

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS
TA'LIM VAZIRLIGI**

**TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI TERMIZ
FILIALI**

**TRANSPORT TIZIMLARI VA TEXNOLOGIK MASHINALAR
KAFEDRASI**

B.X.XUSHBOQOV, M.R.SHAYMANOV

ELEKTROTEXNIKA VA ELEKTRONIKA

*5310600–Yer usti transport tizimlari va ularning ekspluatatsiyasi
(transport turlari bo'yicha);*

5320300–Texnologik mashinalar va jixozlar (tarmoqlar bo'yicha);

*5320900–Yengil sanoat buyumlari konstruksiyasini ishlash va texnologiyasi
(ishlab chiqarish turlari bo'yicha);*

5630100–Ekologiya va atrof-muhit muhofazasi (tarmoqlar va sohalar bo'yicha)

Ta'lim yo'nalishlaridagi 2-bosqich talabalari uchun

“SINUSOIDAL O'ZGARUVCHAN TOK ZANJIRLARINI HISOBLASH”

**mavzusida hisob-grafik ishini mustaqil bajarish uchun
USLUBIY KO'RSATMA**

TERMIZ-2019

UDK 621.39

Elektrotexnika va elektronika asoslari. Uslubiy ko'rsatma (2-qism). Xushboqov B.X., Shaymanov M.R. TDTU Termiz filiali, Termiz: 2019, 34 – bet.

“Elektrotexnika va elektronika” fanidan **“*sinusoidal o'zgaruvchan tok zanjirlarini hisoblash*”** mavzusida hisob-grafik ishini mustaqil bajarish uchun mo'ljallangan ushbu uslubiy ko'rsatma 5310600–Yer usti transport tizimlari va ularning ekspluatatsiyasi (transport turlari bo'yicha); 5320300–Texnologik mashinalar va jixozlar (tarmoqlar bo'yicha); 5320900–Yengil sanoat buyumlari konstruksiyasini ishlash va texnologiyasi (ishlab chiqarish turlari bo'yicha) va 5630100–Ekologiya va atrof-muhit muhofazasi (tarmoqlar va sohalar bo'yicha) ta'lim yo'nalishi talabalari nazariy va amaliy mashgulotlarda olgan bilimlari asosida sinusoidal o'zgaruvchan tok zanjirlarini mustaqil hisoblash ko'nikmasini olish uchun xizmat qiladi.

Uslubiy ko'rsatma filial O'quv-uslubiy Kengashi tomonidan nasrga tavsiya etilgan.

Taqrizchilar: Z.R.Xudoyqulov – TerDU, “Bino-inshootlar arxitekturasi va qurilishi” kafedrasini mudiri, t.f.n., dotsent.

F.J.Nosirov – TDTU Termiz filiali “Umumkasbiy fanlar” kafedrasini dotsenti, t.f.n., dotsent.

© Toshkent davlat texnika universiteti Termiz filiali, 2019.

I.Sinusoidal o'zgaruvchan tok zanjirlariga doir qisqacha nazariy ma'lumotlar

1.Bir fazali sinusoidal tok elektr zanjirlari

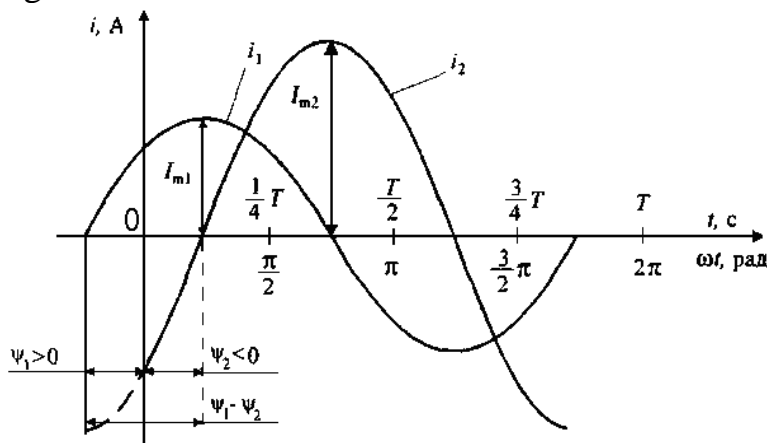
Amaliy elektrotexnikada asosiy rolni o'zgaruvchan tok o'ynaydi. Hozirgi vaqtga kelib deyarli butun elektr energiya o'zgaruvchan tok elektr energiyasi ko'rinishida ishlab chiqariladi. O'zgaruvchan tokni o'zgarmas tokka nisbatan asosiy afzalligi-uni uzatishda kuchlanishni oson va kam isrof bilan o'zgartirish imkoniyatidir. Bundan tashqari, o'zgaruvchan tok generatorlari va motorlari o'zgarmas tok mashinalariga nisbatan tuzilishi sodda, ishlashda ishonchli va narxi arzon.

Yo'nalishi va kattaligi davriy ravishda o'zgarib turuvchi EYUK, tok va kuchlanish o'zgaruvchan EYUK, tok va kuchlanish deyiladi. *Vaqt bo'yicha sinusoidal o'zgaruvchan EYUK, tok va kuchlanish sinusoidal EYUK, tok va kuchlanish deb ataladi.* Sinusoidal tok quyidagicha ifodalanadi:

$$i = I_m \sin(\omega t + \psi_i),$$

bunda i - tokning oniy qiymati, I_m - uning maksimal (amplituda) qiymati, ω - burchak chastota, ψ_i - boshlang'ich faza.

1 – rasmda chastotalari bir hil, amplitudalari va boshlang'ich fazalari turlicha bo'lgan sinusoidal toklar $i_1 = I_{m1} \sin(\omega t + \psi_1)$; $i_2 = I_{m2} \sin(\omega t + \psi_2)$. ning grafiklari keltirilgan.



1-rasm

Davr T – bu muayyan vaqt oralig'i bo'lib, tokning o'zgarishi takrorlanadi, ya'ni to'liq bitta to'liq o'zgarishi kuzatiladi. Bir sekunddagi davrlar *soni chastota f* deb ataladi. $f = 1/T$.

Faza siljishi fazalar farqi bilan o'lchanadi va u boshlang'ich fazalar ayirmasiga teng. 1- rasmda $\psi_1 - \psi_2 > 0$, ya'ni i_1 tok faza bo'yicha i_2 tokdan $\psi_1 - \psi_2$ burchakga ilgarilab ketgan, shuningdek, i_2 tok faza bo'yicha i_1 tokdan $\psi_1 - \psi_2$ burchakga orqada qolib ketgan.

Agar bir xil chastotali sinusoidal funksiyalar bir xil boshlang'ich fazali bo'lsa, ular fazalari *bo'yicha mos keladi deyiladi*; agar boshlang'ich fazalar farqi $\pm\pi$ bo'lsa, ular fazalari *bo'yicha qarama-qarshi deyiladi*. Agar boshlang'ich fazalar farqi $\pm\pi/2$, bo'lsa, ular fazalari *bo'yicha kvadraturada* joylashgan bo'ladi. $\omega = 2\pi f = 2\pi/T$ - o'zgaruvchan tokning burchak chastotasi rad/sek yoki sek⁻¹ da o'lchanadi. Sinusning argumenti, ya'ni $(\omega t + \psi_i)$ kattalik faza deb ataladi. Faza tebranishning oniy t vaqtdagi holatini tasvirlaydi. Elektrotexnik qurilmalar uchun kuchlanishning chastotasi standartlashtirilgan. Evropada va mustaqil davlatlar hamdo'stligi hududlarida 50 Gs, AQSH va Yaponiyada esa 60 Gs qilib olingan. Sanoatda maxsus maqsadlar uchun turli xil chastotali o'zgaruvchan toklardan keng foydalaniladi. Masalan, tezyurar yuritmalarda chastotasi 200-400 Gs, elektron qurilmalarda-500 Gs – 50 MGs va h.k. Radiotexnika, televideniya $3 \cdot 10^{10}$ Gs gacha va sanoat elektronikasining ko'p qurilmalarida nisbatan kichik miqdordagi energiyani elektromagnit to'lqinlar vositasida simsiz uzatish uchun yuqori chastotali o'zgaruvchan toklar zarur. Har qanday sinusoidal o'zgaruvchan funksiya uchta kattalik bilan aniqlanadi: amplituda qiymati, burchak chastotasi va boshlang'ich fazasi. Past chastotali sinusoidal EYUK va toklar sinxron generatorlar yordamida hosil qilinadi. Yuqori chastotali sinusoidal EYUK va toklar esa lampali yoki yarim o'tkazgichli generatorlar yordamida olinadi.

Sinusoidal o'zgaruvchan kattalikning juda keng ishlatiladigan qiymati bu uning ta'sir etuvchi qiymatidir. U effektiv yoki o'rtacha kvadratik qiymat deb ham ataladi. Tokning ta'sir etuvchi qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T I_m^2 \sin^2(\omega t + \psi_i) dt} = \sqrt{\frac{I_m^2}{2 \cdot T} \int_0^T [1 - \cos(2\omega t + 2\psi_i)] dt} =$$

$$= \sqrt{\frac{I_m^2}{2T} (T - 0)} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0,707 I_m.$$

Demak, sinusoidal tokning ta'sir etuvchi qiymati davr mobaynidagi o'rta kvadratik qiymatiga teng va u tok maksimal qiymatining 70,7 foizini tashkil etadi.

EYUK va kuchlanishning ta'sir etuvchi qiymatlari mos ravishda

$$E = E_m / \sqrt{2}, \quad U = U_m / \sqrt{2} \quad \text{ga teng.}$$

Rezistordan bir xil vaqtda o'tgan sinusoidal va o'zgarmas toklar energiyasining issiqlik energiyasiga aylanish natijasini taqqoslab ko'ramiz. Rezistordan sinusoidal tok o'tganda bir davr ichida ajralayotgan issiqlik miqdori:

$$Q = \int_0^T ri^2 dt = r I_m^2 \frac{T}{2}.$$

SHu vaqt ichida o'zgarmas tok ta'sirida ajralib chiqqan issiqlik miqdori:

$$Q = rI^2T.$$

Ularni o'zaro tenglab, quyidagini hosil qilamiz:

$$rI_m^2(T/2) = rI^2T \text{ yoki } I = I_m / \sqrt{2}.$$

SHunday qilib, sinusoidal tokning ta'sir etuvchi qiymati miqdor jihatdan o'zgarmas tokning shunday qiymatiga tengki, unda sinusoidal va o'zgarmas toklar teng vaqt mobaynida rezistordan o'tganda undan ajralib chiqqan issiqlik miqdorlari o'zaro teng bo'ladi. Ko'pchilik (elektromagnit, ferrodinamik, elektrodinamik, issiqlik va h.k. sistemali) o'lchash asboblari sinusoidal kattalikning ta'sir etuvchi (effektiv) qiymatini o'lchaydi.

Sinusoidal kattalikning amplituda qiymatini ossillograflarda o'lchash yoki ta'sir etuvchi qiymat orqali hisoblab topish mumkin.

Sinusoidal o'zgaruvchan kattaliklarning o'rta qiymati deb, uning yarim davr ichidagi o'rtacha qiymati tushuniladi. Demak, sinusoidal tokning o'rtacha qiymati:

$$I_{\text{ypma}} = \frac{1}{T/2} \int_0^{T/2} I_m \sin \omega t \, dt = \frac{2}{\pi} I_m,$$

ya'ni sinusoidal tokning o'rtacha qiymati amplituda qiymatning $2/\pi = 0,63$ qismini tashkil qiladi. Sinusoidal EYUK va kuchlanishlar uchun ham xuddi shunday tengliklar o'rinli:

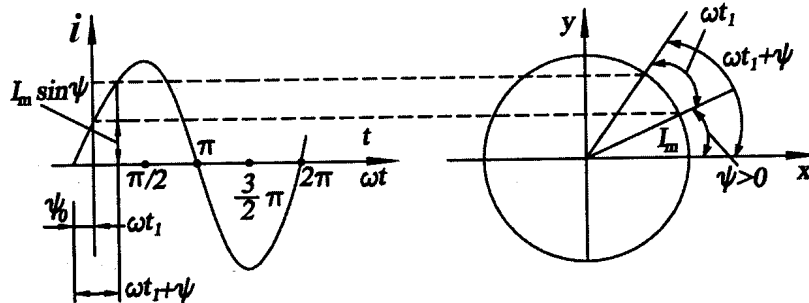
$$E_{\text{ypma}} = 2/\pi E_m, \quad U_{\text{ypma}} = 2/\pi U_m.$$

Sinusoidal tokning o'rtacha qiymatini magnitoelektrik asbobga ketma-ket yarim o'tkazgichli diod ulab o'lchash mumkin.

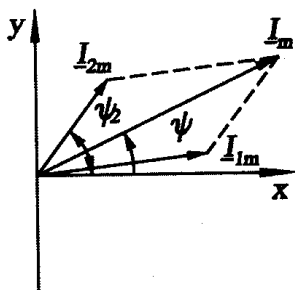
Sinusoidal kattaliklarni vektorlar bilan tasvirlash

Matematika kursidan ma'lumki, ωt argumentli sinusoidal funksiya soat mili harakatiga qarama-qarshi yo'nalishda ωt radianga buriluvchi birlik radiusni ordinata o'qidagi proeksiyasi bilan aniqlanadi. Sinusoidal tok i ga soat mili harakatiga teskari yo'nalishda $\omega = \text{const}$ burchak tezlik bilan uzluksiz aylanuvchi I_m radiusli vektor mos keladi. Sinusoida dekart koordinatalar sistemasida aylanuvchi vektor bilan tasvirlanadi (2-rasm). $i = I_m \sin(\omega t + \psi)$ tokni aylanuvchi vektor ko'rinishda tasvirlash uchun uzunligi I_m ga teng bo'lgan vektor absissa o'qiga nisbatan ψ burchak (ψ burchak musbat qiymatga ega bo'lsa, absissa o'qidan soat mili harakatiga teskari yo'nalishda olinadi, manfiy qiymatga ega bo'lsa- aksincha) ostida qo'yiladi va u koordinata boshiga nisbatan soat mili harakatiga qarama-qarshi yo'nalishda ω burchak tezlik bilan aylanib turadi. I_m vektorning istalgan $t=t_1$ vaqtdagi ordinata o'qiga proeksiyasi sinusoidal tokning shu vaqtdagi oniy qiymatiga teng bo'ladi, ya'ni $i(t_1) = I_m \sin(\omega t_1 + \psi)$.

