblari qatoridan o'zgaruvchan tok va kuchlanish qiymatlarini o'lchash uchun X_{MM1} , X_{MM2} hamda quvvat qiymatini o'lchash uchun X_{WM1} o'lchov asboblari tanlab olinadi va elektr zanjiriga ulanadi.

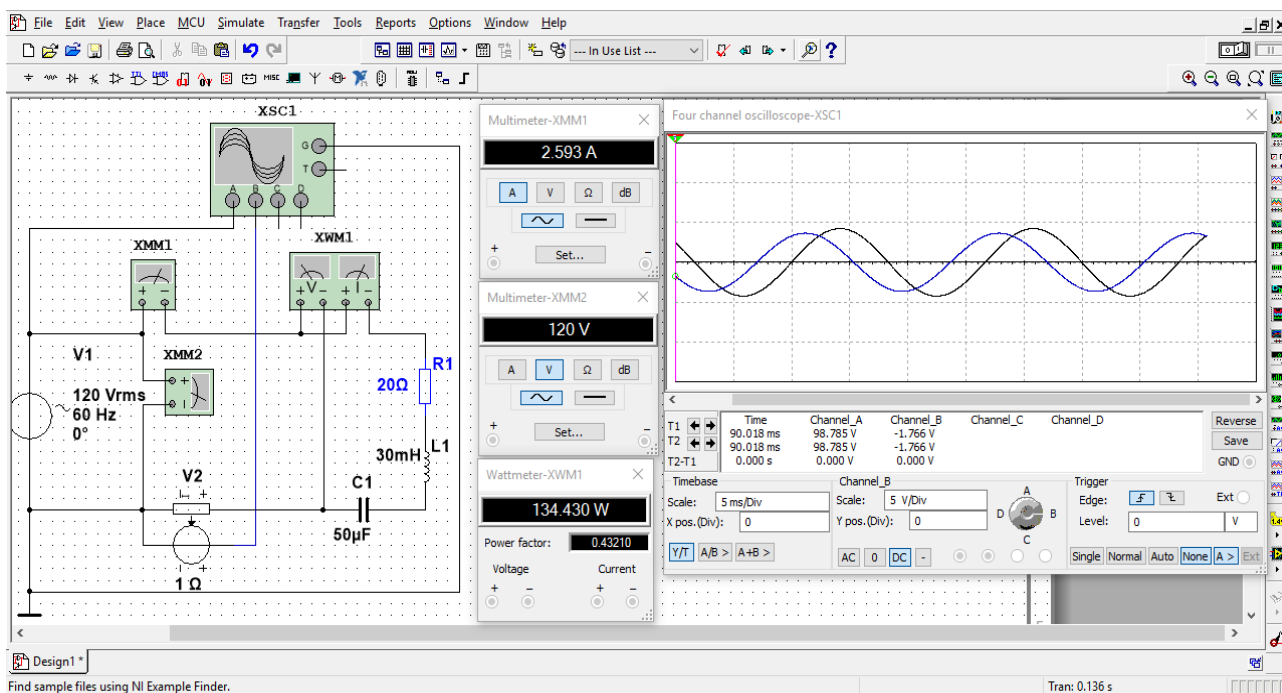
3. Sinusoidal o'zgaruvchan tok va kuchlanishning tebranma harakat diagrammalarini kuzatish uchun virtual oss'illograf X_{SS2} ulanadi.

4. "Katta oyna"ning o'ng yuqori burchagida joylashgan 0-1 kalitni ulab, elektr zanjiri ishga tushiriladi.

5. Virtual o'lchov asboblardagi tok va kuchlanish qiymatlari hamda aktiv quvvat va quvvat koeffitsientining qiymatlari (10.2-rasm) 10-1 jadvalga yoziladi.



10.1-rasm. RLC elementlar ketma-ket ulangan elektr zanjirida quvvatni o‘lchashning virtual sxemasi.



10.2-rasm. RLC elementlar ketma-ket ulangan elektr zanjirida quvvatni o‘lchashning virtual modeli.

10.2-rasmda tasvirlangan virtual elektr zanjirida:

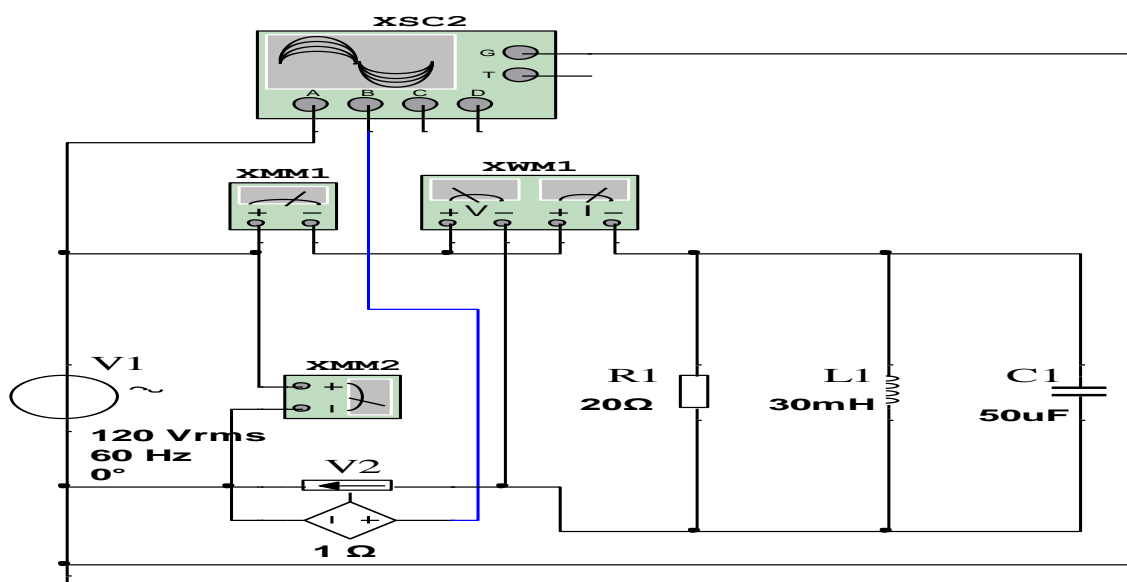
- XWM1 vattmetrdagi aktiv quvvatning qiymati $134,409/Vt/$.
- Quvvat koeffitsientining qiymati $0,432$.

10.5. RLC elementlar parallel ulangan elektr zanjirda quvvatni o'lchash

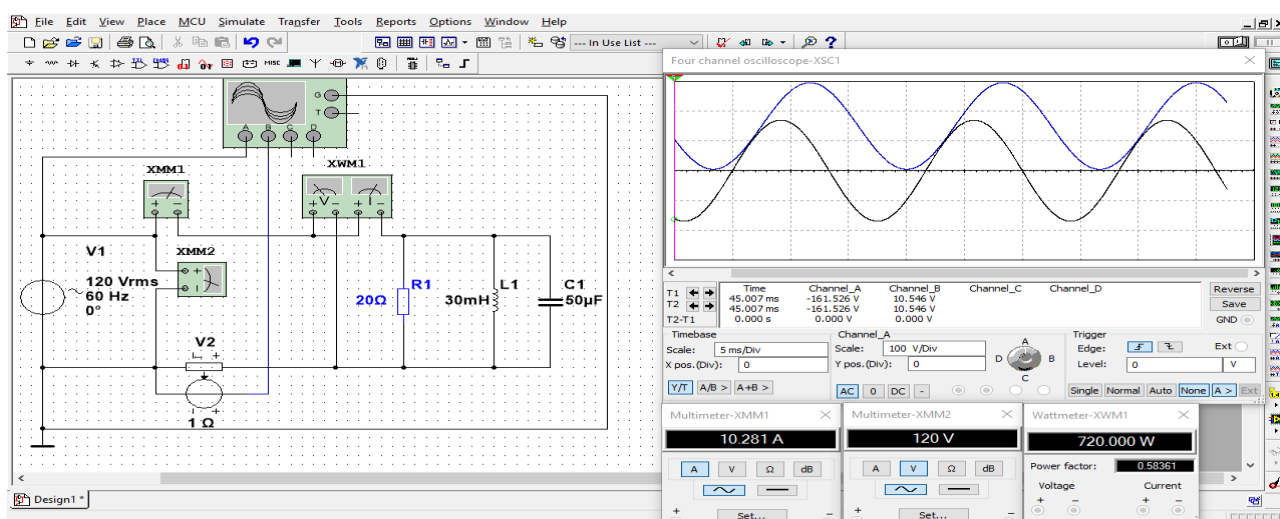
1.1. RLC elementlar parallel ulangan virtual elektr zanjiri (10.3-rasm) yig'iladi.

1.2. "Katta oyna" ning o'ng yuqori burchagida joylashgan 0-1 kalitni ulab, elektr zanjiri ishga tushiriladi.

1.3. Virtual o'lchov asboblardagi tok va kuchlanish qiymatlari hamda aktiv quvvat va quvvat koeffitsientining qiymatlari (10.4-rasm) 10-1 jadvalga yoziladi.



10.3-rasm. RLC elementlar parallel ulangan elektr zanjirida quvvatni o'lchashning virtual sxemasi.



10.4-rasm. RLC elementlar ketma-ket ulangan elektr zanjirida quvvatni o'lchashning virtual modeli.

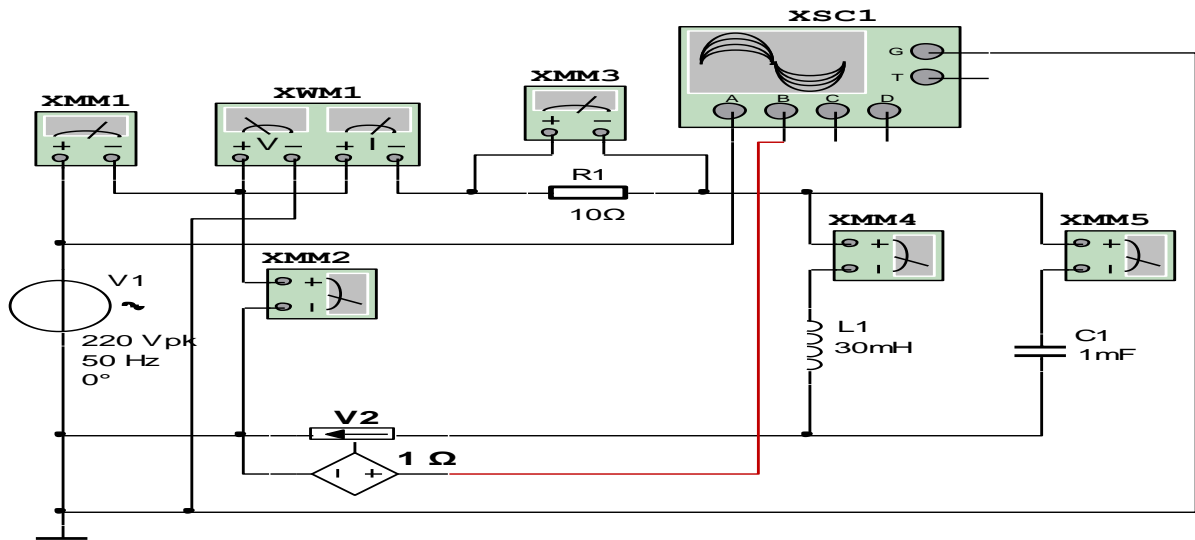
- XWM1 vattmetrdagi aktiv quvvatning qiymati 720 /Vt/.
- quvvat koeffitsientining qiymati 0,33.

10.6. RLC elementlar aralash ulangan elektr zanjirida quvvatni o'lchash

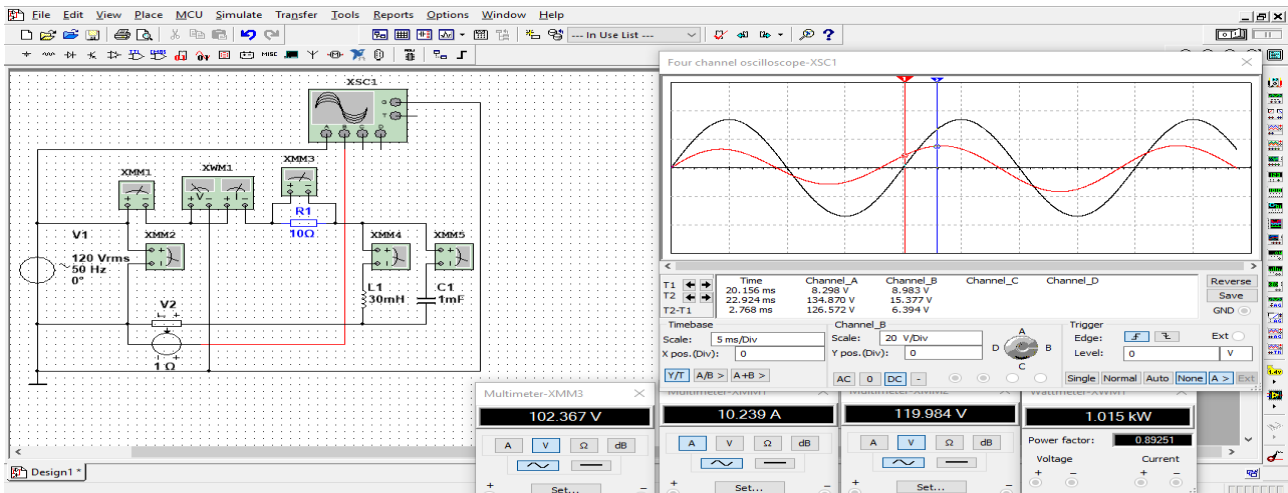
1.1. RLC elementlar, aktiv qarshilik ketma-ket, induktiv g'altak va sig'im aralash ulangan virtual elektr zanjiri (10.5-rasm) yig'iladi.

1.2. "Katta oyna" ning o'ng yuqori burchagida joylashgan 0-1 kalitni ulab, elektr zanjiri ishga tushiriladi.

1.3. Virtual o'lchov asboblardagi tok va kuchlanish qiymatlari hamda aktiv quvvat va quvvat koeffitsientining qiymatlari (10.6-rasm) 10-1 jadvalga yoziladi.



10.5-rasm. RLC elementlar aralash ulangan elektr zanjirida quvvatni o'lchashning virtual sxemasi.



10.6-rasm. RLC elementlar aralash ulangan elektr zanjirida quvvatni o'lchashning virtual modeli.

- XWM1 vattmetrdagi aktiv quvvatning qiymati 1706 /Vt/ .
- quvvat koeffitsientining qiymati 0,87.

10.7. «Yulduz» sxemada ulangan elektr zanjirda simmetrik ish jarayonida quvvatni o‘lchash

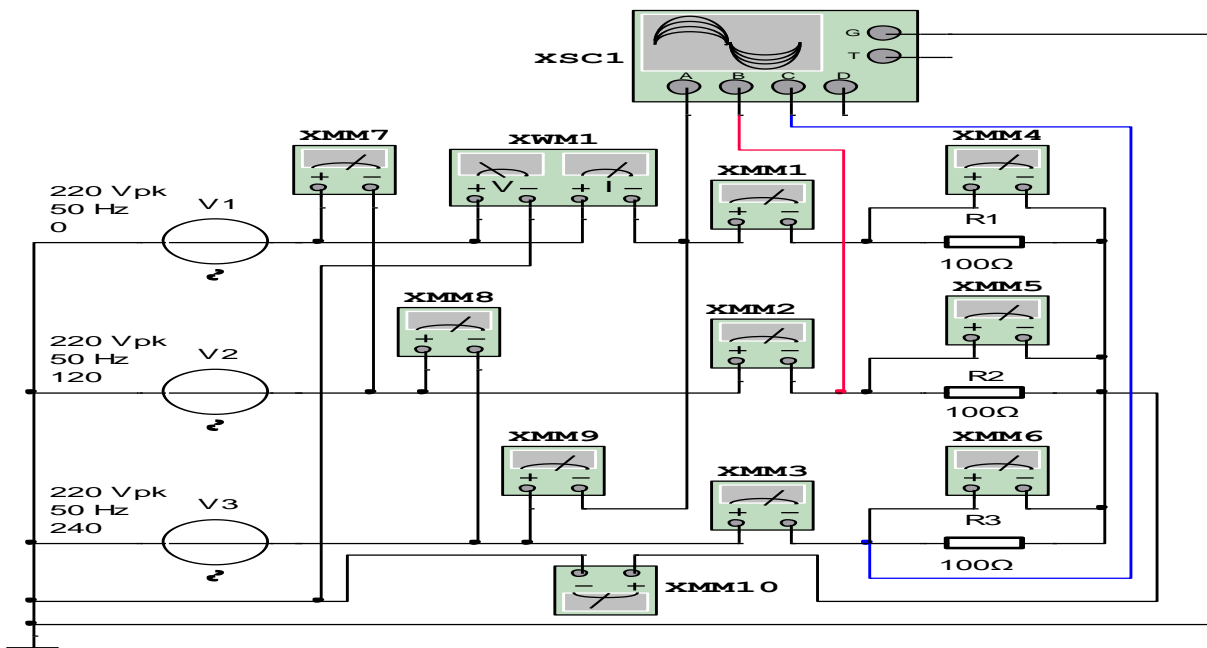
1.1. “Katta oyna” ning virtual elektr elementlar qatoridan virtual sinusoidal o‘zgaruvchan kuchlanish manbalari V1, V2, V3, virtual rezistorlar R1, R2, R3, induktiv galtak L1, kondensator S1 elementlari tanlab olinadi hamda simmetrik - yulduz sxemada ulangan uch fazali virtual elektr zanjiri (10.7-rasm.) yig‘iladi.

1.2. “Katta oyna” ning virtual o‘lchov asboblari qatoridan faza toklari, neytral sim toki hamda faza va liniya kuchlanishlari qiymatlarini o‘lchash uchun virtual ulchov asboblari XMM1-XMM10, quvvat qiymatini o‘lchash uchun XWM1 vattmetr tanlab olinadi va elektr zanjiriga ulanadi.

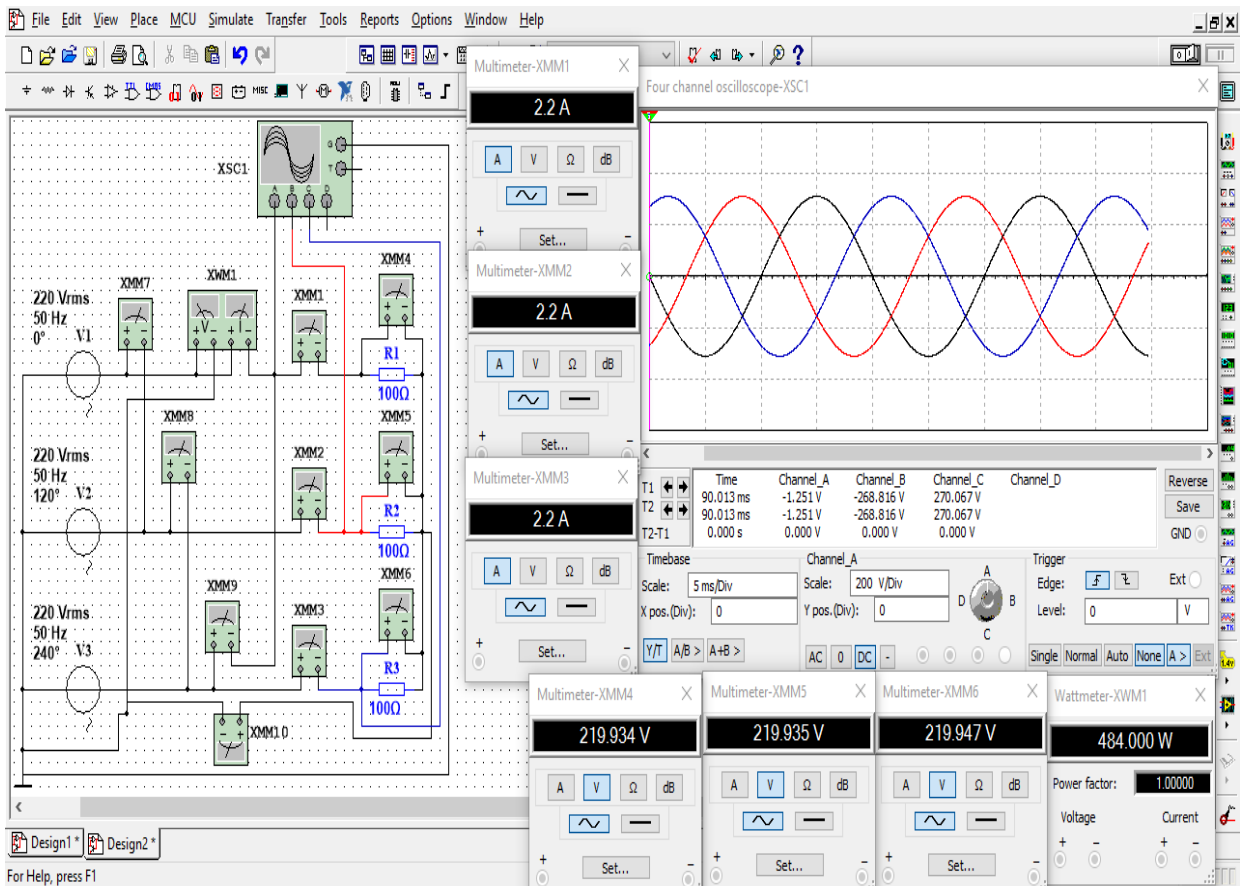
1.3. Sinusoidal o‘zgaruvchan tok va kuchlanishning tebranma harakat diagrammalarini kuzatish uchun virtual oss‘illograf XSS1 ulanadi.

1.4. “Katta oyna” ning o‘ng yuqori burchagida joylashgan 0-1 kalitni ulab, elektr zanjiri ishga tushiriladi.

1.5. Virtual o‘lchov asboblardagi toklar va kuchlanishlar qiymatlari hamda A fazaning aktiv quvvati va quvvat koeffitsientining qiymatlari (10.8-rasm.) 10-1 jadvalga yoziladi.



10.7-rasm. Simmetrik - yulduz sxemada ulangan elektr zanjirda quvvatni o‘lchashning virtual sxemasi.



10.8-rasm. Simmetrik - yulduz sxemada ulangan elektr zanjirida quvvatni o‘lchashning virtual modeli.

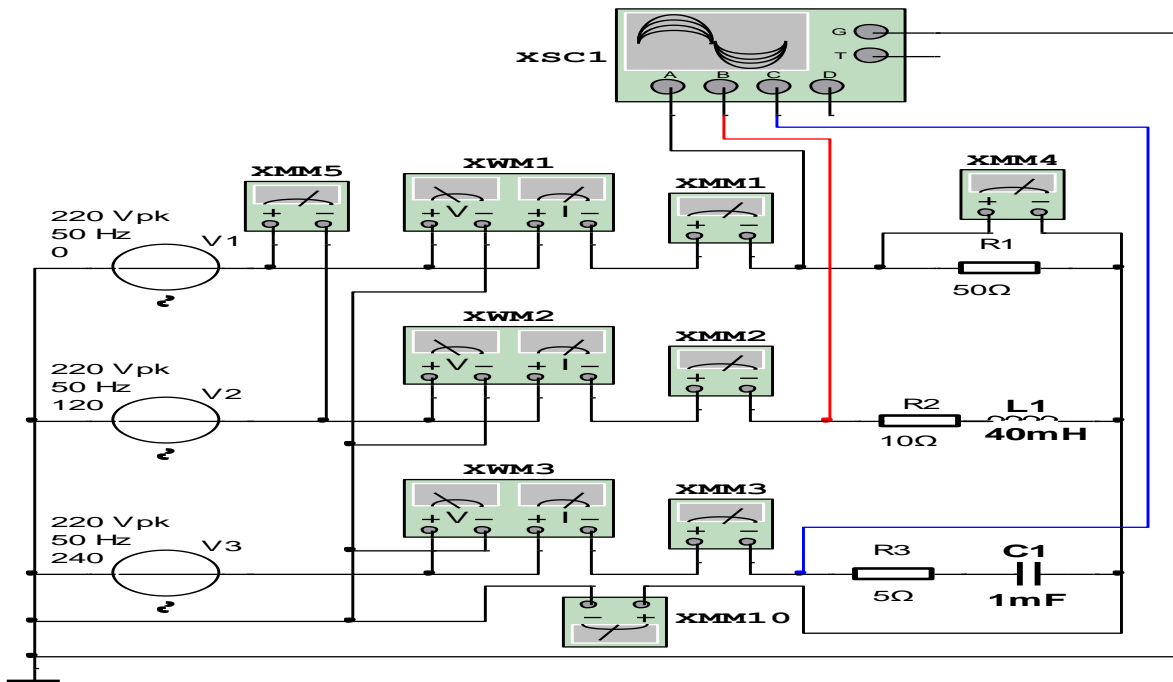
- XWM1 vattmetrdagi aktiv quvvatning qiymati $242 \sqrt{3}$ Vt/.
- quvvat koeffitsientining qiymati 1,0.

10.8. «Yulduz» sxemada ulangan elektr zanjirda nosimmetrik ish jarayonida quvvatni o‘lchash

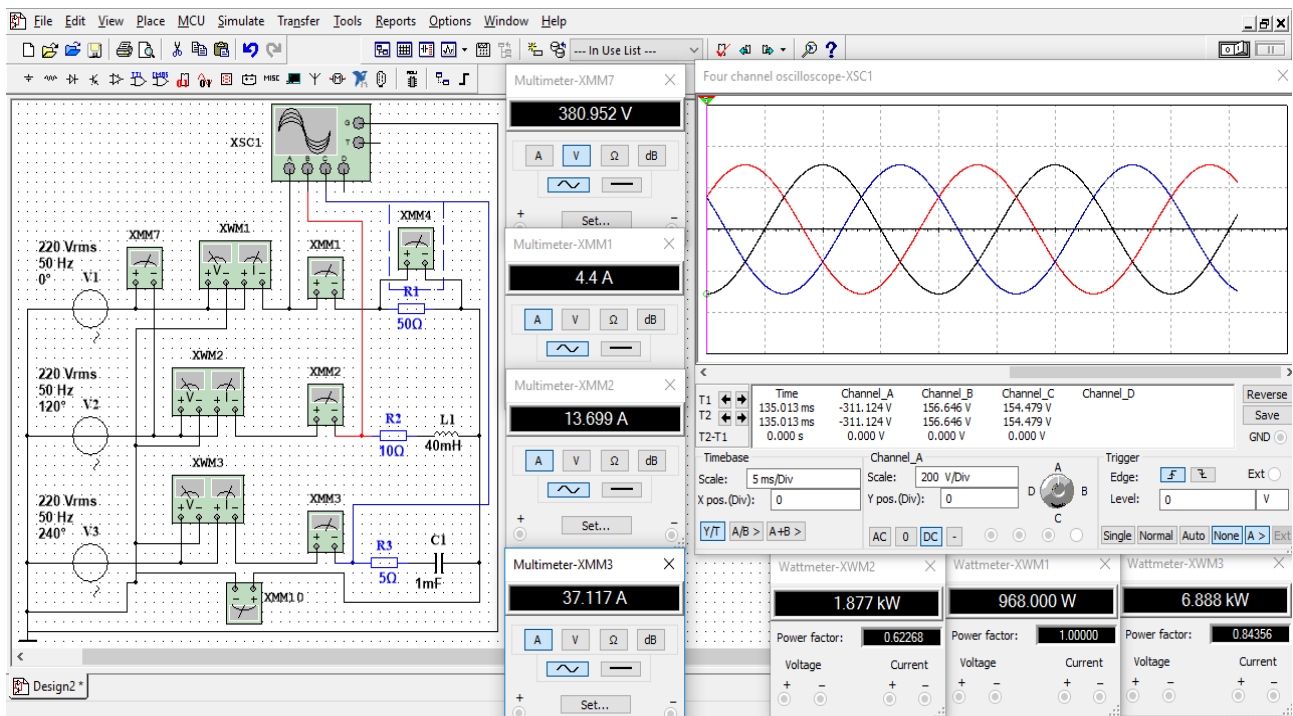
1.1. O‘qituvchining topshirig‘iga binoan, o‘quvchilar tomonidan nosimmetrik - yulduz sxemada ulangan uch fazali virtual elektr zanjiri (10.9-rasm.) yig‘iladi.

1.2. O‘qituvchi tomonidan virtual elektr zanjirining yig‘ilishi tekshirib berilgandan so‘ng, “Katta oyna” ning o‘ng yuqori burchagida joylashgan 0-1 kalitni ulab, elektr zanjiri ishga tushiriladi.

1.3. Virtual o‘lchov asboblardagi toklar va kuchlanishlar qiymatlari hamda A fazaning aktiv quvvati va quvvat koeffitsientining qiymatlari (10.10-rasm.) 10-1 jadvalga yoziladi.



10.9-rasm. Nosimmetrik - yulduz sxemada ulangan elektr zanjirida quvvatni o'lchashning virtual sxemasi



10.10-rasm. Nosimmetrik - yulduz sxemada ulangan elektr zanjirida quvvatni o'lchashning virtual modeli.

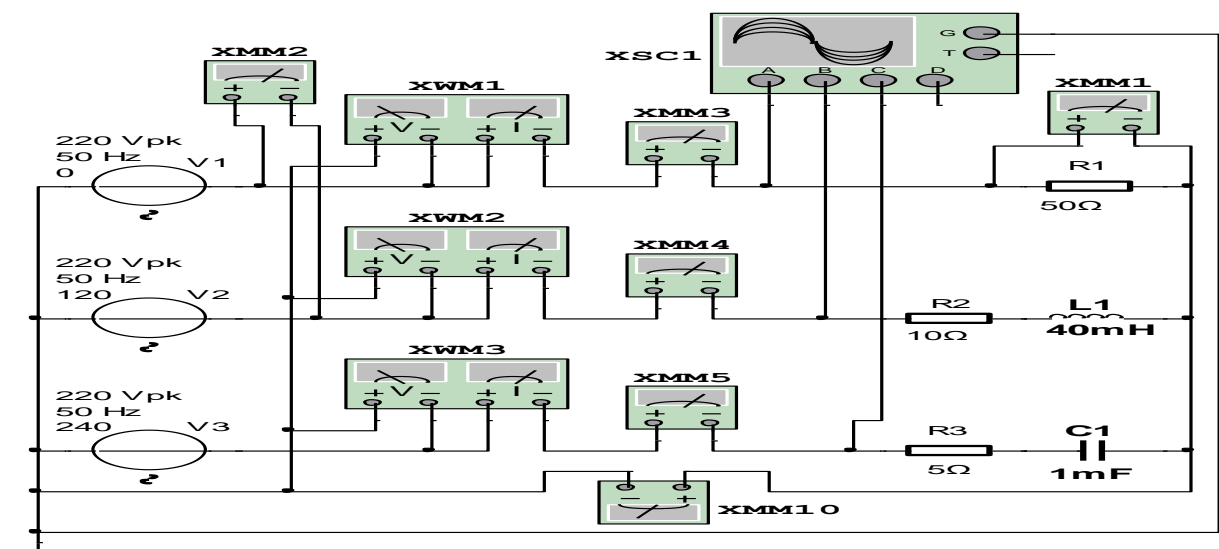
- XWM1, XWM2, XWM3 wattmetrlardagi fazalar aktiv quvvatining qiymatlari 484 /Vt , $938,298 \text{ /Vt}$, $3,444 \text{ /kVt}$
- fazalar quvvat koeffitsientining qiymatlari 1 , $0,62$, $0,84$.

