

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



«ELEKTROTEXNIKA VA ENERGETIKA»
KAFEDRASI

O. Otamirzayev

«Elektrotexnikaning nazariy asoslari»
fanidan masalalar to'plami
(Uslubiy qo'llanma)

NAMANGAN-2008

Elektrotexnikaning nazariy asoslari fanidan masalalar to'plami va ularni bajarish bo'yicha uslubiy qo'llanma 5140900-KT (Elektr energetikasi) va 5520200-Elektr energetikasi ta'lim yo'nalishlari kunduzgi va maxsus sirtqi ta'lim talabalari uchun mo'ljallangan.

Tuzuvchilar: Kat. o'qituvchi. O.Otamirzayev.

Taqrizchilar: T.f.n. dos. N. Zokirov, (NamPI)
O'qituvchi. I.Xotamqulov, (Namangan sanoat KHK)

Ushbu uslubiy qo'llanma «Elektrotexnika va energetika» kafedrasining umumiy yig'ilishida muxokama qilingan va institut ilmiy-uslubiy kengashida ko'rib chiqish uchun tavsiya etilgan.
(1/08-majlis bayoni, 21.08.2008 yil.)

Ushbu uslubiy qo'llanma institutning ilmiy-uslubiy kengashida ko'rib chiqilgan va foydalanishga tavsiya etilgan.
(1-yig'ilish bayoni, 25.08.2008 yil)

Kirish

Xozirgi zamon fani va texnikasining jadal ravnaki muxandis-texnik xodimlarning nixoyatda yuksak bilim saviyaga ega bulishini, binobarin, oliy ukuv yurtlarida ularni tayyorlash usul uslubini muttasil takomillashtirishni takozo etmokda. Bu muammoni xal etishda, ya'ni talabalarni samarali ukitishda mashgulotlarda nazariya bilan amaliyotni puxta, birga kushib olib borish ayniksa muxim axamiyatga ega, chunki amaliy ishlarni izchil utkazish talabalarning ma'ruza darslarida olgan bilimlarini mustaxkamlash imkonini beradi.

Elektrlashtirish - bu elektr energiyasini ishlab chiqarish va inson hayotini hamma tarmoqlarida iste'mol qilishdir.

Elektr to'g'risidagi ilmlar 1600 yilda G.Erstedni elektr va magnit to'g'risidagi izlanishlar natijalarini chop etishdan boshlangan. Keyin elektrotexnika soxasiga Lomonosov, Rixman, Franklin, Faradey, Volt, Amper, Petrov, Galvaniy, Lens, Maksvell, Gers, Lebedev, Popov, Dolivo-Dobrovolskiy va boshqalar o'z hissalarini qo'shdilar. Hozirgi zamon elektro-texnikasi M.Faradey ochgan (1831 y.) elektromagnit induksiya qonunidan boshlangan, ammo elektrotexnikani keng joriy qilish elektr energiyasini markazlashtirilgan xolda ishlab chiqish va taqsimlash masalasi yechilgandan keyin boshlandi. Bu masalani Dolivo-Dobrovolskiy yechdi va oddiy va ishonchli dvigatel yaratdi.

MDH-da qudratli energetika va birlashgan energosistemalar yaratilgan. Ulardan birini boshqaruvi Toshkentdan bajariladigan O'rta Osiyo va Janubiy qozog'istonni birlashgan energosistemasidir. Bu energosistemaga O'zbekiston ham kiradi va o'zining qudratli issiqlik elektr stansiyalari (Toshkent, Sirdaryo, Angren, Tolimarjon va boshqalar) bilan uning asosini tashkil qiladi.

Elektrotexnikaning nazariy asoslari – bu elektr va magnit hodisalar va ulardan amalda foydalanish to'g'risidagi ilmlardir.

Elektr energiya stansiyalarda elektr generatorlarida ishlab chiqiladi, nimstansiyalarda o'zgartiriladi, tarmoqlarga taqsimlanadi va iste'molchilarga yetkaziladi. Inson hayotining deyarli barcha soxalarida elektr energiya ishlatiladi. Ishlab chiqarish jihozlari asosan elektr yuritmada ishlaydi. O'lchovlar uchun elektr asboblari va uskunalar keng qo'llaniladi. Boshqaruvning hozirgi zamon avtomatik tarmoqlari asosan elektr elementlarida bajarilgan, EHM-lar ham elektr elementlarida ishlaydi va hokazo.

Elektr to'g'risidagi ilmlar 1600 yilda Gilbertni elektr va magnit to'g'risidagi izlanishlar natijalarini chop etishdan boshlangan. Keyin elektrotexnika soxasiga Lomonosov, Rixman, Franklin, Faradey, Volt, Amper, Petrov, Ersted, Lens, Maksvell, Gers, Lebedev, Popov, Dolivo-Dobrovolskiy va boshqalar o'z hissalarini qo'shdilar. Hozirgi zamon elektrotexnikasi M.Faradey ochgan (1831y)

elektromagnit induksiyasi qonunidan boshlangan, ammo elektrotexnikani keng joriy qilish elektr energiyasini markazlashtirilgan xolda ishlab chiqish va taqsimlash masalasi yechilgandan keyin boshlandi. Bu masalani Dolivo-Dobrovolskiy yechdi va oddiy xamda ishonchli dvigatel yaratdi.

Umumiy va nazariy elektrotexnika bu elektr va magnit xodisalar va ulardan amalda foydalanish to'g'risidagi ilmlardir. Elektr energiyasi stansiyalarda elektr generatorlarida ishlab chiqiladi, podstansiyalarda o'zgartiriladi, tarmoqlarga taqsimlanadi va iste'molchilarga yetkaziladi. Inson hayotining deyarli barcha soxalarida elektr energiyasi ishlatiladi. Ishlab chiqarish jixozlari asosan elektr yuritmada ishlaydi. O'lchovlar uchun elektr asboblari va uskunalar keng qo'llaniladi. Boshqaruvning hozirgi zamon avtomatik tarmoqlari asosan elektr elementlarida bajarilgan, EHMLar ham elektr elementlarida ishlaydi va xokazo. Elektr mashinalarini, transformatorlarni, apparatlarni, rele va boshqalarni ishlab chiqish sanoatning katta qismlaridan biridir. Radiotexnika va elektronika elektrotexnika bilan umumiy bazadan foydalanadi va xokazo. Demak, fan va texnikaning barcha soxalarini mutaxassisleri elektr, magnit va elektromagnit xodisalarni va ularni amalda ishlatish xaqidagi asosiy bilimlarga ega bo'lishlari shart.

O'zgarmas tok zanjirlarini xisoblash bo'yicha nazariy ma'lumotlar

Elektr zanjiri deb manbalar va ularga ulangan iste'molchilarning yigindisiga aylanadi, bu zanjirdan ma'lum tok oqib utadi. Elektr zanjirlaridagi elektromagnitaviy jarayonlar tok, kuchlanish, elektr yurituvchi kuch (EYuK) qarshilik (o'tkazuvchanlik), induktivlik, sigim kabi tushunchalar orqali ifodalanadi. Zanjirlardagi tok ikki xil o'zgaruvchan yoki o'zgarmas bo'lishi mumkin. Shuningdek nosinusoidal tok deb ataluvchi elektr toklari ham mavjud bo'lib bunday zanjirlarni keyinroq ko'ramiz.

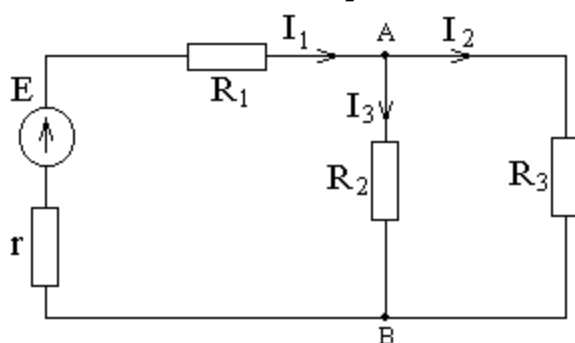
Vaqt davomida son qiymati va yo'nalishi o'zgarmaydigan tok- o'zgarmas tok deb ataladi. Ya'ni bunda zaryad tashuvchilar (elektronlar) bir tomonga xarakatlanadi. O'zgarmas elektr tokida tok kuchi, kuchlanish, EYUK va qarshilik kabi parametrlar o'zaro bog'langan bo'ladi, shu bog'lanishni urganish elektr zanjirlarida muxim rol o'ynaydi. Xalqaro birliklar sistemasida (SI) tok kuchi- Amper (A), kuchlanish- Volt (V), qarshilik- Om va o'tkazuvchanlik- simens (Sm) deb qabul qilingan. Bu birliklar orasida tok kuchi va kuchlanishni bog'lanishi muxim xususiyatga ega va buni voltamper xarakteristika deb ataladi. Agar elektr zanjiri, yoki elementning voltamper xarakteristikasi to'g'ri chiziqdan iborat bo'lsa bu zanjir yoki element chiziqli deb ataladi.

Masalan aktiv qarshilik $R = \rho \frac{l}{S}$, bu yerda (ρ -solishtirma qarshilik, L -uzunlik, S -simning kesim yuzasi).

Om qonunga ko'ra bu qarshilikdan o'tayotgan tok kuchi $I = \frac{U}{R}$, yoki $J = g \cdot U$ (g - o'tkazuvchanlik) bo'lgani uchun aktiv qarshilik chiziqli element bo'lib, aktiv qarshiliklardan tuzilgan zanjir ham chiziqli elektr zanjiri bo'ladi. Agar elementning voltamper xarakteristikasi egri chiziqdan iborat bo'lsa (masalan diod, termorezistor va xakoza) bunday element nochiziqli element, bunday elementli elektr zanjiri nochiziqli zanjir deb ataladi.

Elektr zanjirlarini hisoblashda tugun va kontur tushunchalari ko'p ishlatiladi. Kontur halqa so'ziga mos bo'lib elektr zanjirida tokning yopiq halqa hosil qilgan yulini bildiradi. Tugun esa elektr zanjirlarida tarmoqlanish nuqtalarini bildiradi, boshqacha aytganda uch va undan ortiq simlarning o'zaro tutashgan joyi tugun deb ataladi. Konturda ikki tugunning oraligi tarmoq deb yuritiladi va tarmoqda elementlar ketma-ket joylashgan bo'ladi.