Sinusoidal funksiyani aylanuvchi vektor ko‘rinishida tasvirlash uchun uni xu tekisligida $t = 0$ vaqt uchun tasvirlash kifoya (2 - rasm). Sinusoidal kattaliklarni qo‘shish yoki ayirishda ularning vektor tasvirlaridan foydalanilsa, amallarni bajarish ancha osonlashadi.



2-rasm



3-rasm

Masalan, $i_1 = I_{1m} \sin(\omega t + \psi_1)$ va $i_2 = I_{2m} \sin(\omega t + \psi_2)$ toklarni qo‘shib ko‘ramiz. 3-rasmda i_1 va i_2 toklar I_{1m} va I_{2m} vektorlar ko‘rinishida tasvirlangan. Natijaviy tok $i_1 + i_2 = I_m \sin(\omega t + \psi)$.

Amalda ko‘pincha oniy tokni emas, balki uning ta‘sir etuvchi qiymatini bilish zarur bo‘ladi. SHuning uchun ham amplituda vektorlari emas, balki ta‘sir etuvchi tok vektorlari qo‘shiladi.

2. Sinusoidal tok zanjirlarida rezistor, induktiv g‘altak va kondensator

O‘zgarmas tok zanjirlaridan farqli o‘laroq, sinusoidal tok zanjirlarida rezistordan tashqari induktiv g‘altak va kondensator kabi elementlardan keng foydalaniladi.

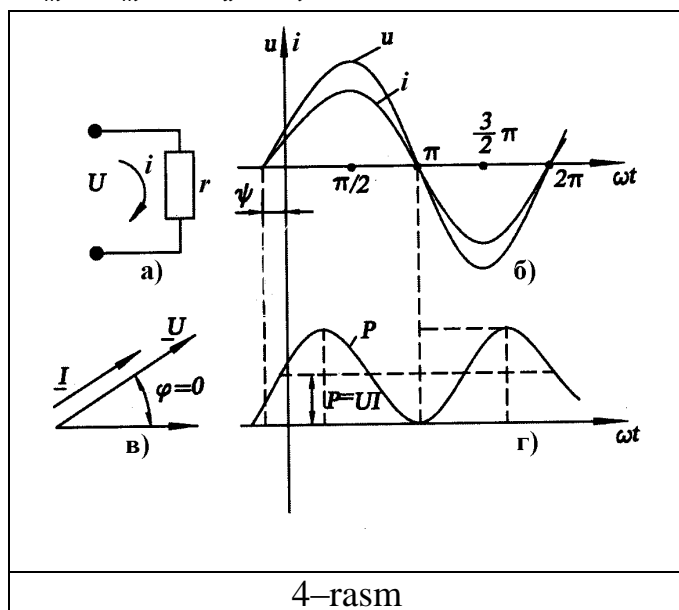
Sinusoidal tok zanjirlarida energiyani issiqlik energiyasiga aylantiruvchi elementlar *aktiv qarshiliklar deb ataladi*. Elektr zanjirlarining energiya davriy ravishda elektr yoki magnit maydoni energiyasi ko‘rinishida to‘planib turuvchi elementlari *reaktiv elementlar*, ularni o‘zgaruvchan tokka ko‘rsatadigan qarshiliklari esa *reaktiv qarshiliklar* deb ataladi.

Induktiv g‘altak va kondensator zanjirning reaktiv elementlari hisoblanadi. Ushbu elementlardan tashkil topgan sinusoidal tok zanjirlarini hisoblashdan oldin bu elementlarda tok va kuchlanishlar o‘rtasidagi munosabatlarni o‘rganib chiqamiz.

Rezistiv elementli sinusoidal tok zanjiri

Rezistiv elementdan tarkib topgan oddiy elektr zanjir sxemasi 4-rasmda keltirilgan. Sxemada r —rezistor. Sinusoidal kuchlanish $u = U_m \sin(\omega t + \psi_u)$ ta‘sirida rezistor r dan o‘tuvchi tok i Om qonuniga binoan:

$i = \frac{u}{r} = (U_m / r) \sin(\omega t + \psi_i) = I_m \cdot \sin(\omega t + \psi_i)$, ifoda bilan aniqlanadi, bu erda $I_m = U_m / r$; $\psi_u = \psi_i$.



4,b–rasmda kuchlanish va tok oniy qiymatlarining grafigi keltirilgan. Demak, rezistiv elementli elektr zanjirdagi tok shakli sinusoidal bo‘lib, uning chastotasi va boshlang‘ich fazasi manba kuchlanishi chastotasi va boshlang‘ich fazasi bilan bir xil bo‘ladi. Kuchlanish va tokning o‘zaro faza siljish burchagi $\psi = \psi_u - \psi_i = 0$ ga teng (4,v – rasm).

Rezistiv elementli zanjir uchun Om qonuni kuchlanish va tokning

taʼsir etuvchi qiymatlari orqali quyidagicha yoziladi:

$$I = U / r.$$

Ushbu zanjir uchun oniy quvvat quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$p = ui = U_m I_m \sin^2(\omega t + \psi_u) = U_m I_m \left[\frac{1 - \cos 2(\omega t + \psi_u)}{2} \right] = UI - UI \cos 2(\omega t + \psi_u).$$

Quvvatning T davrdagi o‘rta qiymati:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p dt = \frac{1}{T} UI \int_0^T dt - \frac{1}{T} UI \int_0^T \cos 2(\omega t + \psi_u) dt = UI = rI^2 = U^2 / r.$$

Oniy quvvatning o‘zgarish grafigi 4,g–rasmda keltirilgan.

Rezistorda oniy quvvat noldan $2P = 2UI$ qiymatigacha pulsatsiyalanishi rasmdan ko‘rinib turibdi. Demak, rezistiv elementli zanjirda manba quvvati rezistorda issiqlikka aylanib, to‘la isrof bo‘ladi.

Maʼlumki, o‘tkazgichning qarshiligi o‘zgaruvchan tokda o‘zgarmas tokka nisbatan kattaroq bo‘ladi. Bunga sirt effekti, uyurmaviy toklar va o‘tkazgich atrofiga sochilgan elektromagnit maydon energiyasi sabab bo‘ladi.

Induktiv elementli sinusoidal tok zanjiri

Amalda har qanday induktiv g‘altak aktiv qarshilik r va induktivlik L ga ega. Induktiv g‘altak sxemada ko‘pincha ketma-ket ulangan rezistor (aktiv qarshilik) va induktiv elementlari bilan tavsiflanadi. Sxemada faqat induktiv element L ni ajratib olamiz va $r=0$ deb hisoblab, ideal induktiv g‘altakdagi jarayonni tahlil qilamiz.

Agar induktiv elementdan $i = I_m \sin \omega t$ tok o'tsa, unda o'zinduksiya hodisasiga asosan EYUK hosil bo'ladi (5 – rasm):

$$e_L = -L(di/dt) = -\omega LI_m \cos \omega t = -\omega LI_m \sin(\omega t + 90^\circ) = -E_m \sin(\omega t + 90^\circ)$$

5,a-rasmda EYUK e_L ning musbat yo'nalishi strelka bilan ko'rsatilgan; uning yo'nalishi i tokning musbat yo'nalishi bilan bir xildir. a va b nuq-talar potentsiallari farqini aniqlaymiz. b nuqtadan a nuqta tomon siljiganimizda o'zinduksiya EYUK e_L ning yo'nalishiga qarama-qarshi harakat qilamiz, shuning uchun $\varphi_a = \varphi_b - e_L$, bundan

$$u_{ab} = \varphi_a - \varphi_b = -e_L = L(di/dt).$$

Kuchlanish U_{ab} ning yo'nalishi tokning musbat yo'nalishi bilan bir xil. Induktivlikdagi kuchlanish:

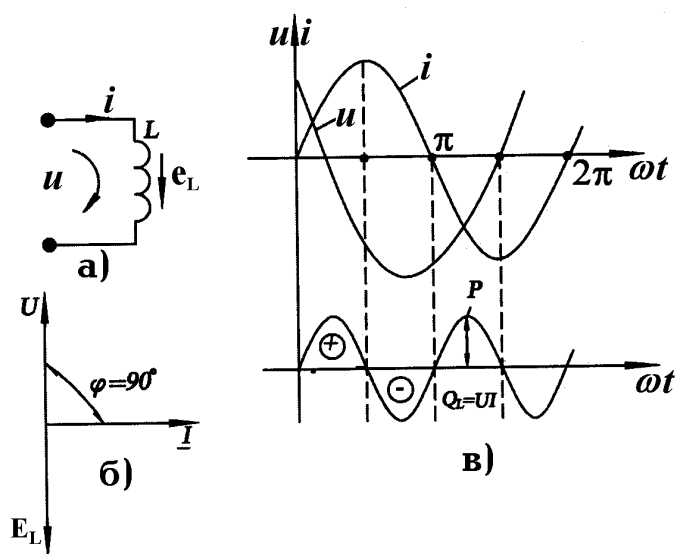
$$u_{ab} = u_L = -e_L = \omega LI_m \sin(\omega t + 90^\circ) = U_m \sin(\omega t + 90^\circ).$$

Bu ifodadan $U_m = \omega LI_m$.

ωL ko'paytma x_L deb belgilanadi va induktiv qarshilik deb ataladi, ya'ni:

$$x_L = \omega L,$$

uning o'lchami $[x_L] = [\omega] \cdot [L] = [(1/c) \cdot OM \cdot c] = [OM]$.



5-rasm

SHunday qilib, induktivlik o'zgaruvchan tokka $x_L = \omega \cdot L$ ga teng bo'lgan qarshilik ko'rsatadi. U chastotaga to'g'ri proporsional, ya'ni chastota ω oshsa, x_L ko'payadi va aksincha.

Induktiv g'altakda kuchlanish vektori tok vektoriga nisbatan faza jihatidan 90° oldinda yuradi (5,b-rasm). O'zinduksiya EYUKning vektori kuchlanishga nisbatan teskari yo'nalgan.

5,v-rasmda i , u , p lar oniy qiymatlarining grafigi keltirilgan. Oniy quvvat:

$$P = ui = U_m \cos \omega t \cdot I_m \sin \omega t = \frac{U_m I_m}{2} \sin 2\omega t = UI \sin 2\omega t.$$

Uning grafigi noldan o'tadi, chunki kuchlanish yoki tok noldan o'tganda $r=0$. Davrning birinchi choragida, u va i lar musbat bo'lganda r ham musbatdir.

Absissa o'qi va oniy quvvat egri chizig'i bilan chegaralangan yuza vaqt birligidagi energiya - quvvatdir. Bunda manbadan qabul qilingan energiya magnit maydonini hosil qiladi, ya'ni magnit maydoni energiyasiga aylanadi. Davrning ikkinchi choragida esa, tok zanjirda maksimumdan nolgacha kamayadi, bu holda magnit maydonining energiyasi manbaga qaytariladi, oniy quvvat esa, manfiy. Davrning uchinchi choragida manbadan yana energiya qabul qilinadi va magnit maydoni hosil bo'ladi, keyingi chorakda esa, manbaga qaytariladi va hokazo, ya'ni energiya davriy ravishda induktiv elementda magnit maydonini hosil qiladi yoki induktiv element energiyani orqaga - manbaga qaytaradi. *Iste'molchi bilan manba o'rtasida bir turdan ikkinchi turga o'tib sarf bo'lmaydigan va manbaga qaytariladigan energiya reaktiv energiya deb ataladi. Uning quvvatini esa, ko'rib chiqilayotgan zanjir uchun induktiv xarakterdagi reaktiv quvvat deyiladi:*

$$Q_L = UI = I^2 x_L [Bap]$$

Reaktiv quvvat aktiv quvvatdan farqli ravishda Var - volt amper reaktivlarda o'lchanadi.

Rezistor va induktiv g'altakdan iborat zanjir

O'zgaruvchan tok ta'siridagi real induktiv g'altak aktiv va induktiv qarshilikdan iborat. Induktiv g'altakning ekvivalent sxemasi 6,a-rasmda keltirilgan.

G'altakdan $i = I_m \sin(\omega t + \psi_i)$ tok o'tmoqda deb, faraz qilaylik. Kirxgofning ikkinchi qonuniga binoan oniy qiymatlar uchun:

$$u = u_r + u_L = ir + L di / dt,$$

bunda, u_r -induktiv g'altakning aktiv qarshiligidagi kuchlanish:

$$u_r = ir = I_m r \sin \omega t,$$

u_L -induktiv qarshilikdagi kuchlanish:

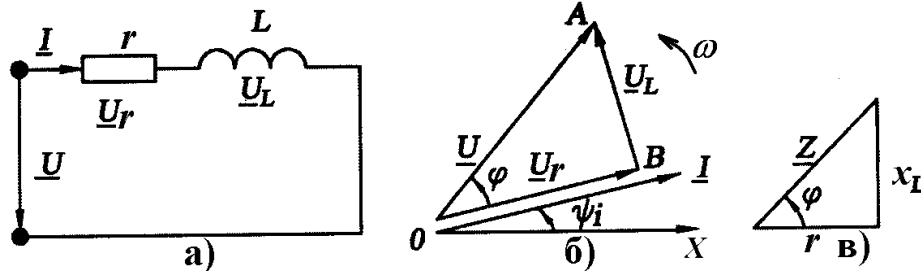
$$\begin{aligned} u_L &= L \frac{di}{dt} = L \frac{d[I_m \sin(\omega t + \psi_i)]}{dt} = \omega L I_m \cos(\omega t + \psi_i) = \\ &= U_{Lm} \sin(\omega t + \psi_i + 90^\circ). \end{aligned}$$

Kuchlanishlarning ta'sir etuvchi qiymatlari uchun oniy qiymatlarni quyidagicha yozish mumkin: $\underline{U} = \underline{U}_r + \underline{U}_L$.