10.9. «Yulduz» sxemada ulangan elektr zanjirda nosimmetrik ish jarayonida quvvatni uch elementli vattmetrda o‘lchash

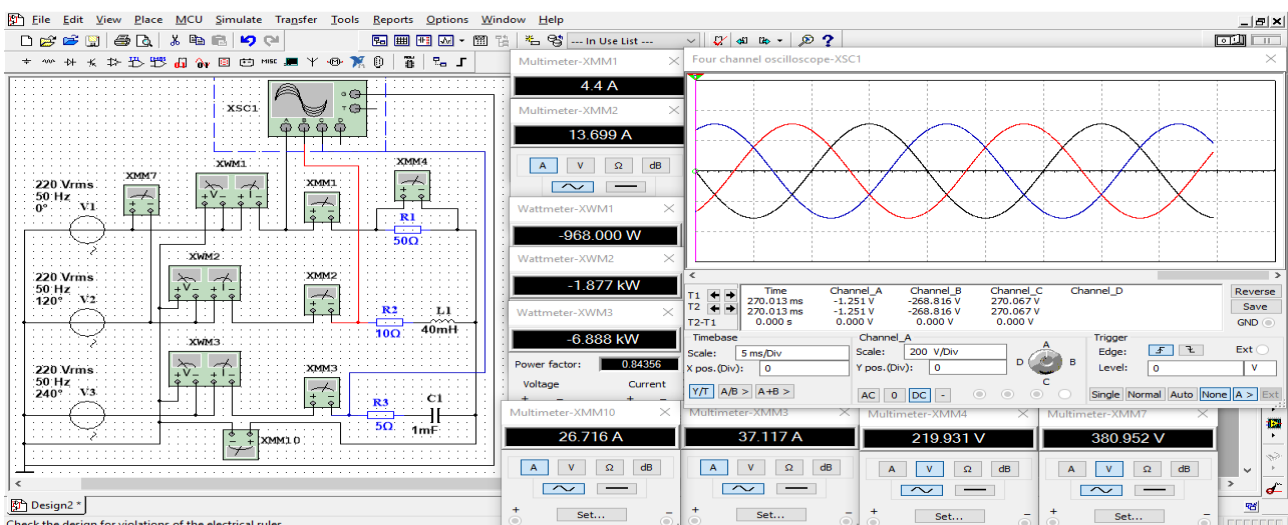
1.1. Nosimmetrik - yulduz sxemada ulangan uch fazali virtual elektr zanjiri (10.11-rasm.) yig‘iladi.

1.2. “Katta oyna” ning o‘ng yuqori burchagida joylashgan 0-1 kalitni ulab, elektr zanjiri ishga tushiriladi.

1.3. Virtual o‘lchov asboblardagi toklar va kuchlanishlar qiymatlari hamda fazalarning aktiv quvvatlari va quvvat koeffitsientlarining qiymatlari (10.12-rasm.) 10-1 jadvalga yoziladi.



10.11-rasm. Nosimmetrik - yulduz sxemada ulangan uch fazali elektr zanjirida uch elementli vattmetrda quvvatni o‘lchashning virtual sxemasi.



10.12-rasm. Nosimmetrik - yulduz sxemada ulangan uch fazali elektr zanjirida uch elementli vattmetrda quvvatni o‘lchashning virtual modeli.

- XWM1, XWM2, XWM3 vattmetrlardagi fazalar aktiv quvvatining qiymatlari 484 /Vt/, 938,298 /Vt/, 3,444 /kVt/
- fazalar quvvat koeffitsientining qiymatlari 1 , 0,62 , 0,84.

10.10. «Uchburchak» sxemada ulangan elektr zanjirda simmetrik ish jarayonida quvvatni ikkita vattmetrda o‘lchash

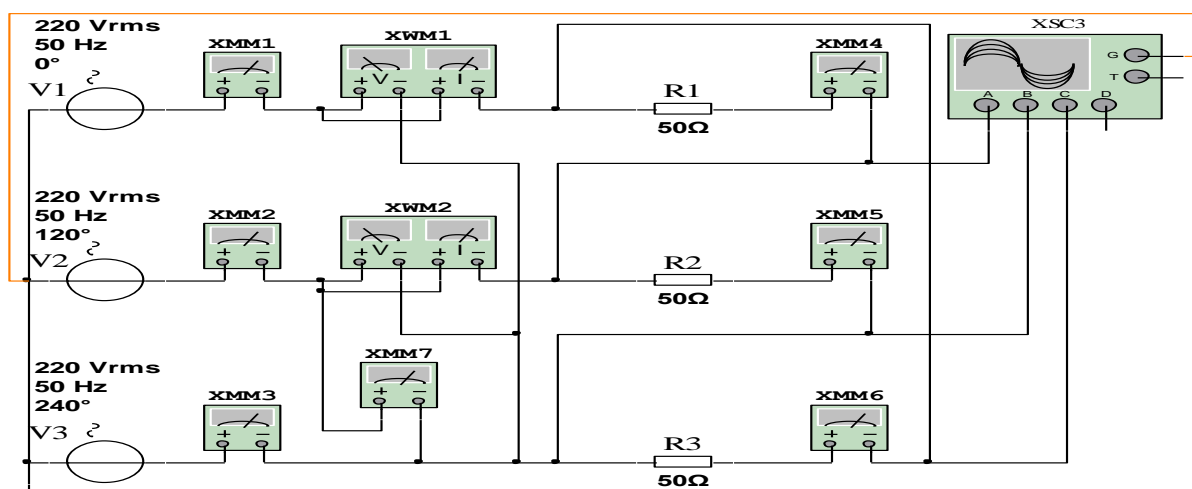
1.1. “Katta oyna” ning virtual elektr elementlar qatoridan virtual sinusoidal o‘zgaruvchan kuchlanish manbalari V1, V2, V3, virtual rezistorlar R1, R2, R3, induktiv galtak L1, kondensator S1 elementlari tanlab olinadi hamda simmetrik – uchburchak sxemada ulangan uch fazali virtual elektr zanjiri (10.13-rasm.) yig‘iladi.

1.2. “Katta oyna” ning virtual o‘lchov asboblari qatoridan o‘zgaruvchan liniya va faza toklari qiymatlarini o‘lchash uchun XMM1-XMM6, faza (liniya) kuchlanishi qiymatini o‘lchash uchun XMM7 virtual ulchov asboblari, quvvat qiymatini o‘lchash uchun XWM1, XWM2 vattmetr tanlab olinadi va elektr zanjiriga ulanadi.

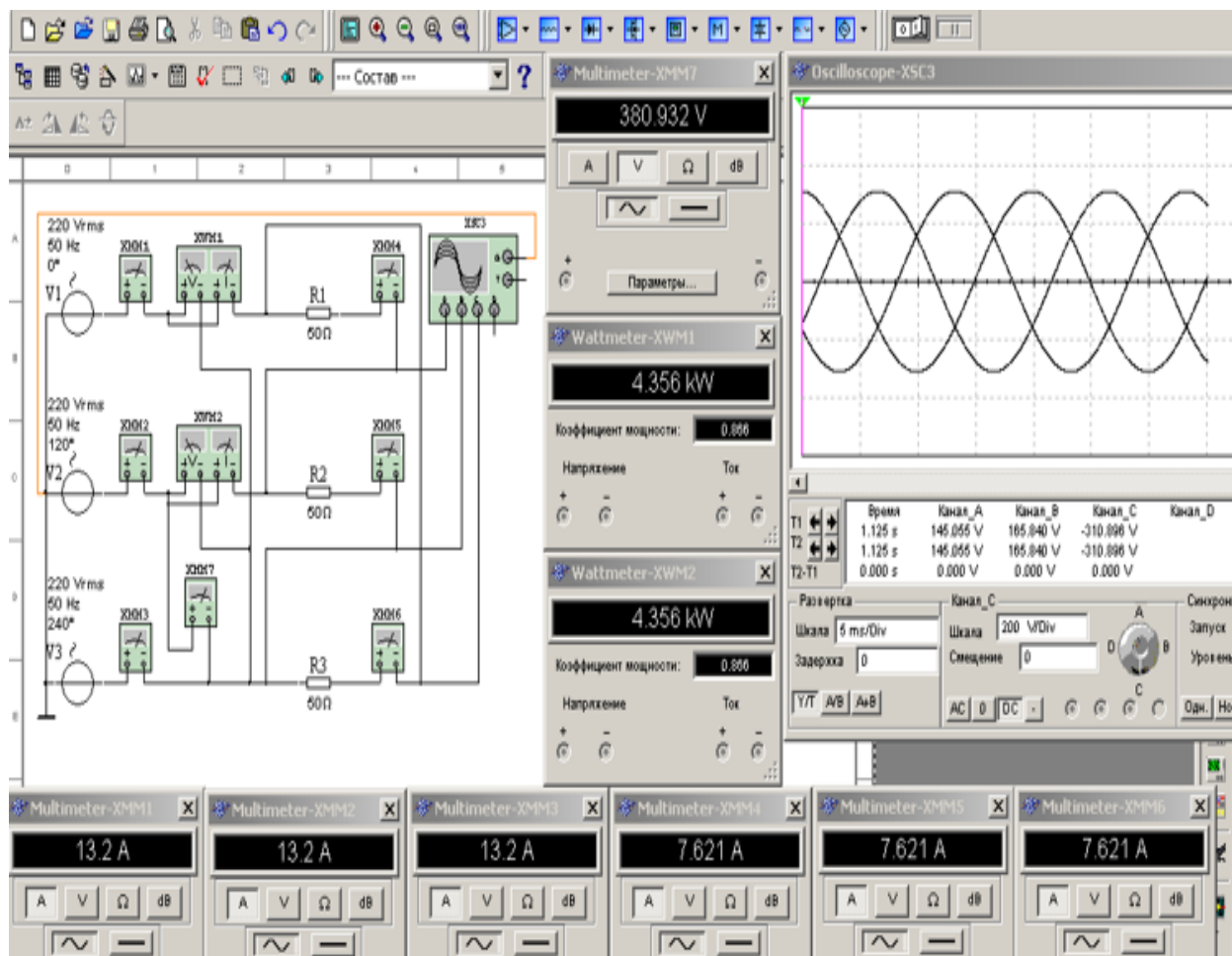
1.3. Sinusoidal o‘zgaruvchan tok va kuchlanishning tebranma harakat diagrammalarini kuzatish uchun virtual ossillograf XSC3 ulanadi.

1.4. “Katta oyna” ning o‘ng yuqori burchagida joylashgan 0-1 kalitni ulab, elektr zanjiri ishga tushiriladi.

1.5. Virtual o‘lchov asboblardagi toklar va kuchlanish qiymatlari hamda A va B fazalarning aktiv quvvati va quvvat koeffitsientining qiymatlari (10.14-rasm.) 10-1 jadvalga yoziladi.



10.13-rasm. Simmetrik - uchburchak sxemada ulangan elektr zanjirida quvvatni ikkita vattmetrda o‘lchashning virtual sxemasi.



10.14-rasm. Simmetrik - uchburchak sxemada ulangan elektr zanjirida quvvatni ikkita vattmetrda o‘lchashning virtual modeli.

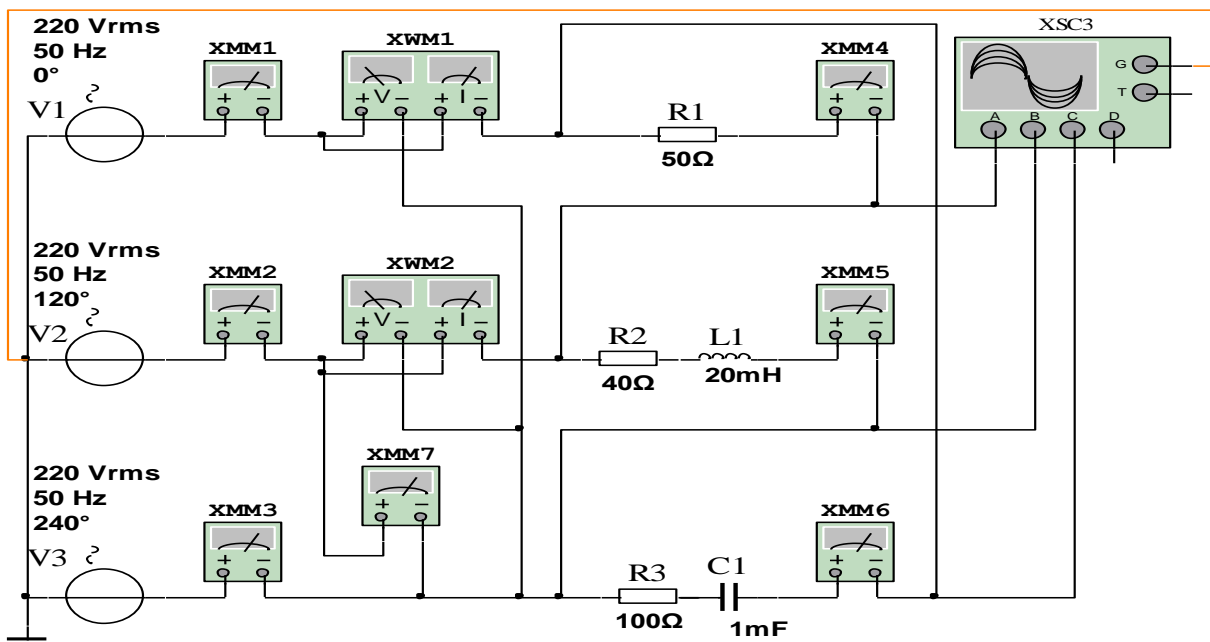
- XWM1, XWM2 vattmetrlardagi fazalar aktiv quvvatining qiymatlari 4,357 /kVt/
- fazalar quvvat koeffitsientining qiymatlari 0,866.

10.11. «Uchburchak» sxemada ulangan elektr zanjirda nosimmetrik ish jarayonida quvvatni ikkita vattmetrda o‘lchash

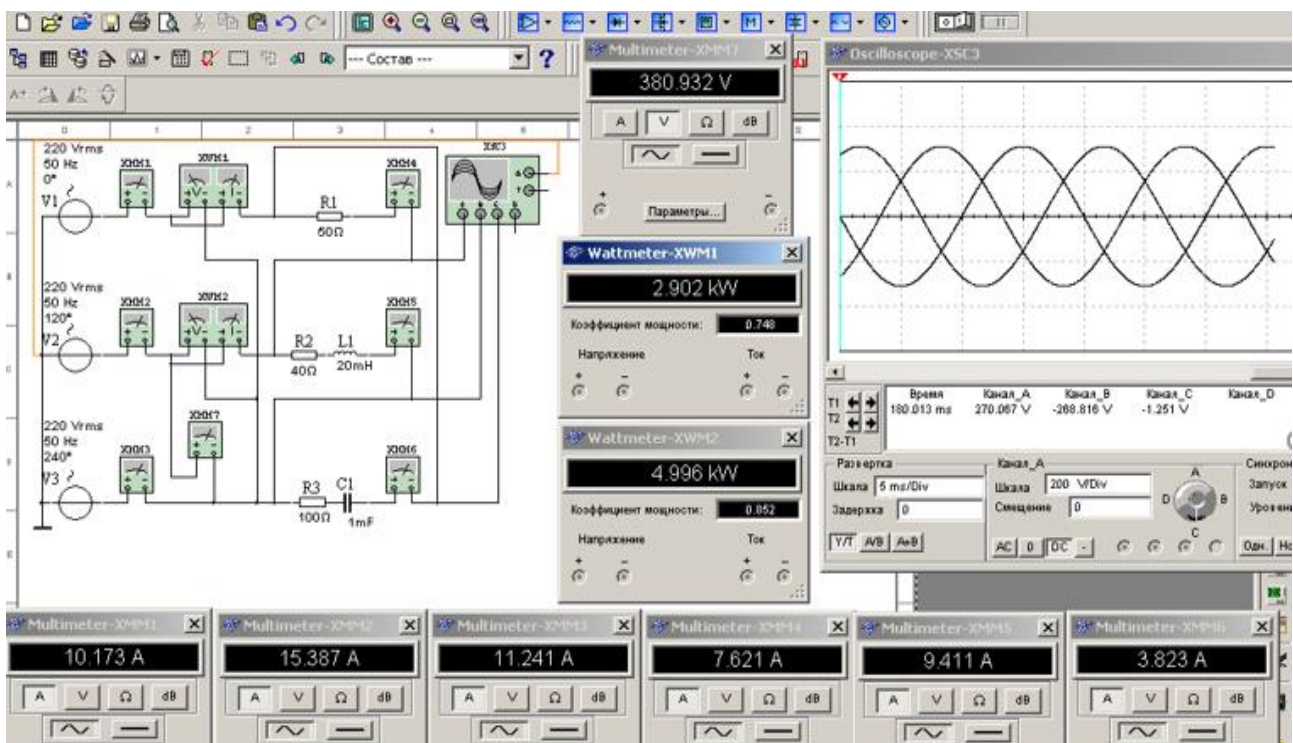
1.1. Nosimmetrik – uchburchak sxemada ulangan uch fazali virtual elektr zanjiri (10.15rasm.) yig‘iladi.

1.2. “Katta oyna” ning o‘ng yuqori burchagida joylashgan 0-1 kalitni ulab, elektr zanjiri ishga tushiriladi.

1.3. Virtual o‘lchov asboblardagi toklar va kuchlanish qiymatlari hamda A va B fazalarning aktiv quvvati va quvvat koeffitsientining qiymatlari (10.16-rasm.) 10-1 jadvalga yoziladi.



10.15-rasm. Nosimmetrik - uchburchak sxemada ulangan elektr zanjirida quvvatni ikkita vattmetrda o‘lchashning virtual sxemasi.



10.16-rasm. Nosimmetrik - uchburchak sxemada ulangan elektr zanjirida quvvatni ikkita vattmetrda o‘lchashning virtual modeli.

- XWM1, XWM2, XWM3 vattmetrlardagi fazalar aktiv quvvatining qiymatlari 2,902 /kVt/, 4,996 /kVt/
- fazalar quvvat ko'effitsientining qiymatlari 0,748, 0,852

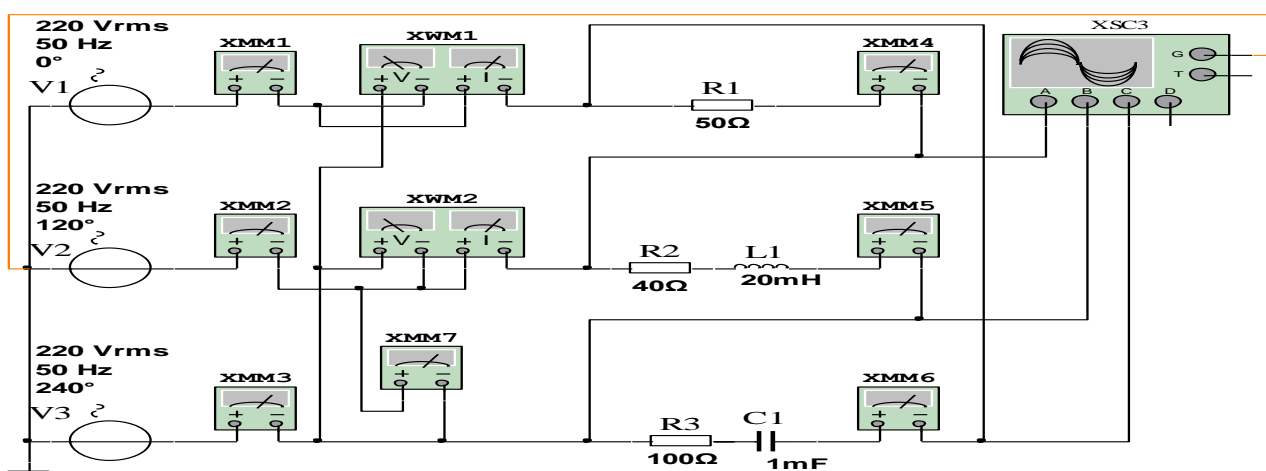
10.12. «Uchburchak» sxemada ulangan elektr zanjirda

nosimmetrik ish jarayonida quvvatni ikki elementli vattmetrda o'lchash

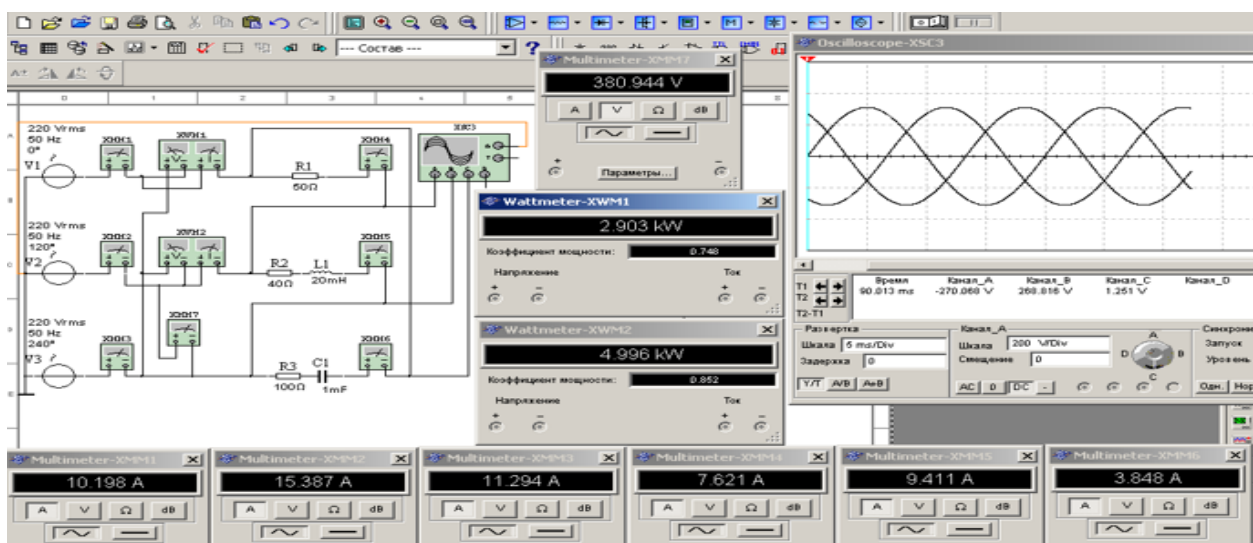
1.1. Nosimmetrik – uchburchak sxemada ulangan uch fazali virtual elektr zanjiri (10.17-rasm.) yig'iladi.

1.2. “Katta oyna” ning o'ng yuqori burchagida joylashgan 0-1 kalitni ulab, elektr zanjiri ishga tushiriladi.

1.3. Virtual o'lchov asboblardagi toklar va kuchlanish qiymatlari hamda A va B fazalarning aktiv quvvati va quvvat koeffitsientining qiymatlari (10.18-rasm.) 10-1 jadvalga yoziladi.



10.17-rasm. Nosimmetrik - uchburchak sxemada ulangan uch fazali elektr zanjirida quvvatni ikki elementli vattmetrda o'lchashning virtual sxemasi.



10.18-rasm. Nosimmetrik - uchburchak sxemada ulangan uch fazali elektr zanjirida quvvatni ikki elementli vattmetrda o'lchashning virtual modeli.

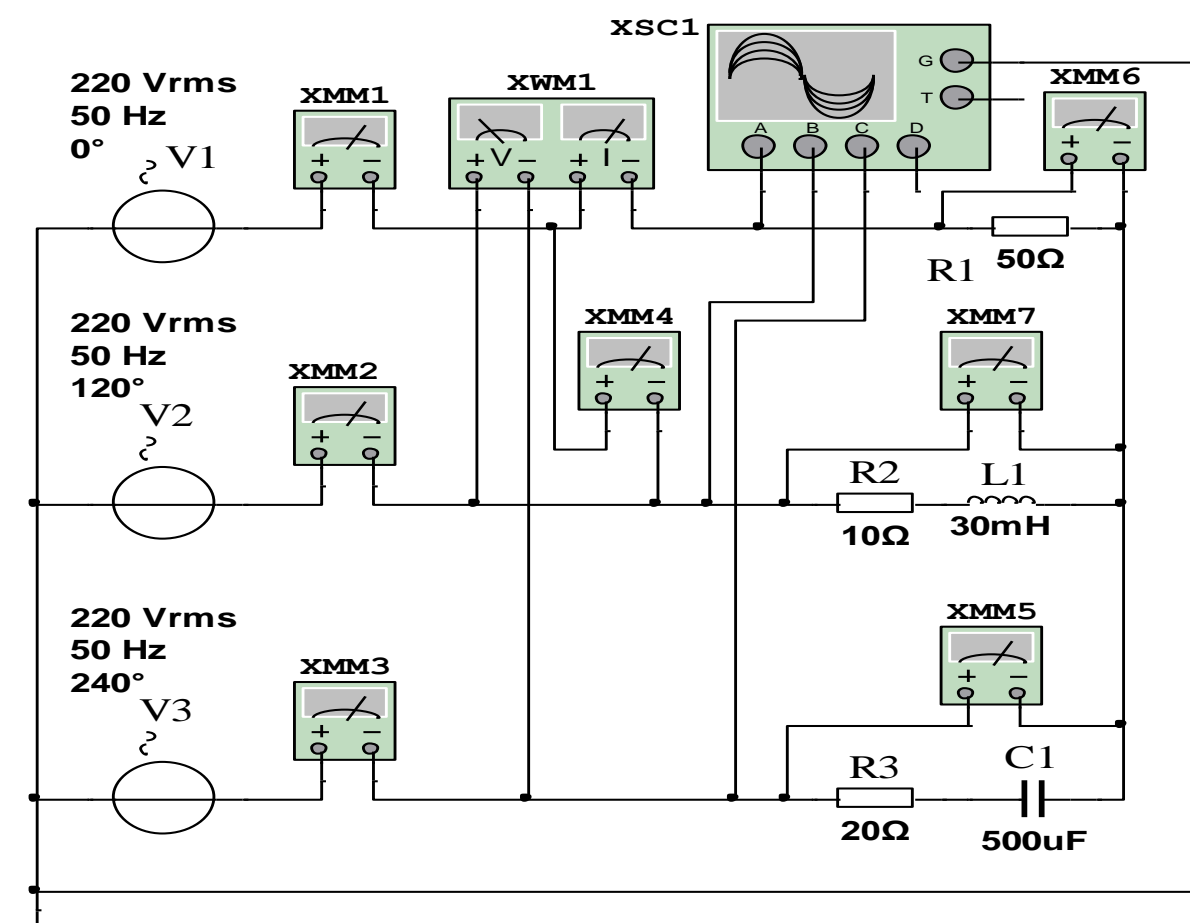
- XWM1, XWM2, XWM3 vattmetrlardagi fazalar aktiv quvvatining qiymatlari 2,903 /kVt/, 4,996 /kVt/
- fazalar quvvat koeffitsientining qiymatlari 0,748, 0,852

10.13. «Yulduz» sxemada ulangan elektr zanjirda nosimmetrik ish jarayonida reaktiv quvvatni o‘lchash

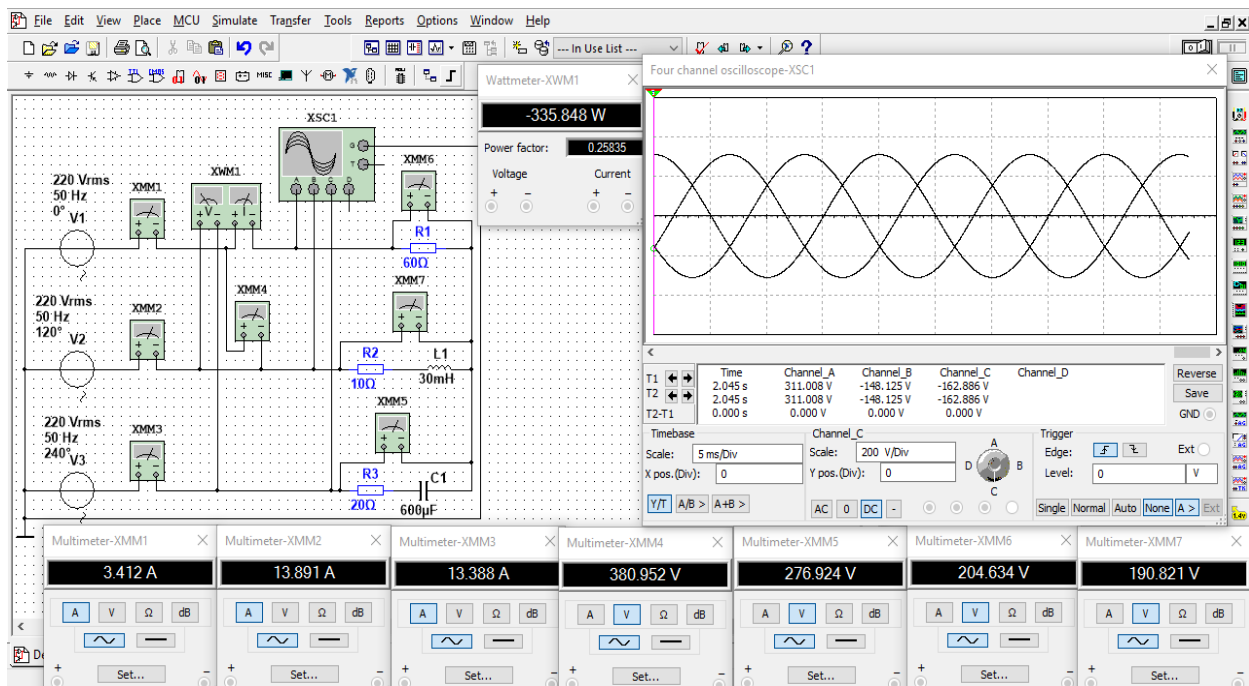
1.1. Nosimmetrik - yulduz sxemada ulangan uch fazali uch simlik virtual elektr zanjiri (10.19-rasm.) yig‘iladi.

1.2. “Katta oyna” ning o‘ng yuqori burchagida joylashgan 0-1 kalitni ulab, elektr zanjiri ishga tushiriladi.

1.3. Virtual o‘lchov asboblardagi toklar va kuchlanishlar qiymatlari hamda A va B fazaning reaktiv quvvati va quvvat koeffitsientining qiymati (10.20-rasm.) 10-1 jadvalga yoziladi.



10.19-rasm. Nosimmetrik – yulduz sxemada ulangan uch fazali elektr zanjirida reaktiv quvvatni o‘lchashning virtual sxemasi.



10.20-rasm. Nosimmetrik – yulduz sxemada ulangan uch fazali elektr zanjirida reaktiv quvvatni o‘lchashning virtual modeli.

- XWM1vattmetrdagi reaktiv quvvatning qiymati $--335,848 /Vt/$.
- fazalar quvvat koefitsientining qiymatlari 0,258.

10-1jadval

Virtual sxema raqami	O‘lchashlar				Hisoblashlar				
	PA	PB	PC	PF	QA	QB	QC	QF	S
	Vt	Vt	Vt	Vt	VAr	VAr	VAr	VAr	VA
10.1									
10.3									
10.5									
10.7									
10.9									
10.11									
10.13									
10.15									
10.17									
10.19									

Nazorat savollari.

1. Vattmetrlar elektr zanjirga qanday ulanadi?
2. O'zgaruvchan tok zanjiriga ulangan vattmetrlar qanday kattalikni ko'rsatadi?
3. Uch simli uch fazali zanjirning aktiv quvvatini o'lchash uchun nechta bir fazali vattmetr bilan cheklanish mumkin?
4. Ikkita vattmetr yordamida uch fazali zanjirning aktiv quvvatini o'lchashning turlicha ulanish sxemalarini ko'rsating.
5. Ikkita vattmetrning ko'rsatishi bo'yicha reaktiv quvvatni qanday aniqlash mumkin?

11- LABORATORIYA ISHI BIR FAZALI TRANSFORMATOR

11.1. Ishni bajarishdan maqsad.

1. Bir fazali transformatorning tuzilishi va ishlash jarayoni bilan tanishish.
2. Bir fazali transformatorni salt ishlash, iste'molchi ulangan va qisqa tutashuv ish jarayonlarida tekshirish.
3. Tajribada o'lchangan qiymatlar bo'yicha transformatorning asosiy ko'rsatkichlarini aniqlash.
4. Transformatorning asosiy ish tavsiflarini qurish.

11.2. Ishga oid nazariy tushunchalar.

Talabalar laboratoriya ishiga oid nazariy tushunchalarni, **4.1. Transformatorlarning tuzilishi va ishlash prinsipi**, **4.2. Transformatorning ish rejimlari** mavzularidan hamda, asosiy va qo'shimcha adabiyotlardan o'zlashtiradi.