Rasm-1.1 da keltirilgan tarmoqlangan zanjirda A va B nuqtalar tugunlar deyiladi. Zanjirda 3 ta kontur mavjud $E R_1 R_2$ -chap kontur, $R_2 A R_3 B$ undagi va $E R_1 A R_3 B$ r tashqi kontur, tarmoqlar esa uchta bo'lib A, B tugunlarga nisbatan



Расм-1.1

olinadi. 1-tarmoqda E, r, R_1 elementlar mavjud 2-tarmoqda R_2 , 3-tarmoqda R_3 qarshiliklar mavjud.

Zanjirni biror qismidagi kuchlanishni topish uchun shu qism uchlaridagi potentsiallar ayirmasi hisoblanadi, masalan 2.2-rasmda R_2 qarshilikdagi U_2 kuchlanish A va B tugunlar orasidagi potentsiallar ayirmasiga teng, $U_{AB} = \phi_A - \phi_B$ yoki Om qonuniga ko'ra R_2

qarshilikdagi kuchlanish

$$U_2 = \phi_A - \phi_B = I_2 \cdot R_2$$

Tarmoqda iste'molchidan tashqari EYuK manbasi ham bo'lishi mumkin, bunda potentsiallar farqini hisoblashda EYuK ni yo'nalishi va tarmoqdagi tok yo'nalishini bilish kerak. Potensial doimo tok yo'nalishi bo'yicha kamayib boradi, agar EYuK tok yo'nalishi bilan bir xil bo'lsa EYuK manfiy ishora bilan, aksincha bo'lsa musbat ishora bilan olinadi. Masalan: 1.1-rasmda A va B tugunlar orasidagi potentsiallar farqini $E R_1$ tarmoq bo'yicha hisoblash mumkin, ya'ni:

$$U_{AB} = \phi_A - \phi_B = Ir + IR_1 - E.$$

Bunda tok yo'nalishi konturda soat strelkasi yo'nalishida deb hisobladik.

Elektr zanjirida asosiy elektr kattaliklar tok kuchi, kuchlanish, qarshilik (o'tkazuvchanlik) kabi parametrlar Om va Kirxgof qonunlari orqali o'zaro bog'langan. Zanjirdagi (Rasm-1.1) dagi R_1 dan o'tayotgan tok kuchi A va V tugunlar orasidagi kuchlanishga to'g'ri proporsional va R_2 ga teskari proporsional, ya'ni: $I = \frac{U_{AB}}{R_2}$

Bu munosabat zanjirni bir qismi uchun Om qonunini ifodalaydi, chunki u zanjirning biror bir qismidagi tokni aniqlaydi va bunda shu qismlar qarshiligi katnashadi. O'tkazgichlarni ketma-ket va parallel ulash koidalariga ko'ra R_2 va R_3 qarshiliklar o'zaro parallel ulangan bo'lib, ularning birgalikdagi qarshiligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \text{ yoki } R_{23} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}$$

Zanjirda R_1 qarshilik R_{23} qarshilikka ketma-ket ulangan, shuning uchun u quyidagiga teng bo'ladi: $R_{123} = R_1 + R_{23} = R_{ekv}$

Bunda R_{ekv} -qarshilik zanjirning ekvivalent qarshiligi deb yuritiladi. Agar R_1 R_2 R_3 qarshiliklarni bitta R_{ekv} -qarshilik deb qaraydigan bo'lsak bu qarshilik har doim EYuK manbasining ichki qarshiligiga ketma-ket ulangan bo'ladi, shuning uchun Om qonunini quyidagicha yozish mumkin: $I = \frac{E}{R_{\text{экв}} + r}$ - bu ifoda berk

zanjir uchun Om qonuni deb ataladi.

Manba kiskichlaridagi kuchlanish $U_m = E - IR_t$ ga teng bo'lsa, u EYuK dan kichik bo'lib, tashki zanjirdagi kuchlanish tushuvi IR_t ni kompensasiyalaydi. Manbadan chikuvchi energiya $R_m = E \cdot I$ yoki $R_{istem} = I_2 r + I_2 R_t$

EYuK manbaining ichki qarshiligi qancha kichik bo'lsa, uning ishlab chiqarayotgan energiyasining quvvati shunchalik katta bo'ladi. Manbaining ichki qarshiligi nolga teng bo'lsa bunday manbalar cheksiz quvvatli generatorlar deb ataladi, lekin amalda doimo manbaining ichki qarshiligi noldan katta bo'ladi.

Barcha turdagi elektr zanjirlari uchun Kirxgof qonunlari ham o'rinlidir. Kirxgofning birinchi qonunini ifodalash uchun yana 1.1-rasmga qaytamiz. A tugunga kirayotgan I_1 tok shu tugundan chikayotgan I_2 va I_3 toklarning algebraik yigindisiga teng. Boshkacha qilib aytganda tugunda toklar yuqolmaydi, buni xuddi arikdagi suvga o'xshatish mumkin.

Kirxgofning birinchi qonuni: «Tugundagi toklarning algebraik yig'indisi nolga teng», ya'ni: $\sum_{i=1}^n I_i = 0$

Kirxgofning ikkinchi qonuni: «Konturdagi EYUK larning algebraik yigindisi shu kontur elementlaridagi kuchlanish tushuvlarining algebraik yigindisiga teng», ya'ni: $\sum R \cdot I = \sum E$

Ushbu r , E , R_1 va R_2 elementlardan iborat kontur uchun Kirxgofning ikkinchi qonunini quyidagicha yozish mumkin: $E = I_I(R_1 + R_2 + r) - I_{II}R_2$

Potensiallar ayirmasi U_{AB} va zaryadlar soni $\Sigma q_0 = q$ qancha katta bo'lsa, bajarilayotgan ish ham shuncha katta bo'ladi, ya'ni: $A = q \cdot U$ $q = I \cdot t$ $A = I \cdot U \cdot t$

Vaqt bo'yicha o'zgarmas kuchlanish va tokning bajargan ishi kuchlanishni tokka va vaqtga ko'paytmasiga teng.

Bajarilgan ishni vaqtga nisbatini ifodalovchi quvvat tushunchasi ham mavjud, ya'ni: $P = A/t = U \cdot I$ (Vt), (kVt), (MVt)

Xalqaro birliklar tizimi (SI) da energiya (ish) birligi qilib Joul qabul qilingan, lekin bu elektroenergetika qurilmalarini ishini real yoritish uchun bu juda kichik miqdordir. Shuning uchun amalda (kVt·soat) lardan foydalaniladi:

$$1 \text{ kVt} \cdot \text{soat} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$$

Elektr tokining issiqlik ta'siri Joul Lens qonuniga binoan quyidagiga teng bo'ladi:

$$A = I \cdot U \cdot t = I^2 \cdot r \cdot t = Q$$

Masala:

Qarshiliklari $r_1 = 2 \text{ Om}$, $r_2 = 5 \text{ Om}$, $r_3 = 3 \text{ Om}$ bo'lgan elektr zanjiri elektr yurituvchi kuchlari $E_1 = 50 \text{ V}$, $E_2 = 70 \text{ V}$ bo'lgan manbaga ulangan. (Rasm-1.2) Zanjirdagi tokning qiymati va qarshiliklardagi kuchlanishlarning pasayishini aniqlang.

Yechish:

Berk zanjir (Rasm-2.3) uchun Kirxgofning ikkinchi qonuniga asosan tenglama tuzamiz:

$E_1 + E_2 = I(R_1 + R_2 + R_3)$. Bu tenglamadagi parametrlarni o'rniga qiymatlarni qo'yib yechamiz:

$$120 = 10 \cdot I \quad I = 12 \text{ A}$$

Har bir qarshilikdagi kuchlanishlar tushuvini

hisoblaymiz: $U_1 = R_1 I = 2 \cdot 12 = 24 \text{ B}$, $U_2 = R_2 I = 5 \cdot 12 = 60 \text{ B}$, $U_3 = R_3 I = 3 \cdot 12 = 36 \text{ B}$

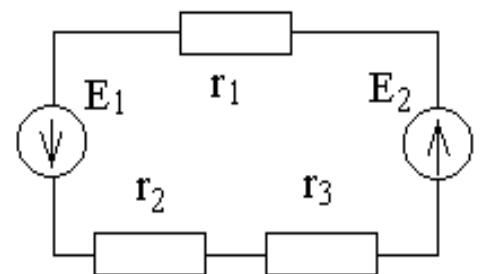
Ketma-ket ulangan qarshiliklarda tok kuchi bir xil bo'ladi. Kirxgofning ikkinchi qonuniga binoan quyidagi tenglamani tuzish mumkin:

$$E = U_1 + U_2 + U_3 + U_4 = I(r_1 + r_2 + r_3 + r_4) = I \cdot r$$

Zanjirning umumiy qarshiligi rezistorlar qarshiliklarini yig'indisiga teng: $r = \sum_{k=1}^n r_k$

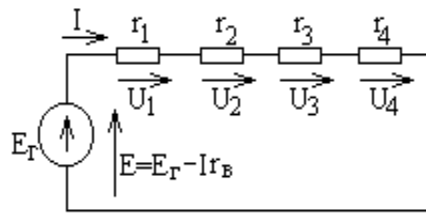
Om qonuniga binoan kuchlanishlar: $U_1 = I \cdot r_1$; $U_2 = I \cdot r_2$; $U_3 = I \cdot r_3$; $U_4 = I \cdot r_4$;

Zanjirning quvvati qismlar quvvatlarining yig'indisiga teng:

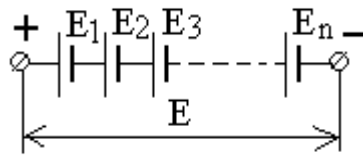


Rasm-1.2

$$P = \sum_{k=1}^n P_k = I^2 r_1 = I^2 r_2 = I^2 r_3 = I^2 r_4;$$



Rasm-1.3



Rasm-1.4

Elektr energiya manbalari ketma-ket ulanganda (Rasm-1.4), manba kuchlanishi ortib ketadi, ya'ni: $E = E_1 + E_2 + E_3 + \dots + E_n = nE_0$

Bunda umumiy manbaning ichki qarshiligi ham shunchaga ortadi, ya'ni: $R_{ich} = n \cdot R_0$

Rezistorlar paralel ulanganda hamma paralel tarmoqlarning qisqich-laridagi kuchlanish bir xil bo'ladi: $U = I_1 r_1 = I_2 r_2 = I_3 r_3 = I_4 r_4$;

Zanjirdagi tok kuchi Kirxgofning birinchi qonuniga asosan paralel tarmoqlar dagi tok kuchlarining yig'indisiga teng:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = U/r_1 + U/r_2 + U/r_3 + U/r_4 = U(g_1 + g_2 + g_3 + g_4)$$

Umumiy o'tkazuvchanlik paralel tarmoqlarning o'tkazuvchanliklarini yig'indisiga teng:

$$g = \sum_{k=1}^n g_k \text{ yoki } r = \frac{1}{g} = \frac{1}{\sum_{k=1}^n g_k}$$

Paralel tarmoqlarning tok kuchlari Om qonuniga binoan: $I_1 = Ug_1$; $I_2 = Ug_2$; $I_3 = Ug_3$; $I_4 = Ug_4$

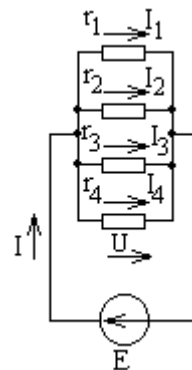
Zanjirning quvvati tarmoqlar quvvatlarini yig'indisiga teng.