Tok va kuchlanishlar vektor diagrammasini (6,b-rasm) quyidagi ketma-ketlikda quramiz. (x, y) koordinata tekisligida I tok vektorini tasvirlaymiz.

Undan keyin qarshilikning aktiv tashkil etuvchisidagi kuchlanish \underline{U}_r vektorini quramiz. Bu vektor tok bilan bir xil fazada bo‘ladi. \underline{U}_L kuchlanish vektori tok vektoridan 90° ga ilgarilaydi. SHu vektorlarning yig‘indisi manba kuchlanishi vektorini beradi va bu vektor tok vektoriga nisbatan φ burchakka ilgarilaydi.

Diagrammaga ko‘ra: $U^2 = U_r^2 + U_L^2 = I^2 r^2 + I^2 x_L^2$, bundan, $I = \frac{U}{\sqrt{r^2 + x_L^2}} = \frac{U}{z}$, bunda $z = \sqrt{r^2 + x_L^2}$ - zanjirning to‘la qarshiligi.



6- rasm

6,b – rasmda keltirilgan vektor diagrammadagi OAV uchburchak kuchlanishlar uchburchagi deb ataladi.

Tok fazasi bilan bir xil bo‘lgan kuchlanishning tashkil etuvchisi uning *aktiv tashkil etuvchisi* deyiladi:

$$U_a = U_r = U \cos \varphi = Ir.$$

Tok vektoriga perpendikulyar bo‘lgan kuchlanishning tashkil etuvchisi kuchlanishning *reaktiv tashkil etuvchisi* deyiladi:

$$U_p = U_L = U \sin \varphi = Ix_L.$$

Agar kuchlanishlar uchburchagi tomonlarini tokning ta’sir etuvchi qiymatiga bo‘linsa, u holda *qarshiliklar uchburchagi* hosil bo‘ladi (6,v-rasm). Qarshiliklar uchburchagidagi fazalar siljishi va zanjir parametrlari orasidagi munosabatlarni hosil qilamiz:

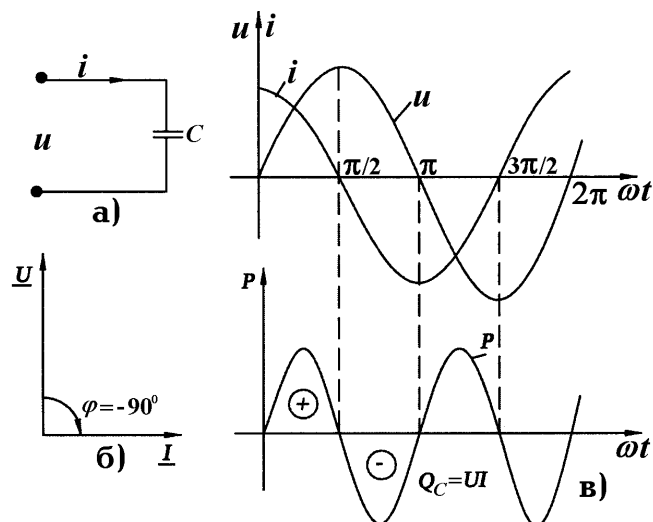
$$r = z \cos \varphi, \quad x_L = z \sin \varphi, \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{x_L}{r}, \quad \varphi = \operatorname{arctg} \frac{x_L}{r}.$$

Sig‘im elementli sinusoidal tok zanjiri

Agar kondensatorga berilgan kuchlanish (7-rasm) vaqt bo‘yicha o‘zgarmasa, unda kondensator qoplamalaridan birida yig‘ilgan zaryad $q = CU$, ikkinchisidagi esa $q = -CU$ bo‘ladi, bu erda S – kondensatorning sig‘imi. Zaryadlar miqdori o‘zgarmas bo‘lib, kondensatordan tok o‘tmaydi, chunki $i = dq/dt = 0$.

Agar kondensatorga berilgan kuchlanish vaqt bo‘yicha sinusoidal o‘zgarsa, ya’ni $u = U_m \sin \omega t$ bo‘lsa, u holda undagi zaryad q ham sinusoidal qonun

bo'yicha o'zgaradi: $q = CU = CU_m \sin \omega t$ va kondensator davriy ravishda zaryadlanadi va zaryadsizlanadi. Kondensatorning davriy zaryadlanishi esa zanjirdan mos ravishda davriy tok o'tishiga sabab bo'ladi:



7-rasm.

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{d}{dt}(CU_m \sin \omega t) = \omega CU_m \cos \omega t = I_m \sin(\omega t + 90^\circ)$$

Kondensatorlarda tokning musbat yo'nalishi kuchlanishning musbat yo'nalishi bilan bir xil (7,a-rasm). Kondensatoridan o'tayotgan tok faza jihatdan kuchlanishga nisbatan 90° oldinda bo'ladi (7,b-rasm). Tokning amplituda qiymati kuchlanish amplitudasining sig'im qarshiligiga nisbati bilan aniqlanadi:

$$I_m = \frac{U_m}{x_c} = \frac{U_m}{1/\omega C} = \omega CU_m, \text{ bu erda, } x_c = \frac{1}{\omega C} \left[\frac{1}{(1/C)K_L/B} \right] = \left[\frac{B}{A} \right] = [O_M] -$$

sig'im qarshiligi.

Sig'im qarshiligi chastotaga teskari proporsionaldir, ya'ni chastota oshsa, sig'im qarshiligi kamayadi va aksincha. i, u, p lar oniy qiymatlarining grafigi 7,v-rasmda keltirilgan.

Zanjirdagi oniy quvvat:

$$p = ui = U_m \sin \omega t I_m \cos \omega t = \frac{U_m I_m}{2} \sin 2\omega t = UI \sin 2\omega t.$$

Davrning birinchi choragida kondensator manbadan energiyani qabul qilib o'zida elektr maydoni hosil qiladi. Davrning ikkinchi choragida kuchlanish kondensatorlarda maksimumdan nolgacha kamayadi va yig'ilgan elektr maydoni energiyasi orqaga-manbaga qaytariladi. Oniy quvvat bu vaqtda manfiy. Davrning uchinchi choragida energiya yana elektr maydon energiyasi ko'rinishida kondensatorlarda yig'iladi va keyingi choragida esa, orqaga-manbaga qaytadi va hokazo.

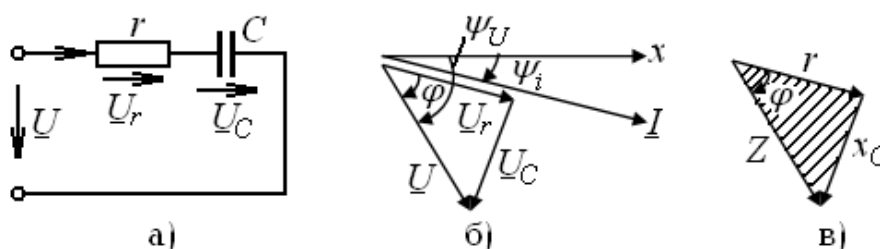
Agar $i = C \frac{du_c}{dt}$ tenglamani integrallasak, u holda quyidagini hosil qilamiz:

$$u_c = \frac{1}{C} \int i dt .$$

Bu tenglama yordamida kondensator kuchlanishini undan o'tayotgan tok orqali aniqlash mumkin.

Rezistor va kondensatordan iborat zanjir

Zanjirdagi (8,a-rasm) kirish kuchlanishning ta'sir etuvchi qiymati Kirxgofning ikkinchi qonuniga ko'ra $\underline{U} = \underline{U}_r + \underline{U}_C$ ga teng.



8 –rasm

Zanjirdan o'tadigan tok $i = I_m \sin(\omega t + \psi_i)$ va $\psi_i < 0$ deb vektor diagrammani quramiz. Tok vektorini absissa o'qiga nisbatan ψ_i burchak ostida manfiy, ya'ni soat strelkasi harakati yo'nalishida quramiz (8,b-rasm). Rezistordagi \underline{U}_r kuchlanish vektori \underline{I} tok vektori bilan faza bo'yicha mos tushadi, kondensatordagi kuchlanish vektori \underline{U}_C vektoridan 90° ga orqada qoladi. Ikkita vektorning yig'indisi manba kuchlanishi \underline{U} vektorini hosil qiladi. Bu vektor diagrammadan:

$$I = \frac{U}{\sqrt{r^2 + x_C^2}} = \frac{U}{z}, \text{ bu erda } z = \sqrt{r^2 + x_C^2} \text{ -zanjirning to'la qarshiligi. Qarshiliklar}$$

uchburchagi 8,v-rasmda keltirilgan.

Zanjir elementlaridagi kuchlanishlarning oniy qiymatlari:

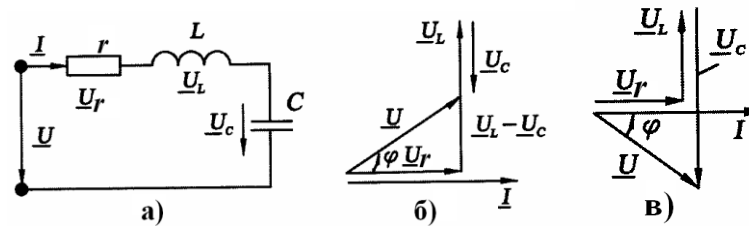
$$u_r = I_m r \sin(\omega t + \psi_i) = U_{mr} \sin(\omega t + \psi_i),$$

$$u_C = I_m x_C \sin(\omega t + \psi_i - 90^\circ) = U_{mC} \sin(\omega t + \psi_i - 90^\circ),$$

$$u = I_m z \sin(\omega t + \psi_i + \varphi) = U_m \sin(\omega t + \psi_i - \varphi).$$

3.Rezistor, induktiv g'altak va kondensator ketma – ket ulangan sinusoidal tok zanjiri

r , L va S elementlari ketma – ket ulangan zanjir (9,a-rasm) dan $i = I_m \sin \omega t$ sinusoidal tok o'tganda uning kirish qismalarida elementlarda pasaygan sinusoidal kuchlanishlarning algebraik yig'indisiga teng bo'lgan kuchlanish hosil bo'ladi.



9 - rasm

Kirxgofning 2 - qonuniga ko'ra:

$$u = u_r + u_L + u_C \text{ yoki } \underline{U} = \underline{U}_r + \underline{U}_L + \underline{U}_C.$$

r qarshilikdagi kuchlanish faza jihatdan tok bilan mos, L induktivlikdagi kuchlanish tokdan 90° oldinda, S sig'imdagi kuchlanish esa tokdan 90° orqada bo'ladi (9,b-rasm). Om qonunidan foydalanib quyidagini yozishimiz mumkin:

$$\begin{aligned} u &= ri + L \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \int idt = rI_m \sin \omega t + \omega LI_m \cos \omega t - \frac{I_m}{\omega C} \cos \omega t = \\ &= rI_m \sin \omega t + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right) I_m \cos \omega t = rI_m \sin \omega t + xI_m \cos \omega t. \end{aligned}$$

Bu tenglama kuchlanishlar oniy qiymatlari uchun Kirxgofning 2 - qonunining trigonometrik shakli deb ataladi. Undagi $x = x_L - x_C = \omega L - 1/\omega C$ kattalik zanjirning reaktiv qarshiligi deb ataladi. $x_L > x_C$ bo'lganda, $x > 0$ va $\varphi > 0$ bo'lib (9,b-rasm), zanjir induktiv xarakterga, $x_L < x_C$ bo'lganda esa, $x < 0$ va $\varphi < 0$ bo'lib (9,v-rasm), zanjir sig'im xarakterga, $x_L = x_C$ bo'lganda $x = 0$ va $\varphi = 0$ bo'lib, zanjir aktiv xarakterga ega bo'ladi.

YUqoridagi tenglamadan U_m va φ larni topish uchun quyidagi trigonometrik munosabatdan foydalanamiz:

$$m \sin \alpha \pm n \cos \alpha = \sqrt{m^2 + n^2} \sin(\alpha \pm \varphi), \quad \varphi = \operatorname{arctg} \frac{n}{m}.$$

Bu munosabatlarni hisobga olib:

$$U_m = \sqrt{r^2 + x^2} I_m, \quad \operatorname{tg} \varphi = x/r = (x_L - x_C)/r.$$

Tok va kuchlanishlarning ta'sir etuvchi qiymatlari uchun:

$$U = \sqrt{r^2 + x^2} I = zI, \quad \text{bundan} \quad I = U / \sqrt{r^2 + x^2} \quad \text{bu} \quad \text{erda}$$

$$z = \sqrt{r^2 + x^2} = \sqrt{r^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2} \text{ - zanjirning to'la qarshiligi.}$$

Ko'rilayotgan zanjir uchun tok va kuchlanishlar vektor diagrammasini quramiz (9,b-rasm). Uni tok vektori \underline{I} ni qurishdan boshlaymiz. r elementdagi kuchlanish vektori \underline{U}_r tok \underline{I} bilan faza jihatdan mos, L elementdagi kuchlanish

vektori \underline{U}_L tok \underline{I} dan 90° ga oldinda, S elementdagi kuchlanish vektori \underline{U}_C tok \underline{I} vektoridan 90° ga orqada bo‘ladi. \underline{U} kuchlanish vektori Kirxgofning 2–qonuniga ko‘ra \underline{U}_r , \underline{U}_L va \underline{U}_C larning algebraik yig‘indisi ko‘rinishi quriladi. Tok bilan zanjir qismalaridagi kuchlanish vektorlari orasidagi faza siljish burchagi $\varphi = \arctg \frac{x}{r}$ ga teng bo‘ladi.

