

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA
MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI
ABU RAYHON BERUNIY NOMIDAGI TOSHKENT
DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI**

TOSHKENT - 2007

**“ELEKTROTEXNIKA, ELEKTRONIKA VA
ELEKTR YURITMALARI” FANIDAN
LABORATORIYA ISHLARI BO'YICHA
USLUBIY QO'LLANMA**

**Tuzuvchilar: Abdullayev B., Alimov A.A., Abduraimov
E.H., Xolbo'yeva X.E.**

**“Elektrotexnika, elektronika va elektr yuritmalari” fanidan
laboratoriya ishlari bo'yicha uslubiy qo'llanma. –
Toshkent, ToshDTU, 2007. -**

Ushbu “elektrotexnika, elektronika va elektr yuritmalari” fani boʻyicha yozilgan laboratoriya ishlari toʻplami noelektrotexnik yoʻnalishlar bakalavriat taʼlim yoʻnalishi talabalari va muxandislariga moʻljallangan.

Uslubiy qoʻllanmada elektrotexnika, elektronika va elektr yuritmalariga doir laboratoriya ishlari keltirilgan.

Abu Rayhon Beruniy nomidagi Toshkent Davlat texnika universiteti ilmiy-uslubiy kengashi qaroriga muvofiq chop etildi.

Taqrizchilar: Berdishev A.S. – TIMI “Gidromeliorativ tizimlarni elektr energiyasi bilan taʼminlash va ularning elektr jihozlaridan foydalanish” kafedrasini mudiri, dotsent/
Taslimov A.D. – ToshDTU, “Elektr taʼminoti” kafedrasini mudiri, dotsent.

Toshkent davlat texnika universiteti, 2007.

SOʻZ BOSHI

Ushbu “Elektrotexnika, elektronika va elektr yuritmalari” fanidan laboratoriya ishlari boʻyicha tavsiya etilayotgan uslubiy qoʻllanma Oliy texnika oʻquv yurtlarining noelektrotexnik ixtisosliklari uchun OʻzR Oliy va oʻrta maxsus taʼlim vazirligi tomonidan tasdiqlangan dasturga asosan tuzilgan.

Qoʻllanmada yigirma ikkita laboratoriya ishlariga tegishli uslubiy koʻrsatmalar keltirilgan. Ular fanning quyidagi qismlariga tegishlidir:

1. Elektrotexnika
2. Elektronika asoslari
3. Elektr mashinalari va yuritmalari.

Talabalarning laboratoriya mashgʻulotlarini bajarishini osonlashtirish maqsadida har bir ishga tegishli

nazariy material berilgan. Bu hol laboratoriya ishlarini ixtiyoriy tartibda bajarish imkonini beradi.

Bu fan ayrim fakultet va ixtisosliklar uchun turli o'quv soatiga mo'ljallanganligi uchun, o'qish jarayonida qaysi ishlarni bajarish zarurligini ilmiy-uslubiy ishlar kengashi qarori asosida belgilanishi maqsadga muvofiqdir.

Ushbu qo'llanmani mualliflar marhum prof. **A.S. Karimov**, dots. **M.M. Mirxaydarov**, katta o'qituvchilar **S.G. Bleyxman**, **V.A. Popov** va boshqa ToshDTU "Nazariy va umumiy elektrotexnika" kafedrası xodimlari yaratgan o'quv-uslubiy adabiyotlardan foydalanib yozganlar.

Shuning uchun ushbu uslubiy qo'llanma yuqorida nomlari zikr etilgan ustozlar xotirasiga bag'ishlanadi.

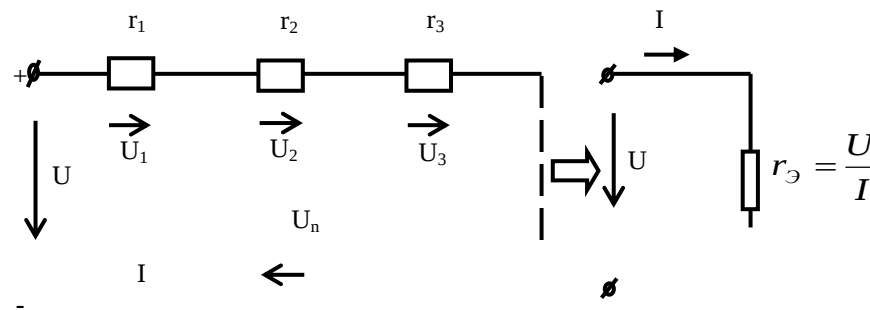
1 - ilmiy ishi

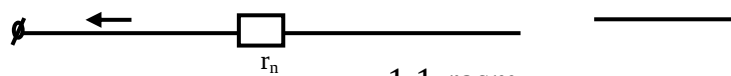
ODDIY O'ZGARMAS TOK ELEKTR ZANJIRLARI

I. Ishni bajarishdan maqsad: 1. Elektr o'lchov asboblari yordamida elektr zanjir qismlaridagi tok va kuchlanishlarni bevosita o'lchash yo'li bilan Ohm va Kirxgof qonunlarini tajribada tekshirish. 2. O'zgarmas tok zanjirida iste'molchilarni (qarshiliklarni) ketma-ket, parallel va aralash ulashni va ularning xususiyatlarini o'rganish.

II. Ishga oid nazariy tushunchalar

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





1.1-rasm

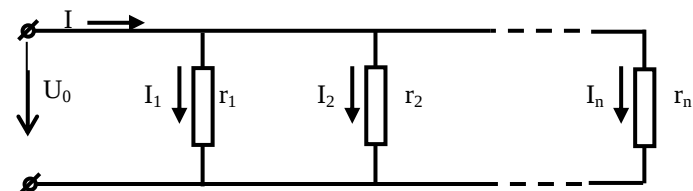
Iste' molchilarni energiya manbaiga ulashda ketma-ket, parallel va aralash ulash sxemalari ishlatiladi. Qarshiliklar (rezistorlar) $r_1, r_2, \dots, r_n$ ni manbaga ketma-ket ulab elektr zanjir konturini hosil qilish 1.1-rasmda ko'rsatilgan. Bunday zanjirni tashkil etuvchi har bir elementdagi (qarshilikdagi) kuchlanish Om qonuniga binoan $U_k = I r_k$ ga teng bo' ladi (k – qarshilik tartib raqami), ya' ni:

$$U_1 = I r_1, \quad U_2 = I r_2, \dots, U_n = I r_n.$$

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

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

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



1.2-rasm

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

$$U_0 = I_1 r_1 = I_2 r_2 = \dots = I_n r_n.$$

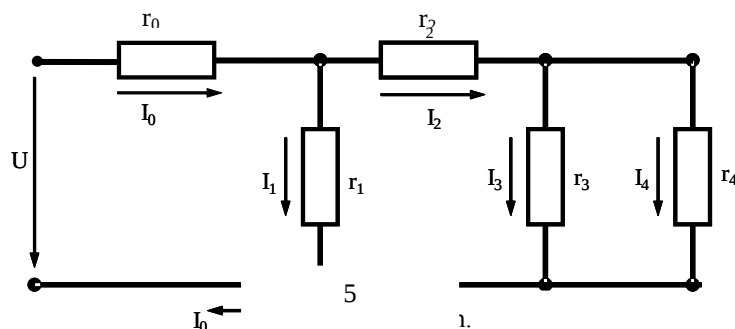
Bunday zanjirning har bir qarshiligidan alohida $I_k = U/r_k$ tok oqib o' tib, zanjirning manbadan iste' mol qilayotgan toki I Kirxgofning birinchi qonuniga binoan zanjir shoxobchalaridan o' tayotgan toklarning yig' indisiga teng, ya' ni

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

yoki

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

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' tказuvchanligi.



Iste' molchilarni energiya manbaiga aralash sxema bo' yicha ulaganda ketma-ket va parallel ulashlarning har qanday ko' rinishi bo' lishi mumkin (1.3-rasm).

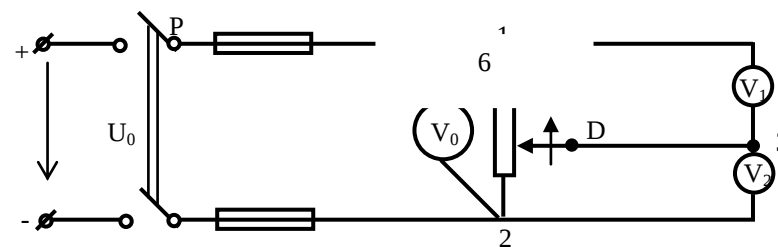
Zanjirning ayrim qismlaridagi tok va kuchlanishlar Om va Kirxgof qonunlariga asosan aniqlanadi. Masalan, 1.3-rasmdagi zanjirning qarshiliklari r_0, r_1, r_2, r_3, r_4 va kuchlanish U ma' lum bo' lsa, zanjirdagi noma' lum I_0, I_1, I_2, I_3, I_4 toklarni aniqlash uchun Kirxgof qonunlari asosida tenglamalar sistemasi tuziladi:

$$\begin{aligned} I_0 - I_1 - I_2 &= 0; & I_0 r_0 + I_1 r_1 &= U; \\ I_2 - I_3 - I_4 &= 0; & I_2 r_2 + I_3 r_3 - I_1 r_1 &= 0; \\ & & I_4 r_4 - I_3 r_3 &= 0. \end{aligned}$$

Bu tenglamalar sistemasi noma' lum toklarga nisbatan yechiladi.

III. Ishni bajarish tartibi

1. 1.4-rasmda ko' rsatilgan elektr zanjirni yig' ing. Bunda U_0 - o' zgarmas manba kuchlanishi, R - ikki qutbli ajratgich, r_n - tashqi zanjirdagi kuchlanishni bir tekis o' zgartirish uchun ishlatiladigan reostat - potentsiometr. V_1 va V_2 voltmترلarni o' zaro ketma-ket ulab, manba kuchlanishi U_0 ga, ya' ni potentsiometr r_n -ga biriktiriladi.