Elektr energiya manbalari paralel ulanganda, manba kuchlanishi o'zgarmaydi, ya'ni: $E = E_0$

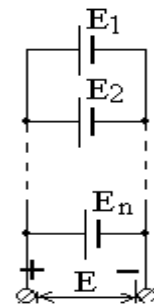
Bunda umumiy manbaning ichki qarshiligi shunchaga kamayib ketadi, ya'ni: $R_{ich} = R_0/m$

Elektr energiya manbalari paralel ulanganda, umumiy quvvat ortib ketadi, ya'ni: $R = m \cdot R_0$

Elektr energiya manbalarini va aste'molchilarini aralash ham ulash mumkin. Agar bir nechta manbalarni ketma-ket ulab, kerakli kuchlanishni xosil qilib, xuddi



Rasm-1.5



Rasm-1.6

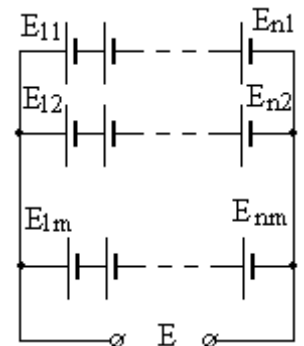
shunday ketma-ket ulangan zanjirlarni bir nechtasini parallel ulansa aralash ulangan zanjir xosil bo'ladi (Rasm-1.7). Bunda manbaning kuchlanishi quyidagicha bo'ladi: $E = E_{kk} = n \cdot E_0$

Manbaning ichki qarshiligi esa quyidagicha bo'ladi: $R_{ich} = \frac{n}{m} \cdot R_0$ bu yerda: R_0 -bitta manbaning ichki qarshiligi; n -ketma-ket ulangan manbalar soni; m -parallel ulangan manbalar soni. Manbaning quvvati esa quyidagigiga teng bo'ladi: $P = m \cdot P_0$ bu yerda P_0 -bitta manbaning quvvati.

Masala: Ichki qarshiligi $R_{ich} = 6 \text{ Om}$ ga va kuchlanishi $E_0 = 1,5 \text{ V}$ ga teng bo'lgan EYuK manbalari aralash ulangan (rasm-1.7), bu yerda $n = 6$ va $m = 3$ ga teng bo'lsa, umumiy kuchlanishni va ichki qarshilikni aniqlang.

Yechilishi: Manbaning kuchlanishi aniqlaymiz: $E_m = n \cdot E_0 = 6 \cdot 1,5 = 9 \text{ V}$.

Manbaning ichki qarshiligini aniqlaymiz: $R_{ich} = \frac{n}{m} \cdot R_0 = \frac{6}{3} \cdot 6 = 12$



Rasm-1.7

Agar elektr energiya iste'molchilarining bir nechitasi parallel va bir nechitasi ketma-ket ulansa, bunday zanjirlar aralash ulangan zanjirlar yoki murakkab zanjirlar deyiladi. Bunday zanjirlarni o'rganishda turli usullardan foydalanib, tok kuchi, kuchlanishlar tushuvi va boshqa parametrlar aniqlanadi.

Masala: Rasm-1.1 da berilgan zanjirda $R_1 = 2 \text{ Om}$, $R_2 = 3 \text{ Om}$, $R_3 = 4 \text{ Om}$, $E = 50 \text{ V}$ va $r = 1 \text{ Om}$ bo'lsa, har bir tarmoqdagi toklarni hisoblang.

Yechilishi: Zanjirni ekvivalent qarshiligini hisoblaymiz:

$$R_{\text{эKB}} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} + R_1 + r = \frac{3 \cdot 4}{3 + 4} + 2 + 1 = 4,7 \text{ OM}$$

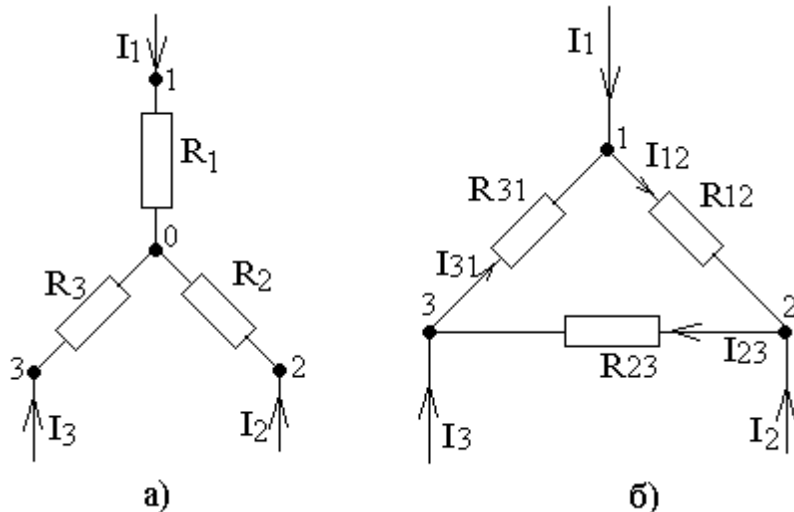
Har bir tarmoqdagi toklarni hisoblaymiz:

$$I_1 = \frac{E}{R_{\text{эKB}}} = \frac{50}{47} = 10,6 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{E - I_1 R_1}{R_2} = \frac{50 - 10,6 \cdot 2}{3} = 9,6 \text{ A}$$

$$I_3 = I_1 - I_2 = 10,6 - 9,6 = 1 \text{ A}.$$

Murakkab elektr zanjirlarni turli usullar bilan hisoblashda bazan zanjirning yoki uning bir qisminiekvivalent qarshiligini ixtiyoriy olingan ikkita tugunga nisbatan aniqlash zarur bo'ladi, ammo barcha hollarda ham murakkab ulashni oddiy ketma-ket yoki parallel ulash bilan almashtirib bo'lmaydi.



Rasm-1.8

Agar zanjirning bir qismi yulduz usulida ulangan R_1 R_2 va R_3 qarshiliklar va ularga tashqi zanjirdan ixtiyoriy I_1 I_2 va I_3 toklar kelayotgan bo'lsa, shu zanjirga ekvivalent bo'lgan uchburchak usulida ulangan zanjir, qarshiliklari R_{12} ; R_{23} ; R_{31} bo'lgan 1,2 va 3 tugunlar ichiga joylashgan bo'lib, butunlay yangi rejimda ishlaydi, lekin butun zanjirning ish rejimini o'zgartirmaydi. (Rasm-1.8)

Qarshiliklari yulduz tarzida ulangan zanjirni qarshiliklari uchburchak tarzida ulangan ekvivalent zanjirga almashtirish mumkin, bunda yulduz tarzida ulangan zanjir qarshiliklari R_1 R_2 va R_3 bo'yicha unga ekvivalent bo'lgan uchburchak tarzida ulangan zanjir qarshiliklari R_{12} R_{23} va R_{31} aniqlash mumkin, ya'ni:

$$\begin{cases} R_{12} = R_1 + R_2 + \frac{R_1 R_2}{R_3} \\ R_{23} = R_2 + R_3 + \frac{R_2 R_3}{R_1} \\ R_{31} = R_3 + R_1 + \frac{R_3 R_1}{R_2} \end{cases}$$

Huddi shu yo'l bilan uchburchak usulida ulangan zanjir qarshiliklarini, o'sha zanjir qarshiliklari R_{12} R_{23} va R_{31} ga ekvivalent bo'lgan R_1 R_2 va R_3 qarshiliklari yulduz usulida ulangan zanjirga almashtirish mumkin, bunda qarshiliklar qiymatiquyidagiga teng bo'ladi, ya'ni:

$$\begin{aligned} R_1 &= \frac{R_{12} R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} \\ R_2 &= \frac{R_{12} R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} \\ R_3 &= \frac{R_{23} R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} \end{aligned}$$

Masala:

Rasm-3.6.a. da berilgan zanjir uchun ekvivalent induktivlikni aniqlang. Zanjir parametrlari quyidagicha: $L_1=L_4=2$ Gn; $L_2=L_3=4$ Gn

Yechish:

1. Zanjirdagi yulduz usulida ulangan L_1 , L_2 va L_3 induktivliklarni. uchburchak usulida ulangan ekvivalent sxemaga almashtiramiz (Rasm-1.9, b):

$$L_{12}=L_1+L_2+L_1L_2/L_3=2+4+2\cdot4/4=8 \text{ Gn}$$

$$L_{23}=L_2+L_3+L_2\cdot L_3/L_1=4+4+4\cdot4/2=16 \text{ Gn}$$

$$L_{31}=L_3+L_1+L_3L_1/L_2=4+2+4\cdot2/4=8 \text{ Gn}$$

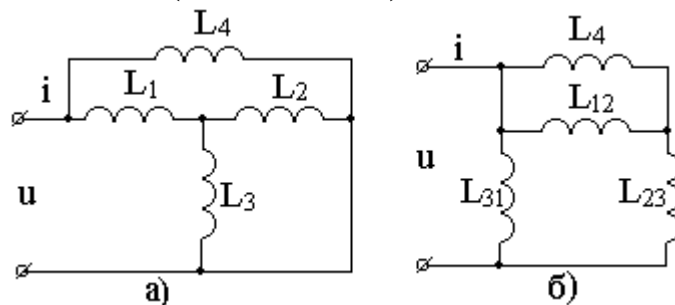
2. L_4 va L_{12} induktivliklar parallel ulangani uchun ularga ekvivalent bo'lgan induktivlikni topamiz:

$$L_{124}=\frac{L_4 \cdot L_{12}}{L_4 + L_{12}} = \frac{2 \cdot 8}{2 + 8} = 1,6 \text{ Gn}.$$

3. Butun zanjirlarni ekvivalent induktivligini topamiz:

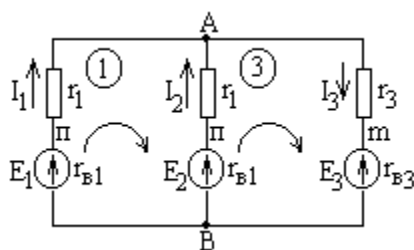
$$L'_{23}=L_{124}+L_{23}=1,6+16=17,6 \text{ Gn}$$

$$L_{\text{ЭKB}}=\frac{L_{31} \cdot L'_{23}}{L_{31} + L'_{23}} = \frac{8 \cdot 17,6}{8 + 17,6} = 5,5 \text{ Gn}$$



Rasm-1.9

Ikki va undan ortiq manbaga ega elektr zanjiri murakkab hisoblanadi. Bunday murakkab zanjirlarni bir necha usulda o'rganish mumkin, masalan, *Kirxgof qonunlarini bevosita qo'llash* usulida I va II qonunlar asosida elektr



Rasm-1.10

zanjirini tugunlari va konturlari uchun tenglamalar tuziladi va bu tenglamalar yechilib noma'lum toklar topiladi. Tenglamalarni umumiy soni noma'lum toklar soniga teng bo'lishi kerak. Kirxgofning I qonuni asosida tuzilgan tenglamalar soni zanjir tugunlari sonidan bitta kam bo'lishi kerak. Qolgan tenglamalar Kirxgofning II qonuni asosida tuziladi.