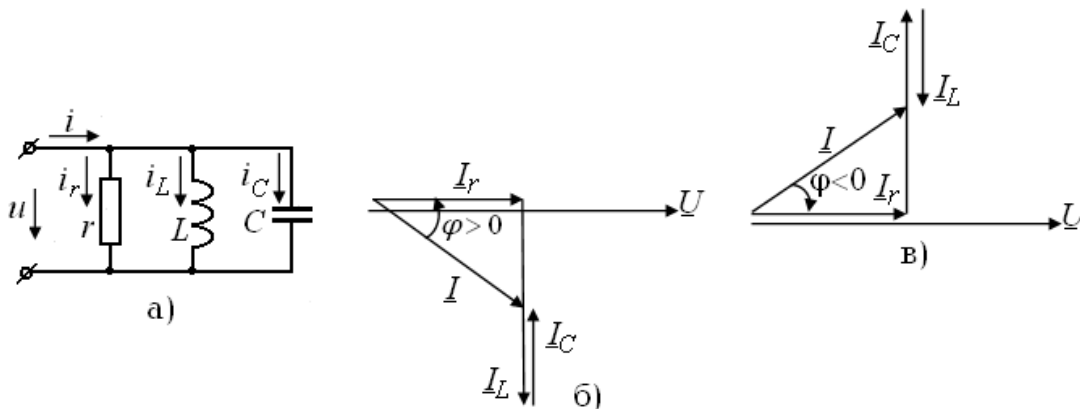
4.Rezistor, induktiv g‘altak va kondensator parallel ulangan sinusoidal tok zanjiri

r , L va S elementlari parallel ulangan zanjir (10,a-rasm) $u = U_m \sin \omega t$ sinusoidal kuchlanish manbaiga ulansa, undan o‘tadigan sinusoidal tok Kirxgofning 1–qonuniga ko‘ra zanjir har bir elementidan o‘tayotgan toklarning algebraik yig‘indisiga teng:

$$i = i_r + i_L + i_C.$$

r qarshilikdagi tok i_r kuchlanish bilan faza jihatdan mos, induktivlikdagi tok i_L 90° ga orqada, sig‘imdagi tok i_C 90° ga oldinda bo‘ladi. Zanjirdagi umumiy tok:

$$\begin{aligned} I_m \sin(\omega t - \varphi) &= \frac{1}{r} U_m \sin \omega t - \frac{1}{\omega L} U_m \cos \omega t + \omega C U_m \cos \omega t = \\ &= U_m \left[\frac{1}{r} \sin \omega t - \left(\frac{1}{\omega L} - \omega C \right) \cos \omega t \right] = U_m [g \sin \omega t - b \cos \omega t]. \end{aligned}$$



10 – rasm

Oxirgi tenglama toklar oniy qiymatlari uchun Kirxgof 1 – qonunining trigonometrik shakli hisoblanadi. $b = b_L - b_C = (1/\omega L) - \omega C$ -zanjirning reaktiv o‘tkazuvchanligi deb ataladi. $b_L > b_C$ bo‘lganda, $b > 0$ va $\varphi > 0$ bo‘lib (10,b-rasm), zanjir induktiv xarakterga, $b_L < b_C$ bo‘lganda, $b < 0$ va

$\varphi < 0$ bo‘lib (10,v-rasm), zanjir sig‘im xarakterga, $b_L = b_C$ bo‘lganda esa $b = 0$ va $\varphi = 0$ bo‘lib, zanjir aktiv xarakterga ega bo‘ladi.

I_m va φ quyidagi munosabatlar yordamida aniqlanadi:

$$I_m = \sqrt{g^2 + b^2} U_m = y U_m, \quad \operatorname{tg} \varphi = b / g,$$

bu erda $y = \sqrt{g^2 + b^2}$ - zanjirning to‘la o‘tkazuvchanligi.

Tok va kuchlanishlar orasidagi faza siljish burchagi quyidagi formula yordamida topiladi:

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{(1/\omega L - \omega C)}{g} = \operatorname{arctg} \frac{b}{g}.$$

Ko‘rilayotgan zanjir uchun tok va kuchlanishlar vektor diagrammasini quramiz (10,b-rasm). Uni kuchlanish vektori \underline{U} ni qurishdan boshlaymiz. r elementdagi tok vektori \underline{I}_r kuchlanish vektori bilan mos, L elementdagi tok vektori undan 90° ga orqada, S elementdagi tok vektori esa \underline{U} dan 90° ga oldinda bo‘ladi. Umumiy tok vektori \underline{I} uchala elementlardagi tok vektorlarining algebraik yig‘indisiga teng bo‘ladi.

5. Elektr zanjirlarida rezonans

Elektr zanjirlarida reaktiv qarshiliklar musbat, manfiy va nolga teng bo‘lishi mumkin. Zanjirda induktiv va sig‘im elementlar bo‘lganda zanjirning kirish reaktiv qarshiligi nolga teng bo‘lishi mumkin. Bunda zanjir aktiv xarakterga ega bo‘lib tok bilan kuchlanish orasidagi faza siljish burchagi nolga teng bo‘ladi. *Elektr zanjirlaridagi bu hodisa rezonans deb ataladi.*

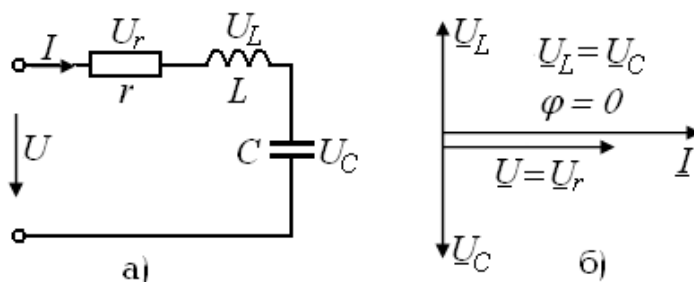
r , L va S elementlari ketma–ket (parallel) ulangan sinusoidal tok zanjirining xususiy chastotasi $\omega = 1/\sqrt{LC}$ manba kuchlanishining chastotasi $\omega = 2\pi f$ ga teng bo‘lganda $x_L = x_C$ ($b_L = b_C$) va $|U_L| = |U_C|$, ($|I_L| = |I_C|$) bo‘lib, reaktiv elementlardagi kuchlanish (tok)lar modul jihatdan bir–biriga teng hamda manba kuchlanishi (toki)dan bir necha marta ortib ketadi. *Elektr zanjirlaridagi bu rejim kuchlanishlar (toklar) rezonansi deb ataladi.* Bu rejimda zanjirning reaktiv quvvati nolga teng bo‘ladi. *Rezonans yuzaga keladigan chastota rezonans chastotasi deb ataladi.*

Kuchlanishlar rezonansi

Kuchlanishlar rezonansi shartiga ko‘ra:

$X = \omega L - 1/\omega C = 0$ yoki $\omega L = 1/\omega C$, bunda $\omega_p = 1/\sqrt{LC}$ rezonans chastotasi.

Kuchlanishlar rezonansi rejimi uchun tok va kuchlanishlar vektor diagrammasi 11,b-rasmda keltirilgan. Unda reaktiv elementlardagi kuchlanishlarning modul qiymatlari teng, yo'nalishlari esa qarama-qarshi. Rezonans shartidan ko'rinib turibdiki, zanjirda bu rejimni hosil qilish uchun manba chastotasini rostlab yoki zanjir xususiy chastotasini L yoki S ni o'zgartirish hisobiga rostlab hosil qilish mumkin.



11 - rasm

Rezonans rejimida zanjirning to'la qarshiligi minimal bo'lib, aktiv qarshilikka teng bo'ladi:

$$Z = \sqrt{r^2 + (x_L - x_C)^2} = r.$$

Zanjirdagi tok bu paytda maksimal qiymatga erishadi:

$$I = U / z = U / r.$$

r qarshilikdagi kuchlanish pasayishi manba kuchlanishiga teng bo'ladi:

$$U_r = Ir = U.$$

Rezonans rejimidagi induktiv yoki sig'im qarshilik rezonans zanjir (kontur)ining to'liq qarshiligi deb ataladi:

$$\rho = \omega_p L = \frac{1}{\omega_p C} = \sqrt{\frac{L}{C}}.$$

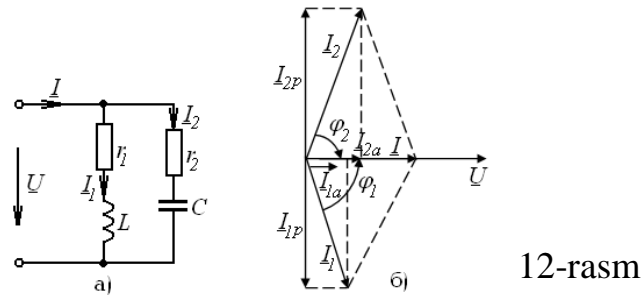
Agar zanjirda $\rho \gg r$ shart bajarilsa, u holda reaktiv elementlardagi kuchlanishlar manba kuchlanishidan ko'p marta ortiq bo'ladi.

Toklar rezonansi

Reaktiv elementlar o'zaro parallel ulangan zanjir (12,a-rasm) da ma'lum shartlar bajarilganda toklar rezonansi yuz berishi mumkin.

Rezonans rejimida manba toki va kuchlanish orasidagi faza siljish burchagi nolga teng bo'ladi, reaktiv o'tkazuvchanlik esa $b = b_L - b_C = 0$ yoki $b_L = b_C$ bo'ladi. Rezonans rejimi uchun qurilgan vektor diagrammadan ko'rinib turibdiki

(12,b-rasm), reaktiv elementlardagi toklar modul qiymatlari jihatdan o‘zaro teng, yo‘nalishlari esa qarama-qarshi.



12-rasm

Bunda $|I_L| = |I_C|$ toklar manba tokidan bir necha marotaba ortib ketishi mumkin. SHuning uchun ham bu zanjirdagi rezonans toklar rezonansi deb ataladi.

Zanjir reaktiv o‘tkazuvchanligining nolga tenglik shartidan:

$$\frac{\omega_p L}{r_1^2 + (\omega_p L)^2} = \frac{1/\omega_p C}{r_2^2 + (1/\omega_p C)^2}, \text{ bundan } \omega_p = \sqrt{1/LC} \sqrt{\frac{(L/C) - r_1^2}{(L/C) - r_2^2}}.$$

Ko‘rilayotgan zanjirda rezonans rejimi hosil bo‘lish uchun oxirgi tenglamaning ildiz osti ifodasi doim musbat bo‘lishi lozim. $r_1 = r_2$ bo‘lgan hol uchun $\omega_p = 1/\sqrt{LC}$ bo‘ladi. $r_1 = r_2 = \sqrt{L/C}$ hol uchun $\omega_p = 0/0$ bo‘ladi. Bu holatda zanjirda ixtiyoriy chastotada rezonans yuz beradi. Zanjirning kirish qarshiligi $Z = Z_1 Z_2 / (Z_1 + Z_2) = r$ ga teng bo‘ladi.

Ideallashtirilgan holat $r_1 = r_2 = 0$ uchun zanjirning kirish qarshiligi cheksiz katta qiymatga teng bo‘lib, tok nolga teng. Energiya manbadan zanjirga uzatilmaydi va kondensator va induktiv g‘altak maydonlarida davriy ravishda almashinib to‘planib turadi.

$\omega_p C = 1/\omega_p L = \sqrt{C/L} = \gamma$ - zanjirning to‘lqin o‘tkazuvchanligi deb ataladi.

6.Sinusoidal tok zanjirida quvvat

Sinusoidal tok zanjirining r , L va S kabi ayrim elementlaridagi energetik munosabatlar avvalgi paragraflarda ko‘rib chiqildi. Endi umumiy holat, ya‘ni zanjirdagi kuchlanish $u = U_m \sin \omega t$ va tok $i = I_m \sin(\omega t - \varphi)$ ga teng bo‘lgan holat uchun energetik munosabatlarni ko‘rib chiqamiz.

Zanjirdagi oniy quvvatni aniqlaymiz:

$$p = ui = U_m I_m \sin \omega t \cdot \sin(\omega t - \varphi) = UI [\cos \varphi - \cos(2\omega t - \varphi)].$$

Oniy quvvat ikkita: doimiy ($UI \cos \varphi$) va ikkilangan chastota bilan o'zgaruvchi sinusoidal ($UI \cos \varphi(2\omega t - \varphi)$) tashkil etuvchilardan iborat. Induktiv xarakterli $\varphi > 0$ zanjirdagi tok, kuchlanish va quvvat oniy qiymatlarning grafigi 13,a– rasmda keltirilgan.

Davrning kuchlanish va tok ishoralari bir xil bo'lgan paytlarida oniy quvvat musbat, energiya manbadan iste'mol qilinadi: bir qismi rezistorda iste'mol qilinadi, qolgan qismi esa g'altak magnit maydoniga to'planadi. Davrning kuchlanish va tok ishoralari har xil bo'lgan paytlarida oniy quvvat manfiy, energiya qisman iste'molchidan manbaga qaytariladi. Rezistorda iste'mol qilinayotgan aktiv quvvat oniy quvvatning bir davr mobaynidagi o'rtacha qiymatiga teng:

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

$\cos \varphi$ ko'paytma quvvat koeffitsienti deb ataladi. Bu ifodadan ko'rinib turibdiki, zanjirning aktiv quvvati kuchlanish, tok ta'sir etuvchi qiymatlari va quvvat koeffitsientining o'zaro ko'paytmasiga teng.

Zanjirdagi tok va kuchlanishlar orasidagi faza siljish burchagi φ qancha nolga yaqin bo'lsa, $\cos \varphi$ shuncha birga yaqin bo'ladi. Bunda U va I larning berilgan qiymatlarida $\cos \varphi$ qancha katta bo'lsa, shuncha ko'p aktiv quvvat manbadan iste'molchiga uzatiladi.