1.4-rasm.

Voltmetrning o' zaro ulangan o' rta nuqtasi 3 ni potensiometrning dastagi D ga ulab, dastakning istagan holatida $U_1+U_2=U_0$ ekanligiga ishonch hosil qiling. Potensiometr dastagining turli holatlari uchun, shuningdek, ikkita oxirgi holatlari uchun jami 5-6 marta o' lchashlarni bajarib, natijalarni 1.1-jadvalga yozing. Potensiometr r_n ning manba kuchlanishi U_0 ni qiymatlari avvaldan ma' lum bo' lgan kuchlanish U_1 va U_2 larga istagan nisbatda bo' lib bera olishiga ishonch hosil qiling.

1.1-jadval

$U_1,$							
$U_2,$							
$U_0,$							

2. Qarshiliklari r_1, r_2 va r_3 ketma-ket ulangan 1.5-rasmdagi elektr zanjirni yig' ib, uni o' zgarmas kuchlanish manbai U_0 ga ulang. Voltmetr V yordamida zanjir qismlaridagi kuchlanishlar pasayuvi U_{12}, U_{23}, U_{34} larni va butun zanjirning kuchlanishi $U_0 = U_{14}$ ni o' lchang. O' lchash natijalarini 1.2-jadvalga yozing. Olingan ma' lumotlar bo' yicha ko' rilayotgan zanjir uchun Kirxgof ikkinchi qonunining haqqoniyligiga ishonch hosil qiling, quyidagini aniqlang:

$$U_{13} = U_{12} + U_{23}; \quad U_{24} = U_{23} + U_{34}; \quad U_0 = U_{12} + U_{23} + U_{34}$$

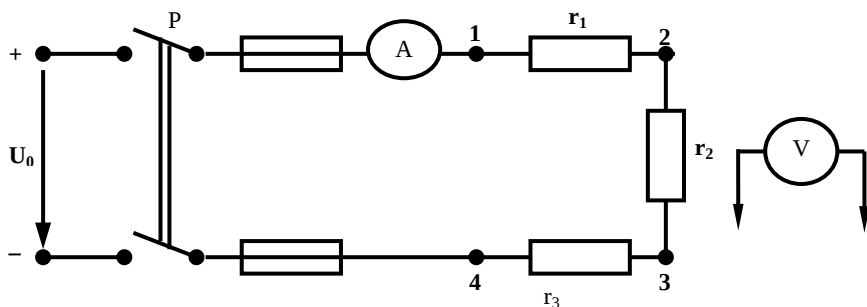
7

1.2-jadval

I	U_0	U_{12}	U_{23}	U_{34}	r_1	r_2	r_3	$R_E=r_1+r_2+r_3$	$R_E=U_0/I$
A	V	V	V	V	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω

1.3 - jadval

O' lchashlar				Hisoblashlar		
U_0	I_1	I_2	I_3	r_1	r_2	r_e
V	A	A	A	Ω	Ω	Ω



1.5-rasm

Om qonunidan foydalanib zanjir qismlarining qarshiliklari r_1 , r_2 , r_3 va r_e ning qiymatlarini aniqlang va 1.2 - jadvalga yozing.

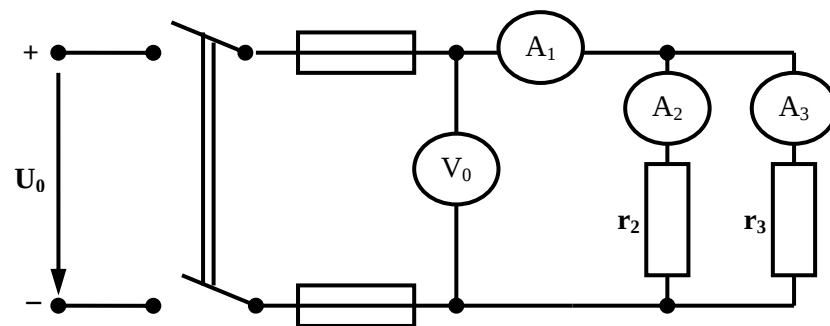
3. Qarshiliklari r_2 , r_3 parallel ulangan zanjirni 1.6-rasmdagi sxema byicha yig'ib, o'zgaras kuchlanish U_0 ga ulang. o' lchash natijalarini 1.3-jadvalga yozing.

Olingan ma'lumotlar bo'yicha Kirxgof birinchi qonunining xaqqoniyligiga ishonch hosil qiling, ya'ni

$$I_1 = I_2 + I_3.$$

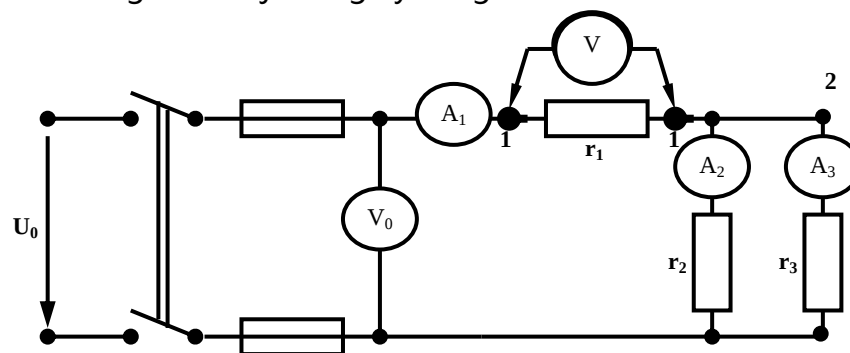
Om qonunidan foydalanib qarshiliklar r_1 , r_2 va r_e ni hisoblang.

4. Qarshiliklari aralash ulangan 1.7-rasmdagi sxemani yig'ib, o' lchashdan olingan ma'lumotlarni 1.4-jadvalga yozing.



1.6-rasm

Kirxgof qonunlari bo'yicha zanjir uchun tenglamalar tuzib, o' lchash natijalari asosida bu qonunlarning haqqoniyligiga ishonch hosil qiling. Qarshiliklar r_1 , r_2 , r_3 ni hisoblang va 1.4- jadvalga yozing.



1.7-rasm

1.4-jadval

O' lchashlar						Hisoblashlar			
U_0	I_1	I_2	I_3	U_{12}	U_{23}	r_1	r_2	r_3	r_e
V	A	A	A	V		Ω	Ω	Ω	Ω

[illegible]

Zanjirning ayrim qarshiliklaridan o' tayotgan real toklarni (shu jumladan 2.1-rasmda ko' rsatilgan r_n qarshilikdan o' tayotgan tok ham bor) aniqlash uchun avval ularning tarkibidagi $I_1', I_1'', I_1''', \dots, I_1^k$; $I_2', I_2'', I_2''', \dots, I_2^k$; $I_n', I_n'', I_n''', \dots, I_n^k$ tashkil etuvchilarini hisoblash kerak.

Masalan, n-shoxobchadagi r_n qarshilikdan o' tayotgan tok I_n' EYUK E_1 ning ta' sirida hosil bo' lgan tashkil etuvchidir. Uning miqdorini 2.1-rasmdagi $E_2, E_3, \dots, E_n$ EYUK lar zanjirdan vaqtincha ajratilib, faqat E_1 EYUK ulangan paytidagina hisoblash kerak. Faqat shuni esda tutish kerakki, 2-2, 3-3, .. K-K qismalar (qutblar) orasidagi EYUK manbalari zanjirdan vaqtincha ajratilgani tufayli, ularning ichki qarshiliklari $r_{20}, r_{30}, \dots, r_{n0}$ noldan farqli bo' lsa, sxemada hisobga olinishi kerak. Agar generatorlar cheksiz katta quvvatli bo' lsa, ularning ochiq qolgan qismlari vaqtincha qisqa tutashtiriladi. EYUK manbalarini navbatma-navbat ulash yo' li bilan alohida shoxobchalarning toklari $I_m', I_m'', I_m''', \dots, I_m^k$ hisoblanadi. So' ngra bu tashkil etuvchilarning yo' nalishlarini hisobga olgan holda qo' shib, haqiqiy tok $I_m = \sum I_m^{(k)}$ aniqlanadi.

Eslatma. Mazkur usul EYUK manbalari soni ikki yoki uchtdan ortiq bo' lmagani murakkab zanjirlarni hisoblash uchun qulaydir.

III. Ishni bajarish tartibi

1. 2.2-rasmdagi elektr sxemada T_1 va T_2 tumblerlarni qisqa tutashuv «q.t.» holatiga o' tkazib, A_1, A_2, A_3 ampermetrlarning ko' rsatishlari bo' yicha zanjir shoxobchalarida tokning yo' qligiga ishonch hosil qiling.

Voltmetr V yordamida E_1 va E_2 manbalarining a-b va d-e qismlarida kuchlanishlarning borligini tekshiring. Buning uchun avval 2.2-rasmdagi sxemani stenddagi tumblerlar T_1, T_2 lar orqali elektr tarmoqqa ulang.

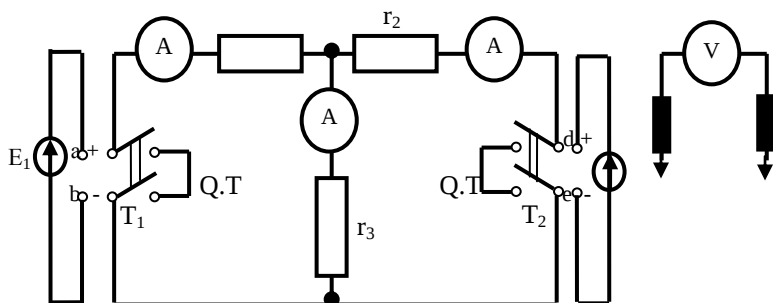
2. Tumbler T_1 ni a-b holatiga va tumbler T_2 ni esa «q.t.» holatiga o' tkazib, ¹¹ toklarning qiymatlarini 2.1-jadvalga yozing. Endi tumbler T_1 ni «q.t.» holatiga va tumbler T_2 ni esa d-e holatiga o' tkazib, I_1'', I_2'', I_3'' toklarning qiymatlarini jadvalga yozing. Ampermetrlarning strelkalari o' ng tomonga oqqanda toklarning qiymatlari «+» ishora bilan, chap tomonga oqqanda esa "- " ishora bilan yozilishi kerak.