11.3. Ishni bajarish tartibi.

O'qituvchining topshirig'iga binoan talaba laboratoriya ishini quyidagi tartibda bajaradi:

- Kompyuter monitorida «MS 14.0» dasturining «Bosh oynasi»ni ochadi (1-rasm).

«Bosh oyna»da joylashgan virtual elektr elementlar, kommutasiya qurilmalari va virtual asboblarning bazasi bilan tanishadi, shuningdek kerakli elementlarni tanlab virtual elektr sxemani yig'adi va ishga tushiradi.

11.4. Transformatorni salt ishlash jarayonida tekshirish.

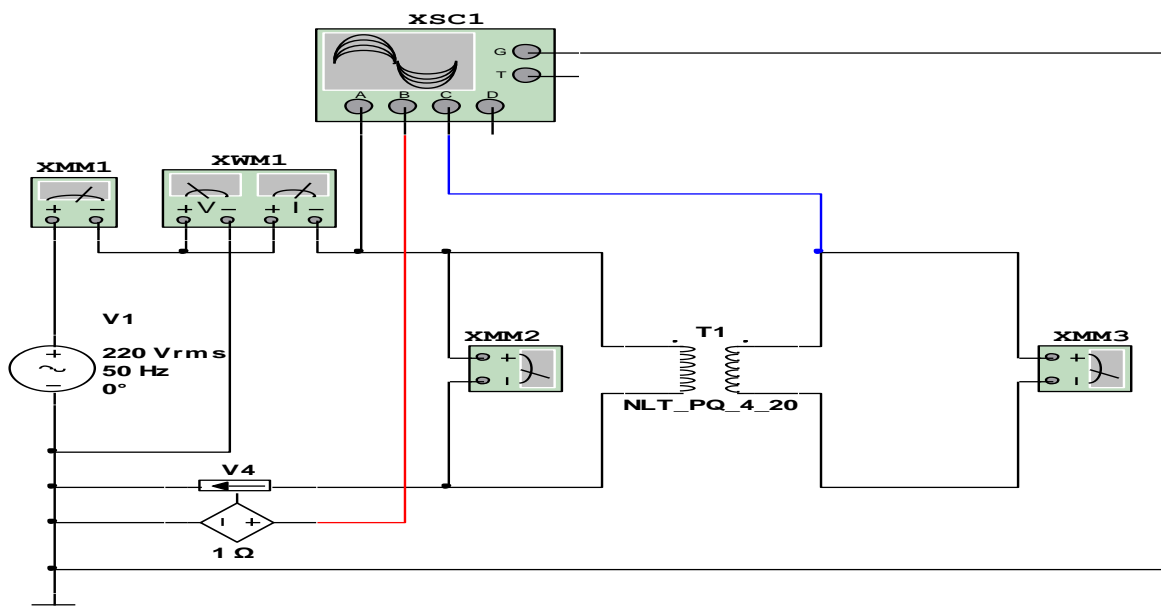
1. O'zgaruvchan tokli kuchlanish manbaiga transformatorning birlamchi cho'lg'ami ulangan va ikkilamchi cho'lg'ami ochiq xoldagi elektr zanjirning virtual sxemasini (11.1-rasm.) yig'adi hamda kuchlanish, tok, aktiv quvvat va quvvat koeffitsiyenti qiymatlarini o'lchash uchun virtual o'lchov asboblari ulaydi.

2. Transformatorning birlamchi va ikkilamchi cho'lg'amidagi sinusoidal o'zgaruvchan kuchlanishning va birlamchi chulg'amdagi tokning diagrammasini kuzatish uchun oss'illografni ulaydi.

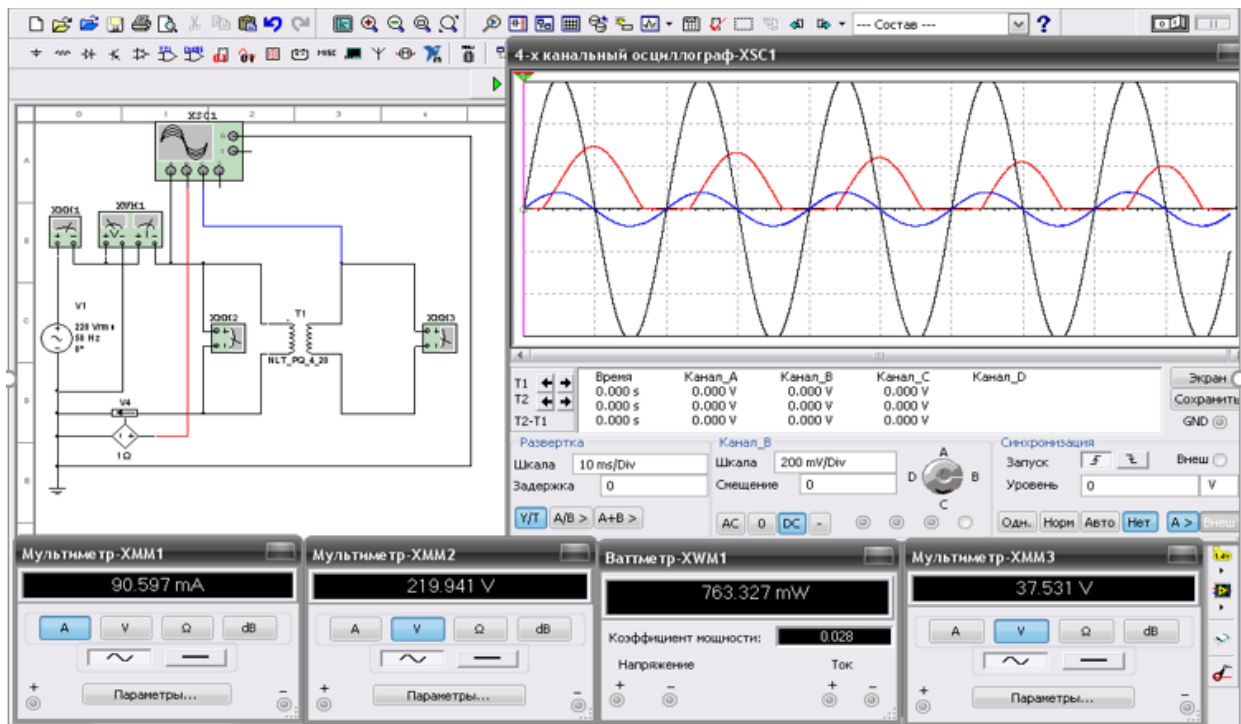
3. Virtual o'lchov asboblarning va oss'illografning shaklini kattalashtiradi.

4. Ulash (1 raqami) tugmasini bosib virtual sxemani (11.2-rasm.) ishga tushiradi va o'lchov asboblari ko'rsatgan kuchlanish va tok qiymatlarini 11.1-jadvaldagi «O'lchashlar» qatoriga yozadi. So'ngra, «Hisoblashlar» qatorini to'ldiradi.

5. Birlamchi va ikkilamchi cho'lg'amdagi kuchlanishning va tokning tebranma xarakteristikalarini kuzatadi.



11.1-rasm. Transformatorni salt ishlash jarayonida tekshirishning virtual shemasi.



11.2-rasm. Transformatorni salt ishlash jarayonida tekshirishning virtual modeli.

- XMM1 ampermetrda birlamchi cho‘lg‘am toki qiymati 90,6 /mA/.
- XMM2 vol‘tmetrda birlamchi cho‘lg‘am kuchlanishi qiymati 219,9 /V/.
- XMM3 vol‘tmetrda ikkilamchi cho‘lg‘am kuchlanishi qiymati 37,5 /V/.

11.1-jadval

O‘lchashlar					Hisoblashlar			
U_{1H}	U_{2C}	I_0	P_0	$\cos\varphi_1$	I_0/I_{1H}	Z_0	R_0	X_0
B	B	A	Bt	-	-	Om	Om	Om

11.5. Transformatorni iste‘molchi ulangan jarayonda tekshirish.

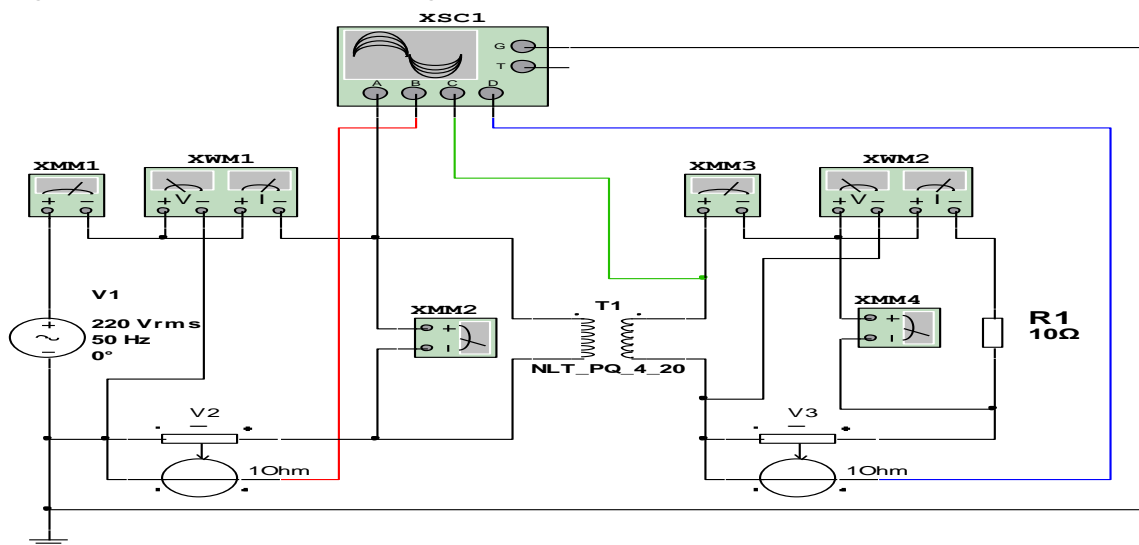
1. Transformatorning ikkilamchi cho‘lg‘amiga iste‘molchi R1 qarshilik ulangan elektr zanjirini (11.3-rasm) yig‘adi.

2. Transformatorning birlamchi va ikkilamchi cho‘lg‘amidagi kuchlanish, tok, aktiv quvvat va quvvat koeffitsiyenti qiymatlarini o‘lchash uchun virtual o‘lchov asboblari ulaydi.

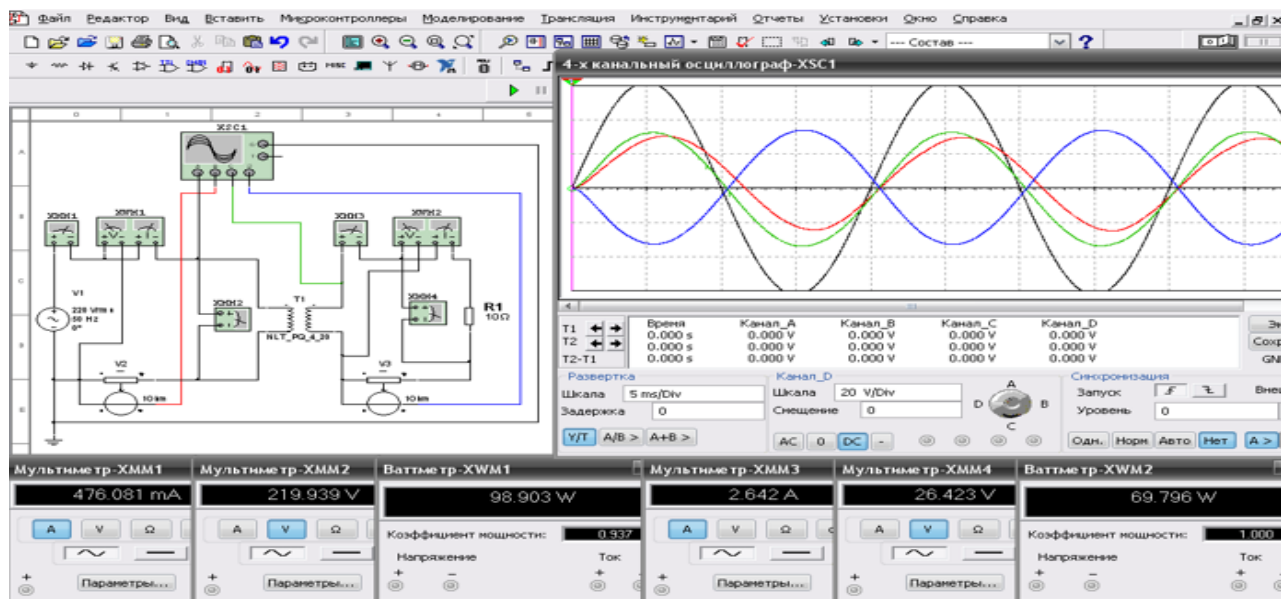
3. Ulash (1 raqami) tugmasini bosib virtual sxemani (11.4-rasm) ishga tushiradi va iste‘molchi R1 qarshilikning turli qiymatlarida o‘lchov asboblari ko‘rsatkichini

10.2-jadvaldagi «O‘lchashlar» qatoriga yozadi. So‘ngra, «Hisoblashlar» qatorini to‘ldiradi.

4.Transformatorning birlamchi va ikkilamchi cho‘lg‘amidagi kuchlanishning va tokning tebranma xarakter osshilogrammasini kuzatadi.



11.3-rasm. Transformatorni istemolch ulangan jarayonda tekshirishning virtual shemasi.



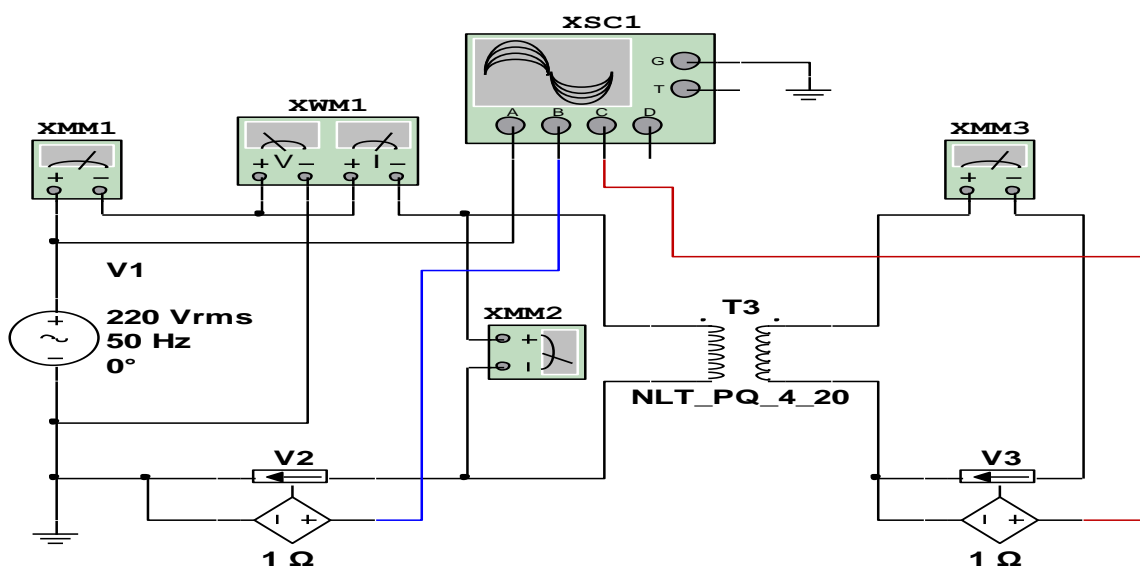
11.4-rasm. Transformatorni istemolch ulangan jarayonda tekshirishning virtual modeli.

- XMM1 ampermetrda birlamchi cho‘lg‘am toki qiymati 476,1 /mA/.
- XMM2 vol‘tmetrda birlamchi cho‘lg‘am kuchlanishi qiymati 219,9 /V/.
- XMM3 ampermetrda ikkilamchi cho‘lg‘am toki qiymati 2,64 /A/.
- XMM4 vol‘tmetrda ikkilamchi cho‘lg‘am kuchlanishi qiymati 26,4 /V/.

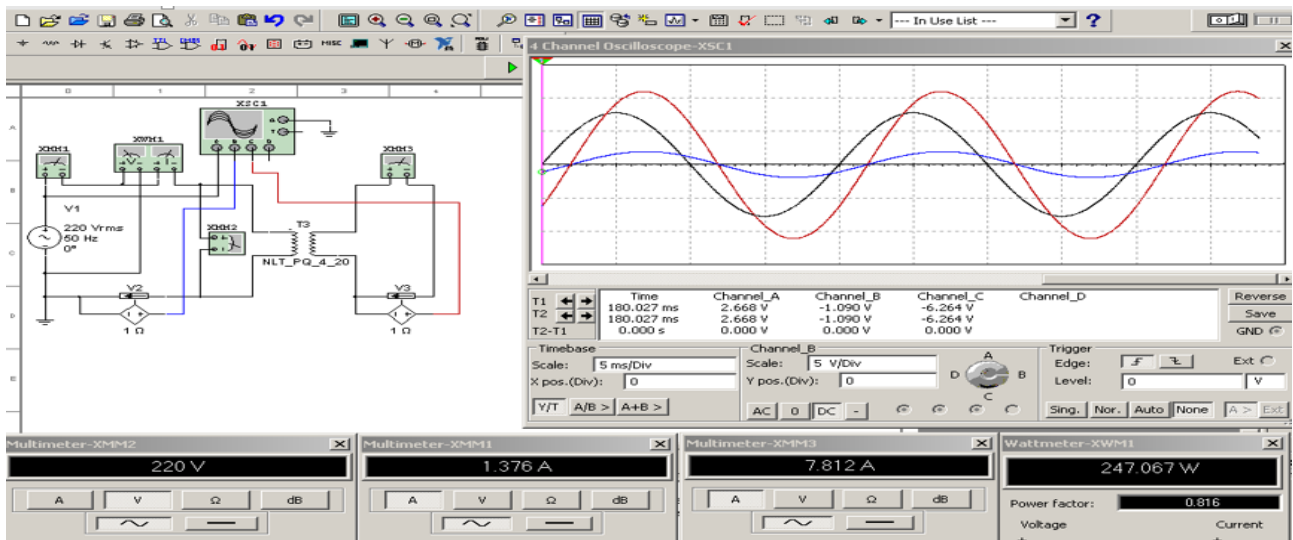
O'lchashlar									Hisoblashlar			
R1	U_1	I_1	P_1	$\cos\varphi_1$	U_2	I_2	P_2	$\cos\varphi_2$	η'	η''	ΔU_2	$\cos\varphi_2$
Om	V	A	Vt	-	V	A	Vt	-	%	%	%	-
10												
20												
30												
40												
50												
60												

11.6. Transformatorni qisqa tutashuv jarayonida tekshirish

1. Transformatorning ikkilamchi cho'lg'amiga ampermetr ulab, qisqa tutashgan elektr zanjirini (11.5-rasm) yig'adi.
2. Transformatorning birlamchi cho'lg'amidagi kuchlanish, tok, aktiv quvvat va quvvat koeffitsiyenti hamda ikkilamchi cho'lg'amidagi tok qiymatini o'lchash
3. Ulash (1 raqami) tugmasini bosib virtual sxemani ishga tushiradi va o'lchov asboblari ko'rsatkichini 10.3-jadvaldagi «O'lchashlar» qatoriga yozadi. So'ngra, «Hisoblashlar» qatorini to'ldiradi.
4. Transformatorning birlamchi va ikkilamchi cho'lg'amidagi kuchlanish va tokning tebranma xarakat ossillogrammasini kuzatadi (11.6-rasm).



11.5-rasm. Transformatorni qisqa tutasuv jarayonida tekshirishning virtual shemasi.



11.6-rasm. Transformatorni qisqa tutasuv jarayonida tekshirishning virtual modeli.

- XMM1 ampermetrda birlamchi cho‘lg‘am toki qiymati 1,376 /A/.
- XMM2 vol‘tmetrda birlamchi cho‘lg‘am kuchlanishi qiymati 220 /V/.
- XMM3 ampermetrda ikkilamchi cho‘lg‘am toki qiymati 7,8 /A/.

11.3-jadval

O‘lchashlar					Hisoblashlar			
U_k	I_{1nom}	I_{2nom}	P_k	$\cos\varphi_1$	Z_k	R_k	X_k	ΔU_k
V	A	A	Vt	-	Om	Om	Om	%

Nazorat savollari.

1. Transformatorning tuzilishi va ishlash jarayonini tushuntiring?
2. Transformasiya koeffitsiyenti nima va u qanday aniqlanadi?
3. Salt ishlash jarayoni tajribasidan olingan qiymatlar bo‘yicha transformatorning qaysi ko‘rsatkichlari aniqlanadi?
4. Qisqa tutashuv tajribasidan olingan qiymatlar bo‘yicha transformatorning qaysi ko‘rsatkichlari aniqlanadi?
5. Iste‘molchi ulangan ish jarayoni tajribasidan olingan qiymatlar bo‘yicha transformatorning qaysi ko‘rsatkichlari aniqlanadi?
6. Transformatorning tashqi tavsifini tushuntiring?
7. Transformatorning foydali ish koeffitsiyenti qanday aniqlanadi?

12 - LABORATORIYA ISHI

SINXRON GENERATORNI ISHGA TUSHIRISH

12.1. Ishni bajarishdan maqsad.

1. Sinxron generatorning tuzilishi va ishlash jarayoni bilan tanishish.
2. Sinxron generatorni uch fazali o'zgaruvchan kuchlanishga tug'ridan tug'ri ulashni tajribada bajarish.
3. Sinxron generatorni uch fazali o'zgaruvchan kuchlanishga ishga tushirish qarshiliklari orkali ulashni tajribada bajarish.
4. Kuchlanishlarning tebranma xarakat ossillogrammalarini kuzatish.

12.2. Ishga oid nazariy tushunchalar.

Talabalar laboratoriya ishiga oid nazariy tushunchalarni, **4.1. Sinxron generatorning tuzilishi va ishlash prinsipi** mavzusidan hamda, asosiy va qo'shimcha adabiyotlardan o'zlashtiradi.

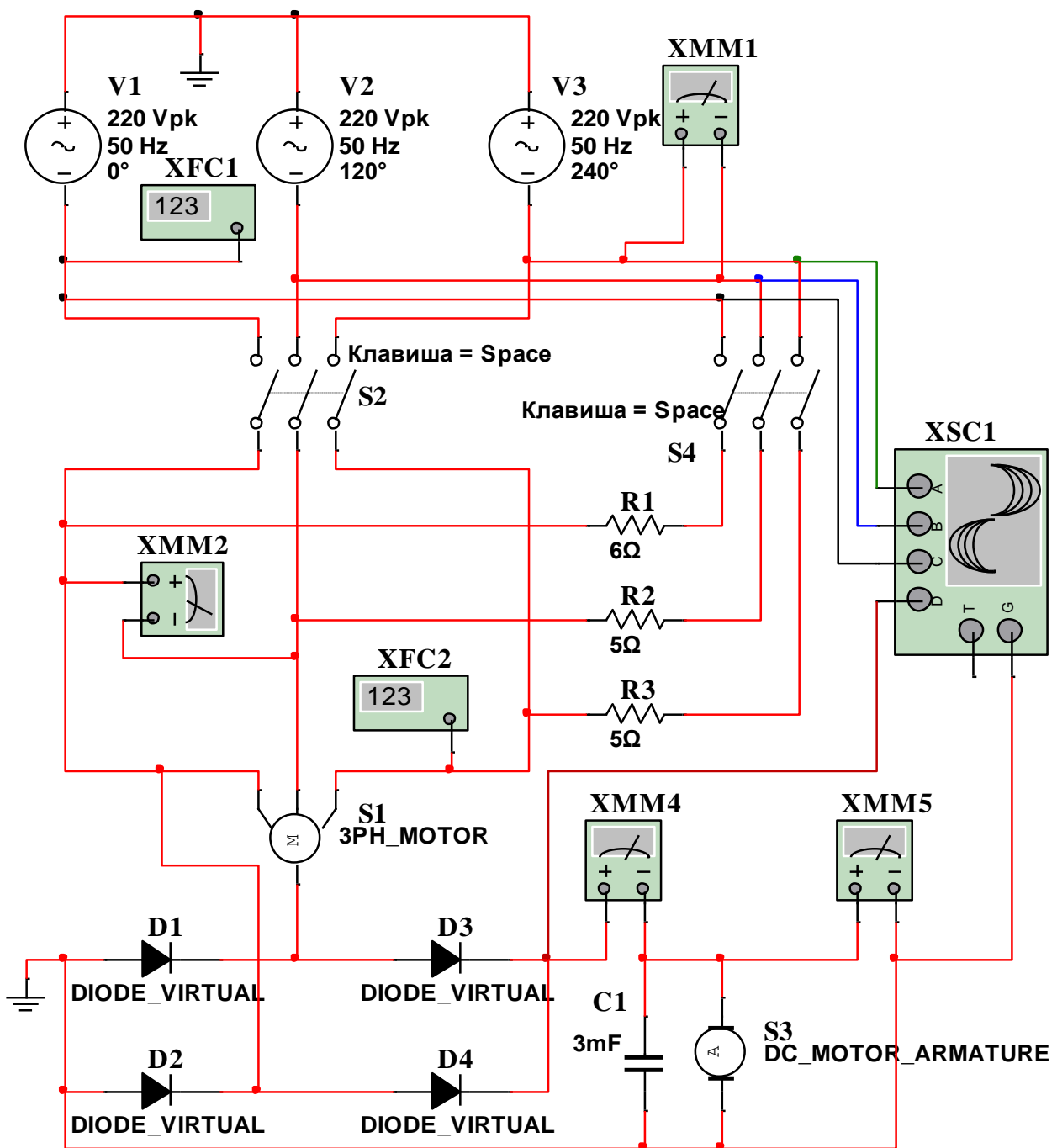
12.3. Ishni bajarish tartibi.

O'qituvchining topshirig'iga binoan talaba laboratoriya ishini quyidagi tartibda bajaradi:

- Kompyuter monitorida «MS 14.0» dasturining «Bosh oynasi»ni ochadi (1-rasm).

«Bosh oyna»da joylashgan virtual elektr elementlar, kommutasiya qurilmalari va virtual asboblarning bazasi bilan tanishadi.

Sinxron generatorni uch fazali o'zgaruvchan kuchlanishga tug'ridan tug'ri (S2 ulagich) hamda ishga tushirish qarshiliklari R1, R2, R3 orqali ulangan (S4 ulagich) elektr zanjirning virtual sxemasini yig'adi hamda kuchlanishlar, tok va chastotalar qiymatini o'lchash uchun virtual ulchov asboblari, uch fazali sinusoidal o'zgaruvchan va uzgarmas kuchlanishlarning ossillogrammasini kuzatish uchun ossillografni ulaydi. Sinxron generatorga istemolchi sifatida D1,D2,D3,D4 diodlardan yig'ilgan to'g'rilagich va C1 filtdan keyin S3 o'zgaruvchan tok motori ulanadi (12.1-rasm).

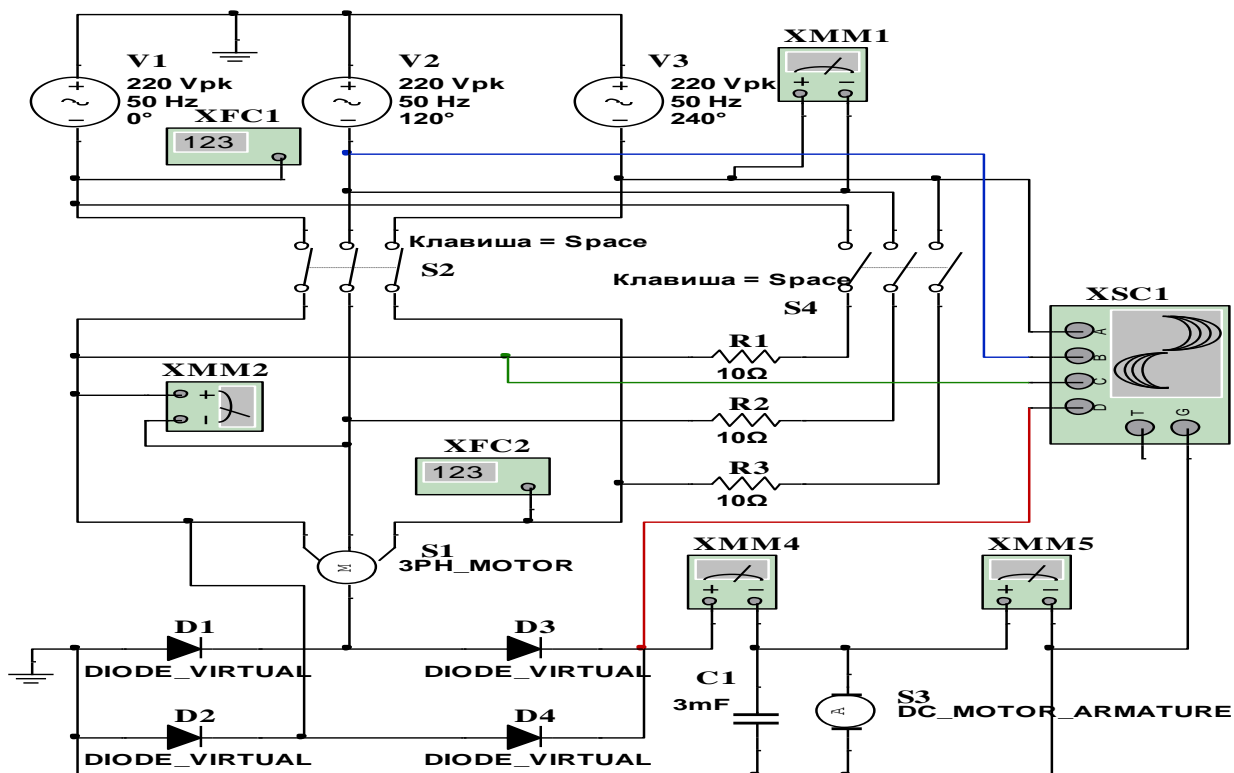


12.1-rasm. Sinxron generatorni ishga tushirishning virtual shemasi.

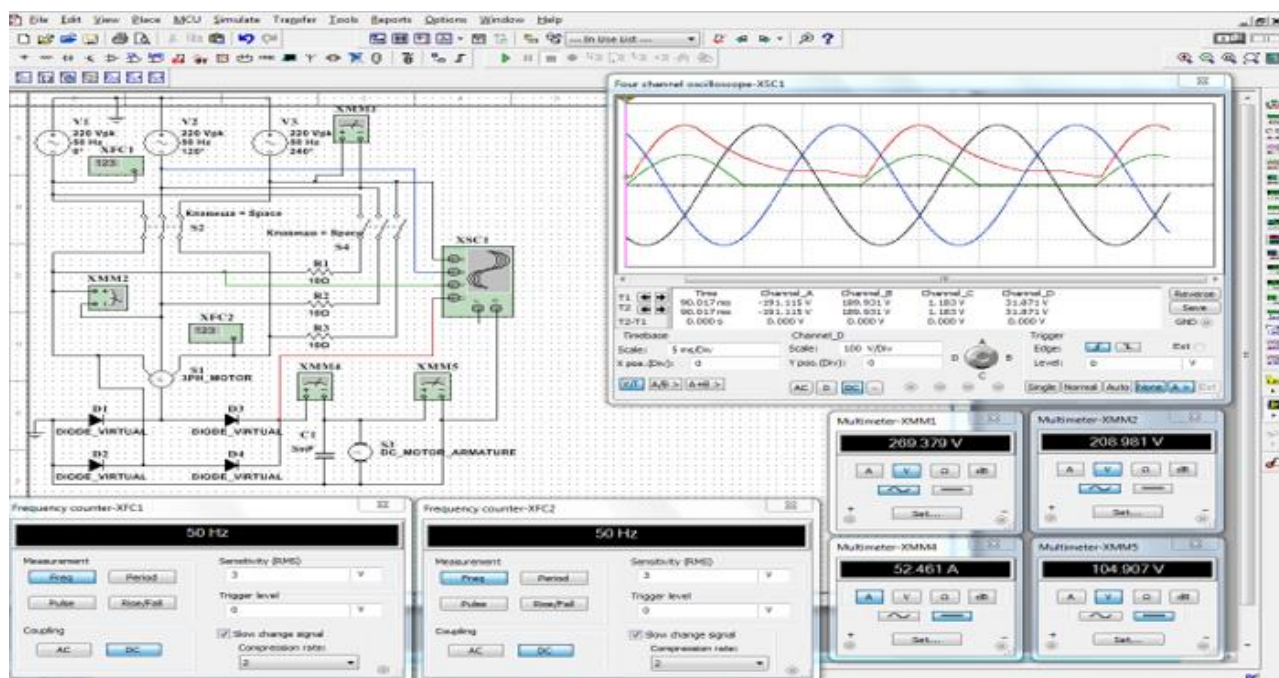
12.4. Sinxron generatorni tugʻridan-tugʻri ishga tushirish

1. Ulash (1 raqami) tugmasini bosadi va S2 ulagichni ulab sinxron generatorni tugʻridan tugʻri ishga tushiradi (12.2-rasm) va oʻlchov asboblari koʻrsatgan kuchlanishlar, tok va chastotalar qiymatini 12.1-jadvalga yozadi hamda hisoblashlar qatorini toʻldiradi.