Masalan, Rasm-1.10 da keltirilgan zanjir uchun

tenglamalar tuzamiz:

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

$$I_1 (r_1+r_{u1})-I_2 (r_2+r_{u2}) = E_1 - E_2$$

$$I_2 (r_2+r_{u2}) + I_3 (r_3+r_{u3}) = E_2 - E_3$$

Konturlarni aylanish yo'nalishini (rasmda ko'r-satilgan) soat ko'rsatkichini aylanishi yo'nalishida oldik. Tuzilgan uch tenglamani yechib, noma'lum tok kuchlarini topami, masalan:

$$I_1 = \frac{(E_1 - E_2)(R_2 + R_{U2} + R_3 + R_{U2}) + (E_2 - E_3)(R_2 + R_{U2})}{(R_1 + R_{U1})(R_2 + R_{U2}) + (R_2 + R_{U2})(R_3 + R_{U3}) + (R_3 + R_{U3})(R_1 + R_{U1})}$$

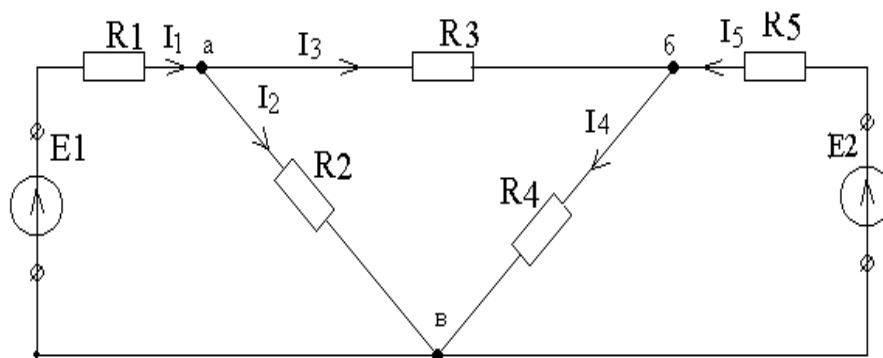
$$I_2 = \frac{I_1(R_1 + R_{U1}) - E_1 + E_2}{R_2 + R_{U2}}; \quad I_3 = I_1 + I_2$$

Toklarni topib, boshqa kerak bo'lgan kattaliklarni ham topish mumkin.

Kontur toklar usulida

Bu usulda tenglamalar faqat Kirxgofning ikkinchi qonuniga binoan tuziladi, buning uchun konturlarning kerakli soni tanlanadi. Har bir konturda kontur toki mavjudligi ko'zda tutiladi, tokning musbat yo'nalishi ixtiyeriy ko'rsatib qo'yiladi. Ustama prinsipidan kelib chiqib, hisoblanadiki, har bir konturda kontur toklari oqadi va ulardan tarmoq toklari hosil bo'ladi. Tenglamalar har bir kontur uchun tuziladi, konturni o'zini kontur toki yo'nalishida aylaniladi va har bir kontur tokdan hosil bo'lgan kuchlanish tushuvi hisobga olinadi. Bunda mazkur tok konturni aylanish yo'nalishi bilan to'g'ri kelsa, qo'shiladigan qiymatlarni musbat hisoblanadi va yo'nalishlar teskari bo'lsa, manfiy hisoblanadi.

Mazkur konturning qarshiliklarini yig'indisini konturning o'zini qarshiligi deyiladi. Ikkita kontur tarkibiga kiradigan qarshiliklarni yig'indisi o'zaro qarshilik deyiladi. qaysidir konturda harakatlanayotgan hamma EYuK-larni algebraik yig'indisi kontur EYuK-si deyiladi. Tuzilgan tenglamalarni har qaysi kontur toki I_K -ga nisbatan yechib, uning qiymati topiladi. Har bir rezistordagi tok kuchi kontur toklarning algebraik yig'indisiga teng.



Rasm1.11

Rasm-1.11 da berilgan zanjir uchun I, II va III konturlardan faqat kontur toklar II, III va IIII o'tayotgin va bu toklar qarshiliklarda kuchlanishlar tushuvini xosil qilayotgan bo'lsa, uxolda tarmoqdagi xaqiqiy toklar bilan kontur toklar quyidagicha bog'langin bo'ladi: $I_1 = I_I$ $I_2 = I_I - I_{II}$ $I_3 = I_{II}$ $I_4 = I_{II} + I_{III}$ $I_5 = I_{III}$

Berilgan zanjir uchun Kirxgofning ikkinchi qonuniga binoan tenglamalar tuzish mumkin, ya'ni:

$$\begin{cases} I_I R_{12} - I_{III} R_2 = E_1 \\ -I_I R_2 + I_{II} R_{234} + I_{III} R_4 = 0 \\ I_{II} R_4 + I_{III} R_{45} = E_2 \end{cases}$$

Bu tenglamalar kontur toklar tenglamalari deb ataladi.

Umumiy xolda n ta kontur va m ta tugunga ega bo'lgan zanjir uchun kontur toklar tenglamalarini quyidagicha yozish mumkin:

$$\begin{cases} I_I R_{11} + I_{II} R_{12} + I_{III} R_{13} + \dots + I_n R_{1n} = E_{11} \\ I_I R_{21} + I_{II} R_{22} + I_{III} R_{23} + \dots + I_n R_{2n} = E_{22} \\ I_I R_{31} + I_{II} R_{32} + I_{III} R_{33} + \dots + I_n R_{3n} = E_{33} \\ \dots \dots \dots \\ I_I R_{n1} + I_{II} R_{n2} + I_{III} R_{n3} + \dots + I_n R_{nn} = E_{nn} \end{cases}$$

Bu yerda: R_{nn} - n chi konturning xususiy qarshiligi bo'lib, miqdor jixatidan shu konturga kiruvchi barcha qarshiliklarning algebraik yig'indisiga teng, E_{nn} - n chi konturning xususiy EYuK si bo'lib, miqdor jixatidan konturdagi barcha EYuK larning algebraik yig'indisiga teng, bunda kontur tokining yo'nalishini hisobga olish kerak.

Yuqoridagi tenglamalar sistemasiga aniqlovchilar va minorlarni tadbqiq qilib, kontur toklarni topish mumkin.

Masala: Rasm-4.2. da berilgan zanjir uchun xar bir tarmoqdagi toklarni kontar toklar usuli bilan hisoblang. Bunda: $R_1=R_2=2 \text{ Om}$, $R_3=R_4=R_5=1 \text{ Om}$, $E_1=40 \text{ V}$, $E_2=10 \text{ V}$ ga teng.

Yechilishi:

Berilgan zanjir uchun I, II va III konturlardan faqat kontur toklar o'tayotgan bo'lib, ular tegishli qarshiliklarda kuchlanishlar tushuvini xosil qilayotgan bo'lsa, u xolda tarmoq toklari bilan kontur toklar quyidagicha bog'langan bo'ladi:

$$I_1 = I_I \quad I_2 = I_I - I_{II} \quad I_3 = I_{II} \quad I_4 = I_{II} + I_{III} \quad I_5 = I_{III}$$

Berilgan zanjir uchun Kirxgofning ikkinchi qonuniga asosan quyidagicha tenglamalar tuzish mumkin:

$$\begin{cases} E_1 = I_I R_{11} - I_{II} R_{12} \\ 0 = -I_I R_{21} + I_{II} R_{22} + I_{III} R_{23} \\ E_2 = I_{II} R_{32} + I_{III} R_{33} \end{cases}$$

$$R_{11} = (R_1 + R_2) = 4 \text{ Om},$$

$$R_{12} = R_{21} = R_2 = 2 \text{ Om},$$

$$R_{22} = (R_2 + R_3 + R_4) = 4 \text{ Om}$$

$$R_{23} = R_{32} = R_4 = 1 \text{ Om},$$

$$R_{33} = (R_4 + R_5) = 2 \text{ Om},$$

$$R_{13} = R_{31} = 0$$

Berilgan zanjir uchun yuqorida tuzilgan tenglamalar uchun aniqlovchilar va minorlarni aniqlaymiz:

$$\Delta = \begin{vmatrix} R_{11} & -R_{12} & R_{13} \\ -R_{21} & R_{22} & R_{23} \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 4 & -2 & 0 \\ -2 & 4 & 1 \\ 0 & 1 & 2 \end{vmatrix} = 20$$

$$\Delta_{11} = \begin{vmatrix} R_{22} & R_{23} \\ R_{32} & R_{33} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 4 & 1 \\ 1 & 2 \end{vmatrix} = 7$$

$$\Delta_{12} = \Delta_{21} = (-1)^{1+2} \cdot \begin{vmatrix} -R_{21} & R_{23} \\ R_{31} & R_{33} \end{vmatrix} = - \begin{vmatrix} -2 & 1 \\ 0 & 2 \end{vmatrix} = 4 \quad \Delta_{13} = \Delta_{31} = \begin{vmatrix} -R_{21} & R_{22} \\ R_{31} & R_{32} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -2 & 4 \\ 0 & 1 \end{vmatrix} = -2$$

$$\Delta_{22} = \begin{vmatrix} R_{11} & R_{13} \\ R_{31} & R_{33} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 4 & 0 \\ 0 & 2 \end{vmatrix} = 8$$

$$\Delta_{23} = \Delta_{32} = (-1)^{2+3} \cdot \begin{vmatrix} R_{22} & R_{23} \\ R_{32} & R_{33} \end{vmatrix} = - \begin{vmatrix} 4 & 1 \\ 1 & 2 \end{vmatrix} = 4$$

$$\Delta_{33} = \begin{vmatrix} R_{11} & -R_{12} \\ -R_{21} & R_{22} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 4 & -2 \\ -2 & 4 \end{vmatrix} = 12$$

$$E_{11} = E_1 = 40 \text{ B} \quad E_{22} = 0 \quad E_{33} = E_2 = 10 \text{ B}$$