3. T_2 tumblerining holatini o' zgartirmay, T_1 tumblarni a-b holatiga o' tkazib, I_1, I_2, I_3 toklarning natijaviy qiymatlari 2.1-jadvalning pastki qatoriga yozilsin. Bu toklarning har biri E_1 va E_2 EYUK manbalarini zanjirga navbati bilan ulangandagi teng ekanligiga ishonch hosil qiling.

4. Voltmetr V yordamida E_1 va E_2 manbalarining kuchlanishlarini va zanjirning har bir qarshiliklaridagi U_1 , U_2 , U_3 kuchlanishlarni o' lchab, qiymatlarini 2.2-jadvalga yozing. 2.1-jadvalning ma' lumotlaridan foydalanib, r_1 , r_2 , r_3 qarshiliklarning qiymatlari hisoblab topiladi, ya' ni

$$r_1 = \frac{U_1}{I_1}; \quad r_2 = \frac{U_2}{I_2}; \quad r_3 = \frac{U_3}{I_3}.$$

5. Ustma-ustlash usuli asosida E_1 va E_2 manbalarining kuchlanishlari va r_1 , r_2 , r_3 qarshiliklarning



2.2-rasm

olingan qiymatlari bo' yicha tekshirilayotgan zanjir uchun nazariy hisoblashlarni bajarib, uning natijalarini tajribadan olinganlar bilan taqqoslang.

2.1-jadval

I_1 , mA		I_2 , mA		I_3 , mA	
I_1'	I_1''	I_2'	I_2''	I_3'	I_3''

2.2-jadval

E_1 , V	E_2 , V	U_1 , V	U_2 , V	U_3 , V	r_1 , Ω	r_2 , Ω	r_3 , Ω	R_e , Ω

O' z-o' zini tekshirish uchun savollar

1. Ustma-ustlash usulining mohiyati nimada?
2. Zanjirni navbatma-navbat EYUK manbalariga ulaganimizda o' lchov asboblardan o' tayotgan toklar yo' nalistirishining o' zgarishiga sabab nima?
3. Nima uchun zanjirning barcha ish rejimlarida uning ayrim shoxobchalaridagi toklarning yo' nalistirishlari doimo o' zgarishsiz qoladi?
4. Zanjir birinchi manbadan ishlayotganda unga ikkinchi manbani ulash bilan toklarning yo' nalistirishini o' zgarishsiz qoldirib, faqat birinchi manbaning kattaliklariga (miqdorlariga) ta' sir etadigan rejimni ta' min etish mumkinmi?

5. Toklarni ustma-ustlash prinsipini zanjirning ayrim uchastkalari kuchlanishlariga qo' llash mumkinmi? Mumkin bo' lsa (bo' lmasa) nima uchun?
6. Qanday hollarda elektr zanjirlarini hisoblash uchun ustma-ustlash usulini qo' llash maqsadga muvofiq hisoblanadi?

13

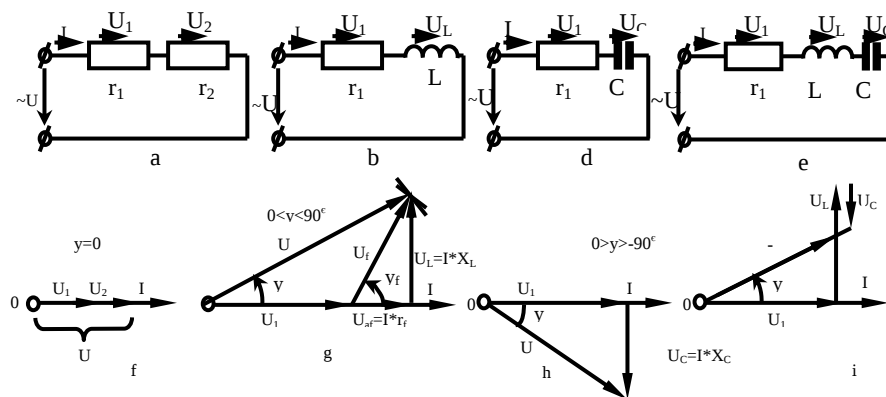
3 – laboratoriya ishi

SINUSOIDAL TOK ZANJIRIDA ISTE'MOLCHILARNI KETMA-KET ULASH

I. Ishni bajarishdan maqsad:

1. Sinusoidal o' zgaruvchan tok zanjirida aktiv qarshilik r , induktivlik L va sig' im S elementlarini ketma-ket ulaganda zanjirga berilgan kuchlanishning taqsimlanishini amalda tekshirish.
2. Sinusoidal o' zgaruvchan tok zanjiri uchun Ohm va Kirxgofning qonunlarini tatbiq etishni o' rganish.
3. O' lchashdan olingan ma' lumotlar bo' yicha ketma-ket ulangan zanjir uchun tok va kuchlanishlarning vektor diagrammasini qurishni o' rganish.
4. Zanjirning aktiv - r , reaktiv (induktiv - X_L , sig' im - X_C) va to' la - Z qarshiliklarini, shuningdek, zanjirning kirish tomonidagi va qismlaridagi tok va kuchlanishlar orasidagi faza siljish

burchagini aniqlashni o' rganish. 5. Zanjirning parametrlariga qarab tok va kuchlanish turli fazalar siljish burchagiga ega bo' lishini ossillograf yordamida ko' rib, ishonch hosil qilish.



3.1-rasm

II. Ishga oid nazariy tushunchalar

Har qanday o' zgaruvchan tok zanjiri r , L va C elementlarining ketma-ket, parallel va aralash ulangan turlicha sxemalaridan iborat bo' lishi mumkin. Zanjirdagi aktiv qarshilikda (r) iste' mol qilinayotgan elektr energiyasi issiqlik (yoki yorug' lik) energiyasiga, ya' ni foydali ishga sarf bo' ladi. Induktivlik (L) zanjirda magnit maydonini, sig' im (S) esa elektr maydonini hosil bo' lishini ifodalab beradi.

Mazkur tajriba ishida iste' molchilarni o' zgaruvchan tok zanjirida ketma-ket ulashning quyidagi hollari o' rganiladi:

a) ikkita aktiv qarshilik r_1 va r_2 ketma-ket ulangan zanjir (3.1-rasm,a);

b) aktiv qarshilik r_1 va induktivlik L ketma-ket ulangan zanjir (3.1-rasm,b);

d) aktiv qarshilik r_1 va kondensator C ketma-ket ulangan zanjir (3.1-rasm, d);

e) umumiy hol – r , L , C elementlar ketma-ket ulangan zanjir (3.1-rasm, e).

3.1-rasm, e da ko' rsatilgan o' zgaruvchan tok zanjiri uchun Om qonuni quyidagicha ifodalanadi

$$I = \frac{U}{z} = \frac{U}{\sqrt{r^2 + (x_L - x_C)^2}},$$

bu yerda: I va U zanjirdagi tok va kuchlanishning ta' sir etuvchi qiymati, z -zanjirning to' la qarshiligi, Om , r -aktiv qarshilik, Om ; x_L -induktiv qarshilik, Om ; x_C -sig' im qarshilik, Om ;

$$x_L = \omega L; \quad x_C = \frac{1}{\omega C};$$

bu yerda: L - induktivlik, H , C - sig' im, F , $\omega = 2\pi f$ – o' zgaruvchan tok burchak chastotasi, $rad \cdot s^{-1}$, f – o' zgaruvchan tok chastotasi, Hz .

O' zgaruvchan tok zanjirlaridagi jarayonlarni tadqiq qilishda vektor diagrammalardan foydalanishga to' g' ri keladi. Ularni qurishda quyidagilarga rioya qilish kerak:

a) zanjir aktiv qarshilikdan iborat bo' lganda tok va kuchlanish vektorining yo' nalishlari mos bo' lib, ular orasidagi fazalar siljish burchagi $\varphi=0^0$ (3.1- rasm, a, f va 3.2- rasm, a, e);

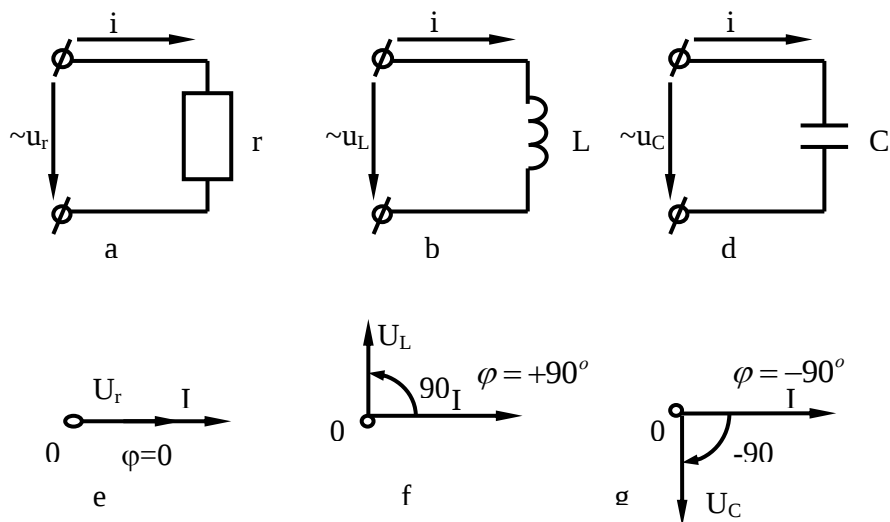
b) induktivlikdagi kuchlanish faza bo' yicha tokdan 90^0 ga oldin keladi (3.1-rasm,b, f); $\varphi = +\frac{\pi}{2}$

d) sig' imda esa kuchlanish tokdan faza bo' yicha 90^0 ga orqada qoladi (3.1-rasm, d,g). $\varphi = -\frac{\pi}{2}$.

b va d punktlardagi mulohazalar (shartlar) sof induktiv g' altak ($r_L=0$) va sig' im ($x_C=0$) uchun qabul qilingan bo' lib, o' zgaruvchan tok zanjirlaridagi jarayonlarni oson tushuntirishga yordam beradi.