2. Kuchlanishlarining tebranma xarakat ossillogrammasini va chastotalar qiymatini kuzatadi (12.3-rasm).



12.2-rasm. Sinxron generatorni tug‘ridan tug‘ri ishga tushirishning virtual shemasi.



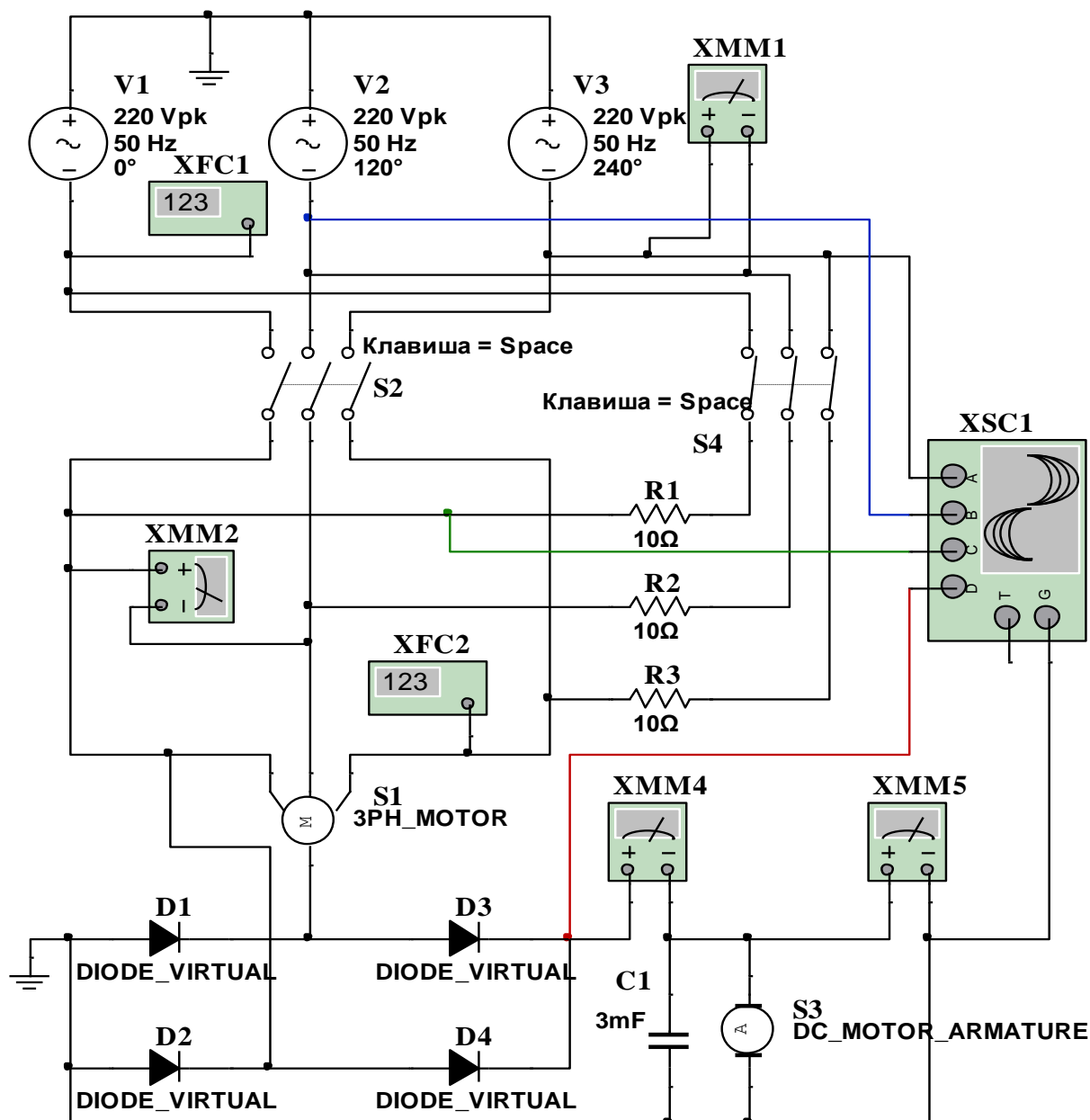
12.3-rasm. Sinxron generatorni tug‘ridan tug‘ri ishga tushirishning virtual modeli.

- XMM1 vol‘tmetrda manba kuchlanishi qiymati 269,4 /V/.
- XMM2 vol‘tmetrda stator cho‘lg‘ami kuchlanishi qiymati 209 /V/.
- XMM5 vol‘tmetrda rotda ulangan o‘zgaras tok motori kuchlanishi qiymati 105 /V/.
- XFC1da manba chastotasi va XFC1da stator chastotasi qiymatilari 50 /Gts/.

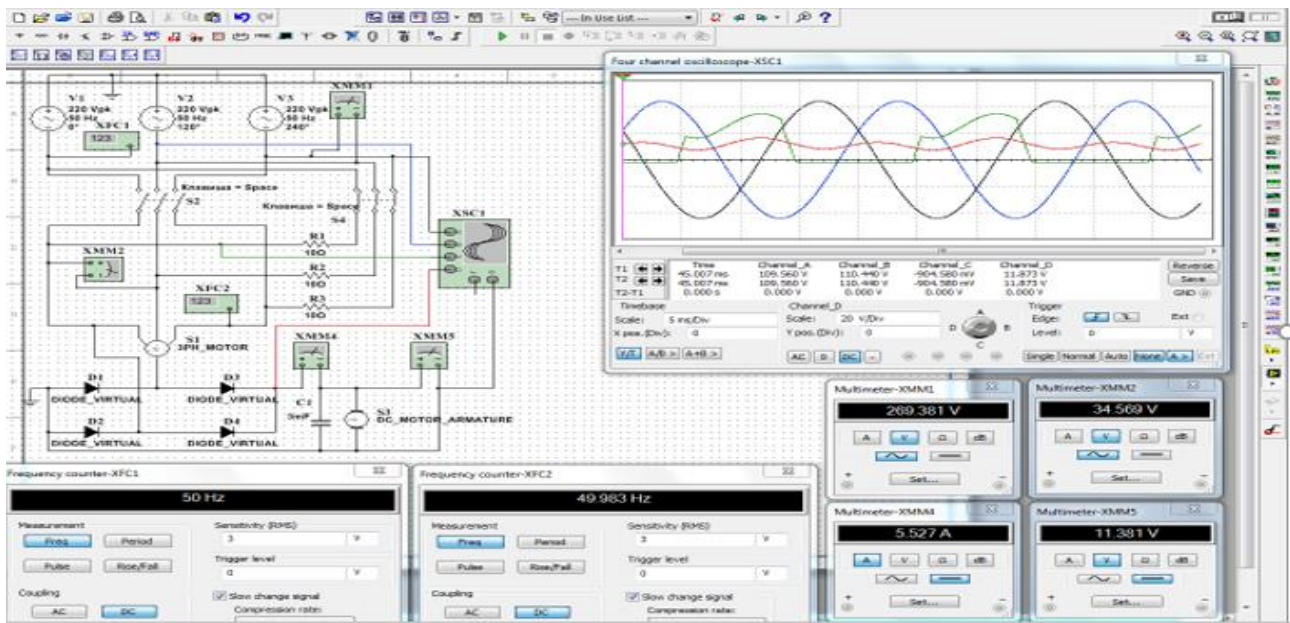
12.5. Sinxron generatorni qarshiliklar orqali ishga tushirish

1. Ulash (1 raqami) tugmasini bosadi va S4 ulagichni ulab sinxron generatorni qarshiliklar R1, R2, R3 orqali ishga tushiradi (12.4-rasm) va o'lchov asboblari ko'rsatgan kuchlanishlar, tok va chastotalar qiymatini 12.1-jadvalga yozadi hamda hisoblashlar qatorini to'ldiradi.

2. Kuchlanishlarining tebranma xarakteristikasini va chastotalar qiymatini kuzatadi (12.5-rasm).



12.4-rasm. Sinxron generatorni R1, R2, R3 qarshiliklar orqali ishga tushirishning virtual shemasi.



12.5-rasm. Sinxron generatorni R1, R2, R3 qarshiliklar orqali ishga tushirishning virtual modeli.

- XMM1 vol'tmetrda manba kuchlanishi qiymati 269,4 /V/.
- XMM2 vol'tmetrda stator cho'lg'ami kuchlanishi qiymati 34,57 /V/.
- XMM5 vol'tmetrda rotorga ulangan o'zgarmas tok motori kuchlanishi qiymati 11,4 /V/.
- XFC1da manba chastotasi 50 /Gts/ va XFC2da stator chastotasi qiymatilari 49,983 /Gts/.

12.1-jadval

Rasm	O'lchashlar						Hisoblashlar		
	U_L	f_1	U_g	f_2	U_o	I_o	P_o	$\cos \varphi$	η
	V	Gts	V	Gts	V	A	Vt	-	%
12.3									
12.5									

Nazorat savollari.

1. Sinxron generatorning tuzilishi va ishlash jarayoni qanday?
2. Sinxron generatorni kuchlanishga to'gridan-to'gri ulab ishga tushirishni tushuntiring.
3. Sinxron generatorni kuchlanishga qarshiliklar orqali ulab ishga tushirishni tushuntiring.

ELEKTRONIKA

13-LABORATORIYA ISHI.

BIR FAZALI O‘ZGARUVCHAN KUCHLANISHNI TO‘G‘RILASH ELEKTR ZANJIRLARI.

13.1. Ishni bajarishdan maqsad.

1. Bir fazali sinusoidal o‘zgaruvchan tokli kuchlanishni to‘g‘rilash elektr zanjirlarini o‘rganish .
2. O‘zgaruvchan tokli kuchlanishni to‘g‘rilash elektr zanjirlarning to‘g‘rilash koeffitsientini tajribadagi qiymatlar asosida aniqlash va nazariy hisoblar bilan solishtirish.
3. To‘g‘rilangan kuchlanishning shaklini induktiv-sig‘im filtrlar yordamida yaxshilash jarayonini o‘rganish .
4. Tok va kuchlanishning tebranma xarakteristikalarini kuzatish.

13.2. Ishga oid nazariy tushunchalar.

Talabalar laboratoriya ishiga oid nazariy tushunchalarni, **6.1. Bir fazali kuchlanishni to‘g‘rilash elektr zanjirlari** mavzusidan, hamda, asosiy va qo‘shimcha adabiyotlardan o‘zlashtiradi.

13.3. Ishni bajarish tartibi.

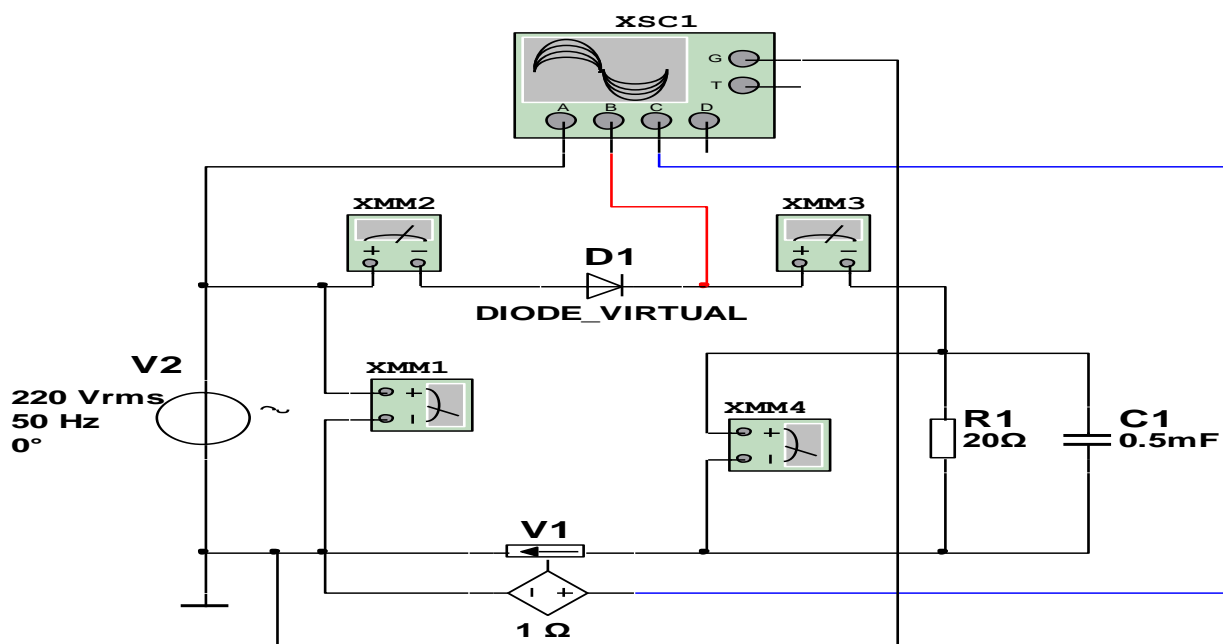
O‘qituvchining topshirig‘iga binoan talaba laboratoriya ishini quyidagi tartibda bajaradi:

- Kompyuter monitorida «MS 14.0» dasturining «Bosh oynasi»ni ochadi (1 rasm). «Bosh oyna»da joylashgan virtual elektr elementlar, kommutatsiya qurilmalari va virtual asboblar bazasi bilan tanishadi, shuningdek kerakli elementlarni tanlab virtual elektr sxemani yig‘adi va ishga tushiradi.

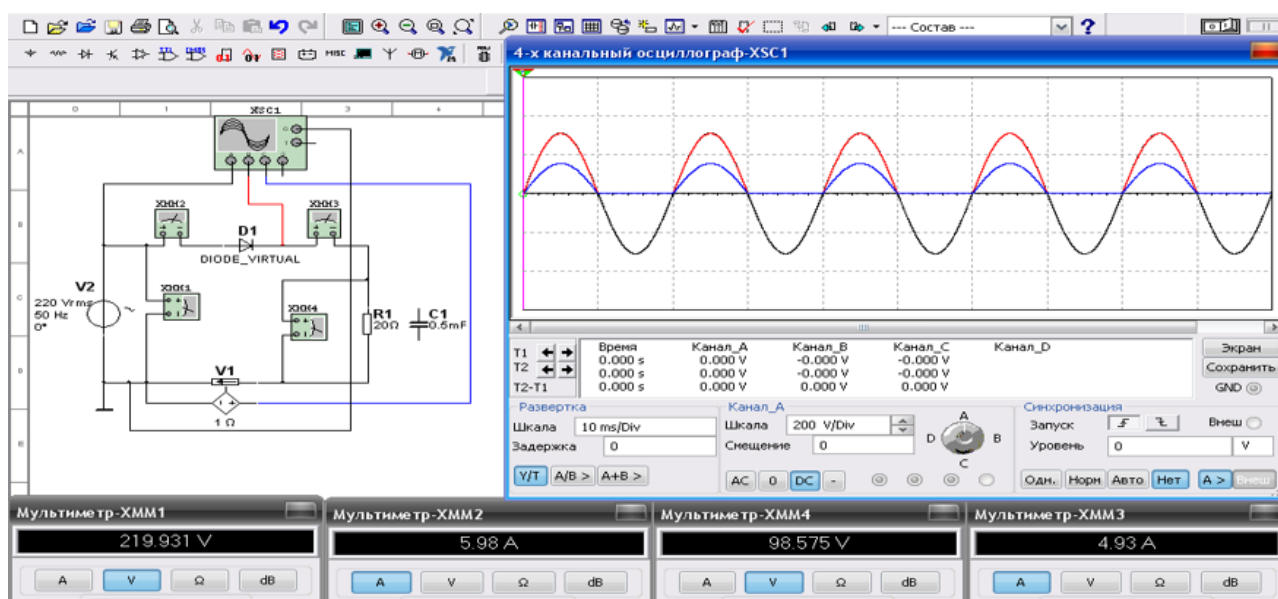
13.4. Bir fazali kuchlanishni bitta yarim davrli to‘g‘rilash elektr zanjiri.

1. Bir fazali sinusoidal o‘zgaruvchan tokli kuchlanishni to‘g‘rilash bitta yarim davrli elektr zanjirning virtual sxemasini (13.1-rasm) yig‘adi hamda kuchlanish va tok qiymatlarini o‘lchash uchun virtual o‘lchov asboblarini ulaydi.

2. Kuchlanish va tok ossillogrammalarini kuzatish uchun oss'illografni ulaydi.
3. Virtual o'lchov asboblarning va oss'illografning shaklini kattalashtiradi.
4. Ulash (1 raqami) tugmasini bosib virtual sxemani ishga tushiradi va o'lchov asboblari ko'rsatgan kuchlanish va tok qiymatlarni 13.1-jadvaldagi «O'lchashlar» qatoriga yozadi. So'ngra, «Hisoblashlar» qatorini to'ldiradi.
5. Tok va kuchlanishlarning tebranma xarakter ossillogrammalarini kuzatadi (13.2 va 13.3-rasmlar).



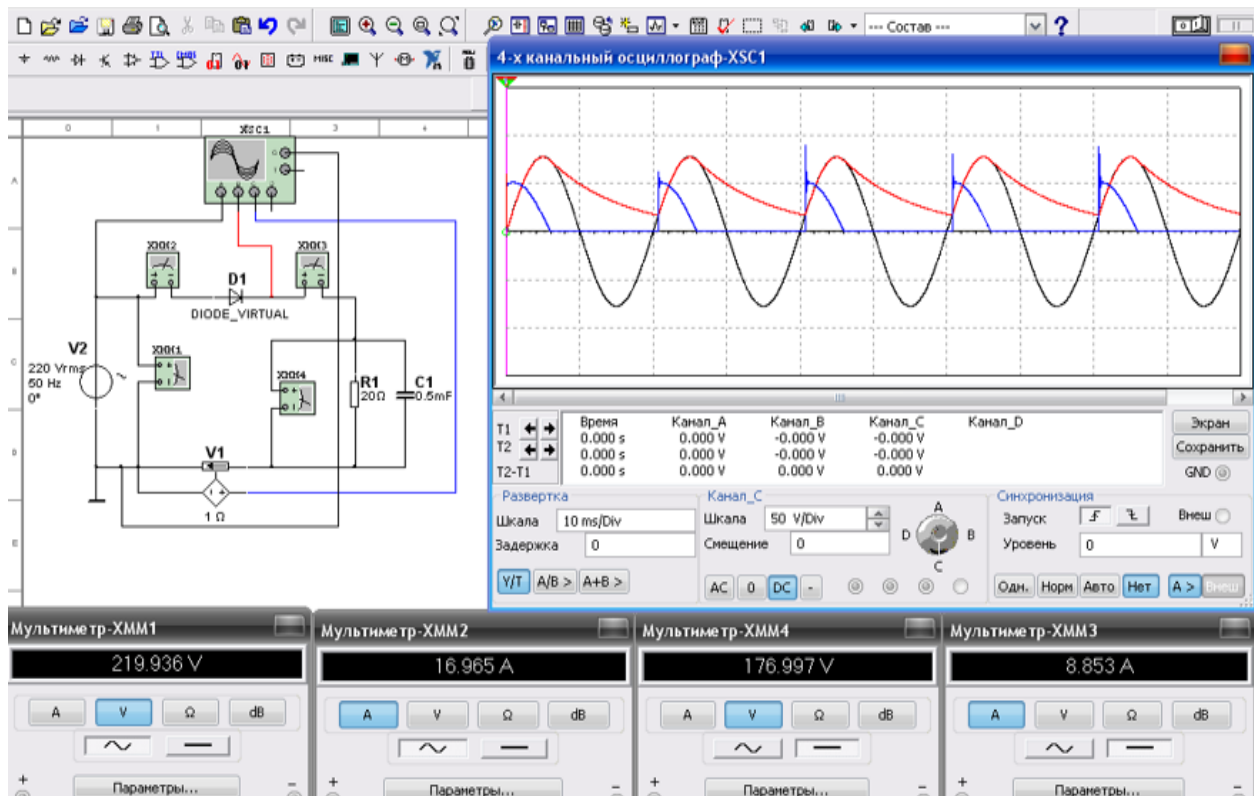
13.1-rasm. Bitta yarim davrli to'g'rilash elektr zanjirining virtual sxemasi.



13.2-rasm. Bitta yarim davrli to'g'rilash elektr zanjirining

virtual modeli - sig'im filtri ulanmagan.

- XMM1 vol'tmetrda o'zgaruvchan kuchlanish qiymati 219,9 /V/.
- XMM2 ampermetrda o'zgaruvchan tok qiymati 5,98 /A/.
- XMM3 ampermetrda o'zgarmas tok qiymati 4,93 /A/.
- XMM4 vol'tmetrda o'zgarmas kuchlanish qiymati 98,6 /V/.



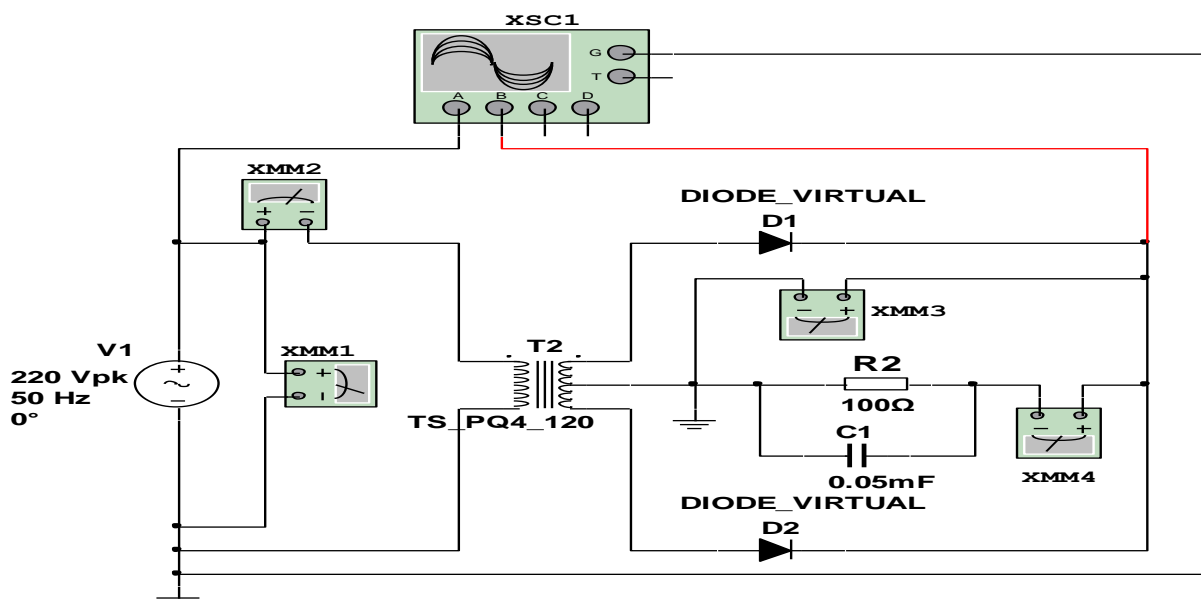
13.3-rasm. Bitta yarim davrli to'g'rilash elektr zanjirining virtual modeli - sig'im filtri ulangan.

- XMM1 vol'tmetrda o'zgaruvchan kuchlanish qiymati 219,9 /V/.
- XMM2 ampermetrda o'zgaruvchan tok qiymati 16,96 /A/.
- XMM3 ampermetrda o'zgarmas tok qiymati 8,85 /A/.
- XMM4 vol'tmetrda o'zgarmas kuchlanish qiymati 177 /V/.

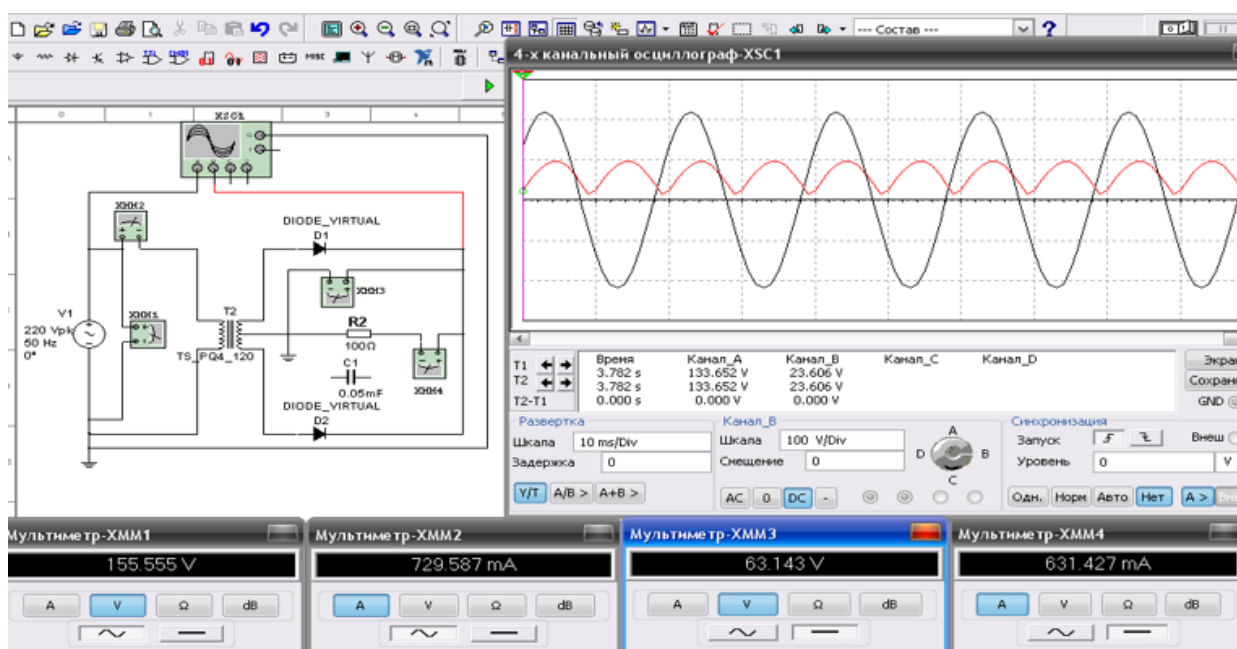
13.5. Transformatorning o'rta nuqtasiga iste'molchi ulangan ikkita yarim davrli to'g'rilash elektr zanjiri.

1. Bir fazali sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanishni transformatorning o'rta nuqtasiga iste'molchi ulangan ikkita yarim davrli to'g'rilash elektr zanjirning virtual sxemasini (13.4-rasm) yig'adi hamda kuchlanish va tok qiymatlarini o'lchash uchun virtual o'lchov asboblari ulaydi.

2. Kuchlanish va tok ossillogrammalarini kuzatish uchun ossillografni ulaydi.
3. Virtual o'lchov asboblarning va oss'illografning shaklini kattalashtiradi.
4. Ulash (1 raqami) tugmasini bosib virtual sxemani ishga tushiradi va o'lchov asboblari ko'rsatgan kuchlanish va tok qiymatlarni 13.1-jadvaldagi «O'lchashlar» qatoriga yozadi. So'ngra, «Hisoblashlar» qatorini to'ldiradi.
5. Tok va kuchlanishlarning tebranma xarakter ossillogrammalarini kuzatadi (13.5 va 13.6-rasmlar).

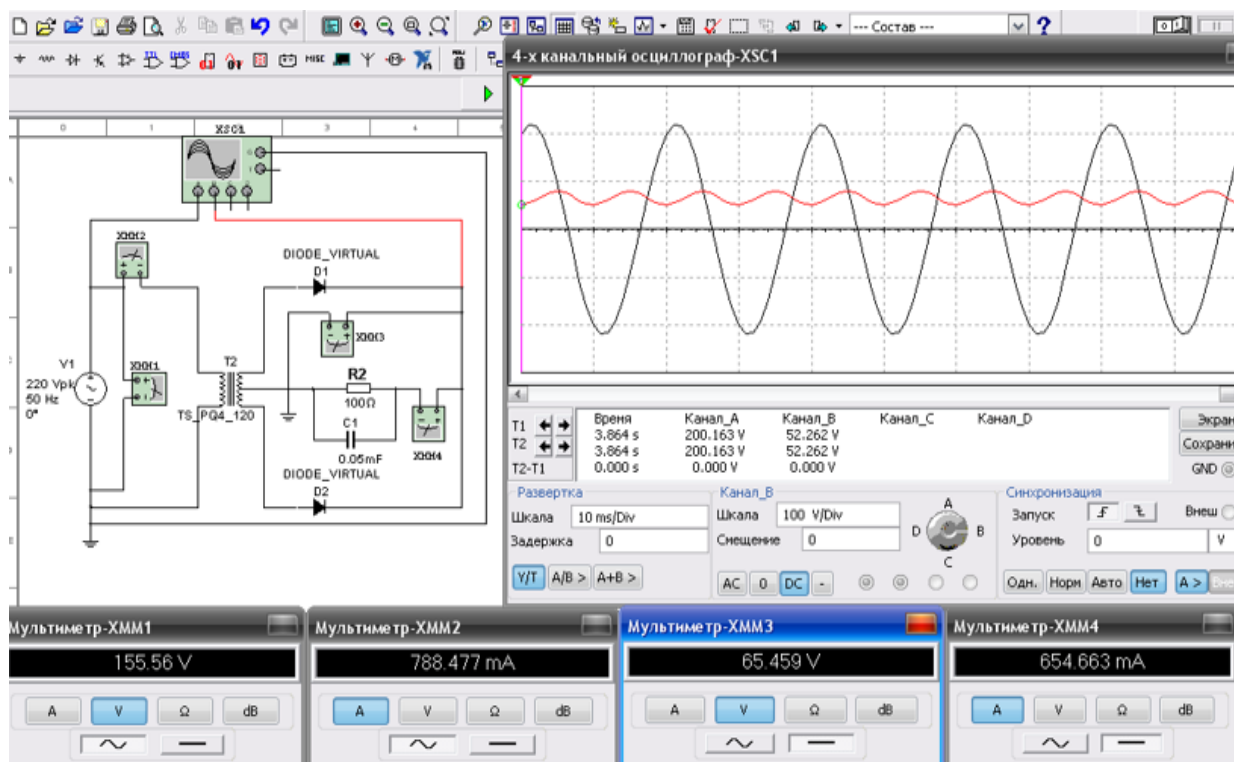


13.4- rasm. Transformatorning o'rta nuqtasiga iste'molchi ulangan ikkita yarim davrli to'g'rilash elektr zanjirining virtual sxemasi.



13.5- rasm. Transformatorning o'rtta nuqtasiga iste'molchi ulangan ikkita yarim davrli to'g'rilash elektr zanjirining virtual modeli - sig'im filtri ulanmagan.

