

## 41-LABORATORIYA ISHI

### G'ALTAKNING INDUKTIVLIK KOEFFITSIENTINI, KONDENSATORNING SIG'IMINI O'LCHASH VA O'ZGARUVCHAN TOK UCHUN OM QONUNINI TEKSHIRISH

*Kerakli asbob va materiallar:* 1. Induktiv g'altak. 2. Kondensator batareyasi. 3. Ampermetr. 4. Voltmetr. 5. Reostat. 6. O'zgaruvchan tok manbai.

*Ishning maqsadi:* o'zgaruvchan tok uchun Om qonunini tekshirish. Kondensatorning sig'imini va g'altakning induktivlik koeffitsientini aniqlash.

#### NAZARIY MUQADDIMA

Agar  $R_0$  aktiv qarshilikni o'tkazgichning uchlariga har bir vaqt momentidagi kattaligi

$$Ye = Ye_m \sin \omega t \quad (1)$$

tenglamadan topiladigan o'zgaruvchan elektr yurituvchi kuch berilsa, o'tkazgichda kattaligi Om qonuni bo'yicha topiladigan o'zgaruvchan elektr toki vujudga keladi:

$$I = \frac{E}{R_0} \quad (2)$$

(1) ifodani e'tiborga olib tok tenglamasini quyidagicha yozish mumkin:

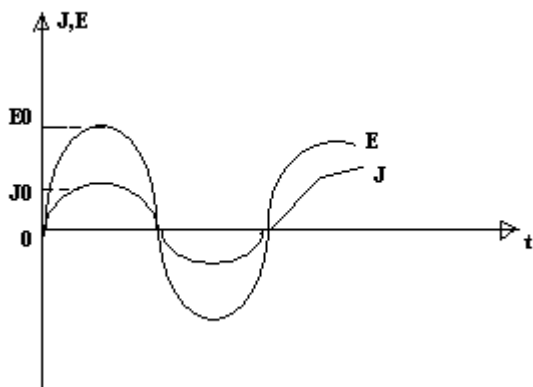
$$I = \frac{E_m \sin \omega t}{R_0} = I_m \sin \omega t \quad (3)$$

bu erda:  $\omega$  – o'zgaruvchan tokning doiraviy chastotasi,

$I_m$  – tok kuchining amplituda qiymati,

$Ye_m$  – elektr yurituvchi kuchning amplituda qiymati.

(1) va (2) tenglamalardan ko'rinadiki, agar o'zgaruvchan tok zanjirida faqat  $R_0$  aktiv qarshilik bo'lsa, tok kuchi bilan elektr yurituvchi kuchi bir xil fazada bo'ladi (1-rasm).



1-rasm. Aktiv qarshilikli o'zgaruvchan tok holida zanjirdagi tok kuchi va kuchlanishning vaqt bo'yicha o'zgarishi.

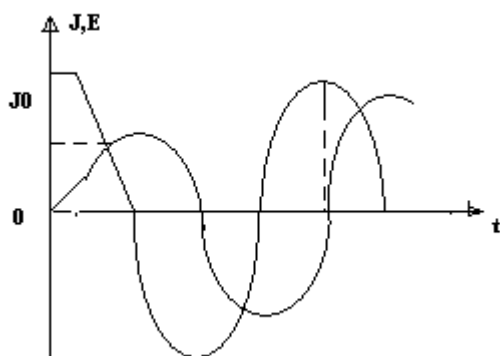
Agar zanjirda  $R$  qarshilikdan tashqari,  $L$  induktivlik koeffitsientiga ega bo'lgan induktivlik g'altak bo'lsa, u holda o'sha elektr yurituvchi kuch ta'sirida kuchlanishdan faza jihatdan orqali qolgan

$$I = I_m \sin(\omega t - \varphi)$$

tok vujudga keladi.

Bunda  $\varphi$  tok bilan kuchlanish orasidagi faza siljishi.

Faza siljishiga o'z induksiya elektr yurituvchi kuchining ta'siri sabab bo'ladi: u zanjirda tokning ortishiga ham, kamayishiga ham to'sqinlik qiladi. Shuning uchun tok maksimumi kuchlanish maksimumidan keyinroq qoladi (2-rasm).



2-rasm. Induktiv qarshilikli o'zgaruvchan tok zanjiridagi tok kuchi va kuchlanishning vaqt bo'yicha o'zgarishi.