Real induktiv g' altak va sig' imda tok bilan kuchlanish orasidagi faza siljish burchaklari vektor diagrammadagi kabi, induktivlikda $0<\varphi<90^0$, sig' imda esa $-90^0<\varphi<0$ bo' ladi.

Agar n -ta element o' zgaruvchan tok zanjirida ketma-ket ulangan bo' lsa, u holda Kirxgofning II-qonuniga asosan kuchlanishlarning oniy qiymatiga nisbatan quyidagi tenglamani yozamiz:



3.2-rasm.

$$u = u_1 + u_2 + u_3 + \dots + u_n$$

Bu tenglamadagi kuchlanishlar sinusoidal bo'ladigan bo'lsa, u holda tenglama vektor shaklida quyidagicha yoziladi:

$$\vec{U} = \vec{U}_1 + \vec{U}_2 + \vec{U}_3 + \dots + \vec{U}_n.$$

Demak o'zgaruvchan tok zanjirida zanjirga berilgan kuchlanish zanjir elementlari qismlaridagi kuchlanishlarning ta'sir etuvchi qiymatlarining vektor yig'indisiga teng bo'la

$$\bar{U} = \bar{U}_1 + \bar{U}_2 + \bar{U}_3 + \dots + \bar{U}_n + \dots$$

Kirxgof ikkinchi qonunining o'zgaruvchan tok zanjiri uchun tatbiq etilish xususiyati shu bilan farq qiladi. Zanjir faqat aktiv qarshilikdan iborat bo'lganda Kirxgofning ikkinchi qonuni xuddi o'zgarmas tok zanjiridagi kabi tatbiq etiladi.

Iste' molchilari ketma-ket biriktirilgan o'zgaruvchan tok zanjirida tok bilan umumiy kuchlanish orasida fazalar siljish burchagi $\varphi = \psi_U - \psi_i$ mavjud, ya'ni

$$i = I_m \sin \omega t, \quad u = U_m \sin(\omega t \pm \varphi).$$

Zanjir induktiv yoki aktiv induktiv xarakterga ega bo'lsa, φ burchak musbat, agar sig' im yoki aktiv – sig' im xarakterga ega bo'lsa, manfiydir.

O'zgaruvchan tok zanjirining davr ichidagi oniy quvvatining o'rtacha qiymati aktiv quvvat deyilib, u quyidagicha aniqlanadi:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p dt = \frac{1}{T} \int_0^T u i dt = UI \cos \varphi.$$

Demak, o'zgaruvchan tok zanjirida aktiv quvvat, o'zgarmas tok zanjiridagiga o'xshash, faqat UI ko'paytmaga bog'liq bo'lmay, quvvat koeffitsienti $\cos \varphi$ ga ham bog'liqdir.

Aktiv quvvat vattlarda (Vt), kilovattlarda (κVt) va megavattlarda (mVt) o'lchanadi.

$U \cdot I = S$ ko' paytma zanjirning to' la quvvati deyilib, volt-amperlarda (VA), kilovolt-amperlarda (κVA) o' lchanadi.

$$P = UI \cdot \cos \varphi = S \cos \varphi,$$

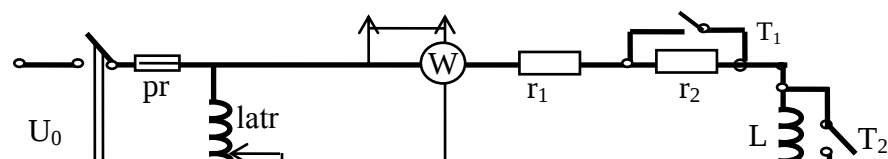
bu yerda $\cos \varphi$ zanjirning quvvat ko'effitsienti bo' lib, u iste' mol qilinayotgan to' la quvvatning qanday qismi foydali ishga sarf bo' layotganini ko' rsatadi.

Quvvat $Q = UI \sin \varphi = S \cdot \sin \varphi$ zanjirning reaktiv quvvati bo' lib, Volt-Amper reaktiv, kiloVolt-Amper reaktivlarda o' lchanadi va qisqacha VAr, κVAr tarzida yoziladi.

III. Ishni bajarish tartibi

1. Laboratoriya ¹⁷ lan tanishib bo' lgandan so' ng 3.3-rasmdagi elektr sxemani yig' ib, uni laboratoriya avtotransformatori (LATR) yordamida bir fazali o' zgaruvchan tok tarmog' iga ulanadi. LATR ning chiqish qismalaridagi kuchlanishning qiymati o' qituvchi tomonidan belgilanadi.

2. T_2 va T_3 tumblerlarni ulab, r_1 va r_2 rezistorlardan iborat ketma-ket zanjir hosil qilinadi. Vattmetr parallel cho' lg' amining va V_2 voltmetrning qismlari ulangan



shchuplar yordamida zanjirning har bir qismidagi va butun zanjirdagi aktiv quvvatni va kuchlanishlarning kuchlarini o' lchab, natijalari 3.1-jadvalning aktiv yuklama qatoriga yoziladi.

3. Tumbler T_1 ni ulab, tumbler T_2 uziladi. Natijada rezistor r_1 dan va induktiv g' altak L dan iborat aktiv-induktiv xarakterli ketma-ket zanjir hosil bo' ladi. 2-banddagi kabi o' lchashlarni bajarib, natijalari 3.1-jadvalning aktiv-induktiv yuklama qatoriga yoziladi.

4. Tumbler T_2 ni ulab, tumbler T_3 uziladi. Natijada rezistor r_1 va sig' im C dan iborat aktiv-sig' im xarakterli ketma-ket zanjir hosil bo' ladi. 2-banddagi kabi o' lchashlarni bajarib, natijalari 3.1-jadvalning aktiv-sig' im yuklama qatoriga yoziladi.

qilinadi. 2-banddagi kabi o' lchaslar bajarilib, natijalarini 3.1-jadvaldagi yuklamaning umumiy qatoriga yozish kerak.

7. 3, 4 va 5-bandlarda ossillograf yordamida har bir yuklama turining ossillogrammasini ekrandan kalkaga ko'chirib, zanjirdagi tok bilan kuchlanish orasida faza siljish burchagining borligiga va 2-bandda esa shu faza siljish burchagi nolga teng ekanligiga ishonch hosil qilinadi.

7. 3, 4 va 5-bandlarda ossillograf yordamida har bir yuklama turining ossillogrammasini ekrandan kalkaga ko'chirib, zanjirdagi tok bilan kuchlanish orasida faza siljish burchagining borligiga va 2-bandda esa shu faza siljish burchagi nolga teng ekanligiga ishonch hosil qilinadi.

3.1-jadval

Iste' molchi xarakteri (turi)	<u>O' lchashla</u>			Hisoblashlar							
	<u>r</u>										
	I	U	P	cosφ		Z	r	X _L	X _C	L	C
	A	V	Vt	dia g	Xis- ob	Ω	Ω	Ω	Ω	H	mkF

[illegible]

8. O' lchashdan olingan ma'lumotlar bo'yicha har bir yuklama turi uchun masshtabda tok va kuchlanishlarning vektor diagrammasi quriladi va ular bilan yonma-yon tegishli ossilogrammalari ko'rsatiladi.

9. 3.1-jadvaldagi barcha hisoblashlarni bajargandan so'ng zanjirning parametrlarini aniqlashga o'tiriladi.

10. O'zgaruvchilar tok zanjirida Ohm qonuni va Kirxgof qonunlarini tatbiq etilish xususiyatlari, shuningdek, tok va kuchlanish orasidagi faza siljish burchagiga zanjir parametrlarining ta'siri haqida xulosa beriladi.

IV. Hisobot tuzish tartibi

1. Tok va kuchlanishlarning vektor diagrammalarini qurish

Avval tok va kuchlanishlarning masshtabini ($m_I = A/mm$, $m_U = V/mm$) tanlab olish kerak.

Ketma-ket zanjirlarda tok zanjirning barcha elementlari uchun bir xil qiymatga ega bo'lgani uchun, uni bosh vektor tarzida olish ma'qul hisoblanadi.

a) **Yuklama aktiv qarshilikdan iborat bo'lganda.** Ixtiyoriy 0 nuqtadan tok vektori I ni gorizontal qo'yib (3.1-rasm, f) yana shu nuqtadan tok vektorining

yo'nalishi bo'yicha r_1 rezistordagi kuchlanish tushuvi vektori $\bar{U}_1$ ni qo'yamiz, uning oxiridan r_2 rezistordagi kuchlanish tushuvi vektori $\bar{U}_2$ ni qo'yamiz. Bu vektorlarning yig'indisi tarmoq kuchlanishining vektori $\bar{U}$ ga teng.

b) **Yuklama aktiv qarshilik va induktivlikdan iborat bo'lganda.** Ixtiyoriy 0 nuqtadan tok vektori I ni gorizontal qo'yib (3.1-rasm, g) yana shu nuqtadan tok vektorining yo'nalishi bo'yicha r_1 rezistordagi kuchlanish tushuvi $\bar{U}$ ni qo'yamiz. Mazkur zanjir uchun Kirxgofning ikkinchi qonuniga ko'ra unga berilgan kuchlanish:

$$\bar{U} = \bar{I} \cdot r_1 + \bar{I} z_F = \bar{U}_1 + \bar{U}_F,$$

bu yerda z_F – induktiv g'altakning to'la qarshiligi, Om , $\bar{U}_F$ – induktiv g'altakdagi kuchlanish tushuvi, V .