- XMM1 vol'tmetrda o'zgaruvchan kuchlanish qiymati 155,5 /V/.
- XMM2 ampermetrda o'zgaruvchan tok qiymati 729,6 /mA/.
- XMM3 vol'tmetrda o'zgarmas kuchlanish qiymati 63,1 /V/.
- XMM4 ampermetrda o'zgarmas tok qiymati 631,4 /mA/.



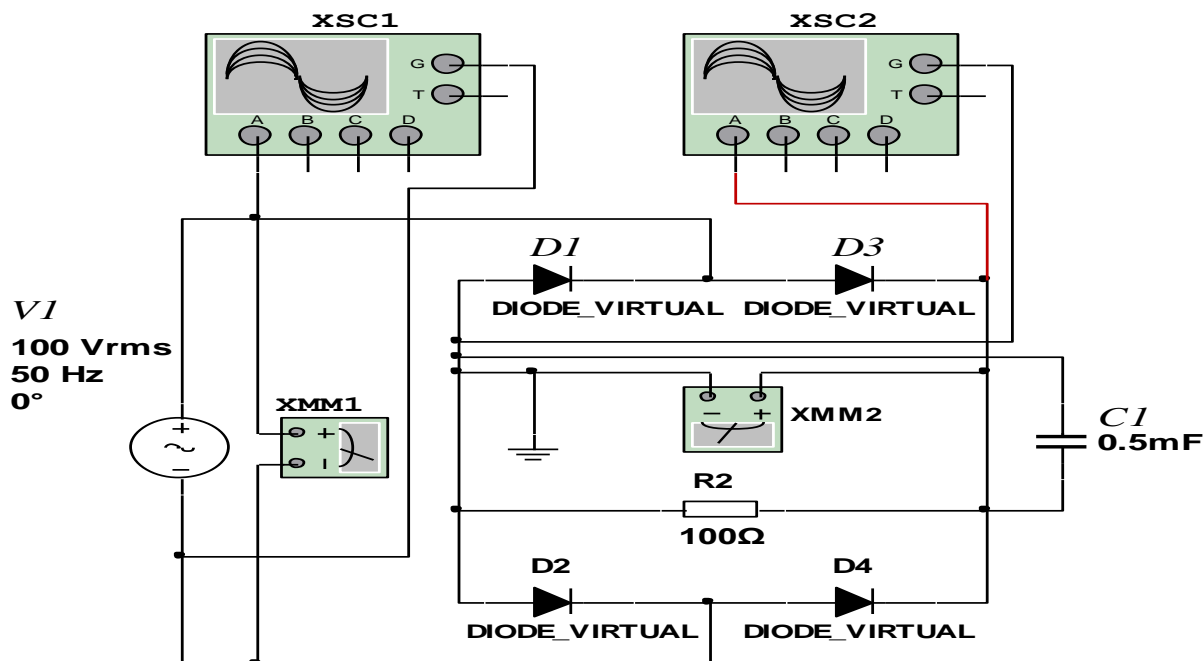
13.6- rasm. Transformatorning o'rtta nuqtasiga iste'molchi ulangan ikkita yarim davrli to'g'rilash elektr zanjirining virtual modeli - sig'im filtri ulangan.

- XMM1 vol'tmetrda o'zgaruvchan kuchlanish qiymati 155,5 /V/.
- XMM2 ampermetrda o'zgaruvchan tok qiymati 788,5 /mA/.
- XMM3 vol'tmetrda o'zgarmas kuchlanish qiymati 65,46 /V/.
- XMM4 ampermetrda o'zgarmas tok qiymati 654,6 /mA/.

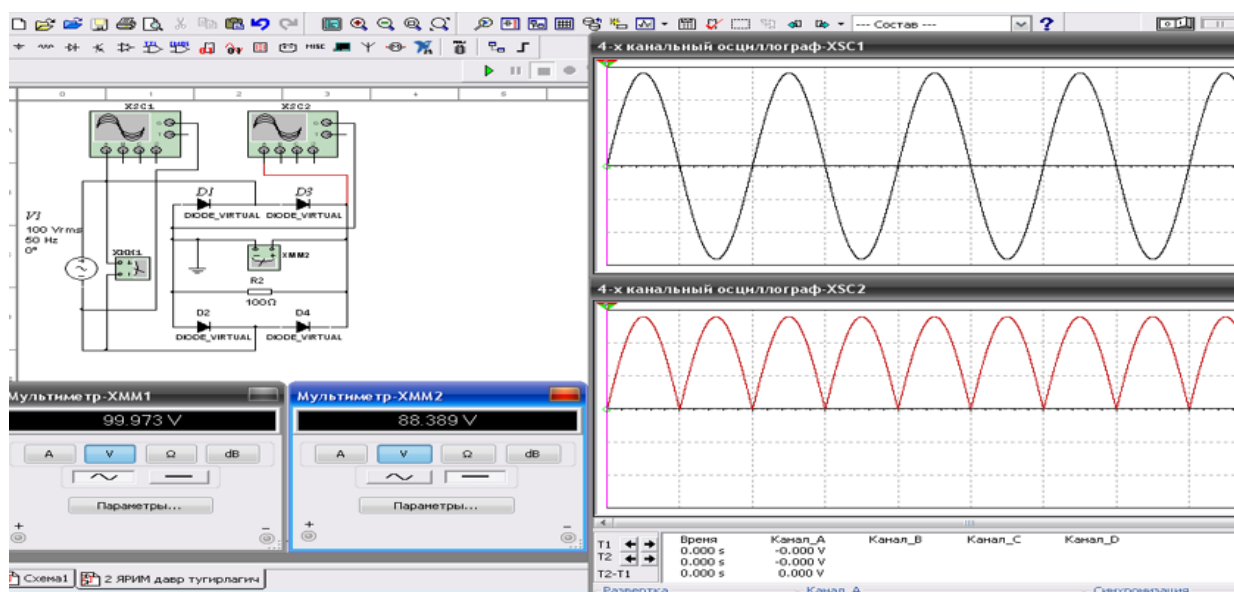
13.6. Ko'prik sxemada ulangan ikkita yarim davrli to'g'rilash elektr zanjiri.

1. Bir fazali sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanishni ko'prik sxemada ulangan ikkita yarim davrli to'g'rilash elektr zanjirining virtual sxemasini (13.7-rasm) yig'adi hamda kuchlanish va tok qiymatlarini o'lchash uchun virtual o'lchov asboblarini ulaydi.

2. Kuchlanish va tok ossillogrammalarini kuzatish uchun ossillografni ulaydi.
3. Virtual o'lchov asboblarning va oss'illografning shaklini kattalashtiradi.
4. Ulash (1 raqami) tugmasini bosib virtual sxemani (13.8 va 13.9-rasmlar) ishga tushiradi va o'lchov asboblari ko'rsatgan kuchlanish va tok qiymatlarni 13.1-jadvaldagi «O'lchashlar» qatoriga yozadi. So'ngra, «Hisoblashlar» qatorini to'ldiradi.
5. Tok va kuchlanishlarning tebranma xarakter ossillogrammalarini kuzatadi (13.8 va 13.9-rasmlar).

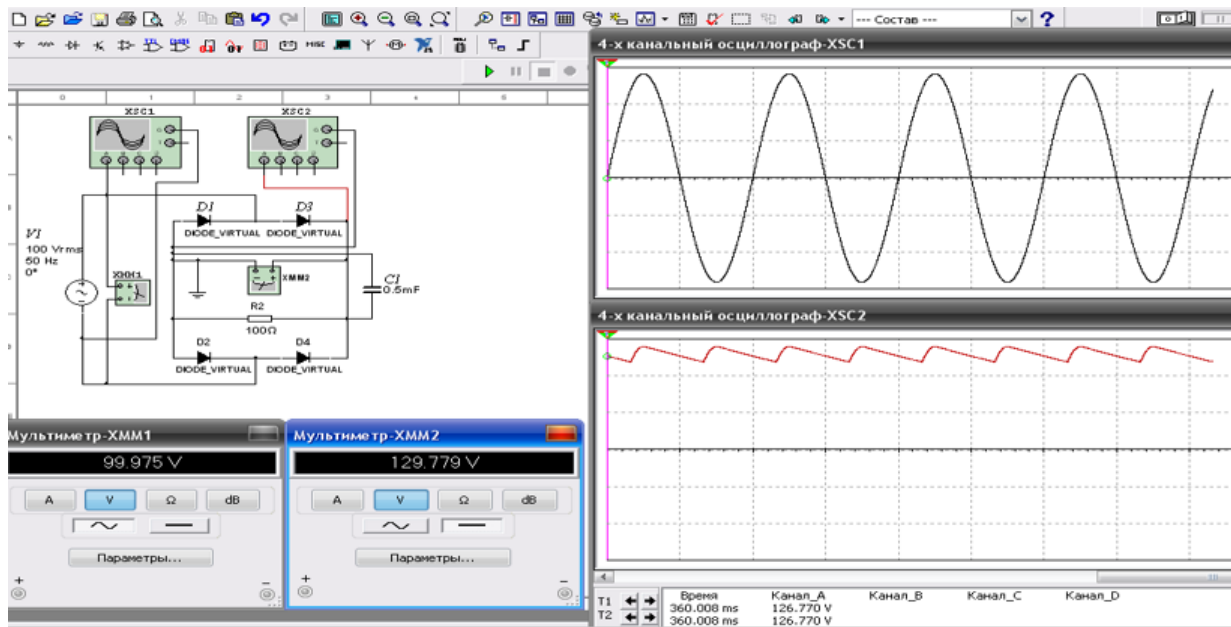


13.7- rasm. Ko'priq sxemada ulangan ikkita yarim davrli to'g'rilash elektr zanjirining virtual sxemasi.



13.8- rasm. Ko‘prik sxemada ulangan ikkita yarim davrli to‘g‘rilash elektr zanjirining virtual modeli - sig‘im filtri ulanmagan.

- XMM1 vol‘tmetrda o‘zgaruvchan kuchlanish qiymati 99,97 /V/.
- XMM2 vol‘tmetrda o‘zgarmas kuchlanish qiymati 88,4 /V/.



13.9- rasm. Ko‘prik sxemada ulangan ikkita yarim davrli to‘g‘rilash elektr zanjirining virtual modeli - sig‘im filtri ulangan.

- XMM1 vol‘tmetrda o‘zgaruvchan kuchlanish qiymati 99,97 /V/.
- XMM2 vol‘tmetrda o‘zgarmas kuchlanish qiymati 129,78 /V/.

13.1-jadval

Virtual elektr zanjir sxemasi	Filtr ulanmagan			Filtr ulangan		
	U_1	U_2	$K = \frac{U_2}{U_1}$	U_1	U_2	$K = \frac{U_2}{U_1}$
	V	V	-	V	V	-
13.1-rasm						
13.4- rasm						
13.7- rasm						

Nazorat savollari.

1. Bir fazali o‘zgaruvchan tokli kuchlanishni to‘g‘rilash jarayonini tushuntiring ?
2. Sinusoidal o‘zgaruvchan tokli kuchlanishning o‘rtacha qiymati nimaga teng ?
3. Tekislovchi filtrlarning vazifasi nimadan iborat ?

4. To'g'rilash koeffisientini tushuntiring.
5. Bir fazali to'g'rilangan kuchlanish qayerda qo'llaniladi ?

14 - LABORATORIYA ISHI

UCH FAZALI O'ZGARUVCHAN KUCHLANISHNI TO'G'RILASH ELEKTR ZANJIRLARI

14.1.ishni bajarishdan maqsad.

1. Uch fazali sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanishni to'g'rilash elektr zanjirlarini o'rganish .
2. O'zgaruvchan tokli kuchlanishni to'g'rilash elektr zanjirlarning to'g'rilash koeffisientini tajribadagi qiymatlar asosida aniqlash va nazariy hisoblar bilan solishtirish.
3. To'g'rilangan kuchlanishning shaklini induktiv-sig'im filtrlar yordamida yaxshilash jarayonini o'rganish .
4. Tok va kuchlanishning tebranma xarakteristikalarini kuzatish.

14.2. Ishga oid nazariy tushunchalar.

Talabalar laboratoriya ishiga oid nazariy tushunchalarni, **6.2. Uch fazali kuchlanishni to'g'rilash elektr zanjirlari** mavzusidan, hamda, asosiy va qo'shimcha adabiyotlardan o'zlashtiradi.

14.3. Ishni bajarish tartibi.

O'qituvchining topshirig'iga binoan talaba laboratoriya ishini quyidagi tartibda bajaradi:

- Kompyuter monitorida «MS 14.0» dasturining «Bosh oynasi»ni ochadi (1 rasm). «Bosh oyna»da joylashgan virtual elektr elementlar, kommutasiya qurilmalari va virtual asboblarning bazasi bilan tanishadi, shuningdek kerakli elementlarni tanlab virtual elektr sxemani yig'adi va ishga tushiradi.

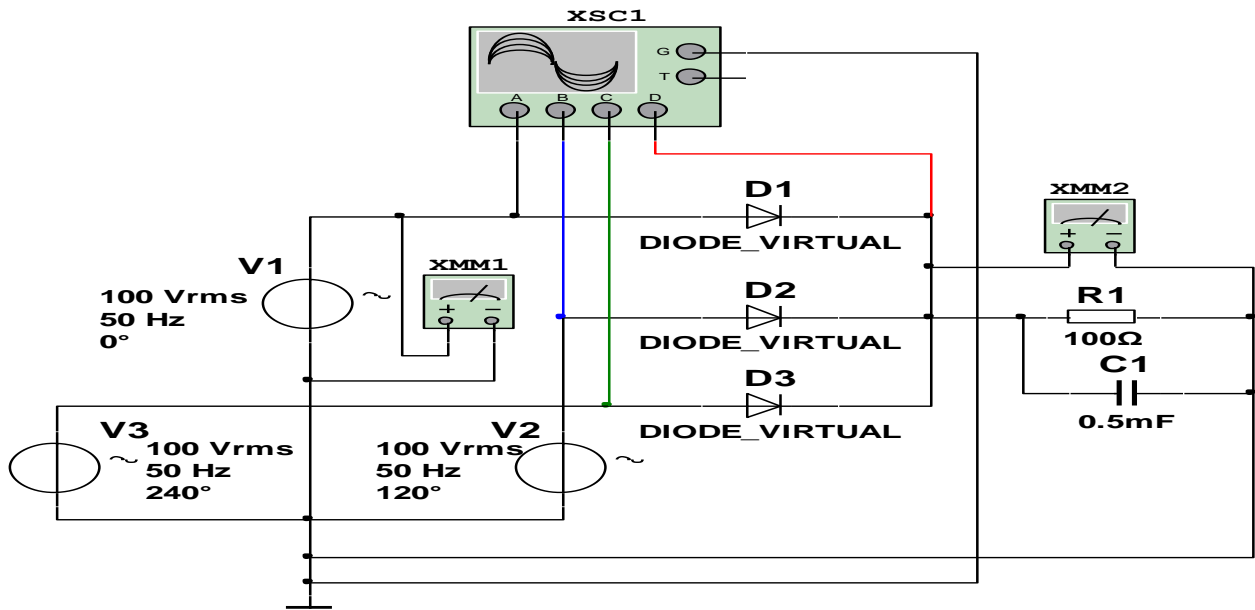
14.4. Uch fazali kuchlanishni bitta yarim davrli to'g'rilash elektr zanjiri.

1. Uch fazali sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanishni bitta yarim davrli to'g'rilash elektr zanjirning virtual sxemasini (14.1-rasm) yig'adi hamda kuchlanish va tok qiymatlarini o'lchash uchun virtual o'lchov asboblari ulaydi.
2. Kuchlanish va tok ossillogrammalarini kuzatish uchun ossillografni ulaydi.

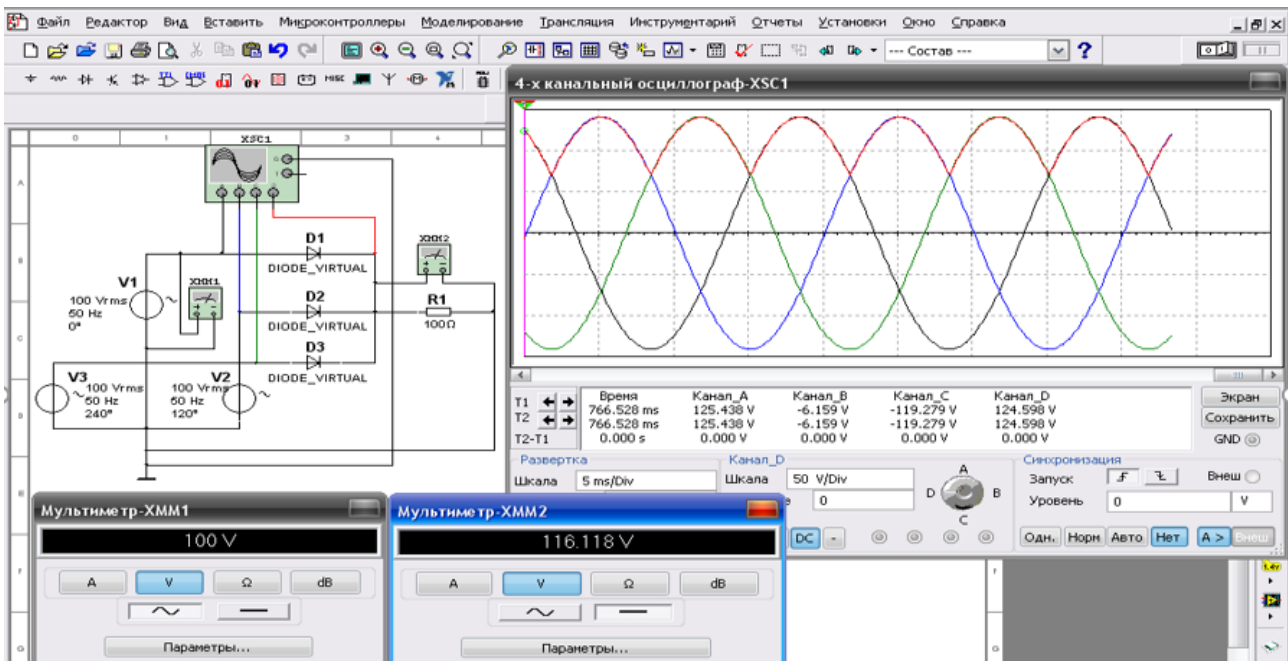
3. Virtual o'lchov asboblarning va oss'illografning shaklini kattalashtiradi.

4. Ulash (1 raqami) tugmasini bosib virtual sxemani ishga tushiradi va o'lchov asboblari ko'rsatgan kuchlanish va tok qiymatlarni 14.1-jadvaldagi «O'lchashlar» qatoriga yozadi. So'ngra, «Hisoblashlar» qatorini to'ldiradi.

5. Tok va kuchlanishlarning tebranma xarakter osslilogrammalarini kuzatadi (14.2 va 14.3 rasmlar).

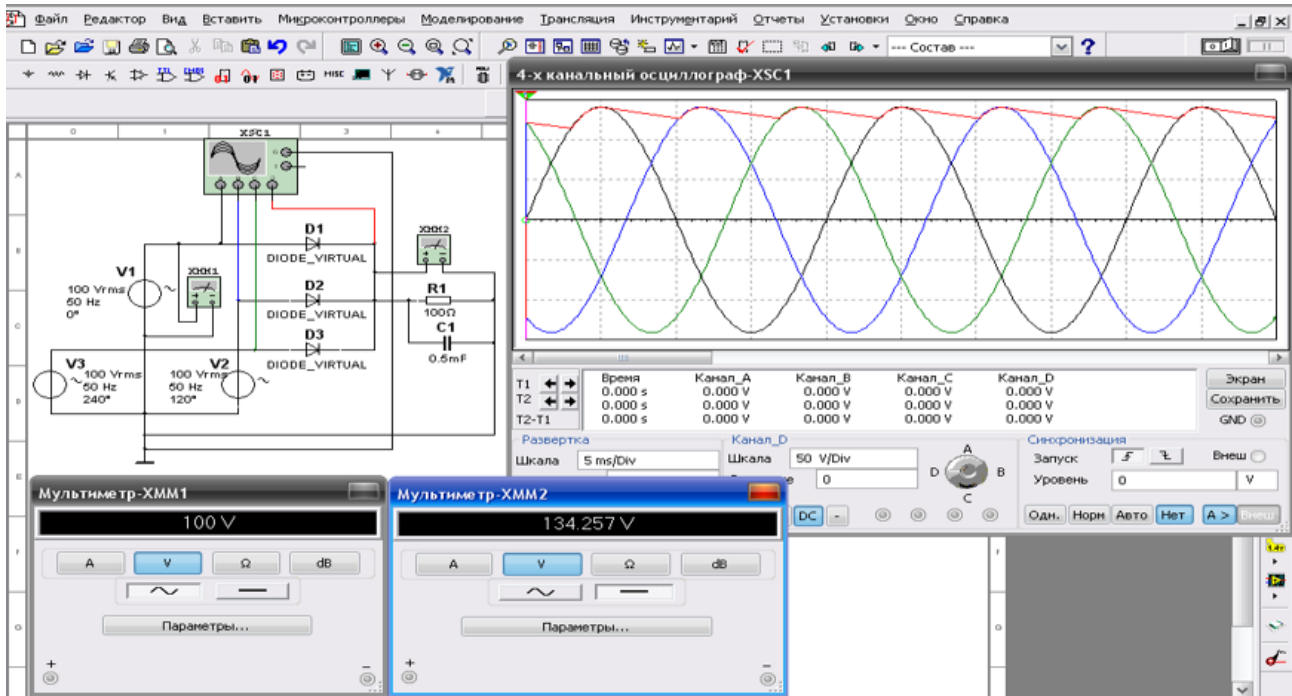


14.1-rasm. Uch fazali kuchlanishni bitta yarim davrli to'g'rilash elektr zanjirining virtual sxemasi.



14.2- rasm. Uch fazali kuchlanishni bitta yarim davrli to'g'rilash elektr zanjirining virtual modeli - sig'im filtri ulanmagan.

- XMM1 vol'tmetrda o'zgaruvchan kuchlanish qiymati 100 V/.
- XMM2 vol'tmetrda o'zgarmas kuchlanish qiymati 116,12 V/.



14.3- rasm. Uch fazali kuchlanishni bitta yarim davrli to'g'rilash elektr zanjirining virtual modeli - sig'im filtri ulangan.

- XMM1 vol'tmetrda o'zgaruvchan kuchlanish qiymati 100 V/.
- XMM2 vol'tmetrda o'zgarmas kuchlanish qiymati 134,26 V/.

14.5. Uch fazali kuchlanishni ikkita yarim davrli to'g'rilash elektr zanjiri.

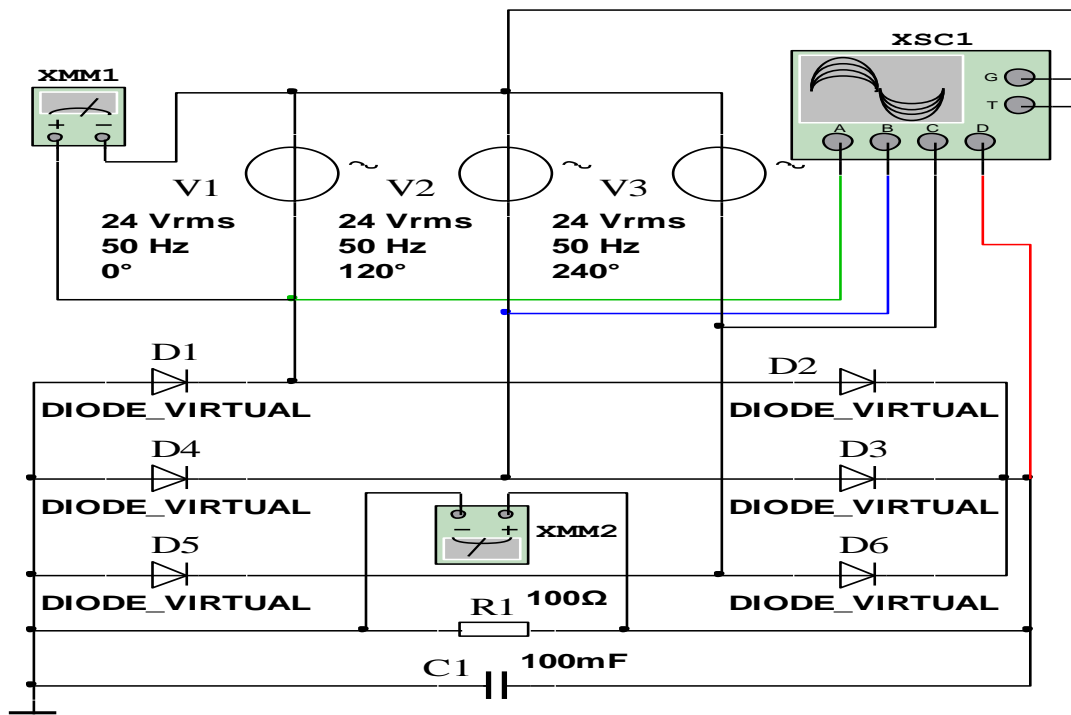
1. Uch fazali sinusoidal o'zgaruvchan tokli kuchlanishni ikkita yarim davrli to'g'rilash elektr zanjirining virtual sxemasini (14.4- rasm) yig'adi hamda kuchlanish va tok qiymatlarini o'lchash uchun virtual o'lchov asboblarini ulaydi.

2. Kuchlanish va tok ossillogrammalarini kuzatish uchun ossillografni ulaydi.

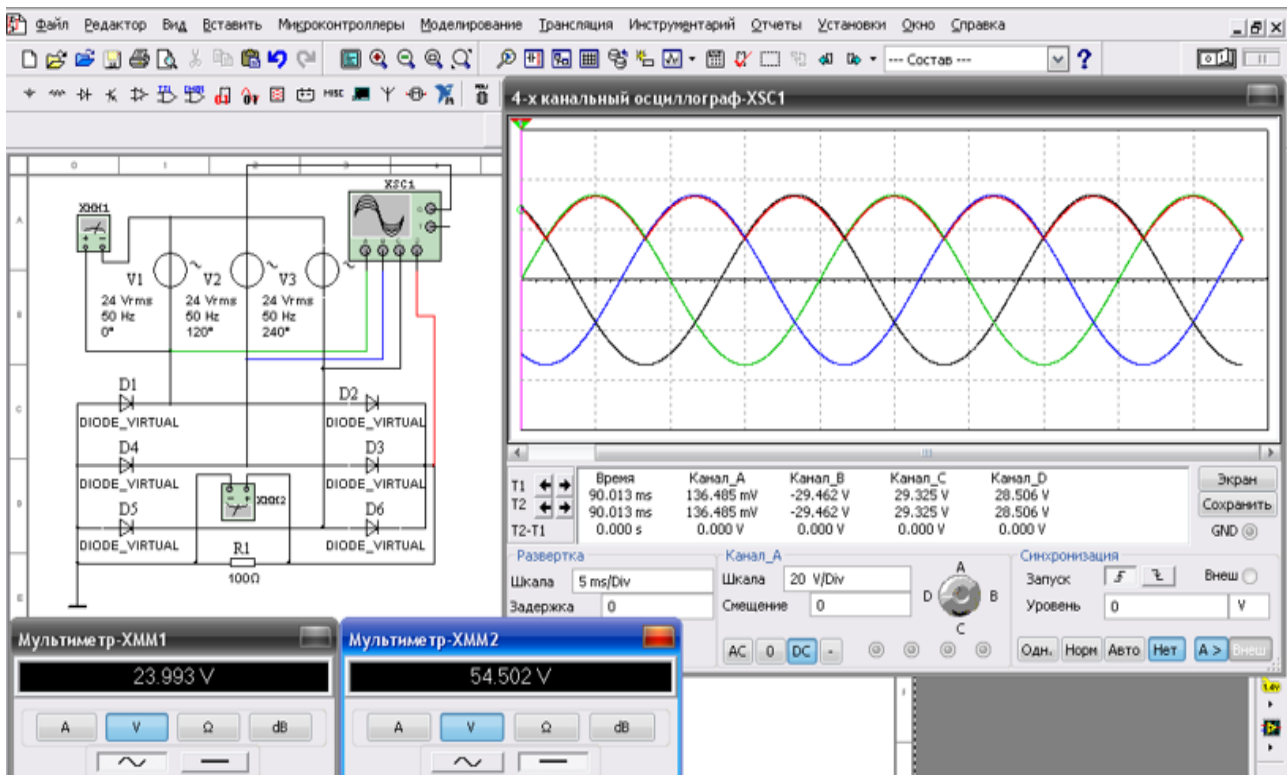
3. Virtual o'lchov asboblarining va oss'illografning shaklini kattalashtiradi.

4. Ulash (1 raqami) tugmasini bosib virtual sxemani ishga tushiradi va o'lchov asboblari ko'rsatgan kuchlanish va tok qiymatlarni 14.1-jadvaldagi «O'lchashlar» qatoriga yozadi. So'ngra, «Hisoblashlar» qatorini to'ldiradi.

5. Tok va kuchlanishlarning tebranma xarakter ossillogrammalarini kuzatadi (14.5 va 14.6 rasmlar).

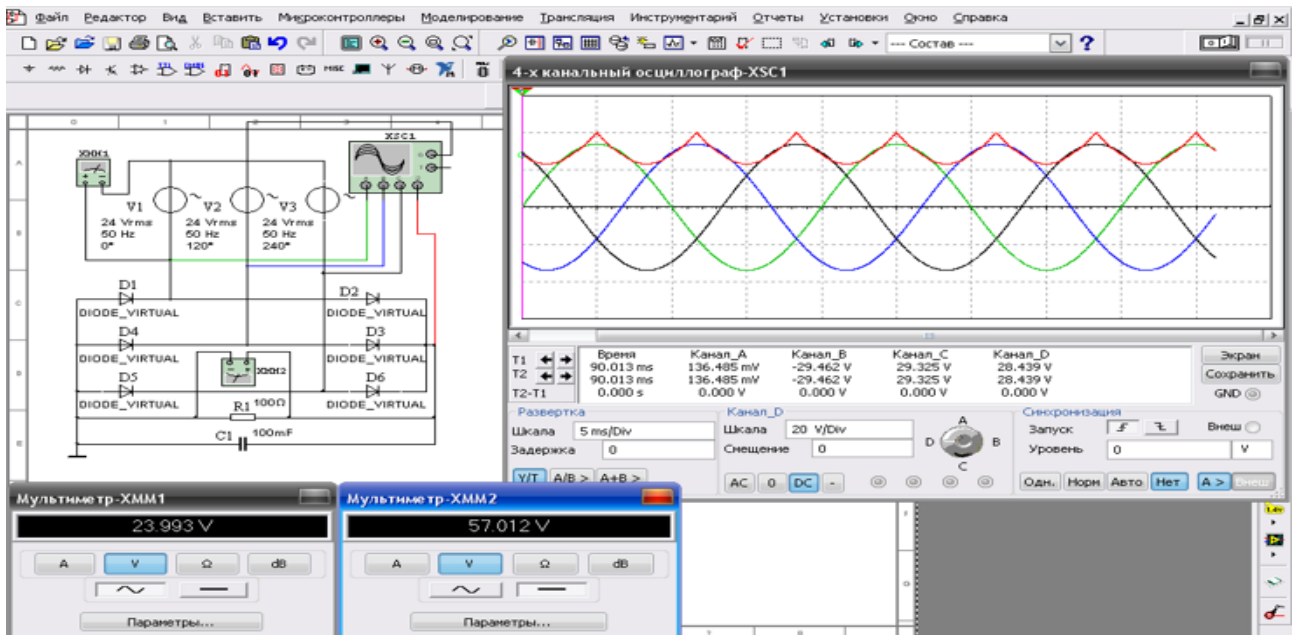


14.4- rasm. Uch fazali kuchlanishni ikkita yarim davrli to‘g‘rilash elektr zanjirining virtual sxemasi.



14.5- rasm. Uch fazali kuchlanishni ikkita yarim davrli to‘g‘rilash elektr zanjirining virtual modeli - sig‘im filtri ulanmagan.