$R$  – aktiv qarshilikdan va  $L$  induktiv g'altakdan tashkil topgan o'zgaruvchan tok zanjiri uchun Om qonuni quyidagicha yoziladi:

$$I_m = \frac{E_m}{\sqrt{R_0^2 + (\omega L)^2}} \quad (4)$$

(4)ni maxrajidagi ifoda

$$Z = \sqrt{R_0^2 + (\omega L)^2} \quad (5)$$

ko'rilayotgan zanjirning qarshiligidir.

Bu yerda  $R_L = \omega L$  kattalik esa induktiv g'altak o'rnida  $S$  – sig'imli kondensator ulansa, u holda tok kuchi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$I = I_m \sin(\omega t - \varphi) \quad (6)$$

Bu holda tok kuchi kuchlanishdan faza jihatdan oldinga ketadi. Bu kondensatordagi kuchlanish undagi zaryadlar bilan aniqlanadi, zaryadning kattaligi esa kondensatordan oldinroq o'qib o'tgan tok bilan aniqlanadi.

$R_c$  sig'im qarshilikdan iborat bo'lgan o'zgaruvchan tok zanjiri uchun Om qonuni quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$I_m = \frac{E_m}{\sqrt{R_0^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}} \quad (7)$$

Bunday zanjirning qarshiligi

$$Z = \sqrt{R_0^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2} \quad (8)$$

bilan ifodalanadi va  $R_c = \frac{1}{\omega C}$  kattalik sig'im qarshiligi deyiladi.

Nihoyat, uchala g'altakni  $R_0, L, C$  ketma-ket ulangan o'zgaruvchan tok zanjirda vujudga keladigan tok

$$I = I_m \sin(\omega t \pm \varphi)$$

ko'rinishda bo'ladi.

Bu holda o'zgaruvchan tok zanjiri uchun Om qonunining ko'rinishi quyidagicha bo'ladi.

$$I_m = \frac{E_m}{\sqrt{R_0^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} \quad (9)$$

$$Z = \sqrt{R_0^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \quad (10)$$

elektr zanjirining to'la qarshiligi

$R_C$  – aktivlik qarshilik

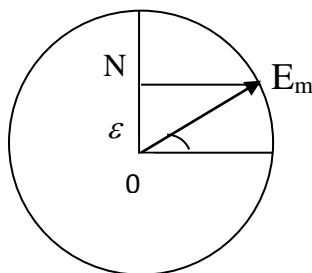
$\omega L, \frac{1}{\omega C}$  – reaktiv qarshilik.

(2), (4), (7), (9) formulalarga tok va kuchlanishning amplituda qiymatlari kiradi.

(9) tenglamalarni keltirib chiqarish uchun vektor diagrammadan foydalanamiz.

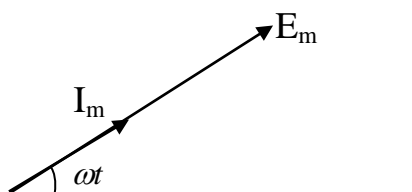
Butun zanjir bo'ylab o'tuvchi tok kuchini topish uchun aktiv qarshilikdagi  $U_0$  kondensatordagi  $U_C$  hamda g'altakdagi  $U_L$  kuchlanishlari vektor diagrammasini yasaylik. Sinusoidal o'zgaruvchan  $E_{YuK} Y_e = Y_{e_m} \sin \omega t$  ni soat strelkasi yo'nalishiga teskari  $\omega$  burchak tezligi bilan aylanayotgan  $Om = Y_{e_m}$  radius vektorning ordinatalar o'qiga proektsiyasini ON sifatida tasvirlash mumkin (4-rasm).

$E_{YuK}$  kuchning fazasi  $E_m$  radius vektorning absissalar o'qidan hisoblanadigan burilish burchagi  $\varphi$  ga teng ( $\varphi = \omega t$ ). Xuddi shunday o'zgaruvchan tok kuchini ham vektor diagramma yordamida tasvirlash mumkin.



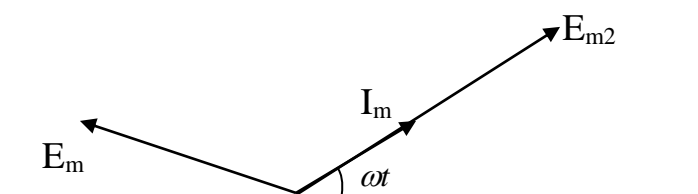
4-rasm. Vektor diagramma.