So'ngra $\bar{U}_1$ vektorining oxiridan soat strekasi harakatiga teskari yo'nalishda induktiv g'altakdagi kuchlanish vektori $\bar{U}_F$ ga teng radius bilan yoy chizib, 0 nuqtadan esa butun zanjir kuchlanishining vektori $\bar{U}$ ga teng radius bilan yoy chiziladi. Yoylarning kesishgan nuqtasini 0 nuqta va $\bar{U}_1$ vektorining oxiri bilan birlashtirib, vektor diagrammani hosil qilamiz. Induktiv g'altakdagi kuchlanish $\bar{U}_F$ ni aktiv $\bar{U}_{aF} = I \cdot r_F$ va induktiv $U_L = I \cdot x_L$ tashkil etuvchilarga ajratish mumkin.

d) Yuklama aktiv qarshilik va sig' imdan iborat bo' lganda kuchlanish vektorlari $\bar{U}$ va $\bar{U}_c$ bosh vektor I ga nisbatan soat strekasining harakat yo' nalihsida chiziladi. Kondensatorning aktiv qarshiligi r_c juda kichik bo' lganidan undagi kuchlanishning tushuvi $U_{ac} = I \cdot r_c$ hisobga olinmaydi. Shuning uchun kuchlanish vektori U_s tok vektoridan ($\bar{U}_r$ ning oxiridan) faza bo' yicha 90° ga orqada qoluvchan burchak ostida qo' yiladi (2.10-rasm, j).

e) Yuklama aktiv qarshilik, induktivlik va sig' imdan iborat bo' lgandagi umumiy hol uchun vektor diagramma (3.1-rasm, i) qurish talabalarining o' zlariga topshiriladi.

2. Sxemaning parametrlarini aniqlash

a) zanjirning quvvat koefitsientini elektr o' lchov asboblarning ko' rsatishi bo' yicha quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\cos \varphi = \frac{P}{UI}.$$

Vektor diagrammadan esa tegishli tok va kuchlanish vektorlari orasidagi burchakni o' lchab, uning qiymatini trigonometrik jadvaldan topgandan so' ng, quvvat koefitsienti $\cos \varphi$ ni aniqlash mumkin yoki tegishli to' g' ri burchakli uchburchakning katet va gipotenuzasini mm da o' lchab, ularning nisbatini olish mumkin. Ikkinchi usul aniqroq hisoblanadi. $\cos \varphi$ ning

vektor diagrammadan aniqlangan qiymati 3.1-jadvalga yoziladi;

b) zanjirning istalgan qismining to' la qarshiligi Om qonunidan aniqlanadi:

$$z = \frac{U}{I};$$

d)butun zanjirning aktiv quvvatidan zanjirning aktiv qarshiligi r ni aniqlash mumkin:

$$P = I^2 \cdot r, \text{ bundan } r = \frac{P}{I^2}.$$

Zanjirning ayrim qismlarining aktiv qarshiligi rezistor, g' altak yoki kondensatorning tegishli aktiv quvvatlarini yuqoridagi ifodaga qo' yish bilan topiladi;

e) g' altakning ind x_L ni aniqlash uchun avval uning induktiv qarshiligi x_L topiladi.

$$x_L = \omega L = \sqrt{z_F^2 - r_F^2},$$

bu yerda $r_{g'}$ – g' altakning to' la qarshiligi, $z_F = \frac{U_F}{I}$;

$r_{g'}$ – g' altakning aktiv qarshiligi, $r_F = \frac{P_F}{I^2}$.

Zanjirning induktivligi:

$$L = \frac{x_L}{\omega} = \frac{x_L}{2 \cdot \pi \cdot f}, H;$$

f) kondensatorning sig' imi S ni aniqlash uchun avval uning sig' im qarshiligi x_c aniqlanadi:

$$x_c = \frac{1}{\omega C} = \sqrt{z_k^2 - r_k^2}.$$

Kondensatorning sig' imi

$$C = \frac{1}{x_c \cdot \omega} = \frac{1}{x_c \cdot 2\pi f}, F (\text{farada})$$

yoki

$$C = \frac{1 \cdot 10^6}{x_c \cdot 2\pi f}, \text{mkF}$$

O' z-o' zini tekshirish uchun savollar

1. Om qonuni va Kirxgofning qonunlarini o' zgaruvchan va o' zgarmas tok zanjirlariga qo' llanishdagi xususiyatlari nimalardan iborat?

2. Yuklamaning quyidagicha ulangan hollari uchun tok va kuchlanishning vektor diagrammasini qanday qurish mumkin?

- a) ikkita rezistor ketma-ket ulanganda;
- b) rezistor va g' altak ketma-ket ulanganda;
- d) rezistor va kondensator ketma-ket ulanganda;
- e) rezistor, g' altak va kondensator ketma-ket ulanganda;

3. Nima uchun g' altakdagi kuchlanish U_F va U_L , shuningdek kondensatordagi kuchlanish U_k va U_c o' zaro teng emas?

4. Zanjirning aktiv, induktiv, sig' im va to' la qarshiliklari qanday aniqlanadi?

5. G' altakning induktivligi L va kondensatorning sig' imi C qanday aniqlanadi

6. Butun zanjirning va zanjir ayrim qismlarining quvvat koeffitsientlari $\cos\varphi$ qanday aniqlanadi?

4 - laboratoriya ishi

O' ZGARUVCHAN TOK ZANJIRIDA ELEKTR ENERGIYASI ISTE' MOLCHILARINI PARALLEL ULASH

1. **Ishni bajarishdan maqsad:** 1. Sinusoidal o'zgaruvchan tokning parallel zanjirlari uchun Om qonuni va Kirxgofning birinchi qonunini tatbiq etish xususiyatlarini o'rganish. 2. O' zgaruvchan tok zanjirida aktiv o' tkazuvchanlik g bo' lgan rezistor r, induktivlik L va sig' im C ni turlicha sxemalarda parallel ulaganda zanjirdagi umumiy tokning qanday taqsimlanishini amalda tekshirish. 3. O' lchashlardan olingan ma' lumotlar bo' yicha parallel zanjir uchun kuchlanish va toklarning vektor diagrammasini qurishni o' rganish. 4. Zanjirning aktiv g, reaktiv (induktiv - L, sig' im - C) va to' la y o' tkazuvchanliklarini hamda quvvat koeffitsienti $\cos\varphi$ ni aniqlashni o' rganish.

II. Ishga oid nazariy tushunchalar

Ma' lumki, parallel ulangan zanjirning elementlari bir xil qiymatdagi kuchlanish ta' sirida bo' ladi.

Mazkur laboratoriya ishida iste' molchilarini o' zgaruvchan tok zanjiriga parallel ulashning quyidagi hollari o' rganiladi.

a) aktiv o' tkazuvchanlik g bilan induktiv g' altak L ni parallel ulash (4.1-rasm, a);

b) aktiv o' tkazuvchanlik g bilan kondensator C ni parallel ulash (4.1-rasm,b);

d) umumiy holda esa g, L va C elementlarni parallel ulashdir (4.1-rasm,v).

Parallel zanjirning har bir shoxobchasidagi tok Om qonuniga binoan quyidagi tartibda aniqlanadi:

a) aktiv o' tkazuvchanlik shoxobchasidagi tok

$$I_g = g \cdot U,$$

bu yerda: I_g – aktiv o' tkazuvchanlikli rezistor r orqali o' tuvchi tok, A; U – tarmoqning kuchlanishi, V; g – rezistorning o' tkazuvcha

24

b) induktiv g' altakli shaxobchadagi tok

$$I_F = b_L \cdot U,$$

bu yerda I_F - induktiv g' altak orqali o' tuvchi tok, A; L - induktiv g' altakning o' tkazuvchanligi $\left(\frac{1}{Om}\right)$:

$$b_L = \frac{1}{\omega L} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot L},$$

ω - o' zgaruvchan tokning burchak chastotasi; f – o' zgaruvchan tokning chastotasi, Gs; L – g' altakning induktivligi, H.

d) kondensatorli shoxobchadagi tok

$$I_C = b_C \cdot U,$$

bu yerda I_C – kondensatorli zanjirdan o' tuvchi tok, A; b_C – kondensatorning sig' im o' tkazuvchanligi, $\left(\frac{1}{Om}\right)$:

$$b_C = \omega \cdot C = 2\pi \cdot f \cdot C.$$

C – kondensatorning sig' imi, F.