- XMM1 vol‘tmetrda o‘zgaruvchan kuchlanish qiymati 24 /V/.
- XMM2 vol‘tmetrda o‘zgaruvchan kuchlanish qiymati 54,5 /V/.



14.6- rasm. Uch fazali kuchlanishni ikkita yarim davrli to‘g‘rilash elektr zanjirining virtual modeli - sig‘im filtri ulanmagan.

- XMM1 vol‘tmetrda o‘zgaruvchan kuchlanish qiymati 24 V/.
- XMM2 vol‘tmetrda o‘zgarmas kuchlanish qiymati 57 V/.

14.1-jadval

Virtual elektr zanjir sxemasi	Filtr ulanmagan			Filtr ulangan		
	U_1	U_2	$K = \frac{U_2}{U_1}$	U_1	U_2	$K = \frac{U_2}{U_1}$
	V	V		V	V	
14.1-rasm						
14.4- rasm						

Nazorat savollari.

1. Uch fazali o‘zgaruvchan kuchlanishni to‘g‘rilash jarayonini tushuntiring.
2. Uch fazali o‘zgaruvchan kuchlanishni to‘g‘rilash sxemalarining to‘g‘rilash koeffitsienlarini taqqoslang.
3. Ikkita yarim davrda to‘g‘rilash elektr zanjirida kuchlanishga filtrning ta’siri qanday?
4. To‘g‘rilangan kuchlanishlar qayerda qo‘llaniladi?

15 - LABORATORIYA ISHI

QUVVAT KUCHAYTIRGICHLARNI TEKSHIRISH.

15.1. Ishni bajarishdan maqsad.

1. Tranzistor bazasida yig‘ilgan quvvat kuchaytirgichning ishlash jarayonini o‘rganish.
2. Analog element bazasida yig‘ilgan quvvat kuchaytirgichning ishlash jarayonini o‘rganish.
3. Quvvatni kuchaytirish koeffitsiyentini tajribadagi qiymatlar asosida aniqlash va nazariy hisoblar bilan solishtirish.
4. Quvvat kuchaytirgichning kirish va chiqishdagi kuchlanishining tebranma harakat oss‘ilogrammalarini kuzatish.

15.2. Ishga oid nazariy tushunchalar.

Talabalar laboratoriya ishiga oid nazariy tushunchalarni, **7.1. Quvvat kuchaytirgichlarining tuzilishi va ularning ishlash prinsipi** mavzusidan hamda, asosiy va qo‘shimcha adabiyotlardan o‘zlashtiradi.

15.3. Ishni bajarish tartibi.

O‘qituvchining topshirig‘iga binoan talaba laboratoriya ishini quyidagi tartibda bajaradi:

- Kompyuter monitorida «MS 14.0» dasturining «Bosh oynasi»ni ochadi (1 rasm). «Bosh oyna»da joylashgan virtual elektr elementlar, kommutasiya qurilmalari va virtual asboblar bazasi bilan tanishadi, shuningdek kerakli elementlarni tanlab virtual elektr sxemani yig‘adi va ishga tushiradi.

15.4. Tranzistor bazasida yig‘ilgan quvvat kuchaytirgich.

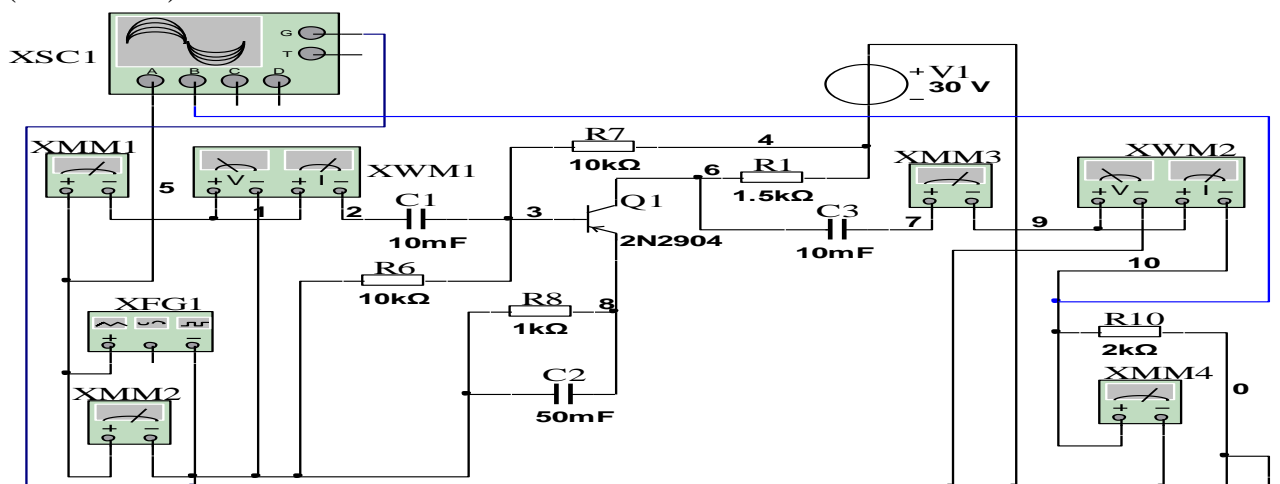
1. Tranzistor bazasida yig‘ilgan quvvat kuchaytirgichning virtual sxemasini (15.1-rasm) yig‘adi hamda kirish va chiqishdagi kuchlanishlar qiymatini o‘lchash uchun virtual o‘lchov asboblarini (XMM1, XMM2, XMM3, XMM4) ulaydi.
2. Quvvat kuchaytirgichning kirish va chiqishdagi quvvatlar qiymatini o‘lchash uchun virtual o‘lchov asboblarini (XWM1, XWM2) ulaydi.

3. Quvvat kuchaytirgichning kirish va chiqishdagi kuchlanishlar oss'ilogrammasini kuzatish uchun oss'ilografni (XSC1) ulyadi.

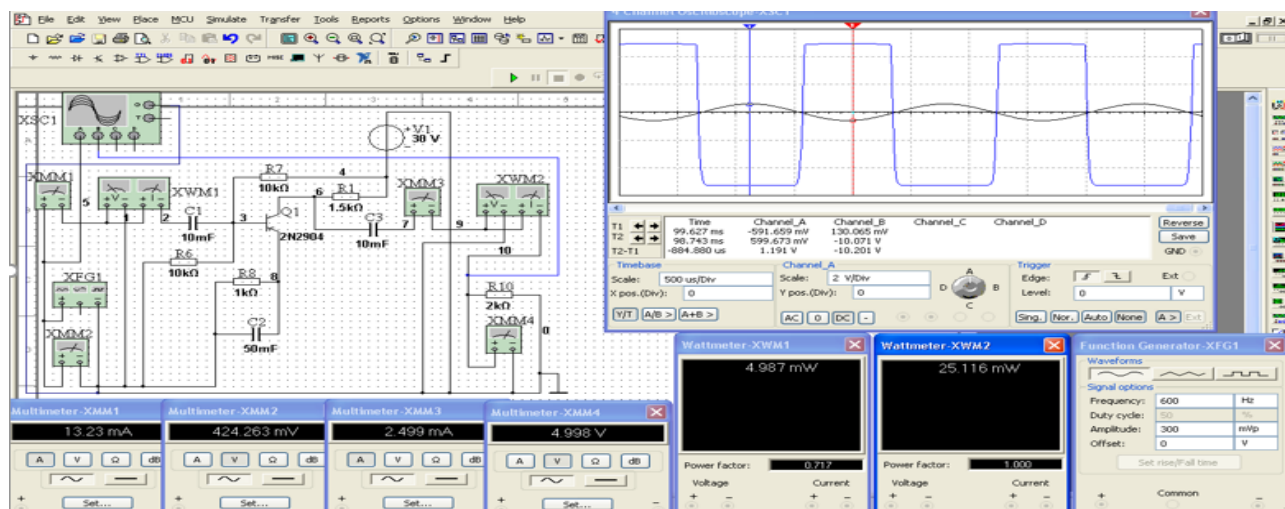
4. Virtual o'lchov asboblarning, oss'ilografning va funksional generatorning (XFG1) shaklini kattalashtiradi.

5. Ulash (1 raqami) tugmasini bosib virtual sxemani ishga tushiradi va o'lchov asboblari ko'rsatgan kuchlanishlar qiymatini 15.1-jadvaldagi «O'lchash» qatoriga yozadi. So'ngra, «Hisoblash» qatorini to'ldiradi.

6. Kirish va chiqishdagi kuchlanishlarning tebranma harakat oss'ilogrammasini (15.2-rasm) kuzatadi.



15.1-rasm. Tranzistor bazasida yig'ilgan quvvat kuchaytirgichning virtual elektr sxemasi.



15.2- rasm. Tranzistor bazasida yig'ilgan quvvat kuchaytirgichning virtual modeli.

- XMM2 vol'tmetrda kuchlanish qiymati 424,3 /mV/.
- XMM4 vol'tmetrda kuchlanish qiymati 5 /V/.
- XWM1 wattmetrda quvvat qiymati 5 /mVt /.
- XMM2 wattmetrda o'zgaras tok qiymati 25,1 /mVt /.

Virtual sxema raqami	O'lchash						Hisoblash	
	U ₁	U ₂	I ₁	I ₂	P ₁	P ₂	$K = \frac{U_2}{U_1}$	$K = \frac{P_2}{P_1}$
	mV	mV	mA	mA	Vt	Vt	-	-
15.1-rasm								

15.5. Analog element bazasida yig'ilgan quvvat kuchaytirgich.

1. Analog element bazasida yig'ilgan quvvat kuchaytirgichning virtual sxemasini (15.3-rasm) yig'adi hamda kirish va chiqishdagi kuchlanishlar qiymatini o'lchash uchun virtual o'lchov asboblari (XMM1, XMM2, XMM3, XMM4) ulaydi.

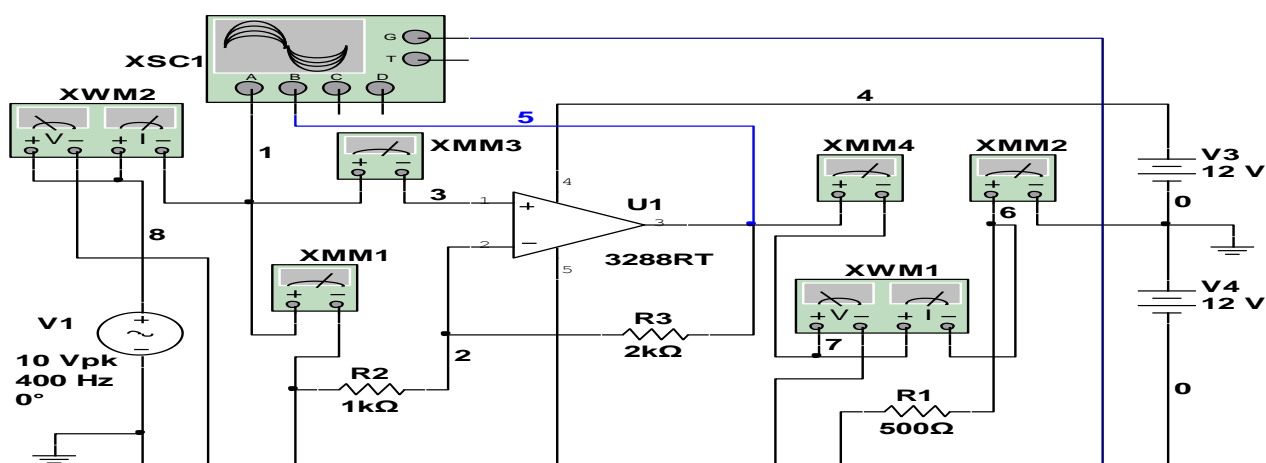
2. Quvvat kuchaytirgichning kirish va chiqishdagi quvvatlar qiymatini o'lchash uchun virtual o'lchov asboblari (XWM2, XWM1) ulaydi.

3. Quvvat kuchaytirgichning kirish va chiqishdagi kuchlanishlar oss'ilogrammasini kuzatish uchun ossilografni (XSC1) ulaydi.

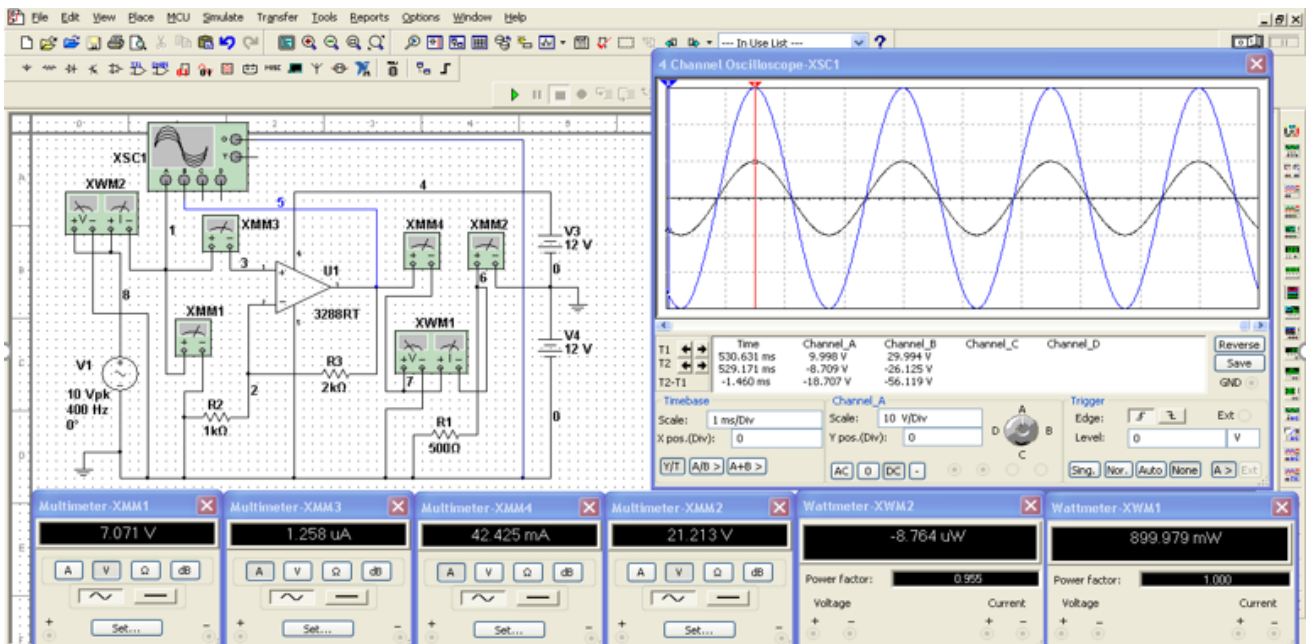
4. Virtual o'lchov asboblari va oss'ilografning shaklini kattalashtiradi.

5. Ulash (1 raqami) tugmasini bosib virtual sxemani (15.3-rasm) ishga tushiradi va o'lchov asboblari ko'rsatgan kuchlanishlar qiymatini 15-1-jadvaldagi «O'lchash» qatoriga yozadi. So'ngra, «Hisoblash» qatorini to'ldiradi.

6. Kirish va chiqishdagi kuchlanishlarning tebranma harakat oss'ilogrammasini (15.4 - rasm) kuzatadi.



15.3-rasm. Analog element bazasida yig'ilgan quvvat kuchaytirgichning virtual elektr sxemasi.



15.4- rasm. Analog element bazasida yig‘ilgan quvvat kuchaytirgichning virtual oss‘ilogrammasi.

- XMM1 vol‘tmetrda kuchlanish qiymati 7,1 /V/.
- XMM2 vol‘tmetrda kuchlanish qiymati 21,2 /V/.
- XWM2 wattmetrda quvvat qiymati 8,76 /mkVt /.
- XMM1 wattmetrda o‘zgaras tok qiymati 900 /mVt /.

15.1–jadval

Virtual sxema raqami	O‘lchash						Hisoblash	
	U ₁	U ₂	I ₁	I ₂	P ₁	P ₂	$K = \frac{U_2}{U_1}$	$K = \frac{P_2}{P_1}$
	V	V	A	A	Vt	Vt		
15.3-rasm								

Nazorat savollari.

1. Quvvatni kuchaytirish jarayonini tushuntiring?
2. Kuchaytirgichning asosiy tavsiflari va parametrlari qanday?
3. Kuchaytirgichlarda teskari aloqani qanday tushunasiz?
4. Qanday kuchaytirish sinflari mavjud?
5. Quvvat kuchaytirgichlar qayerda qo‘llaniladi?

16 - LABORATORIYA ISHI

ELEKTR FILTLARNI TEKSHIRISH

16.1. Ishni bajarishdan maqsad.

1. Oraliq elektr filtrning funksional vazifasini o'rganish.
2. Qarshilik, induktiv g'altak va sig'im elementlari aralash ulangan virtual elektr zanjirida rezonans jarayonida filtrning xususiyatlarini tekshirish.
3. Filtrning amplituda-chastota va faza-chastota tavsiflarini tahlil qilish.
4. Filtrning kirish va chiqishdagi kuchlanishlarining tebranma harakat oss'illogrammalarini kuzatish.

16.2. Ishga oid nazariy tushunchalar.

Talabalar laboratoriya ishiga oid nazariy tushunchalarni, **7.2. Elektr filtrlarning tuzilishi va ishlash prinsipi** mavzusidan hamda, asosiy va qo'shimcha adabiyotlardan o'zlashtiradi.

16.3. Ishni bajarish tartibi.

O'qituvchining topshirig'iga binoan talaba laboratoriya ishini quyidagi tartibda bajaradi:

- Kompyuter monitorida «MS 14.0» dasturining «Bosh oynasi»ni ochadi (1-rasm). «Bosh oyna»da joylashgan virtual elektr elementlar, kommutasiya qurilmalari va virtual asboblarning bazasi bilan tanishadi, shuningdek kerakli elementlarni tanlab virtual elektr sxemani yig'adi va ishga tushiradi.

16.4. Oraliq elektr filtrning sxemasi

1. Qarshilik ketma-ket, induktiv g'altak va sig'im parallel ulangan oraliq elektr filtrning virtual sxemasini (16.1-rasm) yig'adi hamda kirish va chiqishdagi kuchlanishlar va toklar qiymatini o'lchash uchun virtual o'lchov asboblari (XMM7, XMM8, XMM9, XMM10, XMM11, XMM12) ulaydi.

2. XFG2 funksional generatoridagi va filtrning o'tkazish oraligidagi sinusoidal o'zgaruvchan kuchlanishlarning tebranma harakat diagrammalarini kuzatish uchun XSS2 virtual oss'ilografni ulaydi.

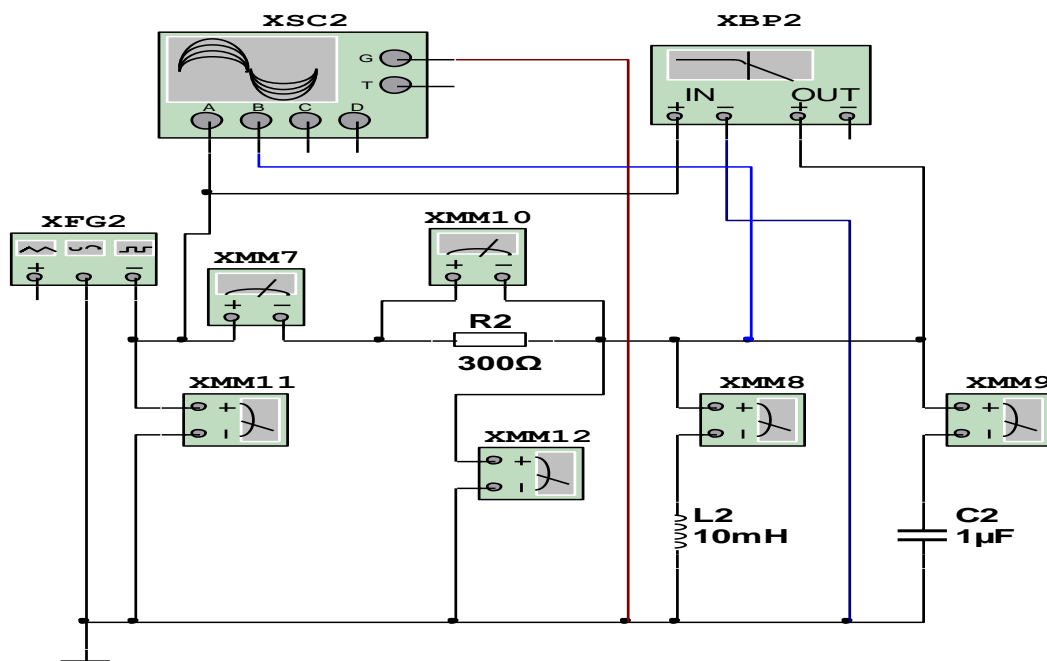
3. Oraliq elektr filtrning amplituda-chastota va faza-chastota tavsiflarini kuzatish uchun XVR 2 virtual bode – plotterni ulaydi.

4. Virtual o‘lchov asboblari, ossilograf, bode – plotter va funksional generator shakllarini kattalashtiradi.

5. Funksional generatordagi sinusoidal o‘zgaruvchan kuchlanishning chastotasini o‘zgartirib toklar rezonansiga erishadi. Funksional generatordagi kuchlanishning rezonans xolatidagi chastota (ω_0) (16.3-rasm) qiymati kamaytirib borilib, filtrning kuyi chegarasida chastota (ω_1) (16.2-rasm) hamda, oshirib borilib yukori chegarasida chastota (ω_2) (16.4-rasm) qiymatlari aniqlanadi va bu qiymatlar orkali filtrning chastotani o‘tkazish oralig‘ini ($\omega_1 < \omega_0 < \omega_2$) topadi.

6. O‘lchov asboblari ko‘rsatgan kuchlanishlar va toklar qiymatini 16.1-jadvalga yozadi.

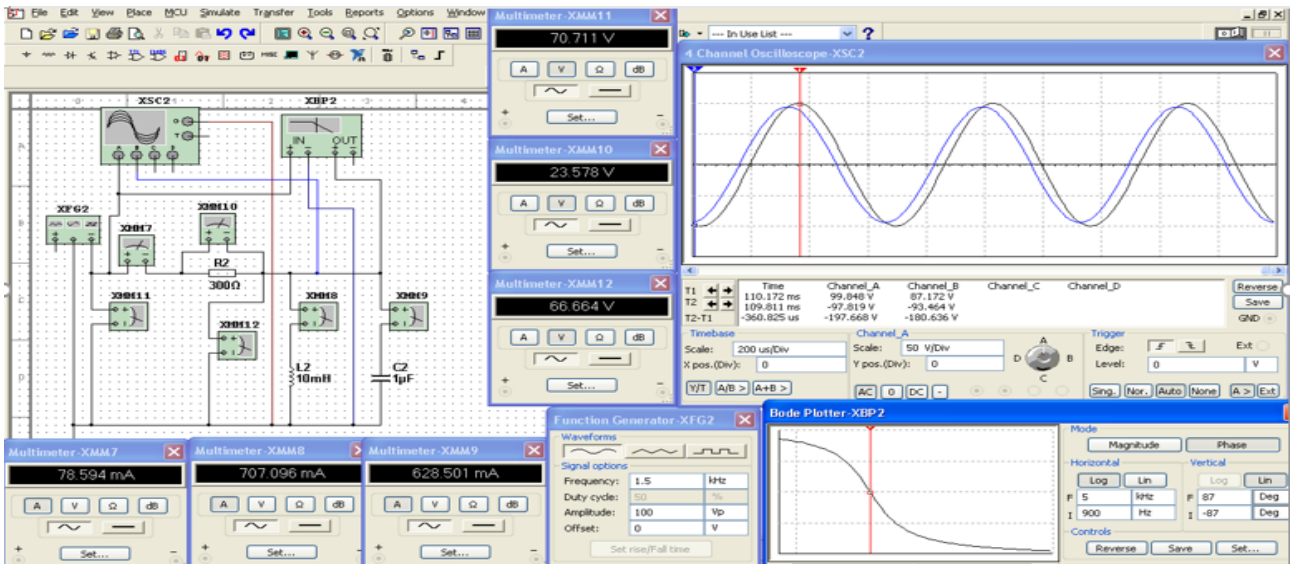
7. Filtrning kirish va chiqishidagi kuchlanishlarning tebranma harakat oss‘ilogrammasini hamda amplituda-chastota va faza-chastota tavsiflarini (16.2-rasm) kuzatadi.



16.1-rasm. Oraliq elektr filtrning virtual elektr sxemasi.

16.1-rasmda tasvirlangan virtual elektr zanjirida:

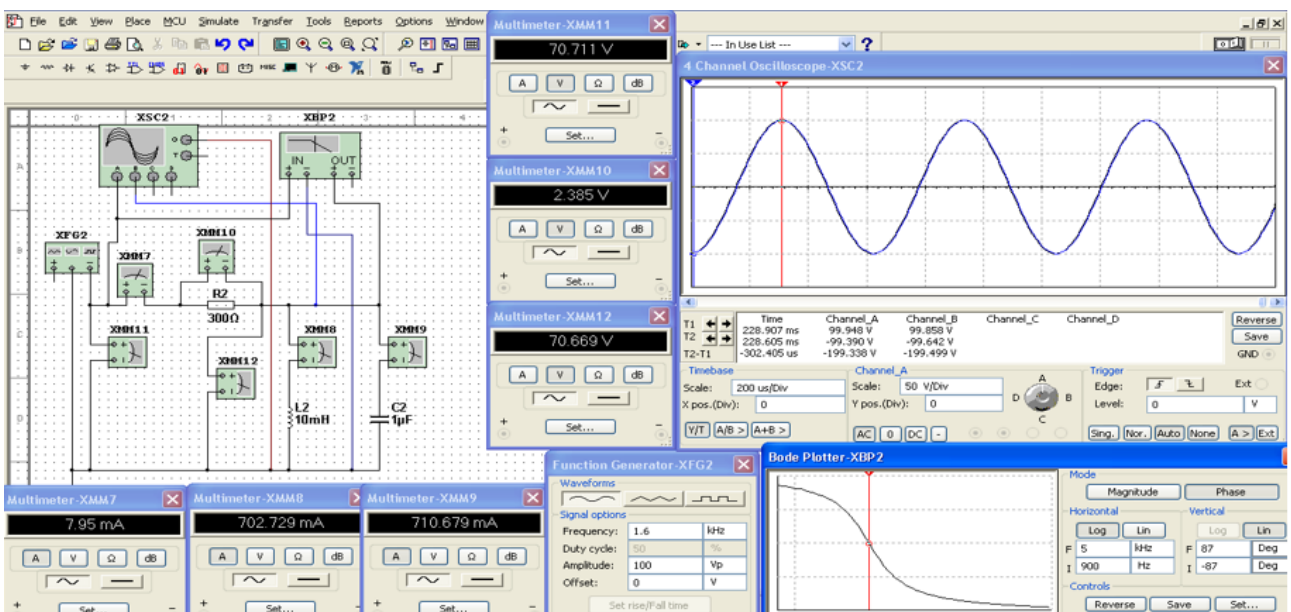
- XFG2 funksional generatordagi sinusoidal o‘zgaruvchan kuchlanishning qiymati 100 [V], chastotasi 1500 [Hz].



16.2-rasm. Oraliq elektr filtrning rezonansgacha virtual ossilogrammasi.

16.2-rasmdagi virtual ossilogrammada:

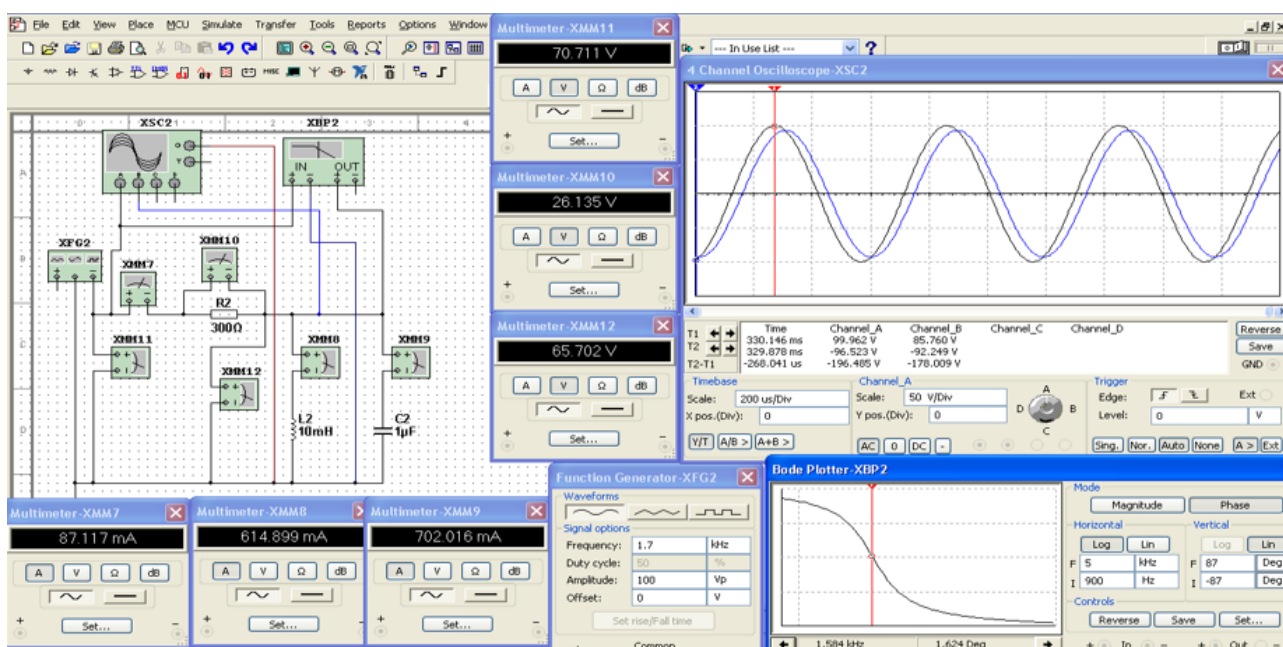
- XFG2 funksional generatorda sinusoidal kuchlanish qiymati -70,7 [V].
- R2 qarshilikda rezonansgacha kuchlanish qiymati - 23,6 [V], tok qiymati - 78,6 /mA/.
- L2 induktiv g'altakda rezonansgacha kuchlanish qiymati – 66,6 [V], tok qiymati - 707,1 /mA/.
- C2 sig'imga rezonansgacha kuchlanish qiymati – 66,6 [V], tok qiymati - 628,5 /mA/.
- Filtrning kuyi chegarasida rezonansgacha chastota qiymati $\omega_1= 1500$ [Hz].



16.3-rasm. Oraliq elektr filtrning rezonansdagi virtual oss'ilogrammasi.

16.3-rasmdagi virtual oss'ilogrammada:

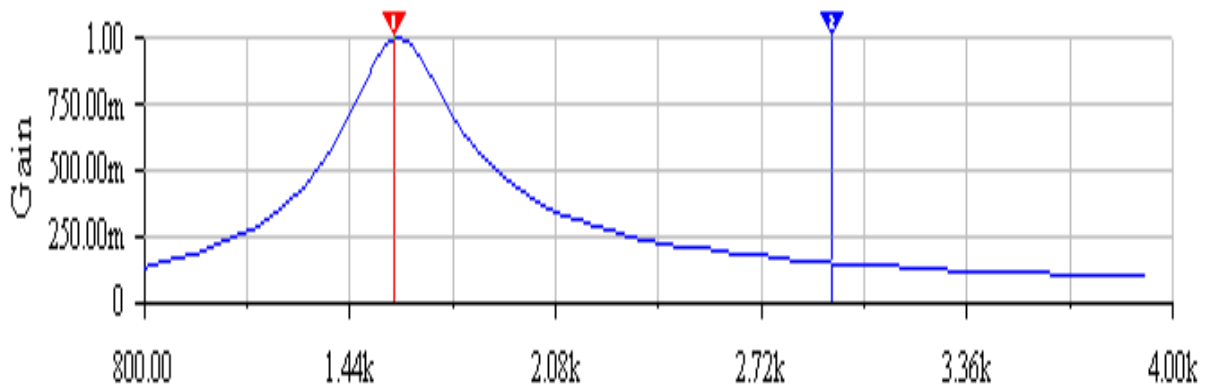
- XFG2 funksional generatorda sinusoidal kuchlanish qiymati -70,7 [V].
- R2 qarshilikda rezonansda kuchlanish qiymati - 2,38 [V], tok qiymati - 7,95 /mA/.
- L2 induktiv g'altakda rezonansda kuchlanish qiymati – 70,67 [V], tok qiymati - 702,73 /mA/.
- C2 sig'imda rezonansda kuchlanish qiymati – 70,67 [V], tok qiymati - 710,68 /mA/.
- Filtrning rezonansda chastota qiymati: $\omega_0 = 1600$ [Hz].