5-rasm da tok kuchlanishining amplituda qiymatlarining  $I_m, E_m$  zanjirda Omik qarshilik bo'lgan holdagi ( $I_m$  va  $Y_e$  orasidagi fazalar siljishi nolga teng) vektor diagrammasi ko'rsatilgan.



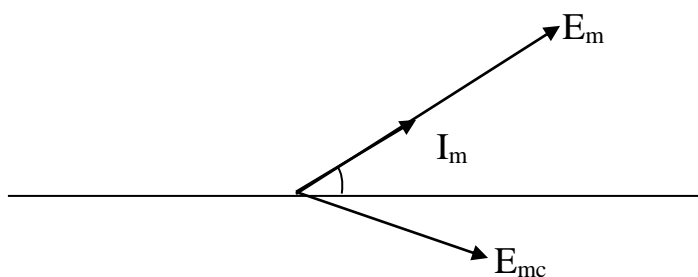
5-rasm. Zanjirdagi aktiv qarshilik bo'lgan holda vektor diagramma.

Agar zanjirdagi faqat induktiv qarshilik ulangan bo'lsa, induktiv qarshilik vujudga keladi. Bu holda tok kuchi faza jihatdan kuchlanishdan  $90^0$  orqada qoladi (6-rasm).



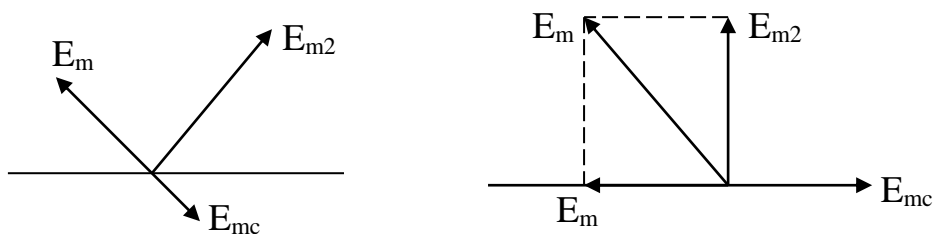
6-rasm. Zanjirda induktiv qarshilik bo'lgan holdagi vektor diagramma.

Agar zanjirda Omik qarshilik va sig'im qarshilik bo'lsa, u holda tok kuchi  $I_m$  kuchlanish  $E_m$  dan faza jihatdan  $90^\circ$  oldinga ketadi (7-rasm).



7-rasm. Zanjirda sig'im qarshilik bo'lgan holdagi vektor diagramma.

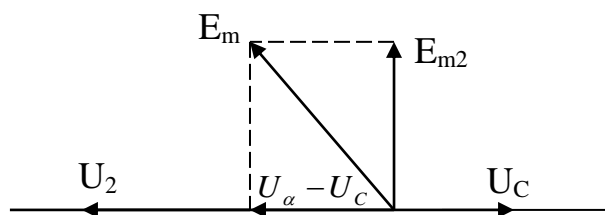
Ketma – ket ulangan aktiv qarshilik ( $R_0$ ) kondensator (sig'imi  $S$ ) va o'zinduksiya g'altagi (induktivligi  $L$ ) bo'lgan zanjirda  $\omega$  chastotali sinusoidal o'zgaruvchan EYuK berilgan bo'lsin. Zanjirning bu elementlari qarshiliklari  $R_0, R_c, R_l$  bilan ulardagi kuchlanishlarni esa  $U_0, U_c, U_l$  belgilaymiz. Zanjirdan umumiy  $I$  tok oqib o'tadi. Umumiy tok amplituda qiymati  $I_m$  ning va aktiv qarshilikdagi  $U_0$  kondensatoridagi  $U_c$  induktivlik g'altakdagi  $U_L$  kuchlanishlarining vektor diagrammasini yasaylik (8-rasm).



8-rasm. Zanjirda aktiv induktiv va sig'im qarshiliklar bo'lgan holdagi vektor diagramma.

Bu kuchlanishlarning geometrik yig'indisi tashqi elektr yurituvchi kuchning amplituda qiymati  $E_m$  ga teng. Bu kattalikni geometrik yig'ib  $E_{mR} = U_c$   $E_{mC} = U_c$ ,  $E_{mL} = U_L$

$$E_m = \sqrt{U_0^2(U_L - U_C)^2} \quad (11) \text{ ga ega bo'lamiz.}$$



9-rasm. Zanjirda  $L, R, C$  bo'lgan holdagi vektor diagramma.