O' zgaruvchan tokni hisoblash nazariyasiga binoan manbadan iste' mol qilinayotgan umumiy tok:

$$I = \sqrt{I_g^2 + (I_L - I_C)^2}$$

yoki

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

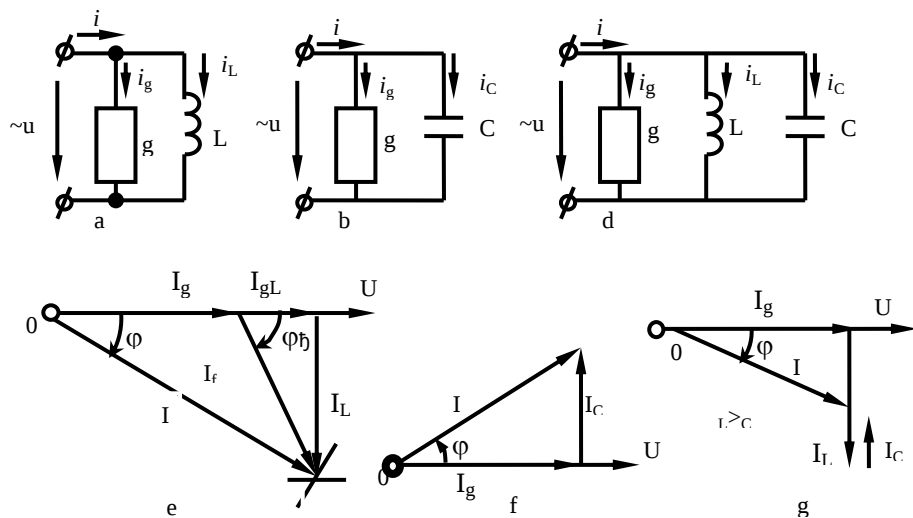
bu yerda I - zanjirning tarmoqlanmagan qismidagi tok, A;

b– zanjirning reaktiv o' tkazuvchanligi, $\frac{1}{Om}$; y – zanjirning

to' la o' tkazuvchanligi, $\frac{1}{Om}$. Barcha

o' tkazuvchanliklarning o' lchov birligi $\frac{1}{Om}$ yoki simens

(qisqacha Sm) deb belgilar



4.1-rasm

Kirxgofning birinchi qonuniga ko'ra o'zgaruvchan tok zanjirida tarmoqlanish nuqtasidagi toklarning geometrik yig'indisi nolga teng, ya'ni:

$$\vec{I} = \vec{I}_g + \vec{I}_L \text{ yoki } \vec{I} - \vec{I}_g - \vec{I}_L = 0 \text{ (4.1-rasm, a);}$$

$$\vec{I} = \vec{I}_g + \vec{I}_C \text{ yoki } \vec{I} - \vec{I}_g - \vec{I}_C = 0 \text{ (4.1-rasm, b);}$$

$$\vec{I} = \vec{I}_g + \vec{I}_L + \vec{I}_C \text{ yoki } \vec{I} - \vec{I}_g - \vec{I}_L - \vec{I}_C = 0 \text{ (4.1-rasm, d).}$$

O'zgaruvchan tok zanjirida iste'mol qilinayotgan aktiv quvvat

$$P = UI \cos \varphi,$$

bu yerda $\cos \varphi$ - zanjirning quvvat koeffitsienti; φ - zanjirning tarmoqlanmagan qismidagi tok bilan kuchlanish vektorlari orasidagi faza siljish burchagi.

Parallel shoxobchalarda iste'mol qilinayotgan aktiv quvvatlar

$$P_g = U \cdot I_g \quad (\cos \varphi_g = 1);$$

$$P_{g'} = U \cdot I_C \cdot \cos \varphi_f;$$

$$P_C = U \cdot I_C \cdot \cos \varphi_C,$$

bu yerda: P_g - aktiv o'zgaruvchanli rezistor iste'mol qilayotgan quvvat, Vt; $P_{g'}$, P_C - tegishli induktiv g'altak va kondensator iste'mol qilayotgan aktiv quvvat, Vt; $\cos \varphi_f$, $\cos \varphi_C$ - tegishli g'altakli va kondensatorli shoxobchalarning quvvat koeffitsientlari.

Butun zanjirning aktiv quvvati parallel shoxobchalar aktiv quvvatlarining algebraik yig'indisidan iborat, ya'ni:

$$P = P_g + P_{g'} + P_C.$$

III. Ishni bajarish tartibi

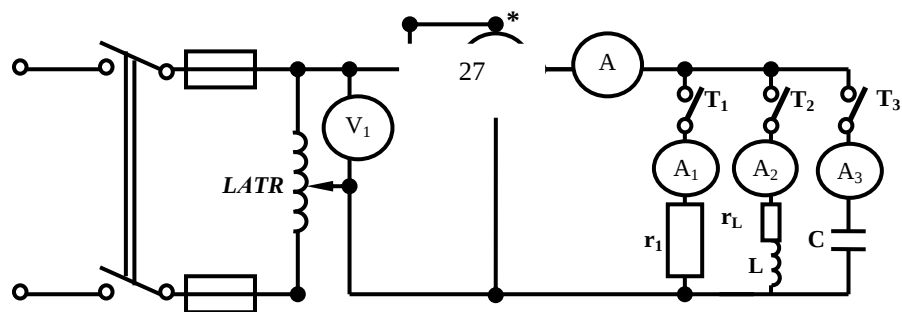
1. Laboratoriya stendi bilan tanishib bo'lgandan so'ng 4.2-rasmdagi elektr sxemani yig'ib, uni avtotransformator (LATR) yordamida bir fazali tok tarmog'iga ulanadi. LATR ning chiqish qismalaridagi kuchlanishning qiymati o'qituvchi tomonidan belgilanadi.

2. T_1 va T_2 tumblerlarni ulab, rezistor r va induktiv g'altak L dan iborat parallel zanjir hosil qilinadi. Vattmetr yordamida butun zanjirning aktiv quvvatini, A , A_1 va A_2

ampermetrlar yordamida esa zanjirning tarmoqlanmagan qismidagi va shoxobchalaridagi toklarni o' lchab, olingan ma' lumotlar 4.1-jadvalning aktiv-induktiv yuklama qatoriga yoziladi.

3. Tumbler T_2 ni uzib, tumbler T_3 ulanadi. Natijada rezistor r va kondensator C dan iborat aktiv-sig' im xarakterli parallel zanjir hosil bo' ladi. 2-punktdagi kabi o' lchashlarni bajarib, natijalarini 4.1-jadvalning aktiv-sig' im yuklama qatoriga yoziladi.

4. Tumbler T_2 ni ulab, rezistor r , induktiv g' altak L va kondensator C dan iborat parallel zanjir hosil qilinadi. 2-punktdagi kabi o' lchashlarni bajarib, natijalarni 4.1-jadvaldagi yuklamaning umumiy turi qatoriga yoziladi.



4.2-rasm

5. 2, 3 va 4-bandlardagi o' lchashlar bajarilgandan keyin zanjirlarning shoxobchalaridagi I_g , I_L va I_C toklarning algebraik yig' indisi umumiy tok I dan katta bo' lishiga ishonch hosil qilinadi.

6. O' lchashdan olingan ma' lumotlar bo' yicha har bir yuklama turi uchun masshtabda kuchlanish va toklarning vektor diagrammalari quriladi.

7. 4.1-jadvaldagi barcha hisoblashlarni bajargandan so' ng zanjirning parametrlarini aniqlashga o' tiladi. Elementlari parallel ulangan o' zgaruvchan tok zanjiri uchun Om qonuni va Kirxgofning birinchi qonunini tatbiq etish haqida xulosa berilsin.

4.1-jadval

Yuklama turi		O' lchashlar						Hisoblashlar							
		U	I	I ₁	I ₂	I ₃	P	cosφ		y	g	b _L	b _c	L	C
			A	A	A	A	Vt	Di-ag	hi-so b	S	S	S	S	H	mk F
Aktiv induktiv	Rezis-tor		-		-	-					-	-			
	Induk-tiv		-			-					-	-			
	g' alt ak				-	-							-		
	butun zanjir														

Aktiv sig' im	Rezistor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	kondensator	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Umumiy hol	Induktiv	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	g' alt ak	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Umumiy hol	Kondensator	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	butun zanjir	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

IV. Hisobot tuzish tartibi

1. Kuchlanish va toklarning vektor diagrammalarini qurish.

Avval tok va kuchlanishning masshtabini ($m_I = A/\text{mm}$ va $m_U = /\text{mm}$) tanlab olish kerak.

Kuchlanish parallel zanjirlarda zanjirning barcha shoxobchalari uchun bir $\dot{U}$ ga ega bo'lgani uchun uni bosh vektor tarzida olish ma'qul hisoblanadi.

a) **yuklama aktiv-induktiv xarakterga ega bo'lganda.** Ixtiyoriy 0 nuqtadan (4.1-rasm, g) kuchlanish U ning vektorini gorizontaal yo'nalishda chizamiz. Yana shu nuqtadan kuchlanish vektorining yo'nalishi bo'yicha rezistorli shoxobcha orqali o'tuvchi tok I_g ning vektorini chizamiz.

Kirxgofning birinchi qonuniga binoan zanjirdagi umumiy tok

$$\bar{I} = \bar{I}_g + \bar{I}_{g'}$$

Bu ifodaning vektor diagrammasini qurish uchun tok vektori I_g ning oxiridan soat strelkasining harakati yo'nalishida (chunki induktiv tok kuchlanishdan faza bo'yicha orqada qoladi) $I_2 = I_{g'}$ toki vektoriga teng radius bilan yoy chiziladi. So'ngra 0 nuqtadan umumiy tok I ning vektoriga teng radius bilan yoy chiziladi. Yoylarning kesishgan nuqtasini I_g toki vektorining oxiri hamda 0 nuqta bilan birlashtirib, vektor diagrammani hosil qilamiz. G'altakdan o'tayotgan tok $I_{g'}$ ni aktiv tok I_{gF} va induktiv tok I_L dan iborat tashkil etuvchilarga ajratish mumkin;

b) **yuklama aktiv-sig'im xarakterga ega bo'lganda** tok vektorlari I va I_C soat strelkasining harakati yo'nalishiga teskari yo'nalishda chiziladi. Kondensatorning aktiv o'tkazuvchanligi juda kichik

bo'lganidan uni hisobga olinmaydi. U holda sig'im xarakterdagi tok vektori ($I_C - I_L$) kuchlanish vektoridan faza bo'yicha 90° ga o'tuvchan yo'nalishda qo'yiladi (4.1-rasm, f);

d) yuklama aktiv rezistor, induktiv g'altak va kondensatordan iborat bo'lgandagi umumiy hol uchun vektor diagrammani (4.1-rasm,) qurish o'quvchilarning o'zlariga topshiriladi;

e) quvvat koeffitsientini aniqlash. Butun zanjirning quvvat koeffitsienti quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\cos \varphi = \frac{P}{UI}$$

Parallel shoxobchalar uchun ham quvvat koeffitsienti ana shu formula bilan aniqlanadi, ammo quvvat va tokning har bir shoxobcha uchun tegishli qiymatlari olinadi.