Aktiv quvvatni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$P = zI^2 \cos \varphi = rI^2, \quad P = yU^2 \cos \varphi = gU^2.$$

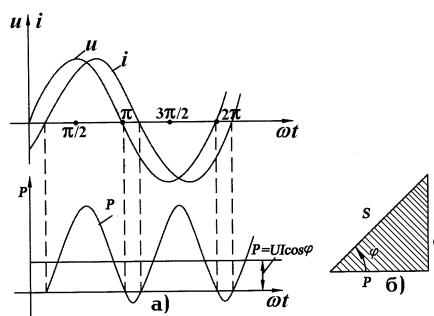
Kuchlanish va tokning berilgan qiymatlarida aktiv quvvatning maksimal qiymati zanjirning to'la quvvati deb ataladi.

$$S = UI [B \cdot A].$$

Aktiv quvvat ifodasidan: $\cos \varphi = P / S$.

Elektr zanjirini hisoblashda reaktiv quvvat tushunchasidan foydalaniladi:

$$Q = UI \sin \varphi = I^2 x = U^2 b [Bap].$$



13-rasm

Reaktiv quvvat manba bilan iste'molchi o'rtasidagi energiya almanishuvi tezligini tavsiflaydi va reaktiv tok iste'molini o'lchovi hisoblanadi. Zanjir induktiv xarakterga ega $\varphi > 0$ bo'lganda reaktiv quvvat musbat, sig'im xarakterga ega $\varphi < 0$ bo'lganda esa manfiy bo'ladi. Aktiv, reaktiv va to'la quvvat o'zaro quyidagicha bog'langan (13,b-rasm):

$$S^2 = P^2 + Q^2, \quad \sin \varphi = \frac{Q}{S}, \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{Q}{P}.$$

Elektr energiya iste'molchilari amalda asosan aktiv–induktiv xarakterli bo'ladi va yuklama tokining fazasi manba kuchlanishi fazasidan orqada qoladi.

Yuklama quvvat koeffitsientining kamayishi yuklamadan o'tuvchi tokni oshiradi, chunki

$$I = P / U \cos \varphi.$$

Sinusoidal tok generatorlari ma'lum bir $S_{HO.M} = U_{HO.M} I_{HO.M}$ quvvatga mo'ljallangan bo'ladi, ya'ni $U_{HO.M}$ nominal kuchlanishda ular faqat belgilangan nominal $I_{HO.M}$ tokdan oshmagan yuklamaga ulanishi mumkin.

SHu sababli yuklamaning quvvat koeffitsienti past bo'lganda generator toki belgilangan nominal qiymatdan oshmasligi uchun uning aktiv quvvatini kamaytirish kerak bo'ladi. Bunday hollarda generator tok bo'yicha to'la yuklangan va aktiv quvvat bo'yicha to'la yuklanmagan bo'ladi.

Generator va birlamchi motordan iborat elektr manbaining umumiy foydali ish koeffitsienti har bir uskunaning foydali ish koeffitsientiga bog'liq bo'lib, birlamchi motorning ishi asosan generatorning aktiv quvvatiga bog'liq. SHu sababli generatorni aktiv quvvat bilan to'la yuklanmasligi birlamchi motorni va umuman energetik qurilmaning foydalanish koeffitsientini pasayishiga olib keladi. Bundan tashqari uzatish liniyasidagi quvvat isrofi katta bo'ladi:

$$\Delta P = r_n I^2 = \frac{r_n P^2}{U^2 \cos^2 \varphi}, \text{ bu erda } r_n - \text{uzatish liniyasining aktiv qarshiligi.}$$

Ifodadan ko'rinib turibdiki, yuklamaning quvvat koeffitsienti qancha kam bo'lsa, quvvat isrofi shuncha ko'p bo'ladi. Binobarin, yuklamaning quvvat koeffitsienti qancha kam bo'lsa, uni ta'minlab turadigan elektr energiyasining tannarxi shuncha qimmatga tushadi.

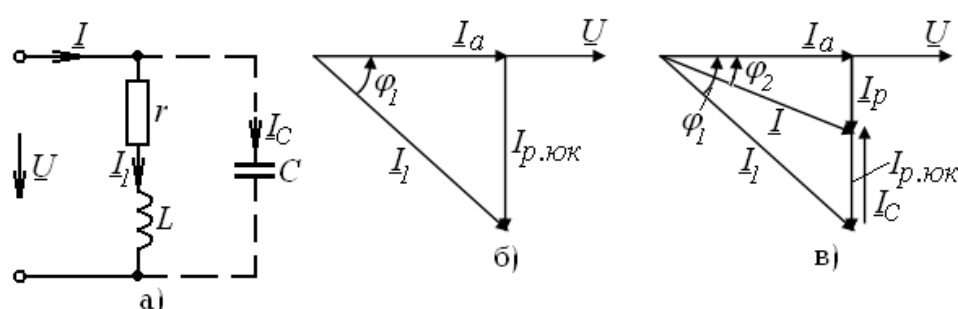
Elektr uskunaning quvvat koeffitsientini oshirishning uchta usuli mavjud:

1. Induktiv xarakterli yuklamaga kondensator batareyalarini parallel ulash.
2. Induktiv xarakterli yuklamaga kondensatorni ketma–ket ulash.
3. Elektr tarmog'iga sinxron motor ulash.

Quyida birinchi usulga binoan qo‘llaniladigan kondensatorlar batareyasi sig‘imini hisoblash uslubini ko‘rib chiqamiz. 14–rasmdagi vektor diagrammadan I tok bilan U kuchlanish orasidagi kerakli burchak siljishini olish uchun sig‘im shoxobchadagi I_S tok yuklamaning kompensatsiya qilishdan avvalgi reaktiv tashkil etuvchi $I_{p.\text{юк}}$ tokidan kompensatsiya qilingandan keyingi I_p toklarning ayirmasi teng bo‘lishi kerak: $I_C = I_{p.\text{юк}} - I_p$.

Bu ifodadagi toklarni yuklama tokining aktiv tashkil etuvchisi I_a orqali quyidagicha ifodalash mumkin:

$$I_{p.\text{юк}} = I_a \operatorname{tg} \varphi_{\text{юк}} \quad \text{va} \quad I_p = I_a \operatorname{tg} \varphi.$$



14 - rasm

Natijada quyidagilarni yozish mumkin:

$I_C = I_a (\operatorname{tg} \varphi_{\text{юк}} - \operatorname{tg} \varphi)$. Bu ifodada kondensator uchun $I_C = U\omega C$ ekanligi va I_a tokni quvvat va kuchlanish orqali ifodalab, ifodani quyidagicha yozishimiz mumkin:

$$U\omega C = (P/U)(\operatorname{tg} \varphi_{\text{юк}} - \operatorname{tg} \varphi).$$

Oxirgi ifodadan kondensator batareyasining sig‘imini topamiz:

$$C = \frac{P(\operatorname{tg} \varphi_{\text{юк}} - \operatorname{tg} \varphi)}{\omega \cdot U^2}.$$

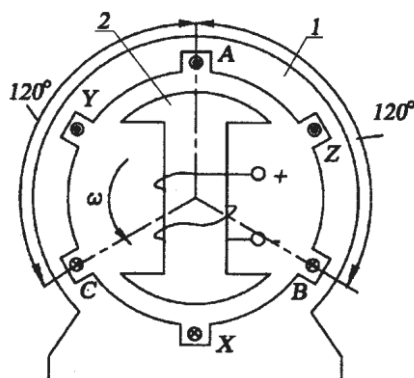
Odatda kondensator batareyalari yordamida $\cos \varphi$ (0,92–0,96) gacha oshiriladi. Quvvat koeffitsientini bundan katta bo‘lishi texnik–iqtisodiy ko‘rsatgichlarga ko‘ra maqsadga muvofiq emas.

7.Uch fazali o‘zgaruvchan tok elektr zanjirlar

Uch fazali tok elektr energiyasi uch fazali sinxron generatorlar yordamida ishlab chiqariladi. Bu generator asosan ikkita qismdan - qo‘zg‘almas stator 1 va aylanuvchan rotor 2 dan iborat bo‘ladi (15- rasm).

Rotor chulg‘ami o‘zgarimas tok manбайдan ta‘minlanadi va ushbu tok rotor va statorni kesib o‘tuvchi doimiy magnit oqimini hosil qiladi.

Statorda bir-biridan 120^0 ga siljigan uchta chulg'am joylashtiriladi. 15-rasmda bu chulg'amlar statorning uchta diametral qarama-qarshi pazlarida joylashtirilgan holatda ko'rsatilgan. CHulg'amlar boshlari A, B, C , oxirlari esa X, Y, Z harflari bilan belgilanadi.



15- pacm

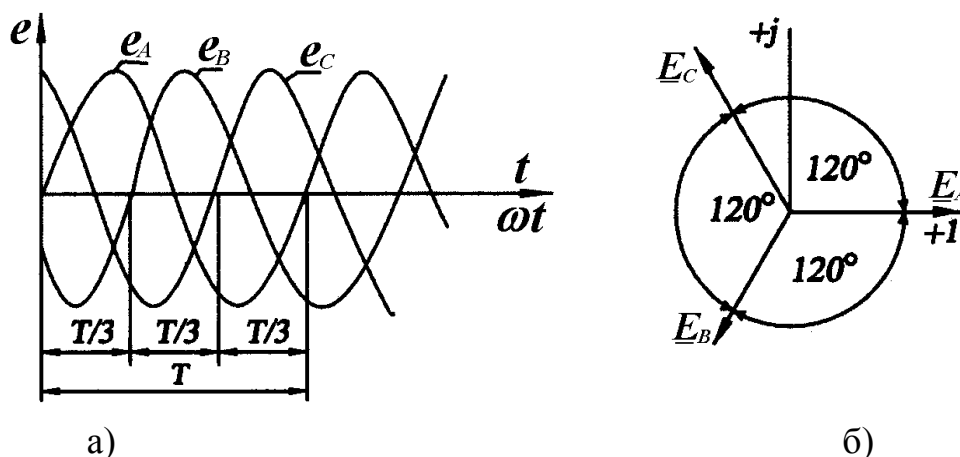
Elektromagnit induksiya qonuniga ko'ra bu chulg'amlarda qiymatlari teng va fazalari bo'yicha o'zaro 120^0 (davrning uchdan bir bo'lagi)ga siljigan sinusoidal EYUK lar tizimi hosil bo'ladi, ya'ni:

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

$$e_B = E_m \sin(\omega t - 120^0),$$

$$e_C = E_m \sin(\omega t - 240^0).$$

Hosil bo'lgan EYUK larning vaqtga bog'liqlik grafigi 16, a-rasmda, kompleks tekislikdagi tasviri esa 16, b-rasmda keltirilgan.



a)

b)

16- pacm

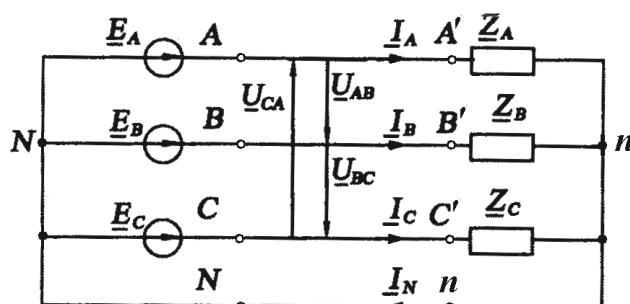
Bir xil chastotali, amplitudali va fazalari bo'yicha o'zaro 120^0 ga siljigan sinusoidal EYUK lar tizimi uch fazali simmetrik EYUK lar tizimi deb ataladi. Bu tizimning asosiy xususiyati shundan iboratki, vaqtning istalgan paytida EYUK lar oniy qiymatlarining algebraik yig'indisi nolga teng bo'ladi, ya'ni:

$$e_A + e_B + e_C = 0.$$

Uch fazali zanjirlarning ulanish sxemalari

Uch fazali zanjirlarda generatorlar, motorlar, transformatorlar chulgʻamlari va isteʼmolchilar asosan yulduz va uchburchak sxemalari boʻyicha ulanadi.

Agar generator chulgʻamlarining uchlari oʻzaro ulansa, u holda yulduz sxema hosil boʻladi (17-rasm).



17-rasm

Faza chulgʻamlarining uchlari oʻzaro ulangan umumiy nuqta generator neytral nuqtasi deb ataladi va N harfi bilan belgilanadi. Sxema koʻrinishini soddalashtirish maqsadida generator fazalarini oʻzaro 120° burchak ostida emas, balki parallel joylashtiramiz (17-rasmdagidek).

Uch fazali zanjirda yuklama ham yulduz sxemasida ulanishi mumkin. Isteʼmolchilar fazalari oʻzaro ulangan umumiy nuqta isteʼmolchilar neytral nuqtasi n , uni generator neytral nuqtasi bilan ulab turuvchi Nn sim neytral sim deb ataladi (17-rasmga qarang). Neytral sim fazalar kuchlanishlarining oʻzaro bogʻliqsizligini taʼminlaydi.

Generator va isteʼmolchi mos fazalarini ulovchi AA' , VV' , SS' simlar liniya simlari, ulardagi I_A , I_V , I_S toklar esa liniya toklari deb ataladi. Liniya simlari orasidagi U_{AV} , U_{VC} , U_{CA} kuchlanishlar liniya kuchlanishlari deb ataladi. Liniya simlaridagi toklarning musbat yoʻnalishi generator (manba)dan yuklama (isteʼmolchi)ga tomon, neytral simdagi tokning musbat yoʻnalishi esa yuklamadan generator tomon olinadi. Generator faza chulgʻamlaridan yoki isteʼmolchilardan oʻtayotgan toklar faza toklari deb ataladi. 17-rasmdan koʻrinib turganidek, yulduz sxemada liniya toklari faza toklariga teng boʻladi.