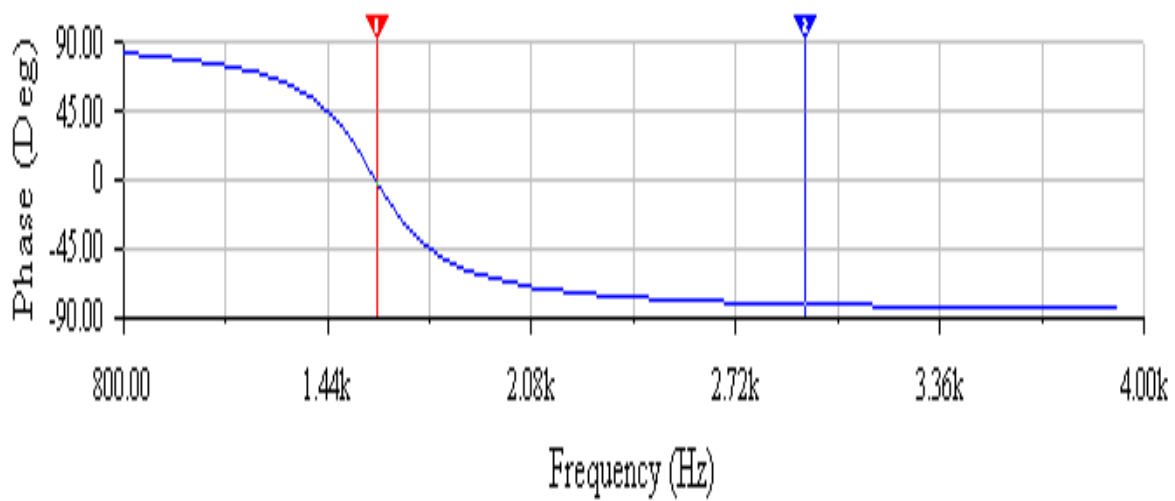
16.4-rasm. Oraliq elektr filtrning rezonansdan keyin virtual ossilogrammasi.

16.4-rasmdagi virtual oss'ilogrammada:

- XFG2 funksional generatorda sinusoidal kuchlanish qiymati -70,7 [V].
- R2 qarshilikda rezonansdan keyin kuchlanish qiymati – 26,1 [V], tok qiymati - 87,1 /mA/.
- L2 induktiv g'altakda rezonansdan keyin kuchlanish qiymati – 65,7 [V], tok qiymati - 614,9/mA/.
- C2 sig'imda rezonansdan keyin kuchlanish qiymati – 65,7 [V], tok qiymati - 702 /mA/.
- Filtrning rezonansdan keyin chastota qiymati: $\omega_2 = 1700$ [Hz]



16.5-rasm. Rezonansda oraliq filtrning amplituda-chastota (Magnitude) tavsifi



16.6-rasm. Rezonansda oraliq filtrning faza-chastota (Phase) tavsifi

16.1- jadval

Virtual ossilogramma	Rezonansgacha			Rezonansda			Rezonansdan keyin		
	I_L	I_c	ω_1	I_L	I_c	ω_0	I_L	I_c	ω_2
	mA	mA	Gs	mA	mA	Gs	mA	mA	Gs
16.2-rasm									
16.3-rasm									
16.4-rasm									

Nazorat savollari.

1. Chastota ajratuvchi filtrlarning funksional vazifasi nimada?
2. Chastota ajratuvchi filtrlarning turlarini tushuntiring.
3. Oraliq elektr filtrlar sxemalari qanday yigiladi?
4. Oraliq elektr filtrlarning chastotani to‘shish va o‘tkazish chegarasi nima?

17 - LABORATORIYA ISHI

INVERTORLARNI TEKSHIRISH.

17.1. Ishni bajarishdan maqsad.

1. Invertorlarning ishlash jarayonini o'rganish.
2. Differensial va integral invertorlar hamda kuchlanish aperiodik so'navchi invertor elektr sxemalarining vazifalarini o'rganish.
3. Differensial va integral invertorlar hamda kuchlanish aperiodik so'navchi invertor elektr sxemalarining kirish va chiqishdagi kuchlanishlarining tebranma harakat oss'ilogrammalarini kuzatish.

17.2. Ishga oid nazariy tushunchalar.

Talabalar laboratoriya ishiga oid nazariy tushunchalarni, **8.1. Invertorlarning tuzilishi va ishlash prinsipi** mavzusidan hamda, asosiy va qo'shimcha adabiyotlardan o'zlashtiradi.

17.3. Ishni bajarish tartibi.

O'qituvchining topshirig'iga binoan talaba laboratoriya ishini quyidagi tartibda bajaradi:

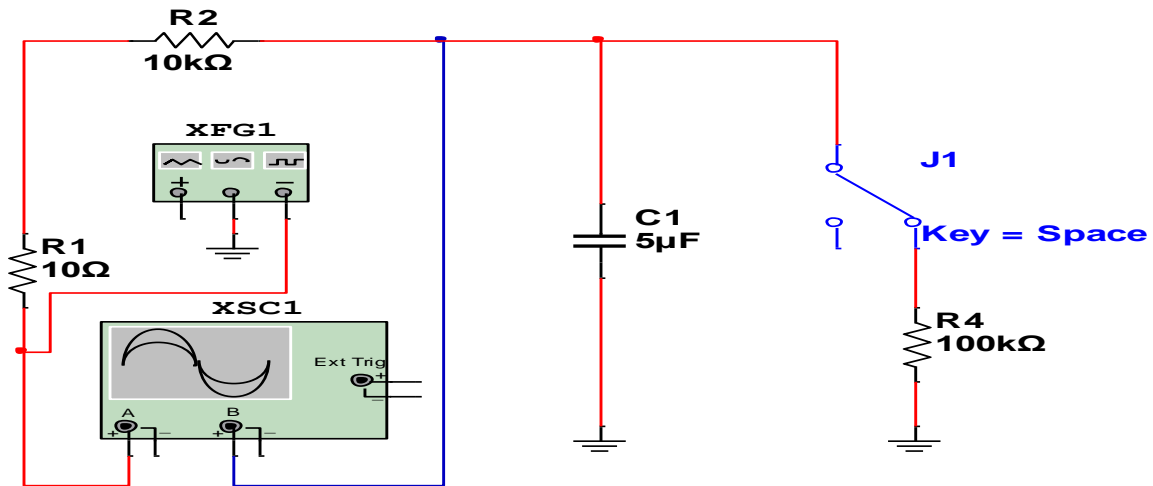
- Kompyuter monitorida «MS 14.0» dasturining «Bosh oynasi»ni ochadi (1-rasm). «Bosh oyna»da joylashgan virtual elektr elementlar, kommutasiya qurilmalari va virtual asboblarning bazasi bilan tanishadi, shuningdek kerakli elementlarni tanlab virtual elektr sxemani yig'adi va ishga tushiradi.

17.4. Differensial invertor.

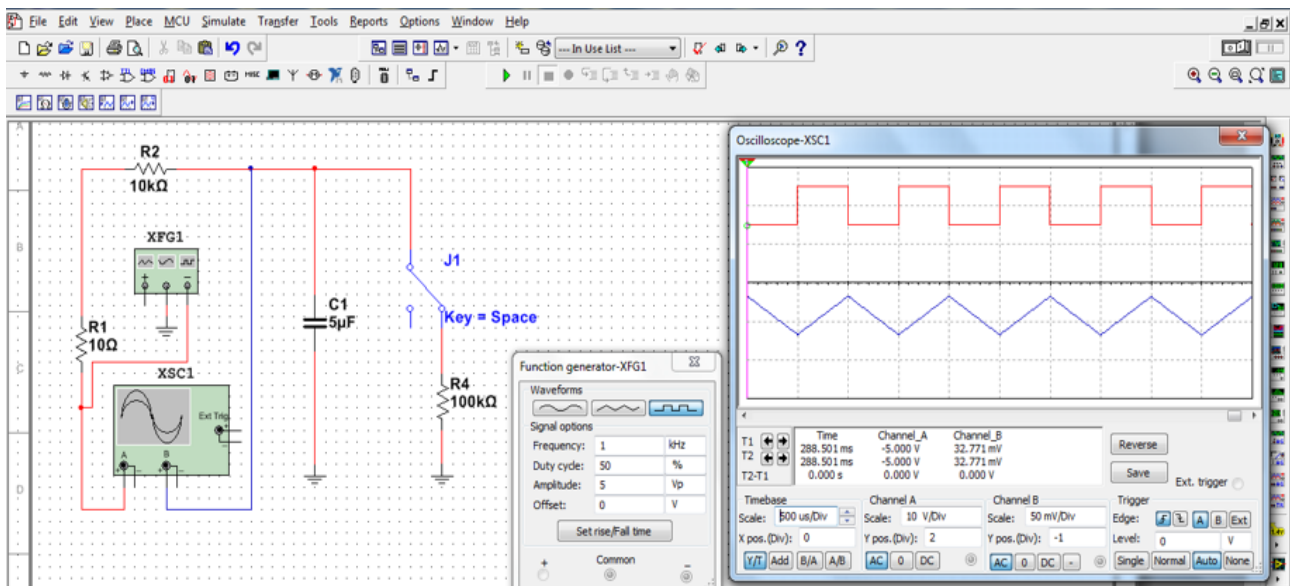
1. Differensial invertorning virtual sxemasini (17.1- rasm) yig'adi.
2. Differensial invertorning kirish va chiqishdagi kuchlanishlar oss'ilogrammasini kuzatish uchun ossilografni (XSC1) ulaydi.
3. Virtual ossilografning va funksional generatorning (XFG1) shaklini kattalashtiradi.
4. Ulash (1 raqami) tugmasini bosib virtual sxemani (17.1-rasm) ishga tushiradi hamda kirishdagi to'g'ri burchakli va chiqishdagi uch burchakli o'zgaruvchan kuchlanishlarning tebranma harakat ossilogrammasini (17.2 - rasm) kuzatadi.

17.1-rasmdagi virtual elektr zanjirida:

- Funktsional generatorning (XFG1) to'g'ri burchakli o'zgaruvchan kuchlanishi 5 [V], chastotasi 1000 [Hz]
- Qarshiliklar (R1, R2,R4) qiymatlari 10 /Om/, 10/kOm/, 100 /kOm/, sig'im (C1) qiymati 5 [mkF].



17.1-rasm. Differens'ial invertorning virtual elektr sxemasi.



17.2-rasm. Differens'ial inverter kirishdagi to'g'ri burchakli va chiqishdagi uch burchakli kuchlanishlarining tebranma harakat oss'ilogrammasi.

17.5. Integral inverter.

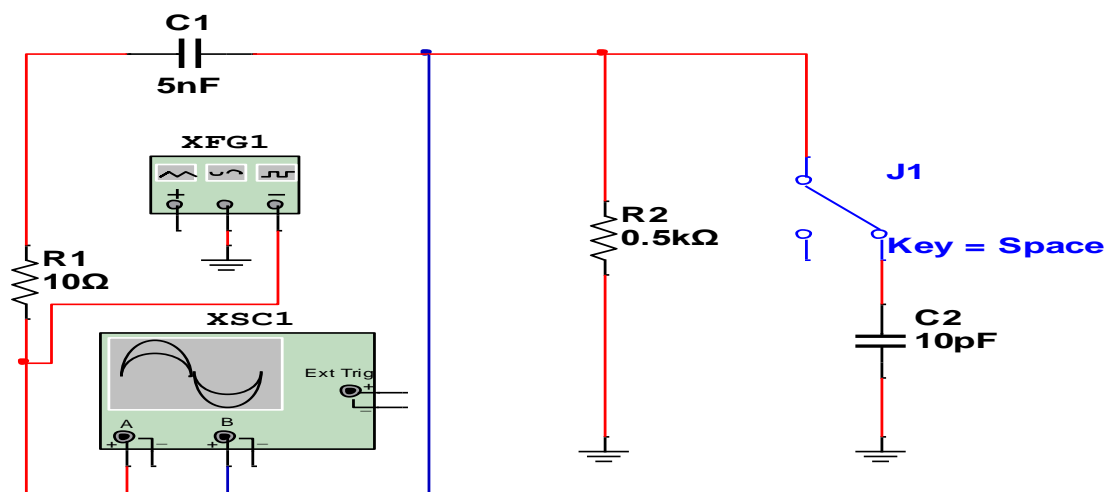
1. Integral invertorning virtual sxemasini (17.3- rasm) yig'adi.
2. Integral invertorning kirish va chiqishdagi kuchlanishlar oss'ilogrammasini kuzatish uchun ossilografni (XSC1) ulaydi.

3. Virtual oss‘ilografning va funksional generatorning (XFG1) shaklini kattalashtiradi.

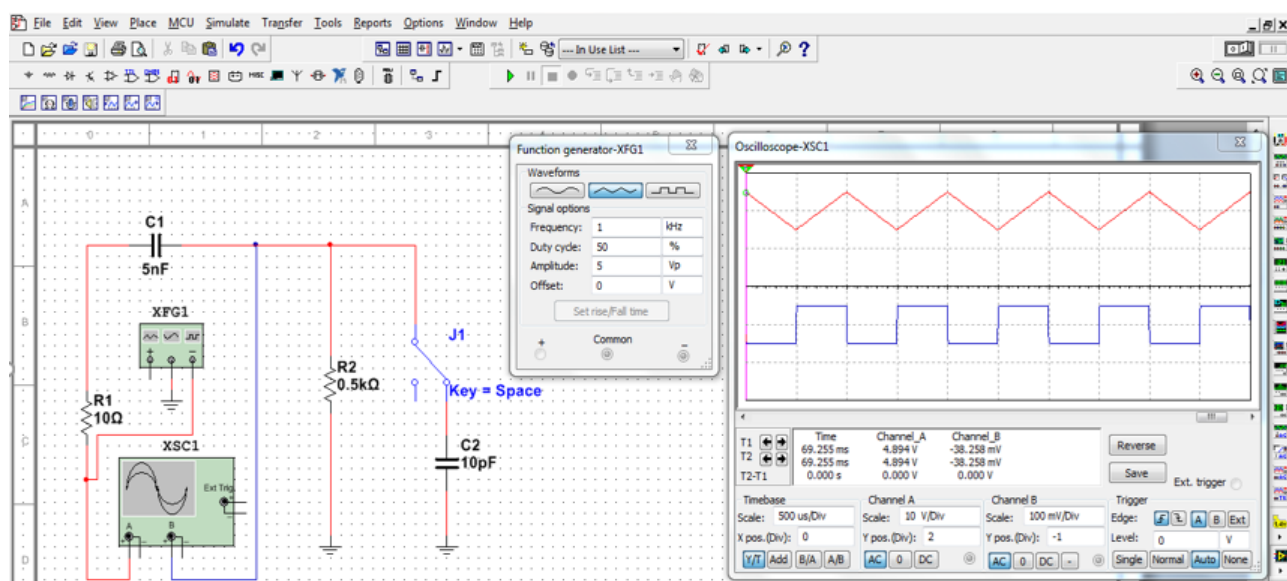
4. Ulash (1 raqami) tugmasini bosib virtual sxemani (17.3-rasm) ishga tushiradi hamda kirishdagi uch burchakli va chiqishdagi to‘g‘ri burchakli o‘zgaruvchan kuchlanishlarning tebranma harakat oss‘ilogrammasini (17.4-rasm) kuzatadi.

17.3-rasmda tasvirlangan virtual elektr zanjirida:

- Funksional generatorning (XFG1) uch burchakli o‘zgaruvchan kuchlanishi 5 [V], chastotasi 1000 [Hz]
- Qarshiliklar (R1, R2) qiymatlari 10 /Om/ va 0.5 /kOm/, sig‘imlar (C1,C2) qiymatlari 5 /nF/ va 10 /pF/.



17.3-rasm. Integral invertorning virtual elektr sxemasi.



17.4-rasm. Integral inverter kirishdagi uch burchakli va chiqishdagi to‘g‘ri burchakli kuchlanishlarning tebranma harakat oss‘ilogrammasi.

17.6. Kuchlanish aperiodik so‘nuvchi invertor.

1. Kuchlanish aperiodik so‘nuvchi invertorning virtual sxemasini (17.5-rasm) yig‘adi.

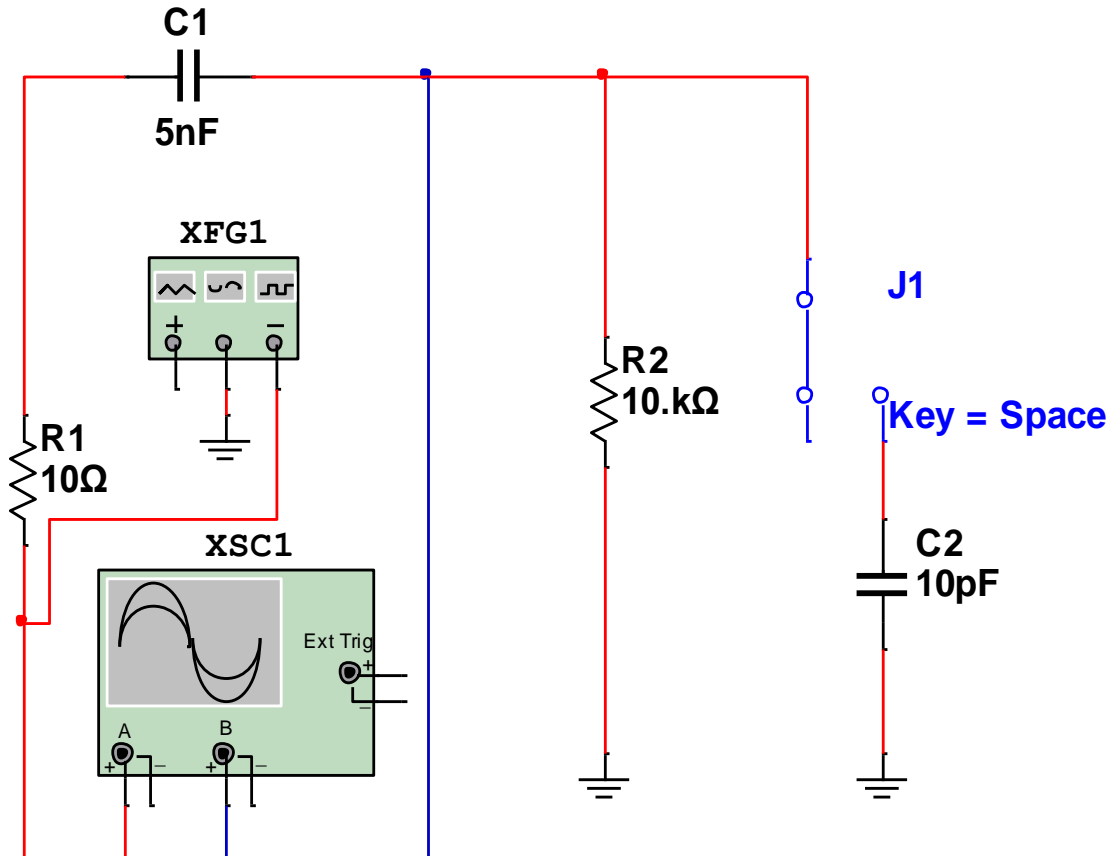
2. Kuchlanish aperiodik so‘nuvchi invertorning kirish va chiqishdagi kuchlanishlar oss‘iogrammasini kuzatish uchun oss‘iografni (XSC1) ulaydi.

3. Virtual oss‘iografning va funksional generatorning (XFG1) shaklini kattalashtiradi.

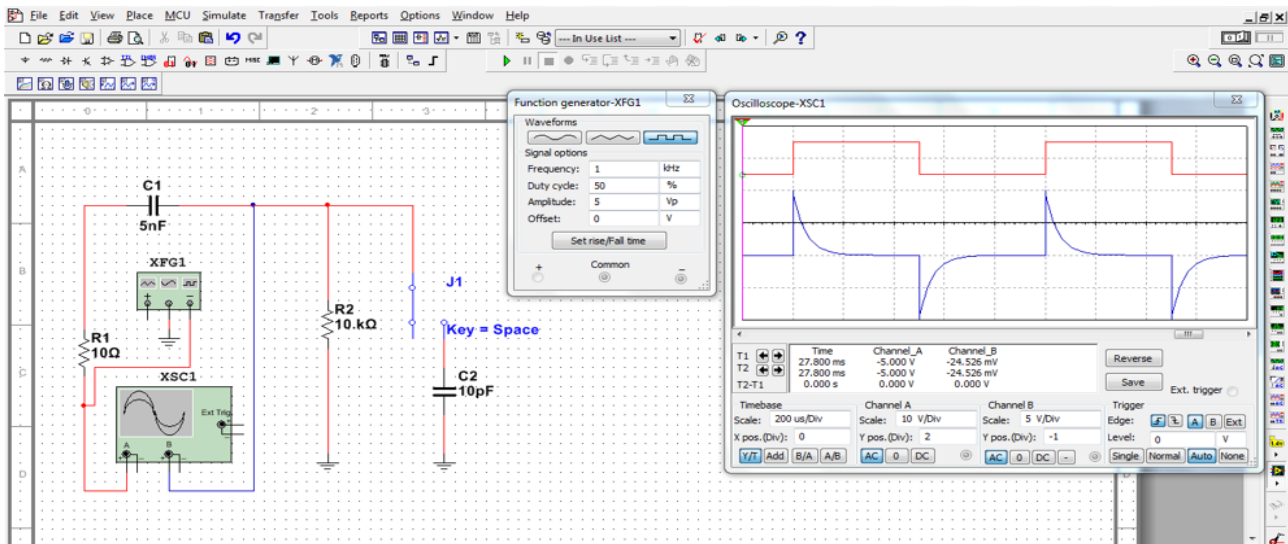
4. Ulash (1 raqami) tugmasini bosib virtual sxemani (17.5-rasm) ishga tushiradi hamda kirishdagi to‘g‘ri burchakli va chiqishdagi aperiodik so‘nuvchi o‘zgaruvchan kuchlanishlarning tebranma harakat oss‘iogrammasini (17.6-rasm) kuzatadi.

17.5-rasmda tasvirlangan virtual elektr zanjirida:

- Funksional generatorning (XFG1) uch burchakli o‘zgaruvchan kuchlanishi 5 [V], chastotasi 1000 [Hz]
- Qarshiliklar (R_1 , R_2) qiymatlari 10 / Ω / va 10 /k Ω /, sig‘imlar (C_1 , C_2) qiymati 5 /nF/ va 10 /pF/.



17.5-rasm. Kuchlanish aperiodik so‘nuvchi invertorning virtual elektr sxemasi.



17.6-rasm. Kuchlanish aperiodik so‘nuvchi invertor kirishdagi to‘g‘ri burchakli va chiqishdagi aperiodik so‘nuvchi kuchlanishlarining tebranma harakat ossilogramasi.

Nazorat savollari.

1. Invertorlarning funksional vazifasi nimada?
2. Differensial invertorda to‘g‘ri burchakli kuchlanishning shakli nega o‘zgaradi?
3. Integral invertorda uch burchak kuchlanishning shakli nega o‘zgaradi?
4. Kuchlanish aperiodik so‘nuvchi invertorda to‘g‘ri burchakli kuchlanishning shakli nega o‘zgaradi?

18 - LABORATORIYA ISHI

PARAMETRIK STABILIZATORNI TEKSHIRISH.

18.1. Ishni bajarishdan maqsad.

1. Parametrik stabilizatorlar vazifasini o‘rganish.
2. Parametrik stabilizatorlar xususiyatlarini tekshirish.
3. Parametrik stabilizatorlar tashqi tavsiflarini tahlil qilish.
4. Parametrik stabilizatorlar kirish va chiqishdagi kuchlanishlarining tebranma harakat oss‘ilogrammalarini kuzatish.

18.2. Ishga oid nazariy tushunchalar.

Talabalar laboratoriya ishiga oid nazariy tushunchalarni, **8.2. Parametrik stabilizatorlar** mavzusidan hamda, asosiy va qo‘shimcha adabiyotlardan o‘zlashtiradi.

18.3. Ishni bajarish tartibi.

O'qituvchining topshirig'iga binoan talaba laboratoriya ishini quyidagi tartibda bajaradi:

- Kompyuter monitorida «MS 14.0» dasturining «Bosh oynasi»ni ochadi (1-rasm). «Bosh oyna»da joylashgan virtual elektr elementlar, kommutasiya qurilmalari va virtual asboblarni bazasi bilan tanishadi, shuningdek kerakli elementlarni tanlab virtual elektr sxemani yig'adi va ishga tushiradi.

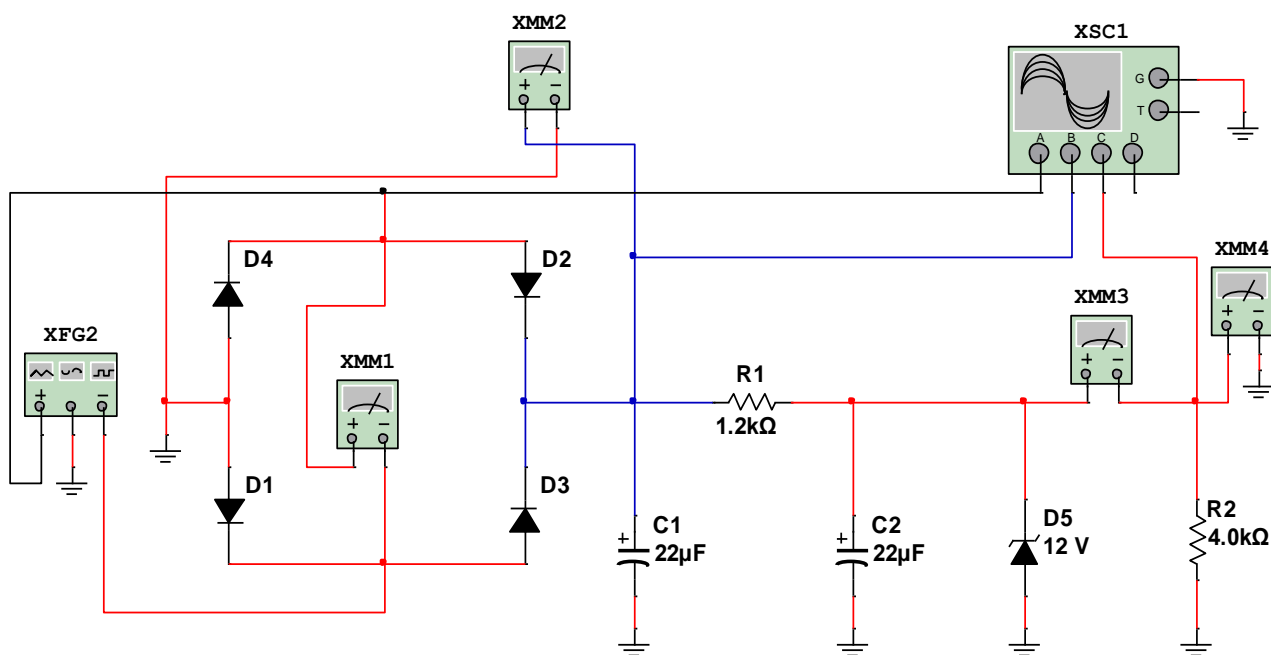
18.4. Parametrik stabilizatorning sxemasi

1. Parametrik stabilizatorning virtual sxemasini (18.1-rasm) yig'adi hamda kirish va chiqishdagi kuchlanishlar va toklar qiymatini o'lchash uchun virtual o'lchov asboblarni (XMM1, XMM2, XMM3, XMM4) ulaydi.

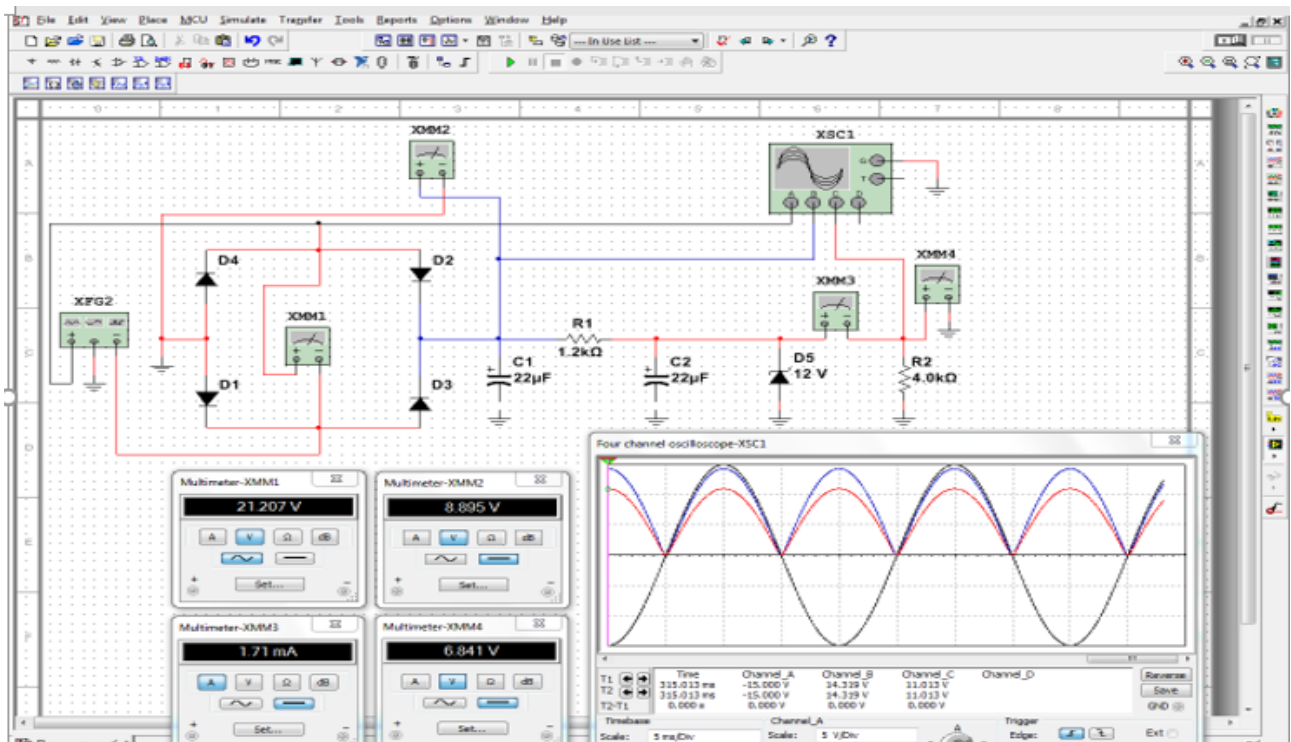
2. 18.2-18.4 rasmlardagi elektr sxemalarda o'lchov asboblari ko'rsatgan kuchlanishlar qiymatini 18.1-jadvalga yozadi va stabillik koefisientini hisoblaydi.

3. Istemolchining (R_2) qarshiligini o'zgartirib (18.5-18.8 rasmlar), stabilizatorning chiqishidagi kuchlanishning qiymatini 18.1-jadvalga yozadi va stabillik koefisientini hisoblaydi.