Vektor diagrammadan zanjirning quvvat koeffitsientini aniqlash uchun ³⁰ burchaklarni o'lchab, trigonometrik jadvaldan $\cos \varphi$ ning qiymati aniqlanadi. Shuningdek, vektor diagrammadan tegishli to'g'ri burchakli uchburchakning katet va gipotenuzalarini o'lchab, ularning nisbatini olish mumkin. Keyingi usul aniqroq natija beradi;

d) zanjirning o'tkazuvchanliklarini aniqlash:

1. Zanjirning to'la o'tkazuvchanligi

$$y = \frac{I}{U}, \quad \text{Sm.}$$

2. Zanjirning aktiv o' tkazuvchanligi

$$g = \frac{I_g}{U}, \quad \text{Sm} \quad (I_g = I_1).$$

3. Zanjirning induktiv o' tkazuvchanligi

$$b_L = \frac{I_L}{U}, \quad \text{Sm} \quad (I_L \approx I_2).$$

4. Zanjirning sig' im o' tkazuvchanligi

$$b_C = \frac{I_C}{U}, \quad \text{Sm} \quad (I_C \approx I_3).$$

O' z-o' zini tekshirish uchun savollar

1. Kirxgofning birinchi qonunini o' zgaruvchan tok zanjirlariga tatbiq etish xususiyatlari nimalardan iborat?
2. O' zgaruvchan tok zanjiri uchun Om qonuni qanday tatbiq etiladi?
3. Yuklamaning quyidagicha ulangan hollari uchun kuchlanish va toklarning vektor diagrammasini qanday qurish mumkin:
 - a) rezistor va induktiv g' altak parallel ulanganda;
 - b) rezistor va kondensator parallel ulanganda;
 - d) rezistor, induktiv g' altak va kondensator parallel ulanganda.
4. Butun zanjirning, g' altakning va kondensatorning parametrlari qanday aniqlanadi?

5. Butun zanjirning va zanjir shoxobchalarining quvvat koeffitsientlari qanday aniqlanadi?

6. Faza siljish burchagi deb nimaga aytiladi?

5 - laboratoriya ishi

KUCHLANIS 31 ZONANSI

I. Ishni bajarishdan maqsad: 1. Aktiv, induktiv va sig' im qarshiliklari ketma-ket ulangan zanjirda kuchlanishlar rezonansi hodisasini eksperimental tekshirish. 2. Zanjirning ketma-ket tebranish (rezonans) konturini rezonansga qadar, rezonans paytida va rezonansdan keyingi bo' lgan parametrlarini aniqlash va o' ziga xos xususiyatlarini, ish rejimini o' rganish. 3. Tajribadan olingan ma' lumotlarni nazariy hisoblar bilan taqqoslash.

II. Ishga oid nazariy tushunchalar

Induktivlik va sig' im elementlari bo' lgan elektr zanjirlarida kuzatiladigan rezonans hodisalarining tabiati mexanikadagi, molekulyar fizikadagi, optikadagi va boshqa sohalaridagi 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

sistemi o'zlarining xususiy tebranishlar chastotasi ω_0 ga ega. Sistemada to'plangan energiya o'z holatini to'lasikda 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 manbaidan 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 ni tashqi kuchning (energiya manbaining) majburiy chastotasi ω bilan mos tushish hodisasidir.

Elektr zanjirlarda tebranish sistemi tarzida induktiv g'altak L va sig'im C dan tashkil topgan tebranish konturi (5.1-rasm,a) qaraladi. Kondensatorning qoplamalarida boshlang'ich zaryad q_0 bo'lganda, kondensatorning elektr maydon energiyasi

$$W_M = \frac{1}{2} CU_0^2$$

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

$$W_M = \frac{\psi_0^2}{2L} = \frac{LI_0^2}{2}$$

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.

(Bu yerda U_0 – konturdagi kondensator toki $i=0$ bo'lgandagi kuchlanish, ψ_0 – g'altakdagi tok maksimum, ya'ni $i=I_0$ bo'lgandagi ilashgan magnit oqimi). Istagan paytda L va C reaktiv elementlardagi kuchlanishlar oniy qiymatlarining yig'indisi doimo nolga teng, ya'ni

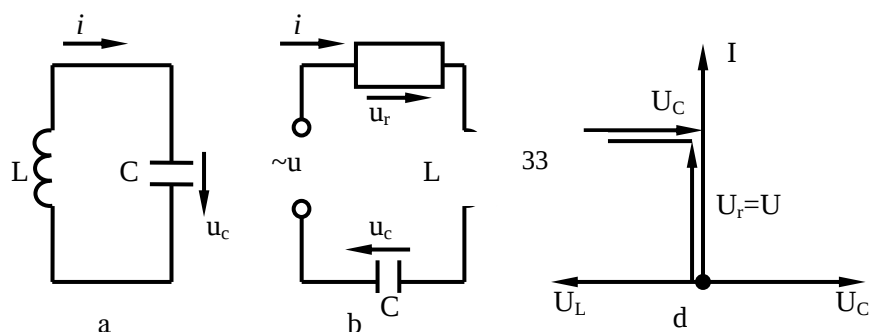
$$u_L + u_C = 0, \quad (1)$$

yoki

$$L \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \int i dt = 0.$$

Energiya sarfi mavjud bo'lgan elektr tebranish konturining sxemasida aktiv qarshilik yoki aktiv o'tkazuvchanlik bo'lib, zanjir elementlari uch xil ko'rinishda, ya'ni ketma-ket, parallel va aralash sxemada ulanishi mumkin. Quyida r, L va C elementlar ketma-ket ulangan (5.1-rasm,b) zanjirdagi kuchlanishlar rezonansi hodisasi ko'riladi. Zanjirda rezonans hodisasi sodir bo'lishi uchun reaktiv elementlarning qarshiliklari $X_L = X_C$

yoki $\omega L = \frac{1}{\omega C}$ bo'lishi kerak. Bunga $\omega = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ da erishish mumkin. Agar ketma-ket tebranish konturini sinusoidal kuchlanish $u = U_m \sin \omega t$ manbaga ulasak, undan rezonans paytida oqib o'tadigan tok



5.1-rasm

$$I = \frac{U}{z} = \frac{U}{\sqrt{r^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} = \frac{U}{\sqrt{r^2 + (x_L - x_C)^2}} = \frac{U}{r}. \quad (2)$$

ga tengdir

Demak, rezonans paytida zanjirning qarshiligi minimal bo'lib, tok o'zining maksimal qiymatiga erishadi. Bu kuchlanishlar rezonansi hodisasining o'ziga xos xususiyati hisoblanadi.

Tenglama (1) ga binoan kuchlanishlar rezonansi paytida L va C reaktiv elementlardagi kuchlanishlarning algebraik (yoki vektor) yig'indilari nolga teng, ya'ni

$$\bar{U}_L + \bar{U}_C = 0 \text{ yoki } \bar{I}x_L + \bar{I}x_C = 0.$$

Zanjirning rezonans paytidagi tok va kuchlanishlarning vektor diagrammasi 5.1-rasm, d da ko'rsatilgan. Vektor diagrammadan ko'rinadiki, reaktiv elementlardagi kuchlanishlar o'zaro teng ($U_L = U_C$), ammo qarama-qarshi fazada bo'lgan rezonans (reaktiv) kuchlanishlari U_L va U_C bir-birlarini to'la kompensatsiya qiladi. Bu paytda zanjirga berilgan kuchlanish U aktiv qarshilikdagi kuchlanishning pasayuvi U_r ga teng va to'la zanjir uchun hisoblangan faza siljish burchagi $\varphi = 0$ bo'ladi. Tebranish konturi manba uchun xuddi aktiv yuklama hisoblanadi. Reaktiv kuchlanishlar U_L va U_C r etuvchi qiymatlari umumiy kuchlanish U ning qiymatiga nisbatan katta yoki kichik bo'lishi tebranish konturining to'liq qarshiligi ρ ga bog'liq:

$$\rho = x_L = x_C = \omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C} = \sqrt{\frac{L}{C}}, \quad \Omega.$$

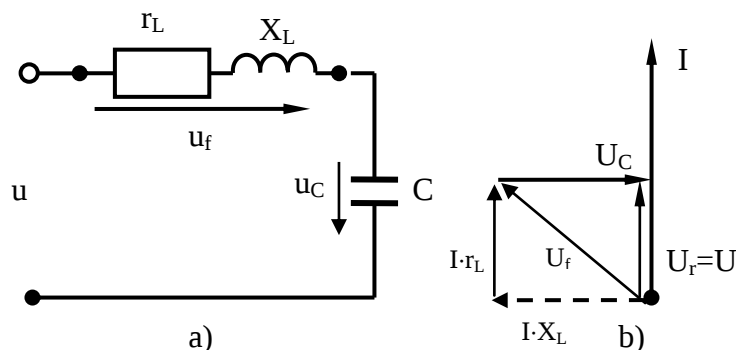
Aniqroq aytganda aktiv qarshilik r ga nisbatan uning necha marta katta yoki kichikligiga bog'liq. Bu yerda $Q = \frac{\rho}{r}$ - tebranish konturining aslligi deyiladi. Teskari nisbat

$$d = \frac{r}{\rho} = \frac{1}{Q}$$

esa tebranish konturining so'nishi deyiladi.