Uchburchak usulda ulangan sxemada (19-rasmda koʻrsatilgan) faza kuchlanishi unga mos liniya kuchlanishiga teng, yaʼni $U_F = U_L$. Yuklama fazalaridagi I_{AV} , I_{VS} , I_{SA} toklar faza toklari deb ataladi.

Elektroenergetikada generator chulgʻamlari hamda yuklamaning «yulduz-uchburchak», «uchburchak-yulduz», «yulduz-yulduz», «uchburchak-uchburchak» sxemalari keng qoʻllaniladi.

Yuklamasi yulduz usulda ulangan neytral simli zanjir

Yuklama qarshiliklari ($Z_A \neq Z_B \neq Z_C$) yulduz usulda ulangan toʻrt simli ($Z_N = 0$) zanjir simmetrik kuchlanishlar sistemasidan taʼminlanayotgan boʻlsin (18, a-rasm). Qarshiligi nolga teng boʻlgan neytral simning mavjudligi fazalarning oʻzaro bogʻliqsizligini taʼminlaydi va shuning uchun $U_A = U_\phi$;

$\underline{U}_B = U_\phi e^{-j120^\circ}$; $\underline{U}_C = U_\phi e^{j120^\circ}$ bo'lganda iste'molchilar faza toklari $I_A = \frac{U_A}{Z_A}$,

$I_B = \frac{U_B}{Z_B}$, $I_C = \frac{U_C}{Z_C}$ tengliklar yordamida, neytral simdagi tok esa Kirxgof 1-

qonuniga ko'ra $I_N = I_A + I_B + I_C$ formula bilan topiladi.

SHunday qilib, uch fazali zanjirda neytral simning mavjudligi faza kuchlanishlar simmetriyasini ta'minlaydi. SHuning uchun ham iste'molchilar (yoritgich lampalar, maishiy xizmat yuklamalari va boshqalar) to'rt simli tarmoqqa ulanadi.

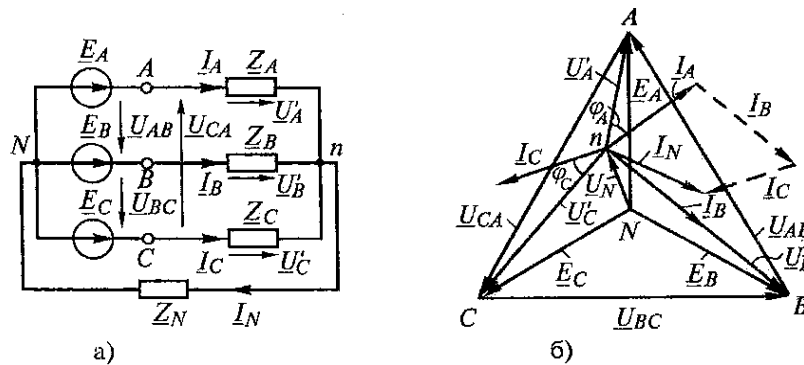
Agar neytral simning qarshiligini hisobga olish lozim bo'lsa, u holda neytralning siljish kuchlanishi aniqlanadi (18, b-rasm):

$$\underline{U}_N = I_N Z_N = \frac{\underline{U}_A \underline{Y}_A + \underline{U}_B \underline{Y}_B + \underline{U}_C \underline{Y}_C}{\underline{Y}_A + \underline{Y}_B + \underline{Y}_C + \underline{Y}_N},$$

bu erda $\underline{Y}_A = \frac{1}{Z_A}$, $\underline{Y}_B = \frac{1}{Z_B}$, $\underline{Y}_C = \frac{1}{Z_C}$, $\underline{Y}_N = \frac{1}{Z_N}$ - fazalar va neytral sim kompleks o'tkazuvchanliklari.

Quyida generator chulg'amlari va iste'molchi fazalari «yulduz-yulduz» sxemasida ulangan uch fazali zanjirni hisoblash va uning vektor diagrammasini qurish tartibini ko'rib chiqamiz (18-rasm). Hisoblash va qurish tartibi quyidagicha:

1. Kompleks tekislikda \underline{E}_A , \underline{E}_B , \underline{E}_C EYUK lar vektorlari quriladi (18, b-rasm).



18-rasm

2. Neytralning siljish kuchlanishi \underline{U}_N hisoblanadi va uning vektori diagrammaga joylashtiriladi.

3. Iste'molchilar faza kuchlanishlarini $\underline{U}'_A = \underline{E}_A - \underline{U}_N$, $\underline{U}'_B = \underline{E}_B - \underline{U}_N$, $\underline{U}'_C = \underline{E}_C - \underline{U}_N$ tengliklar orqali aniqlanadi va ularning vektorlari diagrammada aks ettiriladi.

4. Faza toklari Om qonuni asosida quyidagicha topiladi: $I_A = \underline{U}'_A \underline{Y}_A$, $I_B = \underline{U}'_B \underline{Y}_B$, $I_C = \underline{U}'_C \underline{Y}_C$.

5. Faza toklari vektorlari mos faza kuchlanishlaridan $\underline{\varphi}_A$, $\underline{\varphi}_B$ va $\underline{\varphi}_C$ burchakka siljigan holatda quriladi.

6. Neytral simdagi tok Kirxgof 1-qonuni ($\underline{I}_N = \underline{I}_A + \underline{I}_B + \underline{I}_C$) yoki Om qonuni ($\underline{I}_N = \underline{U}_N \underline{Y}_N$) asosida aniqlanadi va vektor diagrammada aks ettiriladi.

7. Liniya kuchlanishlar vektorlari $\underline{U}_{AB} = \underline{U}'_A - \underline{U}'_B$, $\underline{U}_{BC} = \underline{U}'_B - \underline{U}'_C$, $\underline{U}_{CA} = \underline{U}'_C - \underline{U}'_A$ tengliklar asosida quriladi.

Yuklamasi uchburchak usulda ulangan zanjir

Nosimmetrik ($\underline{Z}_{AB} \neq \underline{Z}_{BC} \neq \underline{Z}_{CA}$) yuklamali uch fazali zanjirda faza toklari Om qonuniga binoan aniqlanadi (19, a-rasm):

$$\underline{I}_{AB} = \frac{\underline{U}_{AB}}{\underline{Z}_{AB}}, \quad \underline{I}_{BC} = \frac{\underline{U}_{BC}}{\underline{Z}_{BC}}, \quad \underline{I}_{CA} = \frac{\underline{U}_{CA}}{\underline{Z}_{CA}}.$$

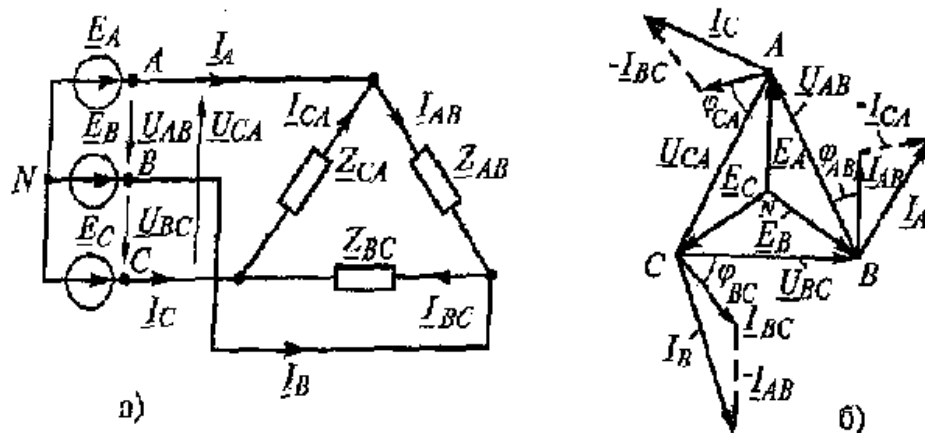
Liniya toklari A , V va S tugunlar uchun tuzilgan Kirxgofning 1-qonunidan foydalanib topiladi:

$$\underline{I}_A = \underline{I}_{AB} - \underline{I}_{CA}, \quad \underline{I}_B = \underline{I}_{BC} - \underline{I}_{AB}, \quad \underline{I}_C = \underline{I}_{CA} - \underline{I}_{BC}.$$

Hisoblash natijalarini $\underline{I}_A + \underline{I}_B + \underline{I}_C = 0$ tenglama yordamida tekshirib ko'rish mumkin. SHuni ta'kidlash joizki, nosimmetrik rejimda $I_{II} \neq \sqrt{3}I_{\phi}$.

Ko'rib chiqilayotgan zanjir uchun diagramma qurish tartibi quyidagicha:

1. Kompleks tekislikda manbaning \underline{E}_A , \underline{E}_B va \underline{E}_C EYUK vektorlari quriladi (19,b-rasm).



19-rasm

2. Liniya kuchlanishlari vektorlari $\underline{U}_{AB} = \underline{E}_A - \underline{E}_B$, $\underline{U}_{BC} = \underline{E}_B - \underline{E}_C$, $\underline{U}_{CA} = \underline{E}_C - \underline{E}_A$ munosabatlar asosida quriladi.

3. \underline{I}_{AB} , \underline{I}_{BC} , \underline{I}_{CA} faza toklari mos \underline{U}_{AB} , \underline{U}_{BC} , \underline{U}_{CA} faza kuchlanishlariga nisbatan diagrammada faza siljish burchaklarini hisobga olgan holda joylashtiriladi.

4. \underline{I}_A , \underline{I}_B , \underline{I}_C liniya toklari yuqorida Kirxgofning 1- qonuni asosida yozilgan tenglamalar yordamida aniqlanadi.

II. Masala yechish namunalari

1. Bir fazali sinusoidal tok elektr zanjirlari

1-namuna. $i = 310\sin(314t + \psi_i)$ A tokning $t = 0$ dagi oniy qiymati $i(0) = 269$ A ga teng, ψ_i ning qiymatini toping. Agar shu tok elektromagnit ampermetr bilan o'lchansa, u holda asbob nechani ko'rsatadi?

Yechish. $t = 0$ da tokning ifodasi $i(0) = 310\sin\psi_i = 269,0$ A. Bundan,

$$\psi_i = \arcsin \frac{269}{310} = 60^\circ.$$

Elektromagnit sistemali ampermetr tokning ta'sir etuvchi qiymatini ko'rsatadi, ya'ni: $I = I_m / \sqrt{2} = 310 / \sqrt{2} = 220$ A.

2-namuna. Ikki juft qutbga ega generator $n = 1500$ ayl/min tezlik bilan aylanmoqda. O'zgaruvchan tok chastotasini aniqlang.

Yechish. $f = \frac{pn}{60} = \frac{2 \cdot 1500}{60} = 50$ Гц.

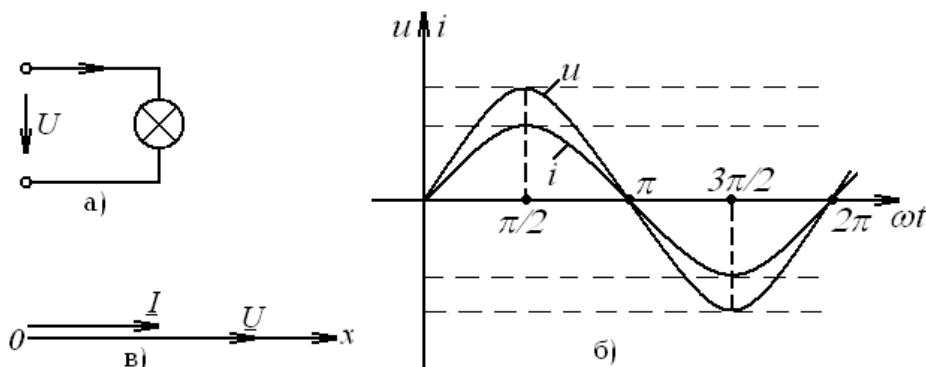
3-namuna. CHorvoq GES turbogeneratorlari 250 ayl/min tezlik bilan aylanadi. CHastota $f = 50$ Gs bo'lganda generatorlarning juft qutblar sonini aniqlang.

Yechish. $p = 60f / n = 60 \cdot 50 / 250 = 12$.

2. Sinusoidal tok zanjirlarida rezistor, induktiv g'altak va kondensator

1-namuna. Quvvati $R = 100$ Vt li cho'g'lanma lampa kuchlanishi $U = 220$ V va chastotasi $f = 50$ Gs bo'lgan manbaga ulangan (20, a –rasm). Zanjirdan o'tuvchi tokni toping. Kuchlanish va tok oniy qiymatlari ifodasini yozing, ularni grafiklarini va vektor diagrammasini quring.

Yechish. Cho'g'lanma lampa aktiv qarshilik bo'lganligi uchun $P = UI$ ifodadan $I = P/U = 100/220 = 0,45$ A.



20 – rasm

Kuchlanish va tok oniy qiymatlari quyidagicha yoziladi:

$$u = \sqrt{2} U \sin(\omega t + \psi_u) = U_m \sin \omega t = \sqrt{2} \cdot 220 \sin \omega t = 310,2 \sin \omega t,$$

$$i = \sqrt{2} I \sin(\omega t + \psi_i) = I_m \sin \omega t = \sqrt{2} \cdot 0,45 \sin \omega t = 0,63 \sin \omega t,$$

$$\varphi = \psi_u - \psi_i = 0 - 0 = 0,$$

$$\text{bunda } U_m = \sqrt{2} \cdot 220 = 310,2 \text{ B}, \quad I_m = \sqrt{2} \cdot 0,45 = 0,63 \text{ A}.$$

$$\text{Burchak chastotasi } \omega = 2\pi f = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 = 314 \text{ } 1/c,$$

$$\text{davri } T = 1/f = 1/50 = 0,02 \text{ c}.$$

Sinusoidal kuchlanish va tokning grafiklarini qurish uchun masshtab tanlaymiz:

$$m_u = 100 \text{ B/cm} \quad m_i = 0,3 \text{ A/cm} \quad m_{\omega t} = 60 \text{ } \text{grad/cm}$$

$u(\omega t)$, $i(\omega t)$ funksiyalar grafiklarini hamda U va I vektor diagrammasini quramiz (20, b, v -rasm).