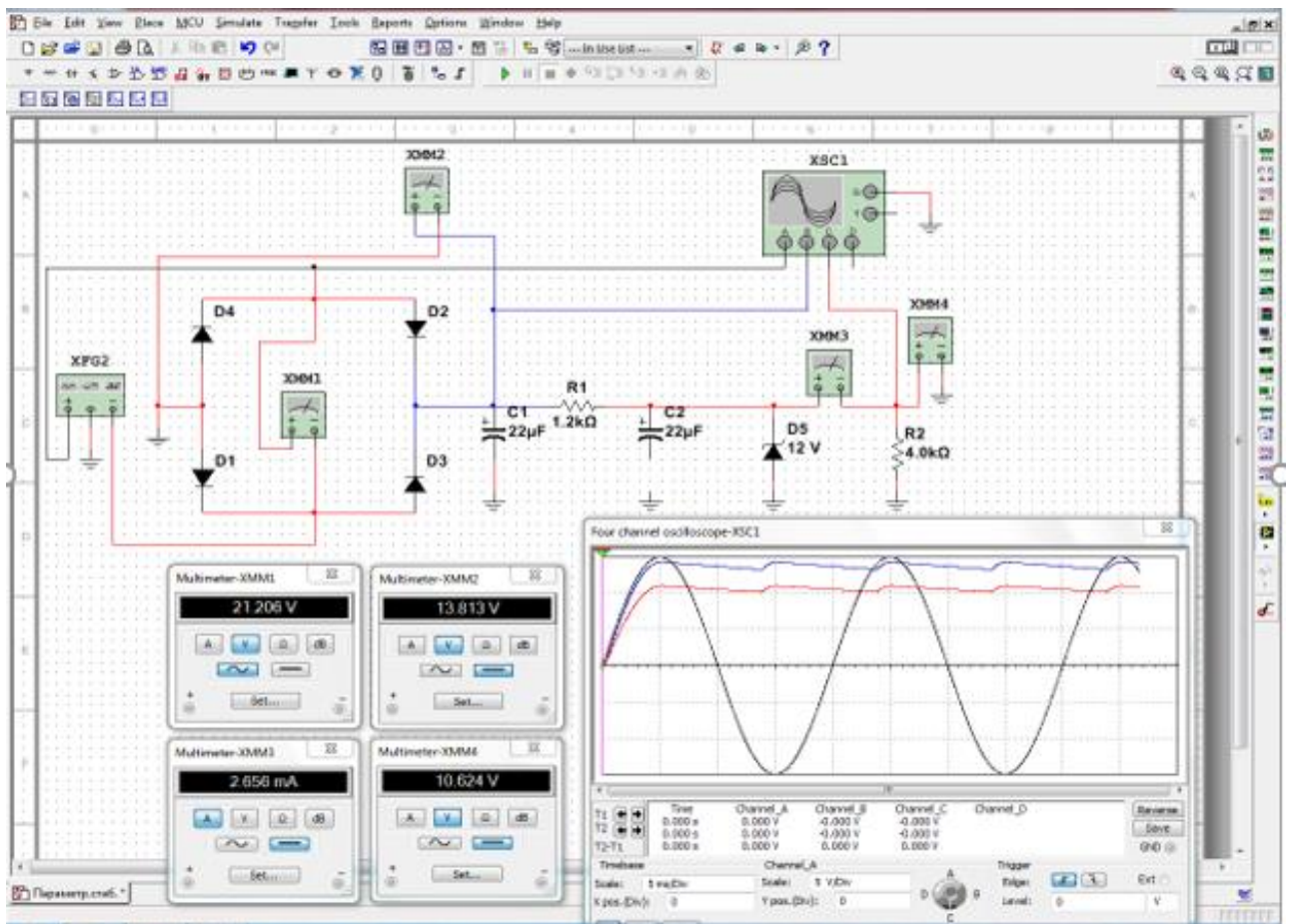
4. Parametrik stabilizatorning kirish va chiqishidagi kuchlanishlarning tebranma harakat oss'ilogrammasini (18.2-18.8 rasmlar) kuzatadi.



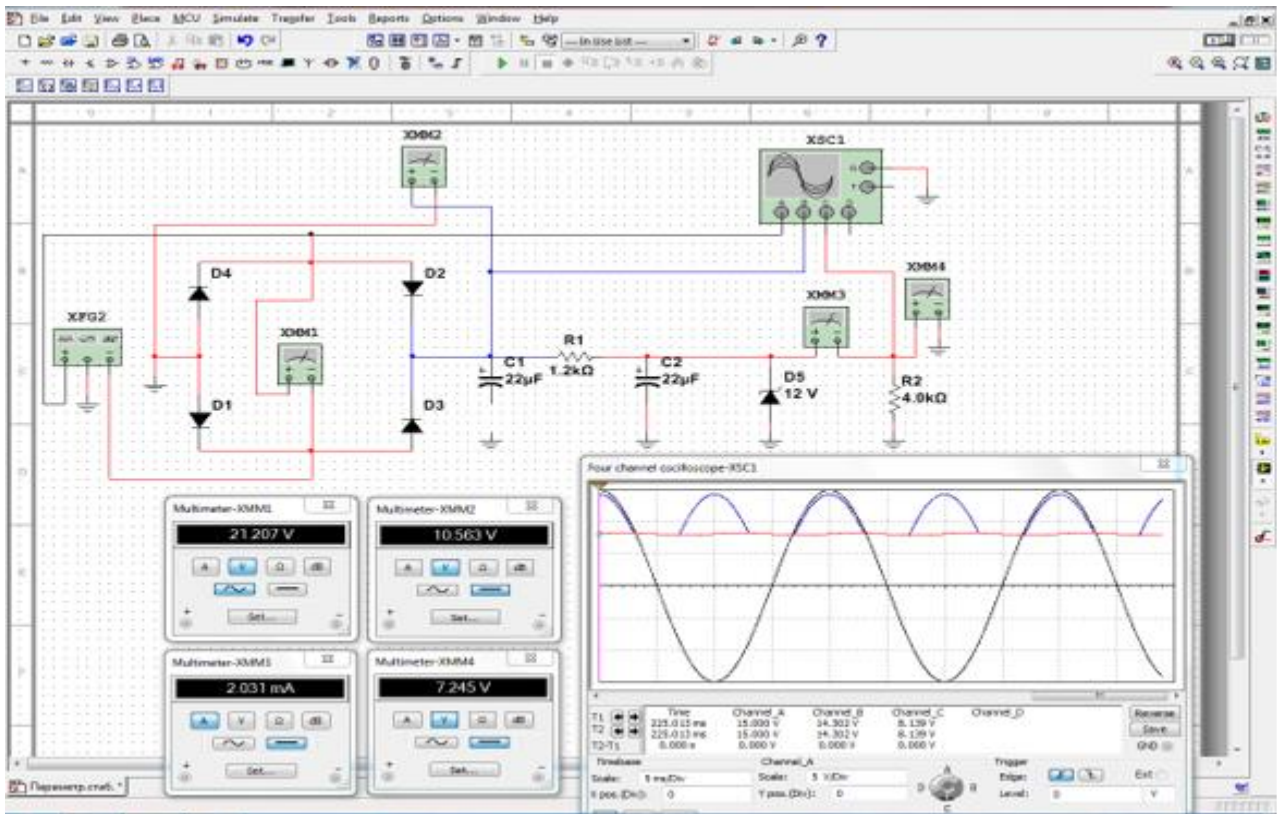
18.1-rasm. Parametrik stabilizatorning virtual elektr sxemasi.



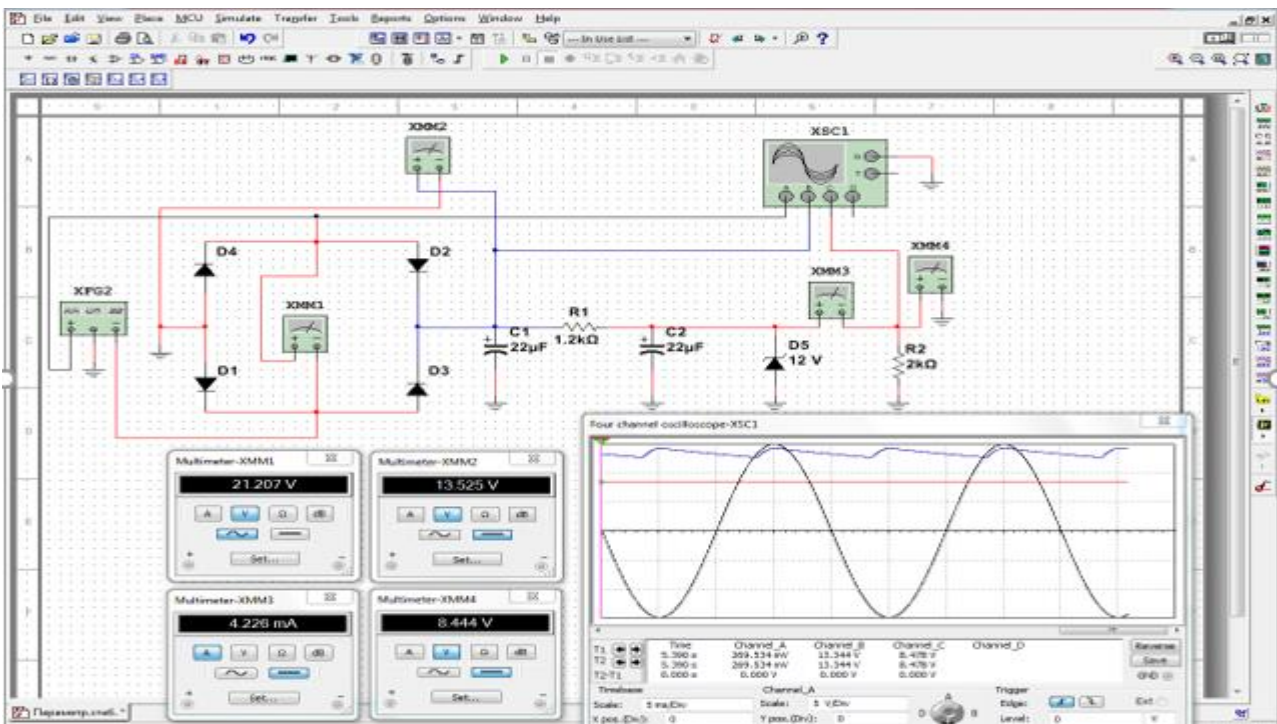
18.2-rasm. Parametrik stabilizatorning virtual ossilogrammasi.
C1 va C2 filtrlar ulanmagan.



18.3-rasm. Parametrik stabilizatorning virtual oss'ilogrammasi. C1 filtri ulangan.

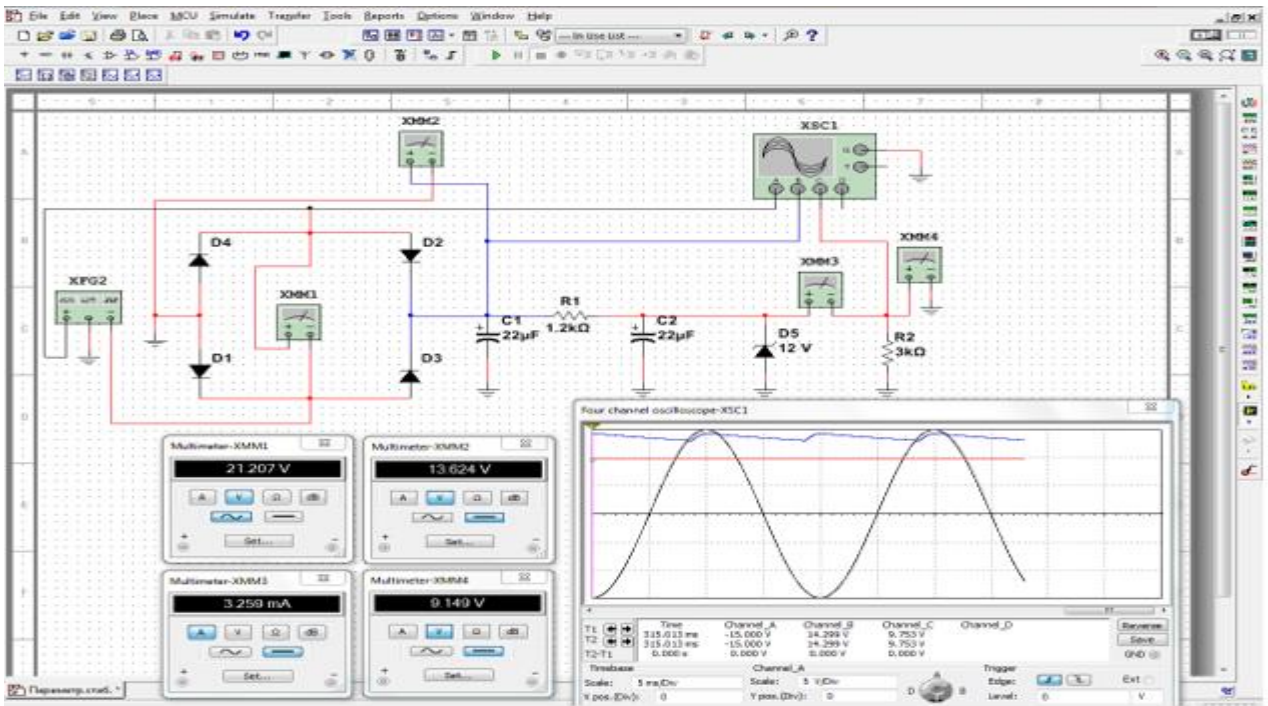


18.4-rasm. Parametrik stabilizatorning virtual ossilogrammasi. C2 filtr ulangan.



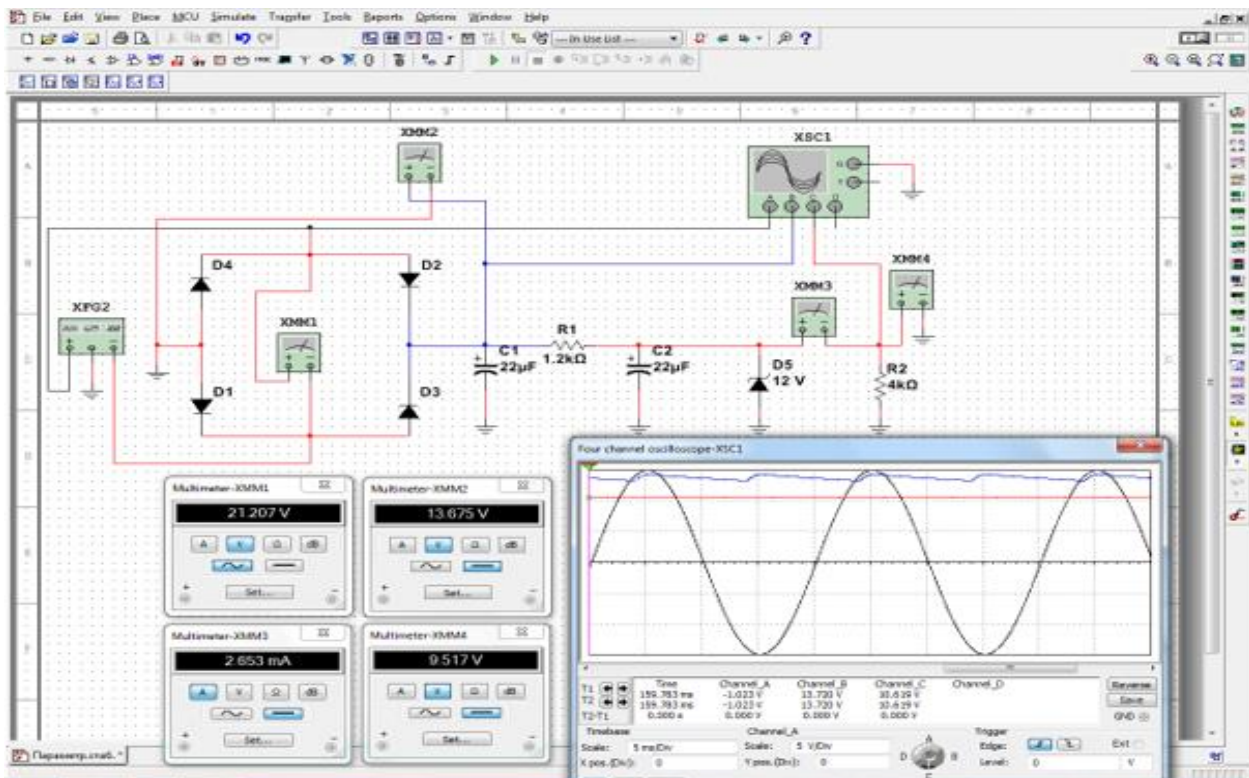
18.5-rasm. Parametrik stabilizatorning virtual oss‘ilogrammasi.

- Istemolchining qarshili $R_2 = 2/kO_m/$.
- Chiqishdagi kuchlanishning qiymati $8,444 /B/$.



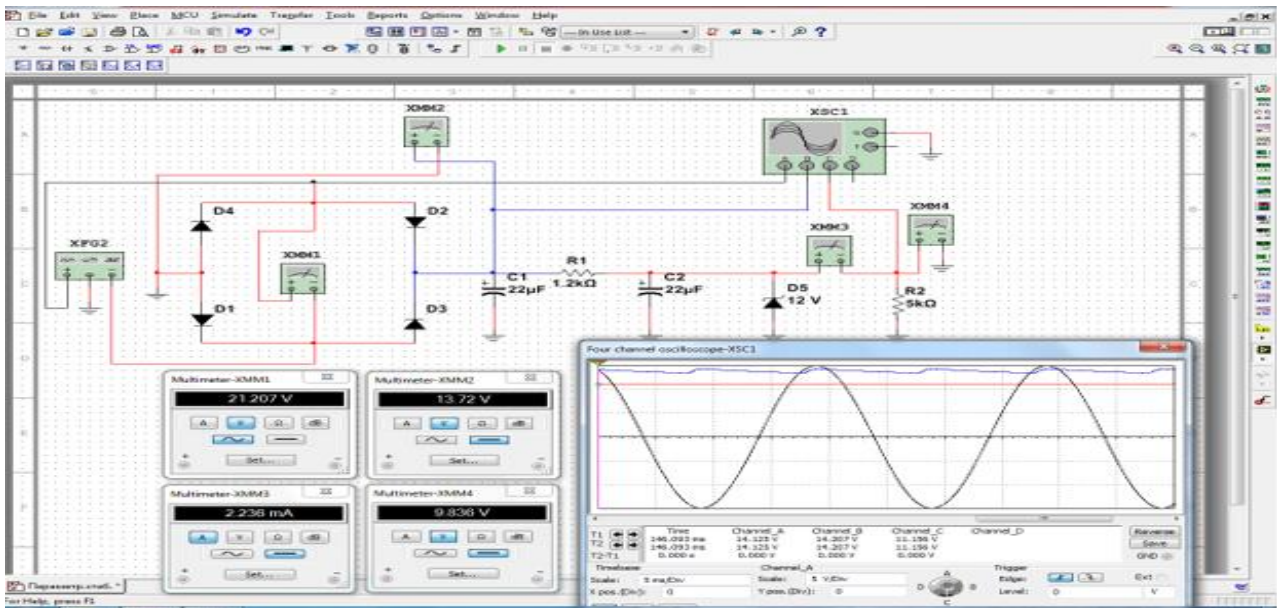
18.6-rasm. Parametrik stabilizatorning virtual oss‘ilogrammasi.

- Istemolchining qarshili $R_2=3/\text{k}\Omega$ /.
- Chiqishdagi kuchlanishning qiymati 9,149 /B/.



18.7-rasm. Parametrik stabilizatorning virtual oss‘ilogrammasi.

- Istemolchining qarshili $R_2=4/\text{k}\Omega$ /.
- Chiqishdagi kuchlanishning qiymati 9,517 /B/.



18.8-rasm. Parametrik stabilizatorning virtual oss‘ilogrammasi.

- Istemolchining qarshili $R2=5/\kappa\text{OM}/$.
- Chiqishdagi kuchlanishning qiymati $9,836 /\text{B}/$.

18.1-jadval

Virtual oss‘ilogramma	O‘lchashlar			Hisoblashlar
	U_1 V	U_2 V	U_3 V	$K= U_3 / U_2$ -
18.2-rasm				
18.3-rasm				
18.4-rasm				
18.5-rasm				
18.6-rasm				
18.7-rasm				
18.8-rasm				

18.5. Nazorat savollari.

1. Parametrik stabilizatorning funksional vazifasi nimada?
2. Parametrik stabilizator sxemasida chiqishdagi kuchlanishga filtrlarning tasiri qanday?
3. Stabillik koefisientini nima?
4. Parametrik stabilizator sxemasida chiqishdagi kuchlanishga istemolchining tasiri qanday?
5. Parametrik stabilizatorning qo‘llanishi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI:

Asosiy adabiyotlar.

1. Abdullayev B., Alimov A.A., Abduraimov E.X., Xalmanov D.X. Elektrotexnika va elektronika. Darslik. “Dilorom Biznes” MChJ bosmaxonasi tomonidan 2022 yilda nashr etilgan.
2. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: Учебник для вузов.-М.: Гардарики, 2006.- 701 с.
3. Атабеков Г.И. Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи: Учебное пособие.-СПб.: М.; Краснодар: Лань, 2010.- 592 с.
4. Amirov S.F., Yoqubov M.S., Jabborov N.G. Elektrotexnikaning nazariy asoslari. I-III qismlar. Darslik. T.: 2007.- 426 b.
5. Aripov X.K., Abdullaev A.M., Alimova N.B. Elektronika va sxemotexnika. O‘quv qo‘llanma. – T.: TATU, 2008.
6. Шатень Г., Боз М., Буи Д., Вайан Ж., Веркиндер Д. Общей электротехнике. Учебник. М.: Техносфера, 2009. – 624 с.
7. John Bird. “Electrical and Electronic Principles and Technology” London and New York, 2014.-455 p.
8. Charles K., Matthew A., Sadiku N.O. “Fundamentals of Electric Circuits” New York, 2014.-458 p.
9. Музин Ю.М. Основы электротехники и электроники «Виртуальная электротехника». С-Пб.: Питер, 2010.
10. Немцов М.В. Электротехника. Учебник в двух книгах. -М.: Издательский центр “Академия”, 2014.-240 с.
11. Abdullaev B.A, Begmatov Sh.E., Xalmanov D.X. «Elektrotexnika va elektronika asoslari» fanidan virtual laboratoriya ishlarini bajarishga uslubiy ko‘rsatmalar. - T.: TDTU, 2016.-86 b.
12. Begmatov Sh.E. «Elektrotexnika va elektronika» fanidan virtual laboratoriya ishlarini bajarishga uslubiy qo‘llanma. -T.: TDTU, 2018.-115 b.
13. Begmatov Sh.E. Nazariy elektrotexnika fanidan virtual laboratoriya ishlarini bajarishga uslubiy qo‘llanma. -T.: TDTU, 2019.- 120 b.
14. Бегматов Ш.Э., Идрисходжаева М.У. «Электротехника и электроника». Учебно-методическое пособие по выполнению виртуальных лабораторных работ. –Т.: ТашГТУ, 2020. – 126 с.
15. Begmatov SH.E., Mirzaxmedov B.X., Xalmanov D.X., Norqulov U.E. «Elektrotexnika va elektronika» Virtual laboratoriya ishlari. O‘quv-uslubiy qo‘llanma. – Yangiyer: TKTIYF, 2022. - 170 b.

Qo‘shimcha adabiyotlar.

1. Хернитер М.Е. Multisim 7*: Современная система компьютерного моделирования и анализа схем электронных устройств. Перевод с англ. Осипов А.И. –М.: Издательский дом ДМК пресс, 2006.
2. Алиев И. И. Виртуальная электротехника. Компьютерные технологии в электротехнике и электронике. 2003.
3. Бычков Ю.А. Справочник по основам теоретической электротехники. Учеб. пособие / Ю. А. Бычков, В. М. Золотницкий, Е. Б. Соловьева, Э. П. Чернышева.– СПб.: Лань, 2012. – 368 с.
4. Под редакцией Геворкяна В.М. Лабораторный практикум по курсу “Теоретические основы электротехники” Ч.2.-М.: Знак, 2000.- 130 с.
5. Степанов А.П., и др. “Теоретические основы электротехники”. Учебное пособие для лабораторных занятий.-Иркутск: ИрГУПС, 2016.- 188 с.
6. Begmatov Sh.E., Idrisxodjayeva M.U. “Elektr mexanik tizimlariningng o‘zgartgich texnikasi va ta’minot manbai” fanidan virtual laboratoriya ishlarini bajarishga uslubiy ko‘rsatmalar.-Т.: ToshDTU, 2016, -44 b.
7. Begmatov Sh.E. Теоретическая электротехника. Виртуальные лабораторные работы. Методическое пособие для выполнения виртуальных лабораторных работ.-Т.: ТГТУ, 2022, -124 с.

Elektron resurslar.

1. www.ni.com/multisim/
2. www.ziyonet.uz;
3. www.bilim.uz;
4. Профессиональная и образовательная среда схемотехнического проектирования - <http://russia.ni.com/> multisim.

MUNDARIJA

KIRISH	3
<u>ELEKTROTEXNIKA</u>	
1. O‘ZGARMAS TOK ELEKTR ZANJIRILARI	4
1.1. Elektr toki, elektr zanjiri va uning asosiy qonunlari.....	4
1.2. Elektr energiya iste‘molchilarining o‘zgarmas tokli kuchlanish manbaiga ulanish sxemalari.....	6
2. O‘ZGARUVCHAN TOK ELEKTR ZANJIRLARI	8
2.1. Aktiv qarshilik, induktiv g‘altak va kondensator ulangan o‘zgaruvchan tok zanjirlari.....	8
2.2. Aktiv va reaktiv qarshiliklar o‘zaro ketma-ket ulangan o‘zgaruvchan tok zanjiri.....	12
2.3. Aktiv va reaktiv qarshiliklari o‘zaro parallel ulangan o‘zgaruvchan tok zanjiri	14
2.4. Elektr zanjirlarida rezonans.....	17
3. UCH FAZALI O‘ZGARUVCHAN TOK ELEKTR ZANJIRLARI	22
3.1. Uch fazali kuchlanish manbaiga iste‘molchilarni «yulduz» usulida ulash... ..	22
3.2. Uch fazali kuchlanish manbaiga iste‘molchilarni «uchburchak» usulida ulash.....	26
3.3. Elektr zanjirlarda quvvatni o‘lchash.....	28
4. TRANSFORMATOR	35
4.1. Transformatorning tuzilishi va ishlash prinsipi.....	36
4.2. Transformatorning ish rejimlari.....	38
4.3. Transformatoridagi quvvat isroflari va uning foydali ish koeffitsienti.....	47
5. SINXRON MASINALAR	49
5.1. Sinxron generatorning tuzilishi va ishlash prinsipi.....	49
<u>ELEKTRONIKA</u>	
6. O‘ZGARUVCHAN TOKLI KUCHLANISHNI TO‘G‘RILASH ELEKTR ZANJIRLARI	53
6.1. Bir fazali o‘zgaruvchan kuchlanishni to‘g‘rilash elektr zanjirlari.....	53
6.2. Uch fazali o‘zgaruvchan kuchlanishni to‘g‘rilash elektr zanjirlari.....	55
7. QUUVAT KUCHAYTIRGICHLAR VA ELEKTR FILTRLAR	57
7.1. Quvvat kuchaytirgichlarining tuzilishi va ishlash prinsipi.....	57
7.2. Elektr filtrlarning tuzilishi va ishlash prinsipi.....	58
8. INVERTORLAR VA STABILIZATORLAR	64
8.1. Invertorlar xaqida umumiy ma‘lumotlar.....	64

8.2. Invertorlarning tuzilishi va ishlash prinsipi.....	65
8.3. Parametrik stabilizatorlar.....	68
9. «ELEKTROTEXNIKA VA ELEKTRONIKA» FANIDAN VIRTUAL LABORATORIYA ISHLARI.....	70
9.1. “Elektrotexnika va elektronika” fanidan virtual laboratoriya ishlarini bajarishda «MS 14.0» dasturini qo‘llash.....	70
9.2. «Elektrotexnika va elektronika» fanidan virtual laboratoriya ishlarini bajarish tartibi.....	73
<u>ELEKTROTEXNIKA</u>	
1-LABORATORIYA ISHI.	
O‘zgarmas tok elektr zanjirlarini tekshirish.....	74
2-LABORATORIYA ISHI.	
Aktiv qarshilikni, induktiv g‘altakni va sig‘imni o‘zgaruvchan tokli kuchlanishga ulash.....	80
3-LABORATORIYA ISHI.	
Aktiv qarshilik, induktiv g‘altak va sig‘im ketma-ket ulangan o‘zgaruvchan tok elektr zanjirini tekshirish.....	85
4 - LABORATORIYA ISHI.	
Aktiv qarshilik, induktiv g‘altak va sig‘im parallel ulangan o‘zgaruvchan tok elektr zanjirini tekshirish.....	90
5 - LABORATORIYA ISHI.	
Aktiv qarshilik, induktiv g‘altak va sig‘im aralash ulangan o‘zgaruvchan tok elektr zanjirini tekshirish.....	95
6 – LABORATORIYA ISHI.	
Elektr zanjirida kuchlanishlar rezonansini tekshirish.....	101
7- LABORATORIYA ISHI	
Elektr zanjirida toklar rezonansini tekshirish.....	108
8- LABORATORIYA ISHI.	
Uch fazali kuchlanishga iste’molchilarni «yulduz» usulida ulash.....	114
9- LABORATORIYA ISHI.	
Uch fazali kuchlanishga iste’molchilarni «uchburchak» usulida ulash.....	122
10- LABORATORIYA ISHI.	
Elektr zanjirlarda quvvatni o‘lchash.....	128
11- LABORATORIYA ISHI.	
Bir fazali transformator.....	143
12 - LABORATORIYA ISHI.	
Sinxron generatorni ishga tushirish.....	149

ELEKTRONIKA

13-LABORATORIYA ISHI.

Bir fazali o'zgaruvchan kuchlanishni to'g'rilash elektr zanjirlari..... 154

14 - LABORATORIYA ISHI.

Uch fazali o'zgaruvchan kuchlanishni to'g'rilash elektr zanjirlari..... 161

15 - LABORATORIYA ISHI.

Quvvat kuchaytirgichlarni tekshirish..... 166

16 - LABORATORIYA ISHI.

Elektr filtrlarni tekshirish..... 170

17 - LABORATORIYA ISHI.

Invertorlarni tekshirish..... 175

18 - LABORATORIYA ISHI.

Parametrik stabilizatorni tekshirish..... 179

ADABIYOTLAR RO'YXATI..... 185

O'QUV ADABIYOTINING NASHR RUXSATNOMASI

Toshkent davlat texnika universitetining 2022-yil
“ 30” dekabr dagi “01/9-05-951” - sonli buyrug'iga asosan

Sh.E.Begmatov, B.X.Mirzaxmedov, D.X.Xalmanov

(muallif(lar)ning familiyasi, ismi-sharifi)

60710500-Energetika (atom elektr stansiyalari)

(ta'lim yo'nalishi (mutaxassisligi) shifri va nomi)

talabalari uchun tavsiya etilgan

Elektrotexnika va elektronika virtual laboratoriya ishlari

nomli o 'quv qo 'llanmasi

(o'quv adabiyotning nomi va turi: darslik,o'quv qo'llanma)

ga

**O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi tomonidan
litsenziya berilgan nashriyotlarda nashr etishga
ruxsat berildi.**



Rektor

S.M. Turabdjano
(imzo)

S.M.Turabdjano

Royxatga olingan raqami

02-2022-0008



ELEKTROTEXNIKA VA ELEKTRONIKA virtual laboratoriya ishlari

O‘QUV QO‘LLANMA

Bosmaxona litsenziyasi:



9338

Bichimi: 84x60^{1/16}. «Times New Roman» garniturası.
Raqamli bosma usulda bosildi.
Shartli bosma tabog‘i: 11,75. Adadi 30 dona. Buyurtma № 1/23.

Guvohnoma № 851684.
«Tipograff» MCHJ bosmaxonasida chop etilgan.
Bosmaxona manzili: 100011, Toshkent sh., Beruniy ko‘chasi, 83-uy.