Yuqoridagilardan foydalanib kontur toklarni quyidagicha topish mumkin:

$$I_1 = \frac{\Delta_{11}}{\Delta} \cdot E_1 + \frac{\Delta_{13}}{\Delta} \cdot E_2 = 13 \text{ A} \quad I_{11} = \frac{\Delta_{21}}{\Delta} \cdot E_1 + \frac{\Delta_{23}}{\Delta} \cdot E_2 = 6 \text{ A} \quad I_{111} = \frac{\Delta_{31}}{\Delta} \cdot E_1 + \frac{\Delta_{33}}{\Delta} \cdot E_2 = 2 \text{ A}$$

Topilgan kontur toklarga asosan xar bir tarmoqdagi toklarni topish mumkin:

$$I_1 = I_I = 13 \text{ A} \quad I_2 = I_I - I_{II} = 7 \text{ A} \quad I_3 = I_{II} = 6 \text{ A}$$

$$I_4 = I_{II} + I_{III} = 8 \text{ A} \quad I_5 = I_{III} = 2 \text{ A}$$

Masalani yechimini to'g'riligini Kirxgofning birinchi qonuniga asosan tekshirib aniqlash mumkin, ya'ni:

$$I_1 = I_2 + I_3 = 7 + 6 = 13 \text{ A}$$

$$I_4 = I_3 + I_5 = 6 + 2 = 8 \text{ A}$$

Tugun potentsiallar usuli

Ma'lumki, agar zanjirdagi berilgan EYuK manbalari va qarshiliklari bo'yicha zanjirning tarmoqlaridagi toklari va barcha tugunlari orasidagi kuchlanishlar tushuvi topilishi mumkin bo'lsa, bunday zanjirni taxlil qilish mumkin deb hisoblanadi.

Agar ixtiyoriy murakkab elektr zanjirdagi tugunlardan bittasini ajratib olib, uning potentsiali nolga tenglashtirilsa, u holda qolgan barcha tugunlarning potentsiali ana shu tugunga nisbatan aniqlanadi:

Masala:

Rasm-1.11 dagi elektr zanjir uchun tenglamalar soni ikkita bo'ladi, ya'ni a, b va v tugunlarning potentsiallarini tegishli $\varphi_a = \varphi_1$; $\varphi_6 = \varphi_2$ va $\varphi_3 = 0$ orqali belgilab, butun zanjirning toklari uchun quyidagi tenglamalarni tuzamiz:

$$I_1 = g_1(E_1 - \varphi_1); \quad I_2 = g_2 \cdot \varphi_1; \quad I_3 = g_3(\varphi_1 - \varphi_2); \quad I_4 = g_4 \cdot \varphi_2; \quad I_5 = g_5(E_2 - \varphi_2)$$

$g_1; g_2; \dots; g_5$ – zanjirning tegishli tarmoqlarining o'tkazuvchanligi.

Bu toklarning qiymatlarini Kirxgofning birinchi qonuniga binoan quyidagicha yozish mumkin:

$$g_1(E_1 - \varphi_1) + g_2 \cdot \varphi_1 - g_3(\varphi_1 - \varphi_2) = 0$$

$$g_3(\varphi_1 - \varphi_2) - g_4 \cdot \varphi_2 + g_5(E_2 - \varphi_2) = 0$$

Butenglamalarni yechish uchun quyidagi belgilashlar kiritamiz:

$$g_{11} = g_1 + g_2 + g_3 - 1 \text{ - tugunning xususiy o'tkazuvchanligi,}$$

$$g_{22} = g_3 + g_4 + g_5 - 2 \text{ - tugunning xususiy o'tkazuvchanligi,}$$

$$g_{12} = g_{21} = g_3 - 1 \text{ va } 2 \text{ - tugunlarning o'zaro o'tkazuvchanligi.}$$

Yuqoridagi formulalarni quyidagicha yozish mumkin:

$$g_{11}\varphi_1 - g_{12}\varphi_2 = I_1$$

$$-g_{21}\varphi_1 + g_{22}\varphi_2 = I_2$$

Bu tenglamalar sistemasini ham minorlar va aniqlovchilar yordamida yechish mumkin.

Masala:

Rasm-1.11 da berilgan zanjir uchun xar bir tarmoqdagi toklarni tugun potentsiallar usuli bilan hisoblang. Bunda: $R_1 = R_2 = 2 \text{ Om}$, $R_3 = R_4 = R_5 = 1 \text{ Om}$,

$E_1 = 40 \text{ V}$, $E_2 = 10 \text{ V}$ ga teng.

Yechilishi:

Berilgan zanjir uchun tenglama tuzib, bu tenglamalarga o'tkazuvchanlik va EYuK larni qiymatini qo'yib quyidagi tenglamani xosil qilamiz:

$$I_1 = g_1(E_1 - \varphi_1) = 20 - 0,5\varphi_1$$

$$I_2 = g_2 \cdot \varphi_1 = 0,5\varphi_1$$

$$I_3 = g_3(\varphi_1 - \varphi_2) = \varphi_1 - \varphi_2$$

$$I_4 = g_4 \cdot \varphi_2 = \varphi_2$$

$$I_5 = g_5(E_2 - \varphi_2) = 10 - \varphi_2$$

Kirxgofning birinchi qonuniga asosan tenglama tuzamiz:

$$I_1 - I_2 - I_3 = (20 - 0,5\varphi_1) - (0,5\varphi_1) - (\varphi_1 - \varphi_2) = 0$$

$$I_3 - I_4 + I_5 = (\varphi_1 - \varphi_2) - (\varphi_2) + (10 - \varphi_2) = 0$$

yoki

$$\begin{cases} 20 - 2\varphi_1 + \varphi_2 = 0 \\ 10 + \varphi_1 - 3\varphi_2 = 0 \end{cases}$$

Bu tenglamalar sistemasini yechib, birinchi va ikkinchi tugunlarni potentsiallarini topamiz: $\varphi_1 = 14 \text{ V}$ va $\varphi_2 = 8 \text{ V}$

Topilgan potentsiallarning qiymatiga asosanib tarmoqdagi toklarni aniqlaymiz:

$I_1 = 20 - 0,5\varphi_1 = 13 \text{ A}$, $I_2 = 0,5\varphi_1 = 7 \text{ A}$, $I_3 = \varphi_1 - \varphi_2 = 6 \text{ A}$, $I_4 = \varphi_2 = 8 \text{ A}$, $I_5 = 10 - \varphi_2 = 2 \text{ A}$

Masalani yechimini to'g'riligini Kirxgofning 1-qonuniga asosan tekshiramiz:

$$I_1 - I_2 - I_3 = 13 - 7 - 6 = 0, \quad I_3 - I_4 + I_5 = 6 - 8 + 2 = 0$$

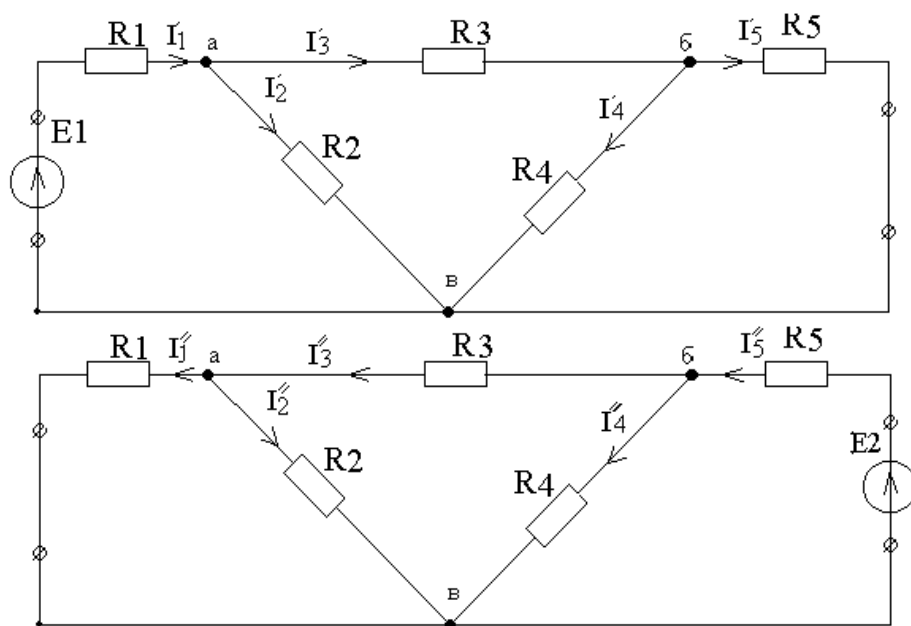
Ustma-ust usuli

Bu usul bilan murakkab zanjirlarni hisoblanganda, zanjirda nechta E.YU.K manbai bo'lsa, shuncha zanjir tuzib olinadi, bunda qarshiliqlar o'z o'rnida qoladi, bunda toklarni yo'nalishini o'zgartirish mumkin.

Masalan: Rasm-1.11 dagi zanjirda ikkita EYuK manbai bor, demak zanjirni ikkita alohida-alohida EYuK-lardan ta'minlangan zanjir deb qarash mumkin.

Bu ikkala zanjirlarni alohida-alohida deb hisoblash mumkin, ya'ni ekvivalent qarshiliklarni hisoblab topib, Om qonuniga asosan har bir tarmoqdagi toklarni topish mumkin.

Berilgan zanjirdagi toklar, bu ikkala zanjirdagi toklarning algebraik yig'indisi deb qarash mumkin, lekin bunda toklarni yo'nalishini hisobga olish kerak bo'ladi. Agar I' va I'' toklarning yo'nalishlari bir xil bo'lsa ular qo'shiladi, aksincha qarama-qarshi bo'lsa ular ayriladi.



Rasm-1.12. a, b.

Masala:

Rasm-4.2. da berilgan zanjir uchun xar bir tarmoqdagi toklarni ustma-ust usuli bilan hisoblang. Bunda: $R_1=R_2=2\text{ Om}$, $R_3=R_4=R_5=1\text{ Om}$, $E_1=40\text{ V}$, $E_2=10\text{ V}$ ga teng.