Zanjirda kuchlanishlar rezonansi quyidagi usullar bilan hosil qilinishi mumkin:

1. Zanjirning parametrlari L va C , ya'ni chastota $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ o'zgarmas bo'lganda, manbaning chastotasini bir tekis o'zgartirish bilan $\omega = \omega_0$ tenglik amalga oshiriladi.



5.2-rasm.

2. Manbaning chastotasi ω o'zgarmas bo'lganda, L va C parametrlardan birontasini (yoki ikkalasini bir vaqtda) bir tekis o'zgartirish bilan $\omega_0 = \omega$ tenglikka erishiladi.

Haqiqiy ketma-ket tebranish konturlarida aktiv qarshilik zanjirning ayrim bo'lagi (qismi) bo'lmaydan, balki induktiv g'altakning to'la qarshiligi z_L ning aktiv tashkil etuvchisi r_4 tarzida kiradi (5.2-rasm, a).

Zanjirda rezonans qarshiligini rezonans sharti ($x_L = x_C$) bajarilib, tokning

bilish mumkin, ya'ni $I = I_m = \frac{U}{r_4}$, 5.2-rasm, b dagi rezonans

rejimi uchun qurilgan vektor diagrammadan ko'rinadiki, rezonans paytida g'altakdagi kuchlanish U_G kondensatordagi kuchlanish U_C dan birmuncha katta, bu quyidagi ifodadan ham ko'rinib turibdi, ya'ni

$$U_F = I \cdot z_L = I \cdot \sqrt{r^2 + x_L^2}.$$

Kuchlanishlar rezonansida zanjirga berilgan kuchlanish nisbatan kichik bo'lsa ham, reaktiv elementlardagi rezonans kuchlanishlari birmuncha ortishi mumkin bo'lgani uchun kuchlanishlar rezonansi deb ataladi. Kuchlanishlar rezonansidan foydali hodisa tarzida radiotexnikada, televideniya va aloqa texnikasida foydalaniladi.

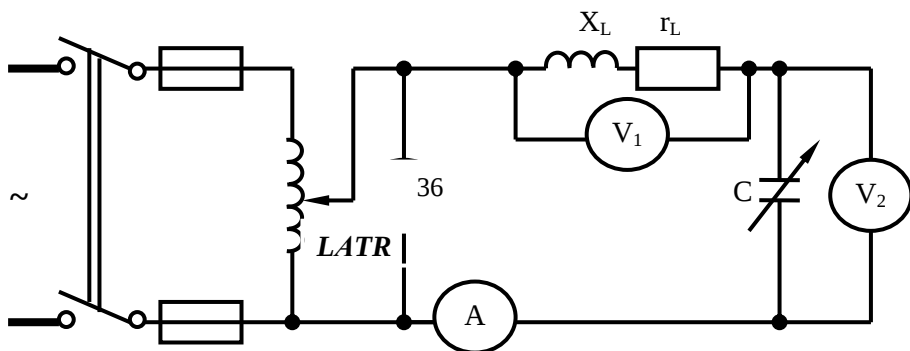
III. Ishni bajarish tartibi

1. Stendda 5.3-rasmdagi elektr sxemani yig'ib, avvaldan avtotransformator (LATR) dastagining holati 0 qo'yiladi.

2. Sxemani elektr tarmog'iga ulab, LATR yordamida berilgan kuchlanishni bir tekis o'zgartirib, uning chiqish tomonida $U=30 \dots 50$ V kuchlanishni o'rnatish kerak. Turli nominal qiymatdagi kondensatorlarni ulash yoki ajratish bilan sig'im C ni rostlab, zanjirda tokning maksimal

qiymatiga erishiladi. Sig' imning C_{rez} ga to' g' ri kelgan umumiy qiymatini daftarga yozib qo' ying.

3. Kondensatorlarni to' la ajratib, kuchlanish U ning kondensatorlar qismasidagi kuchlanish U_2 ga teng ekanligiga, shuningdek, tok I va kuchlanish U_1 ning nolga tengligiga ishonch hosil qiling. Bu ma' lumotlarni 5.1-jadvalning birinchi qatoriga yozing. Kondensatorning sig' imini noldan C_{rez} miqdorgacha pog' onali o' zgartirish bilan rezonans nuqtasiga qadar va undan keyin ($C > C_{rez}$ bo' lganda) 5-6 ta tajriba nuqtalarni olib, ma' lumotlarni 5.1-jadvalga yozing.



5.3-rasm.

4. 5.1-jadvaldan konturning rezonansga qadar, rezonans paytiga va undan keyingi ish rejimlariga mos tok va kuchlanishlarning qiymatlarini topib, masshtabda vektor diagramma quring.

5. O' lchash natijalari va 4-banddagi geometrik qurishlar bo' yicha qarshiliklarni, faza siljish burchagi φ ni va butun zanjirning quvvat koeffitsienti $\cos \varphi$ ni hisoblashni bajaring (5.1-jadval).

6. Rezonans rejimi uchun konturning asilligi Q va so' nish koeffitsienti d ni aniqlang.

7. Umumiy grafikda (masshtab bilan) quyidagi

$$U_1 = f(C); \quad U_2 = f(C); \quad I = f(C)$$

va $\varphi = f(C)$ bog' lanishlarning egri chiziqlarini quring.

8. Ish bo' yicha tegishli xulosalarni bering.

5.1-

jadval

t / r	O' lchashlar					Hisoblashlar							
	C	U	U_1	U_2	I	Z	Z_L	r_L	X_L	X_C	ρ	φ	$\cos \varphi$
	mKf	V	V	V	A	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	grad	-

O' z-o' zini tekshirish uchun savollar

1. Umuman rezonans deb nimaga aytiladi va xususan elektr zanjirlardagi rezonans nima?
2. Elementlari r , L , C ketma-ket ulangan zanjirda rezonans paydo bo' lishi qanday? Nima

uchun bu rezonans kuchlanishlar rezonansi deb ataladi?

3. Kuchlanishlar rezonansini hosil qilishning qanday usullari mavjud va ulardan qaysi biri ushbu ishda qoʻllanilgan?
4. Tebranish konturining toʻlqin qarshiligi, asillik koeffitsienti va soʻnish koeffitsienti nima? Bu kattaliklar rezonansning fizik tabiatiga qanday taʼsir koʻrsatadi?
5. Agar zanjirga berilgan kuchlanish moduli boʻyicha bir qancha oʻzgarsa (ortsa yoki kamaysa) rezonans effekti buziladimi?
6. Kondensatorlarning sigʻimi oʻzgarsa, butun zanjirning manbadan isteʼmol qilayotgan aktiv quvvati oʻzgaradimi? Agar oʻzgarsa qanday miqdorga oʻzgaradi?
7. Rezonans paytida kuchlanish U_G yoki (U_1) va U_C yoki (U_2) ning teng boʻlmasligi qanday tushuntiriladi?
8. Nima uchun rezonans paytida zanjirdagi tok maksimal qiymatga ega boʻladi?
9. Kuchlanishlar rezonansining amaliy ahamiyati qanday? Misollar keltiring.

7 – laboratoriya ishi

ISTEʼMOLCHILAR YULDUZ SXEMADA ULANGAN UCH FAZALI ELEKTR ZANJIRI

I. Ishni bajarishdan maqsad: 1. Isteʼmolchilar yulduz sxemada ulangan uch fazali tok zanjirining turli rejimlardagi ishini tajribada tekshirish:

- a) tekis aktiv yuklama uchun;
- b) notekis aktiv yuklama uchun;
- d) notekis aktiv, induktiv va sigʻim yuklamalar uchun.

2. Tok va kuchlanishlarning topografik (vektor) diagrammasini qurishni oʻrganish. 3. Faza va liniya kuchlanishlarini oʻlchashni oʻrganish va ular orasidagi nisbatni tajribada tekshirish.

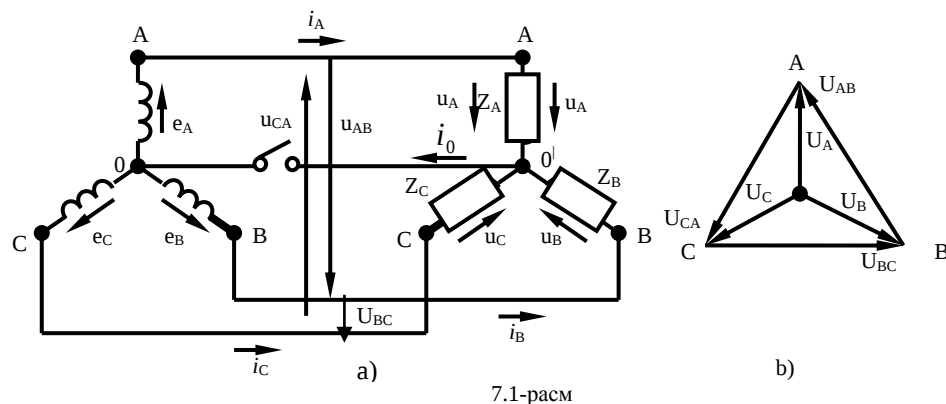
II. Ishga oid hunchalar

Uch fazali oʻzgaruvchan tok zanjirida elektr energiyasining isteʼmolchilarini uch fazali EYUK manbai bilan “yulduz” yoki “uchburchak” sxema boʻyicha ulanadi.

Birlashtiruvchi sim neytral sim deb ataladi.

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. Agar yuklama fazalar bo'yicha nosimmetrik bo'lsa, u holda 0` tuguni uch fazali manbaning xuddi shunday neytral nuqtasi 0 bilan biriktiriladi. (7.1-rasm), 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, ya'ni:

$$e_A = E_m \sin \omega t;$$

$$e_B = E_m \sin(\omega t - 120^\circ);$$

$$e_C = E_m \sin(\omega t - 240^\circ).$$

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