Zanjirning bir qismidagi kuchlanish tushishi tok kuchi bilan zanjir qismining qarshiligi ko'paytmasiga teng.

$$U \text{ holda } U_c = I_m R_0; \quad U_L = I_m R_L = I_m \omega L$$

$$U_c = I_m R_c = I_m \frac{1}{\omega C} \quad (12)$$

(12) ni (11) ga qo'yib

$$E_m = \sqrt{(I_m R_0)^2 + (I_m R_L - I_m R_0)^2} = I_m \sqrt{R_0^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

ni hosil qilamiz, undan

$$I_m = \frac{E_m}{\sqrt{R_0^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} \quad (13)$$

tokning effektiv qiymatini aniqlaymiz.

$$I_{ef} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}; \quad E_{ef} = \frac{E_m}{\sqrt{2}}; \quad I_{ef} = \frac{E_m}{\sqrt{R_0^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$

Ishning birinchi qismida g'altakning induktivligi aniqlanishi zarur. Buning uchun 3-rasmdagi elektr sxemasi yig'iladi. Aktiv qarshiligi  $R_c$  induktiv qarshiligi  $R_L = \omega L$  bo'lgan g'altak o'zgaruvchan tok manbaiga ulanganida zanjirdan

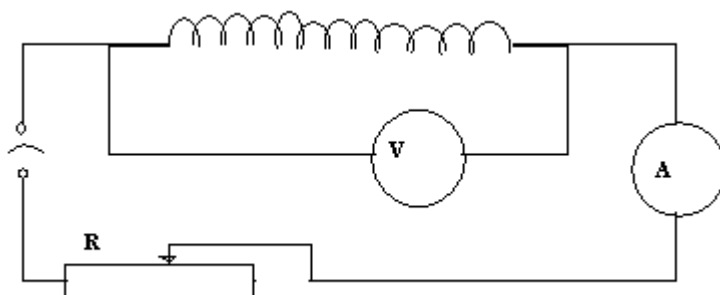
$$I_{ef} = \frac{E_{ef}}{\sqrt{R_0^2 + (R_0^2 + \omega^2 L^2)}} = \frac{E_{ef}}{Z_1}$$

tok o'tadi. Bundan,

$$Z = \frac{E_{ef}}{I_{ef}} \quad (14)$$

voltmetr g'altakka parallel, ampermetr esa ketma-ket ulangan.

$R$  – reostat yordamida zanjirdagi tokning ampermetr o'lchay oladigan qiymati o'rnatiladi.



3-rasm. Qurilma sxemasi.

$Y_{ef}, I_{ef}$  qiymatlarni zanjirga ulangan voltmetr va ampermetr ko'rsatadi.

Ikkinchi tomondan

$$Z_1 = \sqrt{R_0^2 + \omega^2 L^2}$$

ekanligini e'tiborga olib induktivlik koeffitsienti topiladi.

$$\text{YA'ni } L = \frac{\sqrt{Z_1^2 - R_0^2}}{\omega}$$

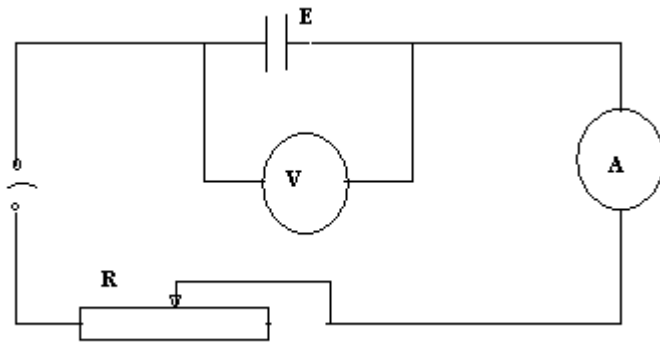
$$L = \frac{\sqrt{Z_1^2 - R_0^2}}{\omega} \quad (15)$$

bu erda:  $R_0$  – induktiv g'altakning aktiv qarshiligi

$\omega$  – o'zgaruvchan tokning doiraviy chastotasi bo'lib, shahar tarmog'ida

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu = 2\pi \cdot 50 = 314 \frac{1}{c}$$

ishning ikkinchi qismida kondensatorning sig'imi aniqlanadi. Buning uchun 4-rasmdagi elektr zanjiri yig'iladi.