Yechilishi:

Berilgan zanjirni ikkita aloxida-aloxida zanjirga bo'lib olamiz (Rasm-4.4.a,b.). Bunda berilgan zanjir uchun tarmoq toklarini, birinchi va ikkinchi zanjir tarmoq toklari orqali ifodalab olamiz:

$$I_1 = I_1^I - I_1^{II}; \quad I_2 = I_2^I + I_2^{II}; \quad I_3 = I_3^I - I_3^{II}; \quad I_4 = I_4^I + I_4^{II}; \quad I_5 = I_5^I + I_5^{II}$$

Birinchi zanjirni ekvivalent qarshiligini aniqlaymiz:

$$R_{45} = \frac{R_4 \cdot R_5}{R_4 + R_5} = \frac{1 \cdot 1}{1 + 1} = 0,5$$

$$R_{34} = R_3 + R_{45} = 1 + 0,5 = 1,5$$

$$R_{23} = \frac{R_2 \cdot R_{34}}{R_2 + R_{34}} = \frac{2 \cdot 1,5}{2 + 1,5} = 0,86$$

$$R_{\text{экв}}^I = R_1 + R_{23} = 2 + 0,86 = 2,86\text{ Ом}$$

Om qonuniga asosan birinchi zanjir uchun tarmoqdagi toklarni aniqlaymiz:

$$I_1^I = \frac{E_1}{R_{\text{экв}}^I} = \frac{40}{2,86} = 14\text{ A}$$

$$U_1^I = R_1 \cdot I_1^I = 28\text{ B}$$

$$U_2^I = E_1 - U_1^I = 12\text{ B}$$

$$I_2^I = \frac{U_2^I}{R_2} = 6\text{ A}$$

$$I_3^I = I_1^I - I_2^I = 8\text{ A}$$

$$U_3^I = R_3 \cdot I_3^I = 8\text{ B}$$

$$U_4^I = U_2^I - U_3^I = 4\text{ B}$$

$$I_4^I = \frac{U_4^I}{R_4} = 4\text{ A}$$

$$I_5^I = I_3^I - I_4^I = 4\text{ A}$$

Ikkinchi zanjirni ekvivalent qarshiligini aniqlaymiz:

$$R_{12} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{2 \cdot 2}{2 + 2} = 1$$

$$R_{23} = R_3 + R_{12} = 1 + 1 = 2$$

$$R_{34} = \frac{R_4 \cdot R_{23}}{R_4 + R_{23}} = \frac{1 \cdot 2}{1 + 2} = 0,67$$

$$R_{\text{экв}}^{II} = R_5 + R_{34} = 1 + 0,67 = 1,67\text{ Ом}$$

Om qonuniga asosan ikkinchi zanjir uchun tarmoqdagi toklarni aniqlaymiz:

$$I_5'' = \frac{E_2}{R_{\text{экв}}} = \frac{10}{1,67} = 6 \text{ A}$$

$$U_5'' = R_5 \cdot I_5 = 6 \text{ B}$$

$$U_4'' = E_2 - U_5 = 4 \text{ B}$$

$$I_4'' = \frac{U_4}{R_4} = 4 \text{ A}$$

$$I_3'' = I_5 - I_4 = 2 \text{ A}$$

$$U_3'' = R_3 \cdot I_3 = 2 \text{ B}$$

$$U_2'' = U_4 - U_3 = 2 \text{ B}$$

$$I_2'' = \frac{U_2}{R_2} = 1 \text{ A}$$

$$I_1'' = I_3 - I_2 = 1 \text{ A}$$

Birinchi va ikkinchi zanjirlarni ustma-ust qo'yib, berilgan zanjirdagi tarmoq toklarini aniqlaymiz:

$$I_1 = I_1^I - I_1^{II} = 14 - 1 = 13 \text{ A} \quad I_2 = I_2^I + I_2^{II} = 6 + 1 = 7 \text{ A} \quad I_3 = I_3^I - I_3^{II} = 8 - 2 = 6 \text{ A}$$

$$I_4 = I_4^I + I_4^{II} = 4 + 4 = 8 \text{ A} \quad I_5 = -I_5^I + I_5^{II} = -4 + 6 = 2 \text{ A}$$

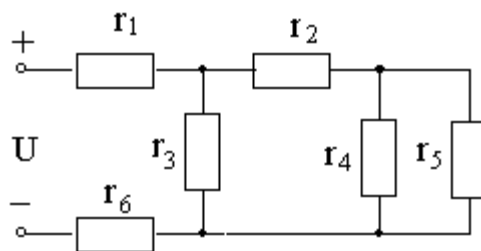
Masalani yechimini to'g'riligini Kirxgofning birinchi qonuniga asosan tekshirib aniqlash mumkin, ya'ni:

$$I_1 = I_2 + I_3 = 7 + 6 = 13 \text{ A}, \quad I_4 = I_3 + I_5 = 6 + 2 = 8 \text{ A}$$

O'zgarmas tok zanjirlariga doir masalalar

1.1-Masala

Qarshiliklari $r_1=12 \text{ Om}$, $r_1=3 \text{ Om}$, $r_3=15 \text{ Om}$, $r_4=r_5=24 \text{ Om}$, $r_6=4,5 \text{ Om}$ dan iborat bo'lgan elektr zanjiri kuchlanishi $U=120 \text{ V}$ bo'lgan manbaga ulangan. (Rasm-1.1) Har bir qarshilikdan o'tayotgan tok va undagi kuchlanishlarning tushuvini Kirxgof va Om qonunlari orqali ifodalang?

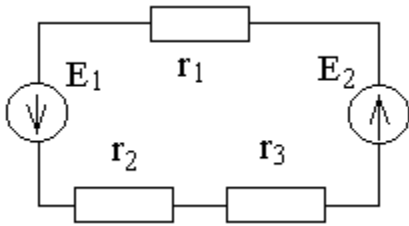


Rasm -1.1

1.2-Masala

Qarshiliklari $r_1=2 \text{ Om}$, $r_2=5 \text{ Om}$, $r_3=3 \text{ Om}$ bo'lgan elektr zanjiri elektr yurituvchi kuchlari $E_1=50 \text{ V}$, $E_2=70 \text{ V}$ bo'lgan manbaga ulangan. (Rasm-1.2)

Zanjirdagi tokning qiymati va qarshiliklardagi kuchlanishlarning pasayishi aniqlansin.



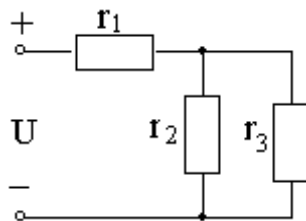
Rasm -1.2

1.3-Masala

A-35 markali alyuminiy simdan o'tkazilgan 10 km uzunlikdagi ikki simli elektr uzatish liniyasining qayeridadir qisqa tutashuv sodir bo'ldi. Avtomatik ajratgich (AR) ning borligi tufayli liniya manbadan ajratildi. Qisqa tutashuv joyini aniqlash uchun liniyaning boshida, uning qismalariga yuk mashinasini akkumulyatori ulandi. Zanjirga ulangan voltmetr va ampermetr tegishlicha 24 V va 1,5 A ni ko'rsatdi. Liniya boshdan qanday uzoqlikda qisqa tutashuv sodir bo'lgan? Agar qisqa tutashuv liniyaning oxirida sodir bo'lgan bo'lsa, ampermetr ko'rsatishi aniqlansin.

1.4-Masala

Elektr zanjir kuchlanishi $U_0=100$ V bo'lgan manbaga ulangan. (Rasm-1.4). Agar qarshiliklar $r_1=4$ Om, $r_2=60$ Om bo'lib, qarshilik r_1 ning quvvat iste'moli $R_1=100$ Vt bo'lsa qarshilik r_3 ning kattaligi aniqlansin.



Rasm-1.4

1.5-Masala

Kundalang kesimi $S=150$ mm² bo'lgan alyuminiy simdan tortilgan o'zgarmas elektr toki uzatish liniyasining uzunligi $L=120$ km. Agar uzatilayotgan tokning kuchi $I=160$ A bo'lsa, liniyadagi kuchlanish tushuvi ΔU nimaga teng bo'ladi? Sim materialining solishtirma qarshiligi.

1.6-Masala

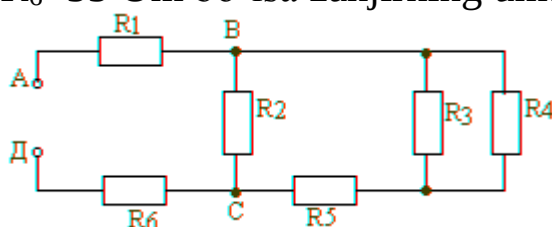
Elektr energiyasi manbaining ichki qarshiligi $r_0=0,4 \text{ Om}$, tashqi qarshiligi $r_t=20 \text{ Om}$ bo'lib, manbaning ichki quvvat isrofi 40 Vt ni tashkil etsa, manba qismalaridagi kuchlanish. uning EYUK va tashqi zanjirga bera oladigan quvvati aniqlansin.

1.7-Masala

Elektr sig'imi $S=200 \text{ mkF}$ bo'lgan kondensator $t=0,5 \text{ c}$ vaqt ichida $U=600 \text{ V}$ kuchlanishgacha zaryadlangan bo'lsa, zaryadlanish toki kuchining o'rtacha qiymatini toping.

1.8-Masala

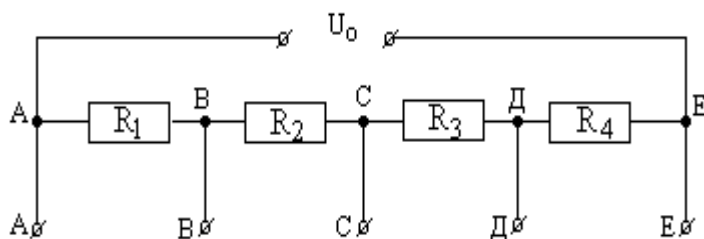
Rasm-1.8 dagi sxemada $R_1=20 \text{ Om}$, $R_2=30 \text{ Om}$, $R_3=40 \text{ Om}$, $R_4=32 \text{ Om}$, $R_5=12 \text{ Om}$, $R_6=55 \text{ Om}$ bo'lsa zanjirning umumiy qarshiligi R_{um} topilsin.