2-namuna. Kuchlanishi 220 V bo'lgan sanoat tarmog'iga aktiv qarshiligi 6 Om va induktivligi 50 mGn bo'lgan induktiv g'altak ulangan (6, a -rasm). G'altakdan o'tuvchi tokning oniy qiymati ifodasini yozing. Induktiv g'altak uchun qarshiliklar uchburchagini, tok va kuchlanishlar vektor diagrammasini quring.

Yechish. G'altakning induktiv qarshiligi ($f=50$ Гs):
 $x_L = \omega L = 314 \cdot 50 \cdot 10^{-3} = 15,7 \hat{\Omega}$;

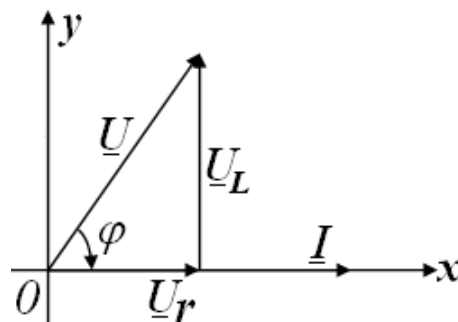
g'altakning to'la qarshiligi: $z = \sqrt{r^2 + x_L^2} = \sqrt{6^2 + 15,1^2} = 16,1 \text{ Om}$. Qarshiliklar uchburchagining katetlari ma'lum masshtabda r va x_L , gipotenuzasi esa z ga teng (6, v -rasm).

Zanjirdagi tok:

$$I = U/Z = 220/16,1 = 13,1 \text{ A}.$$

g'altakning aktiv qarshiligidagi kuchlanish: $U_r = I \cdot r = 13,1 \cdot 6 = 78,6 \text{ B}$,
 induktiv qarshiligidagi kuchlanish esa $U_L = I \cdot x_L = 13,1 \cdot 15,7 = 205 \text{ B}$.

Vektor diagrammani qurish uchun absissa o'qining musbat yo'nalishi bo'yicha ma'lum masshtabda ($m_u = 55 \text{ B/sm}$; $m_i = 3 \text{ A/sm}$;) uzunligi 4,33 sm ga teng tok vektorini quramiz (21-rasm).



21-rasm

SHu vektorning boshlanish nuqtasidan unga parallel ravishda belgilangan masshtabda uzunligi bo'lgan \underline{U}_r kuchlanish vektorini quramiz.

\underline{U}_L kuchlanish vektori \underline{U}_r vektorining oxiridan tok vektoriga nisbatan 90° ilgarilagan ravishda quriladi. \underline{U}_r vektorning boshi bilan \underline{U}_L vektorning oxirini birlashtirib \underline{U} kuchlanish vektorini hosil qilamiz. \underline{I} tok va \underline{U} kuchlanish vektorlari orasidagi burchakni o'lchab $\varphi = -69^\circ$ ni topamiz.

SHunday qilib, $i = 13,1\sqrt{2} \sin(314 - 69^\circ)A$.

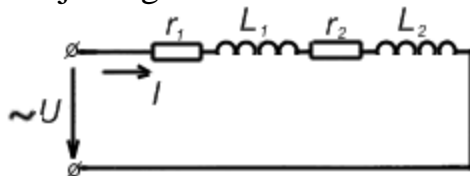
3. Rezistor, induktiv g'altak va kondensator ketma – ket

ulangan sinusoidal tok zanjiri

1-namuna. Kuchlanishi $U = 127$ v va chastotasi $f = 50$ g \ddot{u} bo'lgan o'zgaruvchan tok tarmog'iga ikkita g'altak ketma-ket ulangan. G'altakning parametrlari: $r_1 = 10$ Ω ; $L_1 = 20$ mH; $r_2 = 6$ Ω ; $L_2 = 50$ mH.

Zanjirning quvvat koeffitsient va tokning kattaligi aniqlansin. Olingan natijalar bo'yicha tok va kuchlanishlarning vektor diagrammasi qurilsin.

Yechish. Berilgan zanjirning sxemasini chizamiz (22-rasm).



22-rasm

G'altakning reaktiv qarshiligi.

$$x_1 = \omega L_1 = 314 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 6,28 \text{ } \Omega,$$

$$x_2 = \omega L_2 = 314 \cdot 50 \cdot 10^{-3} = 15,7 \text{ } \Omega.$$

Zanjirning ekvivalent aktiv qarshiligi:

$$r_3 = r_1 + r_2 = 10 + 6 = 16 \text{ } \Omega.$$

Zanjirning ekvivalent reaktiv qarshiligi:

$$x_3 = x_1 + x_2 = 6,28 + 15,7 \approx 22 \text{ } \Omega.$$

Zanjirning ekvivalent to'la qarshiligi.

$$z_3 = \sqrt{r_3^2 + x_3^2} = \sqrt{16^2 + 22^2} \approx 27,3 \text{ } \Omega.$$

Zanjirdagi tok:

$$I = \frac{U}{z_3} = \frac{127}{27,3} = 4,66 \text{ a.}$$

Zanjirning quvvat koeffitsienti:

$$\cos \varphi = \frac{r_3}{z_3} = \frac{16}{27,3} = 0,587.$$

Bu erda φ zanjirga berilgan kuchlanish bilan tok orasidagi fazaviy siljish burchagi $\varphi = 54^\circ$. Vektor diagrammasini qurish uchun zanjirning ayrim qarshiliklardagi kuchlanishning pasayishini aniqlaymiz:

$$U_{a_1} = I \cdot r_1 = 4,66 \cdot 10 = 46,6 \text{ v,}$$

$$U_{p_1} = I \cdot x_1 = 4,66 \cdot 6,28 = 29,3 \text{ v,}$$

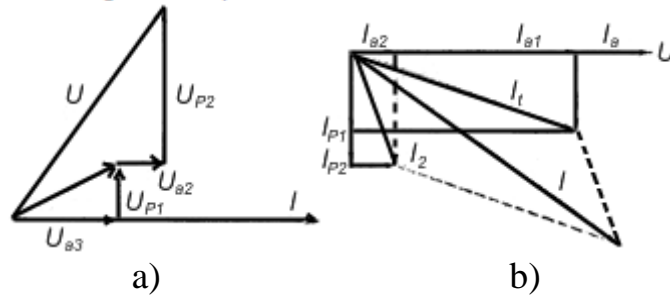
$$U_{a2} = I \cdot r_2 = 4,66 \cdot 6 = 27,8 \text{ e},$$

$$U_{p2} = I \cdot x_2 = 4,66 \cdot 15,7 = 73 \text{ e}.$$

Tekshirish:

$$U = \sqrt{(\sum U_a)^2 + (\sum U_p)^2} = \sqrt{74,4 + 102,3^2} = 127.$$

Olingan natijalar bo'yicha tok va kuchlanishlarning vektor diagrammasini chizamiz (23, a,b-rasm). Boshlangich vektor uchun I tokning vektori olingan. Kuchlanish masshtabi $m_U = 2 \text{ B/MM}$.

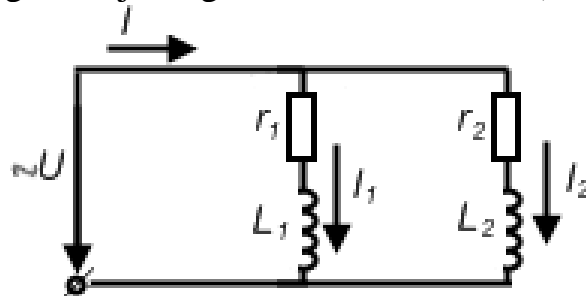


23 – rasm.

4.Rezistor, induktiv g'altak va kondensator parallel ulangan sinusoidal tok zanjiri

1-namuna. Parametrlari avvalgi masalada ko'rilgan ikki g'altak kuchlanishi $U = 127 \text{ B}$ va chastotasi $f = 50 \text{ ГЦ}$ bo'lgan o'zgaruvchan tok tarmog'iga ulangan.

Yechish. Berilgan zanjirning sxemasini chizamiz (24-rasm).



24 – rasm.

SHoxobchalarning tula qarshiligini aniqlaymiz.

Birinchi shoxobcha uchun:

$$z_1 = \sqrt{r_1^2 + x_1^2} = \sqrt{10^2 + 6,28^2} = 11,8 \text{ oM}.$$

Ikkinchi shoxobcha uchun:

$$z_2 = \sqrt{r_2^2 + x_2^2} = \sqrt{6^2 + 15,7^2} = 17 \text{ oM}.$$

Birinchi shoxobchadagi tok:

$$I_1 = \frac{U}{z_1} = \frac{127}{11,8} = 10,75 \text{ a}.$$

I_1 toki berilgan kuchlanishdan φ_1 burchagiga orqada koladi:

$$\varphi_1 = \arctg \frac{x_1}{r_1} = \arctg \frac{6,28}{10} = 32^\circ.$$

Tokning aktiv tashkil etuvchisi:

$$I_{a_1} = I_1 \cdot \cos \varphi_1 = 10,75 \cdot 0,848 = 9,13 \text{ a.}$$

Tokning reaktiv tashkil etuvchisi:

$$I_{p_1} = I_1 \cdot \sin \varphi_1 = 10,75 \cdot 0,53 = 5,7 \text{ a.}$$

Ikkinchi shoxobchadagi tok:

$$I_2 = \frac{U}{z_2} = \frac{127}{17} = 7,48 \text{ a.}$$

I_2 toki berilgan kuchlanishdan φ_1 burchagiga orqada qoladi:

$$\varphi_2 = \arctg \frac{x_2}{r_2} = \arctg \frac{15,7}{6} = 69^\circ.$$

Tokning aktiv tashkil etuvchisi:

$$I_{a_2} = I_2 \cdot \cos \varphi_2 = 7,48 \cdot 0,353 = 2,64 \text{ a.}$$

Tokning reaktiv tashkil etuvchisi:

$$I_{p_2} = I_2 \cdot \sin \varphi_2 = 7,48 \cdot 0,934 = 6,98 \text{ a.}$$

Umumiy tok I ning yoʻnalishi va kattaligini 6-rasmdagi vektor diagrammadan topish mumkin.

Buning uchun, boshlangich vektor qilib olingan (uning yoʻnalishini ixtiyoriy olish mumkin) kuchlanish vektori U ga nisbatan φ_1 va φ_2 qoluvchan burchaklari bilan I_1 va I_2 toklarining vektorini chizish kerak.

Tokning masshtabi:

$$m_1 = 0,2 \text{ a/MM.}$$

Umumiy tok:

$$\bar{I} = \bar{I}_1 + \bar{I}_2$$

Vektor diagrammadan

$$I = I(\text{MM}) \cdot m_1 = 17 \text{ a.}$$

Analitik usul bilan xisoblanganda

$$I = \sqrt{(\sum I_a)^2 + (\sum I_p)^2} = \sqrt{11,7^2 + 12,68^2} = 17,2 \text{ a.}$$

$$\sum I_a = I_{a_1} + I_{a_2}; \quad \sum I_p = I_{p_1} + I_{p_2}.$$

Umumiy tok va kuchlanishning fazaviy siljish burchagi:

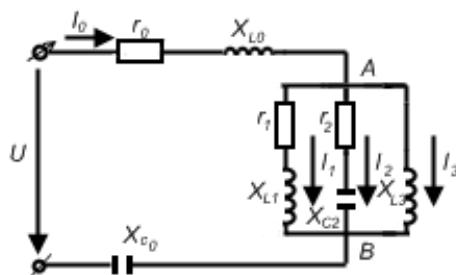
$$\varphi = \arctg \frac{\sum I_p}{\sum I_a} = \arctg \frac{12,68}{11,7} = 47^\circ.$$

Butun zanjirning quvvat koeffitsienti:

$$\cos \varphi = \cos 47^\circ = 0,68.$$

5. Elektr zanjirlarida rezonans

1-namuna. Kuchlanishi $U = 220 \text{ B}$ boʻlgan elektr tarmogʻiga 25-rasmda koʻrsatilgan elektr zanjiri ulangan.



25 – rasm

Agar.

$$r_0 = 2,16 \text{ oM}; \quad r_{L_0} = 10 \text{ oM};$$

$$x_{C_0} = 0,56 \text{ oM}; \quad r_1 = 10 \text{ oM};$$

$$r_{L_1} = 4 \text{ oM}; \quad r_2 = 6 \text{ oM};$$

$$x_{C_2} = 8 \text{ oM}; \quad x_{L_3} = 25 \text{ oM};$$

bo‘lsa, barcha tarmoqlardagi toklar aniqlansin.