4-rasm. Qurilma sxemasi.

Zanjirdan o'tayotgan tok kuchi

$$I_{ef} = \frac{E_{ef}}{\sqrt{R_0^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}} = \frac{E_{ef}}{Z_2}$$

ga teng, bundan,

$$Z_2 = \frac{E_{ef}}{I_{ef}} \quad (16)$$

$I_{ef}$  – qiymati zanjirga ulangan ampermetr yordamida

$E_{ef}$  – voltmetr yordamida o'lchanadi.

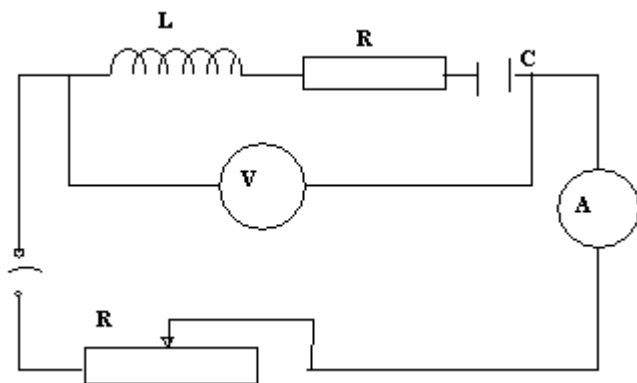
$Z_2 = \sqrt{R_0^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}$  formuladan C ni topiladi.

$E_{ef}$  – to'g'ridan – to'g'ri kondensator qoplamalaridan o'lchanadi. O'tkazgichlarning aktiv qarshiliklari juda ham kichik ekanligini ( $R \rightarrow 0$ ) e'tiborga olsak  $Z_2$  ni ko'rinishi ancha soddalashadi.

$$Z_2 = \frac{1}{\omega C} \text{ bundan } C = \frac{1}{\omega Z_2}$$

Ishning uchinchi qismida o'zgaruvchan tok uchun Om qonuni o'rganiladi. O'zgaruvchan tok manbaiga aktiv qarshiligi  $R_0$  induktivligi L bo'lgan g'altak, sig'imi C bo'lgan kondensator ketma – ket ulanadi.





5-rasm. Qurilma sxemasi.

To'liq zanjir uchun Om qonuni

$$I_{ef} = \frac{E_{ef}}{\sqrt{R_0^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} = \frac{E_{ef}}{Z} \quad (18) \text{ bo'ladi.}$$

Z – zanjir qarshiligi

Ampermetr va voltmetrning ko'rsatkichlaridan bunday zanjirning to'liq qarshiligi aniqlanadi.

$$Z = \frac{E_{ef}}{I_{ef}} \quad (19)$$

Bundan tashqari oldingi tajribalardan aniqlangan  $R_0, L, C$  larni qiymatini qo'yib,

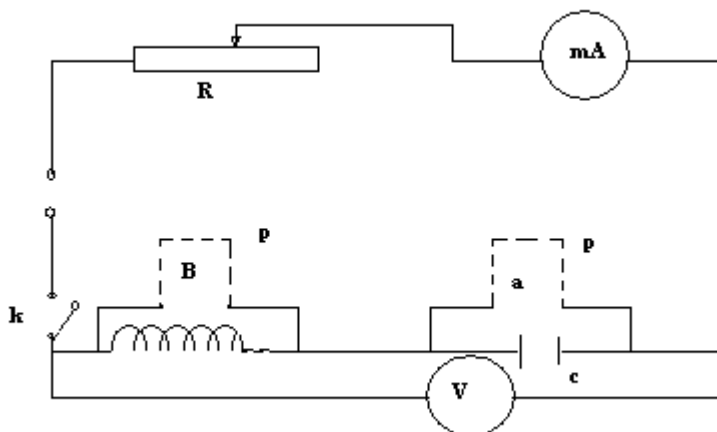
$$Z = \sqrt{R_0^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \quad (20)$$

dan to'la qarshilik hisoblanadi.

O'lchash natijasida topilgan Z ning qiymati (19) uning (20) formuladan hisoblangan qiymatiga mos kelishi o'zgaruvchan tok uchun Om qonuni to'g'riligidan darak beradi.

### ISHNI BAJARISH TARTIBI

Uchta vazifani bajarish uchun 6-rasmdagi elektr sxema yig'iladi.



6-rasm. Qurilma sxemasi.