Rasm-1.8

1.9-Masala

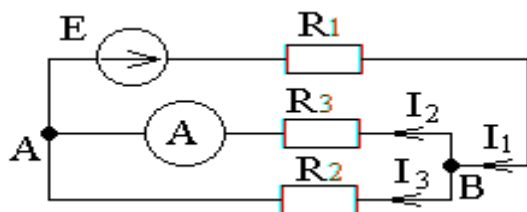
Agar Rasm-1.9 da tasvirlangan kuchlanish bo'lgichida $U_0=220 \text{ B}$, $R_1=2 \text{ Om}$, $R_2=4 \text{ Om}$, $R_3=6 \text{ Om}$, $R_4=8 \text{ Om}$ bo'lsa, iste'molchi AB, BC, CD, DE, BE, CE va AE qismlarga ulanganda olinadigan kuchlanishlarni toping?



Rasm-1.9

1.10-Masala

EYUK $E=2,8 \text{ V}$ bo'lgan batareya Rasm-1.10 da berilgan sxema bo'yicha zanjirga ulangan. Bunda $R_1=1,8 \text{ Om}$, $R_2=2 \text{ Om}$, $R_3=3 \text{ Om}$ va ampermetr $I=0,48 \text{ A}$ ni ko'rsatayotgan bo'lsa, batareyaning ichki qarshiligi topilsin? Ampermetrning ichki qarshiligini xisobga olinmasin.



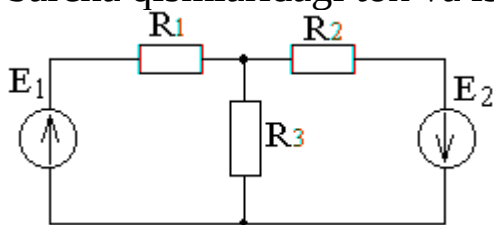
Rasm -1.10

1.11-Masala

Tok manbai $R_1=1,8 \text{ Om}$ tashqi qarshilikka ulanganda $I_1=0,7 \text{ A}$ tok beradi. Agar tashqi qarshilik $R_2=2,3 \text{ Om}$ bo'lganda, tok kuchi kamayib, $I_2=0,56 \text{ A}$ bo'lib kolgan bo'lsa, manbaning EYUK i va ichki qarshiligi topilsin?

1.12-Masala

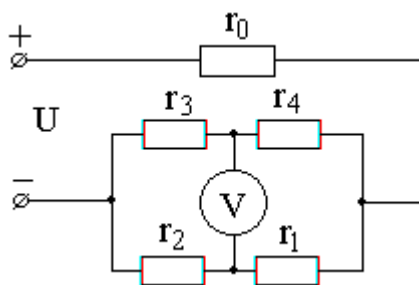
Xar birining qarshiligi 20 Om dan bo'lgan uchta elektr energiya iste'molchisi Rasm-1.12 dagi sxemada ko'rsatilgandek ulangan. Agar zanjirdagi manbalarining elektr yurituvchi kuchlari $E_1=120 \text{ V}$ va $E_2=30 \text{ V}$ bo'lsa, zanjirning barcha qismlaridagi tok va iste'molchilarning umumiy quvvati aniqlansin.



Rasm -1.12

1.13-Masala

Parametrlari $r_1=20 \text{ Om}$, $r_2=60 \text{ Om}$, $r_3=50 \text{ Om}$, va $r_4=30 \text{ Om}$ bo'lgan kuprik sxema $r_0=5 \text{ Om}$ qarshilik orqali kuchlanishi $U_0=90 \text{ V}$ bo'lgan o'zgarmas tok

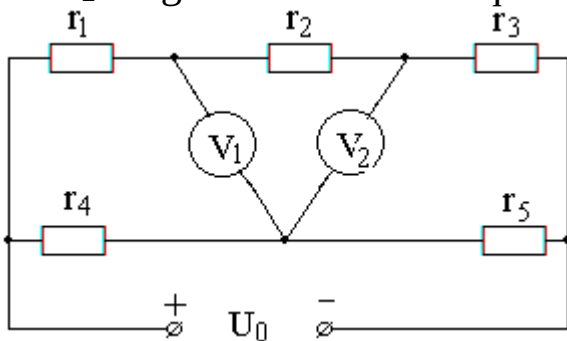


Rasm -1.13

manbaiga ulangan. Manbaning kuchlanishi U topilsin.

1.14-Masala

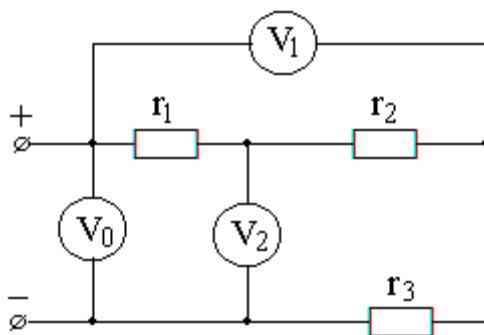
Qarshiliklari $r_1:r_2:r_3=2:5:3$ va $r_4:r_5=3:2$ nisbatlarda tanlangan zanjir kuchlanishi $U_0=200$ V bo'lgan o'zgarmas tok manbaiga ulangan. Voltmetrlar V_1 va V_2 ning ko'rsatishlari aniqlansin.



Rasm-1.14

1.15-Masala

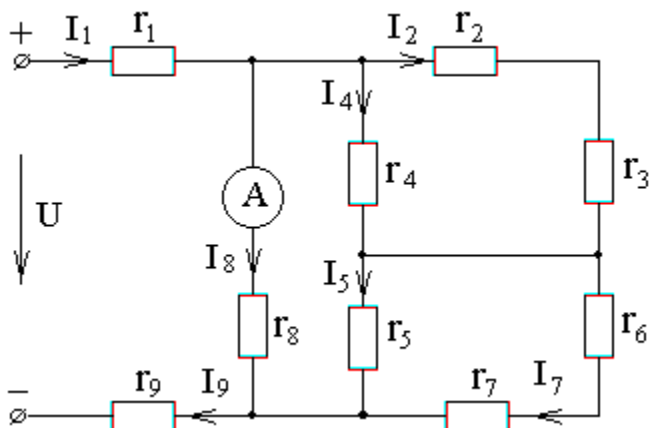
Zanjirdagi qarshiliklarning nisbati $r_1:r_2:r_3=5:2:3$ bo'lib, voltmetrlarning ko'rsatishlari $U_1=140$ B va $U_2=100$ V ni tashkil etadi. Zanjirga berilayotgan kuchlanish U_0 va zanjirning elementlari bo'yicha kuchlanishlarning taqsimlanishi aniqlansin.



Rasm -1.15

1.16-Masala

Agar zanjirdagi ampermetrning ko'rsatishi 5 A bo'lib, qarshiliklar $r_1=r_9=2,5$ Om $r_2=r_3=r_6=r_7=5$ Om va $r_4=r_5=r_8=10$ Om dan bo'lsa, zanjirning barcha tarmoklaridagi toklar, unga berilgan kuchlanish xamda zanjirning quvvat iste'moli aniqlansin.



Rasm-1.16

1.17-Masala

EYUK $E=2$ V bo'lgan akkumulyatorga $R=4,8$ Om li tashki qarshilik ulanganda $I=0,4$ A tok xosil bo'lgan. Akkumulyatorning ichki qarshiligi va qisqichlardagi kuchlanishi topilsin.

1.18-Masala

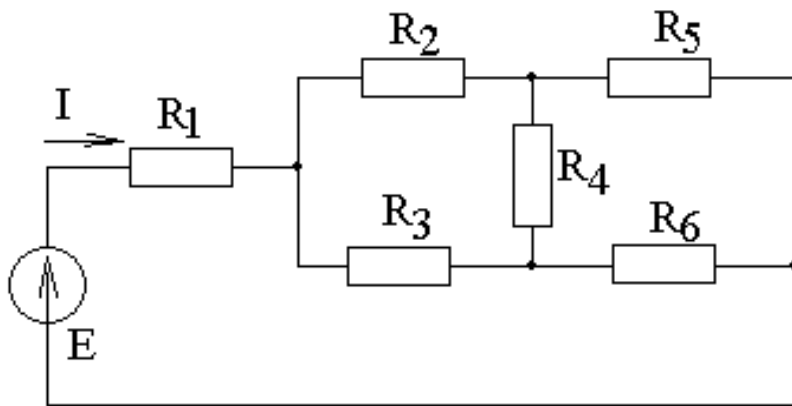
Galvanik element $R=4$ Om li tashki qarshilikka ulanganda $I_1=0,2$ A tokni $R_2=7$ Om li tashki qarshilikka ulanganda esa $I_2=0,14$ A tokni bersa elementning qisqa tutashish tokini toping?

1.19-Masala

Manba $R_1=1,5$ Om li tashki qarshilikka ulanganda $I_1=0,8$ A tokni, $R_2=3,25$ Om li tashki qarshilikka ulanganda esa $I_2=0,4$ A tokni bersa manbaning EYUK si va ichki qarshiligini toping?

1.20-Masala

Rasm-1.20 da berilgan sxemadagi EYUK $E=10$ V, qarshiliklari $R_1=2$ Om; $R_2=3$ Om; $R_3=4$ Om; $R_4=1$ Om; $R_5=3$ Om va $R_6=2$ Om bo'lgan elektr zanjirning ekvivalent qarshiligi, tok kuchi va quvvat aniqlansin.



Rasm-1.20

1.21-Masala

Rasm-1.21 da berilgan elektr zanjirining tarmoklardagi tolar va kuchlanishlar pasayishi kontur toklar usuli bilan aniqlansin. Barcha mustakil konturlarning yechimi Kirxgof qonunlari asosida tekshirilsin. E.yu.k. va qarshiliklar qiymatlari quyidagicha : $E_1=20$ V, $E_2=24$ V, $R_{e1}=2$ Om, $R_{e2}=3$ Om, $R_1=5$ Om, $R_2=8$ Om, $R_3=5$ Om, $R_4=7$ Om, $R_5=10$ Om.

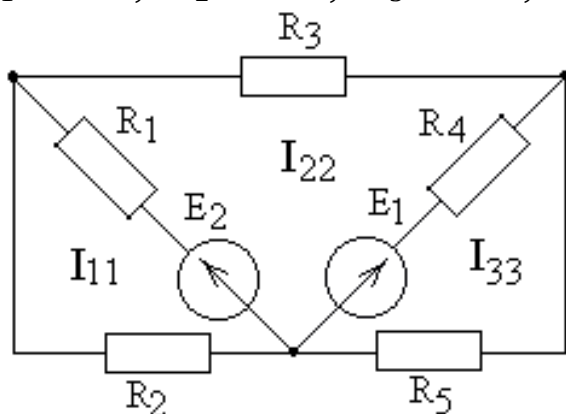


Рис-1.21

Yechilishi:

Berilgan: $E_1=20$ V, $E_2=24$ V, $R_{e1}=2$ Om, $R_{e2}=3$ Om, $R_1=5$ Om, $R_2=8$ Om, $R_3=5$ Om, $R_4=7$ Om, $R_5=10$ Om.