Echish natijalari bo‘yicha masshtabda tok va kuchlanishlarning vektor diagrammasi qurilsin:

Yechish. Tarmoqlarning to‘la qarshiliklarini aniqlaymiz:

$$z_1 = \sqrt{r_1^2 + x_{L_1}^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5 \text{ oM}.$$

$$z_2 = \sqrt{r_2^2 + x_{C_2}^2} = \sqrt{6^2 + 8^2} = 10 \text{ oM}.$$

$$z_3 = x_{L_3} = 25 \text{ oM}.$$

Tarmoqlarning aktiv va reaktiv o‘tkazuvchanliklarini aniqlaymiz

$$g_1 = \frac{r_1}{z_1^2} = \frac{3}{5^2} = 0,12 \frac{1}{\text{oM}},$$

$$g_2 = \frac{r_2}{z_2^2} = \frac{3}{10^2} = 0,06 \frac{1}{\text{oM}},$$

$$b_1 = \frac{r_{L_1}}{z_1^2} = \frac{4}{5^2} = 0,16 \frac{1}{\text{oM}},$$

$$b_2 = \frac{r_{C_2}}{z_2^2} = \frac{8}{10^2} = 0,08 \frac{1}{\text{oM}},$$

$$b_3 = \frac{r_{L_3}}{z_3^2} = \frac{25}{25^2} = 0,04 \frac{1}{\text{oM}},$$

Tarmoqlanishdagi aktiv o‘tkazuvchanlikning yig‘indisi:

$$g_{AB} = g_1 + g_2 = 0,12 + 0,06 = 0,18 \frac{1}{\text{oM}}$$

Tarmoqlanishdagi reaktiv o‘tkazuvchanliklarning yig‘indisi:

$$b_{AB} = b_1 - b_2 + b_3 = 0,16 - 0,08 + 0,04 = 0,12 \frac{1}{\text{oM}}$$

Tarmoqlanishning to‘la o‘tkazuvchanligi:

$$Y_{AB} = \sqrt{g_{AB}^2 + g_{AB}^2} = \sqrt{0,18^2 + 0,12^2} = 0,216 \frac{1}{\text{OM}}$$

Tarmoqlanishning aktiv va reaktiv qarshiliklarini aniqlaymiz:

$$r_{AB} = g_{AB} \cdot \frac{1}{Y_{AB}^2} = 0,18 \cdot \frac{1}{0,047} = 3,84 \text{ OM},$$

$$x_{AB} = b_{AB} \cdot \frac{1}{Y_{AB}^2} = 0,12 \cdot \frac{1}{0,047} = 2,56 \text{ OM (ИНД)},$$

$$r_3 = r_0 + r_{AB} = 2,16 + 3,84 = 6 \text{ OM},$$

$$x_3 = x_{L_0} + x_{AB} - x_{C_0} = 6 + 2,56 - 0,56 = 8 \text{ OM},$$

Zanjirning to'la qarshiligi:

$$z_3 = \sqrt{r_3^2 + x_3^2} = \sqrt{6^2 + 8^2} = 10 \text{ OM}.$$

Tarmoqlanishgacha bo'lgan tok:

$$I_0 = \frac{U}{z_3} = \frac{220}{10} = 22 \text{ a}.$$

Tarmoqlanishdagi kuchlanish:

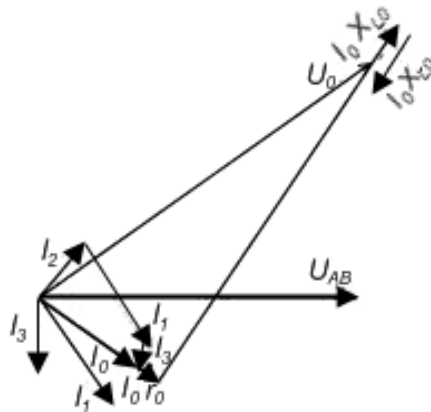
$$U_{AB} = I_0 \cdot z_{AB} = I_0 \cdot \frac{1}{Y_{AB}} = 22 \cdot \frac{1}{0,216} = 100 \text{ B}.$$

Tarmoqlardagi toklar:

$$I_1 = \frac{U}{z_2} = \frac{220}{5} = 20 \text{ a},$$

$$I_2 = \frac{U}{z_2} = \frac{100}{10} = 10 \text{ a},$$

$$I_3 = \frac{U}{z_3} = \frac{100}{25} = 4 \text{ a}.$$



26-rasm

Vektor diagrammani qurish uchun (39-rasm) tarmoqdagi toklar kuchlanish orasidagi fazaviy siljish burchagini aniqlaymiz

$$\varphi_1 = \arctg \frac{x_{L1}}{r_1} = \arctg \frac{4}{3}, \quad \varphi_1 = 53^\circ 10',$$

$$\varphi_2 = \arctg \frac{-x_{L2}}{r_2} = \arctg \frac{8}{6}, \quad \varphi_2 = -53^\circ 10',$$

$$\varphi_3 = \arctg \frac{x_{L_3}}{r_3} = \arctg \frac{25}{0}, \quad \varphi_3 = 90^\circ$$

$$m_U = 1 \text{ B/MM}, \quad m_1 = 0,5 \text{ a/MM}.$$

6. Sinusoidal tok zanjirida quvvat

1-namuna. Elektr motor kuchlanishi $U_{\text{НОМ}} = 220 \text{ B}$ va chastotasi $f = 50 \text{ Гц}$ bo'lgan manbaga ulangan.

Motoring quvvati $P_{\text{НОМ}} = 20 \text{ кВт}$ va quvvati $\cos \varphi_1 = 0,6$. Uskuna quvvat koeffitsienti $\cos \varphi_2 = 0,9$ bilan ishlashi uchun motorga qanday sig'imli kondensator ulash kerak?

Yechish. Quvvat koeffitsienti $\cos \varphi = 0,6$ da motoring toki:

$$I_1 = P / (U \cos \varphi_1) = 20 \cdot 10^3 / (220 \cdot 0,6) = 152 \text{ A},$$

$$\varphi_1 = \arccos 0,6 = 53^\circ 10' \text{ va } \sin \varphi_1 = 0,8.$$

Motor tokining reaktiv tashkil etuvchisi:

$$I_{p1} = I_1 \sin \varphi_1 = 152 \cdot 0,8 = 121,6 \text{ A},$$

$$\varphi_2 = \arccos 0,9 = 26^\circ 50' \text{ va } \sin \varphi_2 = 0,436.$$

Motorni $\cos \varphi_2 = 0,9$ quvvat koeffitsienti bilan ishlashini ta'minlovchi kondensator toki:

$$I_2 = P / (U \cos \varphi_2) = 20 \cdot 10^3 / (220 \cdot 0,9) = 101 \text{ A}.$$

SHu tokning reaktiv tashkil etuvchisi:

$$I_{p2} = I_2 \sin \varphi_2 = 101 \cdot 0,436 = 44 \text{ A}.$$

Kondensator ulangandan keyingi tokning qiymati:

$$I_C = I_{p1} - I_{p2} = 121,6 - 44 = 77,6 \text{ A}.$$

Sig'im qarshiligi:

$$x_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{U}{I_C} = \frac{220}{77,6} = 2,83 \text{ Ом}.$$

Kondensator sig'imi:

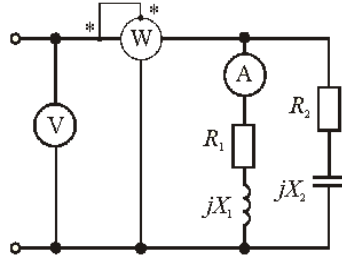
$$C = \frac{1}{x_C \omega} = \frac{1}{x_C 2\pi f} = \frac{1}{2,83 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 1130 \text{ мкФ}.$$

III.O‘zgaruvchan tok zanjiri bo‘yicha nazorat ishiga topshiriqlar

Nazorat uchun №1-topshiriq sharti

Rasmda ko‘rsatilgan elektr zanjirning aktiv va reaktiv qarshiliklari quyidagilarga teng: R_1 ; X_1 ; R_2 ; X_2 .

Ampermetr ko‘rsatuvchi tok qiymati I_1 .



Berilganlarga ko‘ra quyidagilarni aniqlang :

a) voltmetr va vattmetr ko‘rsatishlarini; b) elektr zanjir qisqichidagi quvvat koeffitsientini. Vektor diagrammani quring.

№2-topshiriq variantlari

Var №№	Dastlabki ma’lumotlar					Var №№	Dastlabki ma’lumotlar				
	I_1, A	R_1, Om	X_1, Om	R_2, Om	X_2, Om		I_1, A	R_1, Om	X_1, Om	R_2, Om	X_2, Om
1	3	3	4	2	-5	51	4	4	3	4	-4
2	4	3	4	3	-6	52	5	4	3	5	-4
3	5	3	4	2	-5	53	3	6	8	4	-4
4	3	4	3	3	-6	54	4	6	8	5	-3
5	4	4	3	4	-2	55	5	8	6	4	-3
6	5	4	3	5	-3	56	6	8	6	5	-3
7	3	6	8	4	-2	57	3	2	4	3	-8
8	4	6	8	5	-3	58	4	3	4	3	-8
9	5	8	6	4	-4	59	5	2	4	3	-6
10	6	8	6	5	-4	60	3	3	3	4	-8
11	3	2	4	3	-4	61	4	4	3	4	-8
12	4	3	4	3	-5	62	4	4	3	4	-2
13	5	2	4	3	-4	63	5	4	3	5	-3
14	3	3	3	4	-5	64	3	6	8	4	-2
15	4	4	3	4	-4	65	4	6	8	5	-3
16	5	5	3	4	-5	66	5	8	6	4	-4
17	3	4	8	6	-2	67	6	8	6	5	-4
18	4	5	8	6	-3	68	3	2	4	3	-4
19	5	4	6	8	-2	69	4	3	4	3	-5
20	6	5	6	8	-3	70	5	2	4	3	-4
21	3	2	4	3	-4	71	3	3	3	4	-5

22	4	3	4	3	-5	72	4	4	3	4	-4
23	5	2	4	3	-4	73	5	5	3	4	-5
24	3	3	3	4	-5	74	3	4	8	6	-2
25	4	4	3	4	-4	75	4	5	8	6	-3
26	5	5	3	4	-5	76	5	4	6	8	-2
27	3	4	8	6	-3	77	6	5	6	8	-3
28	4	5	8	6	-4	78	3	4	8	6	-2
29	5	4	6	8	-4	79	4	5	8	6	-3
30	6	5	6	8	-6	80	5	4	6	8	-2
31	3	4	4	2	-5	81	4	4	4	4	-4
32	4	2	4	3	-6	82	5	4	4	5	-4
33	5	4	4	2	-5	83	3	6	7	4	-4
34	3	3	3	3	-6	84	4	6	7	5	-3
35	4	3	3	4	-2	85	5	8	7	4	-3
36	5	3	3	5	-3	86	6	8	7	5	-3
37	3	5	8	4	-2	87	3	2	3	3	-8
38	4	7	8	5	-3	88	4	3	3	3	-8
39	5	9	6	4	-4	89	5	2	3	3	-6
40	6	7	6	5	-4	90	3	3	4	4	-8
41	3	4	4	3	-4	91	4	4	4	4	-8
42	4	5	4	3	-5	92	4	4	4	4	-2
43	5	4	4	3	-4	93	5	4	4	5	-3
44	3	4	3	4	-5	94	3	6	7	4	-2
55	4	5	3	4	-4	95	4	6	7	5	-3
46	5	6	3	4	-5	96	5	8	5	4	-4
47	3	7	8	6	-2	97	6	8	5	5	-4
48	4	6	8	6	-3	98	3	2	3	3	-4
49	5	3	6	8	-2	99	4	3	3	3	-5
50	6	4	6	8	-3	100	5	2	3	3	-4

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. John Bird. "Electrical and Electronic Principles and Technology" LONDON AND NEW YORK, 2014.-455 p.
2. Каримов А.С. ва бошқ. "Электротехника ва электроника асослари". Дарслик. Т.: Ўқитувчи нашриёти, 1995 й. - 448 с.
3. Abdullayev B. va boshqalar. Elektrotexnika va elektronika asoslari fanidan laboratoriya ishlarini bajarishga o'quv-uslubiy qo'llanma. Toshkent, ToshDTU, 2011. -136 b.
4. Abdullayev B., Begmatov Sh.E., Xalmanov D.X. Elektrotexnika va elektronika fanidan virtual laboratoriya ishlarini bajarishga uslubiy ko'rsatmalar. Toshkent, ToshDTU, 2016. -86 b.
5. Alimxodjayev K., Abdullayev B., Abidov Q., Ibadullayev M.. Elektr texnikaning nazariy asoslari. Darslik. 1-qism. -T.: "Fan va texnologiya", 2015, 320 bet.

6. Бегматов Ш.Э., Абдуллаев Б. «Электротехника и основы электроники». Методические электронное пособие к выполнению виртуальных лабораторных работ. Ташкент. 2015. - 84 с.
7. Amirov S.F., Yoqubov M.S., Jabborov N.G. Elektrotexnikaning nazariy asoslari. Oliy o'quv yurtlari talabalari uchun o'quv qo'llanma, T.: ToshTYMI, 2007. - 128 b.
8. Karimov A.S. va b. Elektrotexnika. Masalalar to'plami. Toshkent – «O'qituvchi», 1975. – 208b.

Mundarija

I.O'zgaruvchan tok zanjirlariga doir qisqacha nazariy ma'lumotlar	3
1.Bir fazali sinusoidal tok elektr zanjirlari	3
2.Sinusoidal tok zanjirlarida rezistor, induktiv g'altak va kondensator	6
3.Rezistor, induktiv g'altak va kondensator ketma – ket ulangan sinusoidal tok zanjiri.....	12
4.Rezistor, induktiv g'altak va kondensator parallel ulangan sinusoidal tok zanjiri.....	14
5. Elektr zanjirlarida rezonans.....	15
6. Sinusoidal tok zanjirida quvvat	17
7.Uch fazali o'zgaruvchan tok elektr zanjirlar.....	21
II. Masala yechish namunalari	25
1.Bir fazali sinusoidal tok elektr zanjirlariga doir	25
2.Sinusoidal tok zanjirlarida rezistor, induktiv g'altak va kondensatorga doir	25
3.Rezistor, induktiv g'altak va kondensator ketma – ket ulangan sinusoidal tok zanjiriga doir	27
4.Rezistor, induktiv g'altak va kondensator parallel ulangan sinusoidal tok zanjiriga doir	28
5. Elektr zanjirlarida rezonansga doir	29
6. Sinusoidal tok zanjirida quvvatga doir	32
III.O'zgaruvchan tok zanjiri bo'yicha nazorat ishiga topshiriq	33
Nazorat uchun №1-topshiriq sharti	33
Foydalanilgan adabiyotlar ruyxati	34

Bepul tarqatiladi

Muharrir:

Nashrga ruxsat etildi
Qog'oz bichimi 60x84 1/16.

Hajmi
Adadi ___ nusxa.

b.t.

Buyurtma№

TDTU bosmaxonasi.