1-vazifa.

### Induktivlik koeffitsientini aniqlash

1. Induktivlik koeffitsientini aniqlash uchun – «ulagich» «2» holatga qo'yiladi. Bundan kondensator zanjirdan uziladi tok induktiv g'altakdan va ulagichdan o'tadi.
2. Kalit o'zgaruvchan tok manbaiga ulanadi.
3. Reostat surgichi holatini o'zgartirib ampermetr va voltmetrning bir necha ko'rsatkichlari yozib olinadi.
4. (14) va (15) formulalardan  $Z_1$  va  $L$  hisoblanadi va jadval (1) ga yoziladi.

1-kuzatish jadvali

№	$R_0$	$I_{ef}$	$Z_1$	$L$

2-vazifa

### Kondensator sig'imini aniqlash.

1. Sig'imni aniqlash uchun «ulagich» P «v» holatga qo'yiladi. Induktiv g'altak zanjirdan uziladi va kondensator zanjirga ulanadi.
2. Kalit «K» o'zgaruvchan tok manbaiga ulanadi. Reostat surilgichi holatini o'zgartirib tok kuchini  $I_{ef}$  va kondensator qoplamalaridagi  $Y_{ef}$  ni bir necha qiymatlari yozib olinadi.
3. (16) va (17) formulalardan  $Z_2$  va «C» hisoblanadi va jadval (2) ga yoziladi.

## 2-kuzatish jadvali.

№	$I_{ef}$	$Y_{ef}$	$Z_2 = \frac{E_{ef}}{I_{ef}}$	$\Delta Z_1$	$C = \frac{1}{\omega Z_2}$	$\Delta C$
o'rtacha						

## 3-vazifa

## O'zgaruvchan tok uchun Om qonunini tekshirish

1. Zanjirdan «ulagich» olinadi. Induktivlik g'altagi va sig'imi ketma-ket ulanadi.
2. Kalit «K» o'zgaruvchan tok manbaiga ulanadi. Oldingi vazifalardagidek reostatning qarshiligini o'zgartirish bilan  $I_{ef}$  va  $Y_{ef}$  ni bir necha qiymatlari yozib olinadi.
3. (19) formula yordamida to'la qarshilik hisoblanadi va natijalar 3-jadvalga yoziladi.
4. (15) va (17) formulalardagi L va C ni qiymatini va berilgan  $R_0$  va ni qiymatlarini bilgan holda (19) formula yordamida to'la qarshilik hisoblanadi va jadvalga yoziladi.
5. O'lchashlar natijasida topilgan Z ning qiymati (19) va (20) formuladan hisoblangan qiymatiga yaqin kelishi o'zgaruvchan tok uchun Om qonuni to'g'riligidan dalolat beradi. Z ning hisoblangan qiymati bilan o'lchangan qiymati bir – biriga solishtiriladi.

## 3-kuzatish jadvali

№	$I_{ef}$	$Y_{ef}$	$Z_{um} = \frac{E_{ef}}{I_{ef}}$	$Z_{his} = \sqrt{R_0^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$
o'rtacha				

## Nazorat savollar

1. Induktiv va sig'im qarshiliklar formulasini yozing va ularning birligi Om ekanligini isbotlang.
2. O'zgaruvchan tok chastotasi induktiv va sig'im qarshilikka qanday ta'sir etadi.

3. Zanjirda induktiv g'altak bo'lgan holda tok va kuchlanish orasidagi faza siljishini tushuntiring.
4. Zanjirda sig'im qarshilik bo'lgan holda tok va kuchlanish orasidagi siljishni tushuntiring.
5. O'zgaruvchan tok uchun Om qonunini yozing.

### Foydalanilgan adabiyotlar

1. S.G.Kalashnikov. «Elektr».
2. I.V.Savelev «Fizika kursi», II-tom. «Elektr va magnetizm» «Fan» M., 1983.
3. R.V.Telesnin, V.F.Yakovlev, «Fizika kursi», T. 1980.
4. V.I.Iveronova. Fizikadan praktikum. «Elektr va magnetizm» «O'qituvchi», T., 1973.
5. O.Axmadjanov «Fizika kursi», II-tom. «O'qituvchi», T., 1984.
6. G.A.Zisman, O.I.Todes, «Umumiy fizika kursi», II-tom. T., 1989.
7. D.V.Sivuxin «Umumiy fizika kursi», T. 1984.