Topish kerak: $I_1=?$ $I_2=?$ $I_3=?$ $I_4=?$ $I_5=?$

1.Sxemani mustakil mustakil konturlarga ajratib, kontur toklarning yunalishini ixtiyoriy tanlab olamiz. Xar bir konturga tuzilgan tenglamalarning umumiy kurinishi quyidagicha bo'ladi:

$$E_{11}=R_{11} \cdot I_{11}+R_{12} \cdot I_{22}+R_{13} \cdot I_{33}$$

$$E_{22}=R_{21} \cdot I_{11}+R_{22} \cdot I_{22}+R_{23} \cdot I_{33}$$

$$E_{33}=R_{31} \cdot I_{11}+R_{32} \cdot I_{22}+R_{33} \cdot I_{33}$$

2.Konturlardagi EYUK lar, konturlarning qarshiliklari va yondosh tarmoklarning qarshiliklarini xisoblaymiz:

$$E_{11}=E_1=20 \text{ B. } E_{22}=E_2-E_1=24-20=4 \text{ B. } E_{33}=E_2=24 \text{ B.}$$

$$R_{11}=R_1+R_{01}+R_2=5+2+8=15 \text{ Om.}$$

$$R_{22}=R_{01}+R_2+R_3+R_4+R_{02}=2+8+5+7+3=25 \text{ Om.}$$

$$R_{33}=R_{02}+R_4+R_5=3+7+10=20 \text{ Om.}$$

$$R_{12}=R_{21}=-(R_{01}+R_2)=-(2+8)= -10 \text{ Ом.}$$

$$R_{23}=R_{32}=R_{02}+R_4=3+7=10 \text{ Ом.}$$

I_{11} va I_{22} kontur toklari karama-qarshi tamonlarga yunalganligi uchun $R_{12}=R_{21}$ qarshiliklarning qiymatlari manfiy bo'ladi. R_{13} va R_{31} qarshiliklar esa nolga teng.

3.Tenglamani yechish uchun aniklovchilar usulini kullaymiz:

$$\Delta = \begin{vmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 15 & -10 & 0 \\ -10 & 25 & 10 \\ 0 & 10 & 20 \end{vmatrix} = 7500 - 1500 - 2000 = 4000$$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} E_{11} & R_{12} & R_{13} \\ E_{22} & R_{22} & R_{23} \\ E_{33} & R_{32} & R_{33} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 20 & -10 & 0 \\ 4 & 25 & 10 \\ 24 & 10 & 20 \end{vmatrix} = 10000 - 2400 - 2000 + 800 = 6400$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} R_{11} & E_{11} & R_{13} \\ R_{21} & E_{22} & R_{23} \\ R_{31} & E_{33} & R_{33} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 15 & 20 & 0 \\ -10 & 4 & 10 \\ 0 & 24 & 20 \end{vmatrix} = 1200 - 3600 + 4000 = 1600$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} R_{11} & R_{12} & E_{11} \\ R_{21} & R_{22} & E_{22} \\ R_{31} & R_{32} & E_{33} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 15 & -10 & 20 \\ 10 & 25 & 4 \\ 0 & 10 & 24 \end{vmatrix} = 9000 - 2000 - 600 - 2400 = 4000$$

4.Kontur toklarini aniqlaymiz:

$$I_{11} = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{6400}{4000} = 1,6A \quad I_{22} = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{1600}{4000} = 0,4A \quad I_{33} = \frac{\Delta_3}{\Delta} = \frac{4000}{4000} = 1A$$

5.Tarmoklardagi toklarni aniqlaymiz:

$$I_1=I_{11}=1,6 \text{ A}; \quad I_2=I_{11}-I_{22}=1,6-0,4=1,2 \text{ A}; \quad I_3=I_{22}=0,4 \text{ A};$$

$$I_4=I_{33}+I_{22}=1+0,4=1,4 \text{ A}; \quad I_5=I_{33}=1 \text{ A}$$

6.Tarmoklardagi kuchlanishlar pasayishini aniqlaymiz:

$$U_1=I_1R_1=1,6 \cdot 5 = 8B;$$

$$U_2=I_2(R_2+R_{01})=1,2(8+2)=12B;$$

$$U_3=I_3R_3=0,4 \cdot 5 = 2B;$$

$$U_4=I_4(R_4+R_{02})=1,4(7+3)=14 \text{ B};$$

$$U_5=I_5R_5=1 \cdot 10 = 10B.$$

7.Yechimlarni Kirxgofning ikkinchi qonuniga muvofik tekshiramiz:

$$E_1=U_1+U_2=8+12=20 \text{ B};$$

$$E_2=U_4+U_5=14+10=24 \text{ B};$$

$$E_2-E_1=U_4+U_3-U_2=14+2-12=4 \text{ B}.$$

O'zgaruvchan tok zanjirlarini xisoblash bo'yicha nazariy ma'lumotlar

Elektrotexnikaning asosiy qonunlari bo'lgan Om va Kirxgof qonunlari o'zgaruvchan tok zanjirlarida ham o'z kuchini saqlab qoladi.

O'zgaruvchan tok zanjiri uchun Om qonuni quyidagicha yozish mumkin, ya'ni: $I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$

Bu yerda Z va U -to'la qarshilik va to'la o'tkazuvchanlik yoki $I = Y \cdot U = \sqrt{g^2 + (b_L - b_C)^2} \cdot U$

«Zanjirdagi tok kuchining effektiv qiymati zanjirdagi kuchlanishning effektiv qiymatiga to'g'ri proporsional, zanjirning to'la qarshiligiga teskari proporsional».

O'zgaruvchan tok zanjiri uchun Kirxgofning birinchi qonuni quyidagicha ifodalash mumkin: $\sum_{\kappa=1}^n \vec{I}_{\kappa} = 0$ yoki $\sum_{\kappa=1}^n i_{\kappa} = 0$

«Tugundagi toklarning oniy qiymatlarini algebraik yig'indisi nolga teng» yoki «Tugundagi toklarning effektiv qiymatlarining geometrik yig'indisi nolga teng».

Kirxgofning ikkinchi qonunini o'zgaruvchan tok zanjiri uchun quyidagicha ifodalash mumkin: $\sum_{\kappa=1}^n e_{\kappa} = \sum_{\kappa=1}^n i_{\kappa} R_{\kappa}$ yoki $\sum_{\kappa=1}^n \vec{E}_{\kappa} = \sum_{\kappa=1}^n \vec{I}_{\kappa} \cdot R_{\kappa}$

«Konturdagi EYuK-larning oniy qiymatlarining algebraik yig'indisi, shu konturdagi kuchlanishlar tushuvlarining oniy qiymatlarini algebraik yig'indisiga teng» yoki

«Konturdagi EYuK-larning effektiv qiymatlarining geometrik yig'indisi, shu konturdagi kuchlanishlar tushuvining effektiv qiymatlarini geometrik yig'indisiga teng».

Zanjirga har qanday sinusoidal o'zgaruvchan tok I berilganda U kuchlanish ta'sirida t vaqtda $A = \int_0^t u i dt$ ish bajariladi, bu ish miqdor jixatdan kuchlanish, tok va vaqtning ko'paytmasiga teng. Bu ishning intensivligi $p_{qu \cdot i}$ ko'paytmaga bog'liq. Bu p - kattalik manbadan zanjirga kelayotgan quvvatning oniy qiymati deb ataladi.

Agar $u = U_m \sin \omega t$ va $i = I_m \sin(\omega t + \varphi)$ bo'lsa, $P = U \cdot I \cos \varphi - U \cdot I \cos(2\omega t - \varphi)$ bo'ladi, ya'ni oniy quvvat ikkita tashqil etuvchidan iborat bo'lib, ulardan birinchisi vaqt ga bog'liq bulmay, ikkinchisi vaqt ichida miqdori va yo'nalishi bo'yicha ikkilangan chastota (2ω) bilan o'zgaradi.

Manbadan kelayotgan energiya quvvati T davr ichida uzining o'rtacha qiymati atrofida bo'ladi, bu qiymat son jixatidan quyidagiga teng, ya'ni: $P = UI \cos \varphi$ bu ifoda sinusoidal tok zanjirining aktiv (foydali) quvvati deb ataladi.

XBT (SI) da aktiv quvvat birligi kilib [vt] kabul kilingan, bundan tashqari $1 \text{ mVt} = 10^6 \text{ Vt}$; $1 \text{ kVt} = 10^3 \text{ Vt}$. lar ham ishlatiladi.

$\cos \varphi$ -quvvat koeffitsienti deyiladi va bu kattalik amalda $\cos \varphi < 1$ bo'ladi, chunki zanjirda doimo L va C elementlari bo'ladi.

Sinusoidal tok zanjirlarining quvvati ko'p xollarda to'la quvvat deb ataladigan miqdordan kichik bo'ladi.

To'la quvvat energetik qurilmalarning ishlatilish vaqtida kuchlanish va tok bo'yicha bera oladigan nominal qiymatlarini ifodalaydi: $S = U \cdot I$ (BA), (kBA), (MBA).

Zanjirdagi foydali ishni tokning fakat bir qismigina bajaradi, ya'ni $I_g = I \cos \varphi$ ga teng bo'lgan tokning aktiv tashqil etuvchisi. Tokning reaktiv tashqil etuvchisi $I_b = I \sin \varphi$ elektr va magnit maydonini xosil qilish uchun sarf bo'lib, ularning energiyasi L va C elementlarida davriy ravishda yigilib, yana manbaga kaytariladi. Shu sababli reaktiv quvvat tushunchasi kiritilib, u son jixatdan $Q = U I \sin \varphi$ ga teng. O'lchov birligi XBT (SI) da: (VAr), (kVAr), (MVAr).

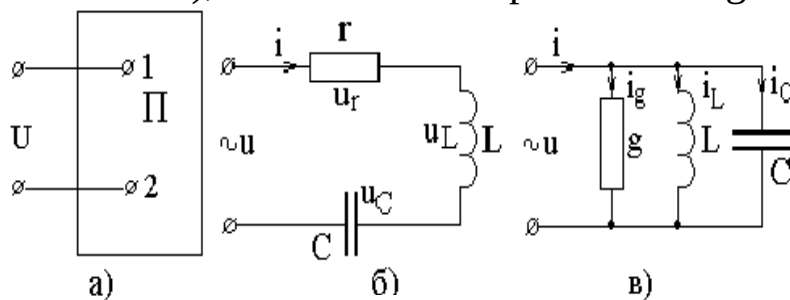
R,L,C elementlar ketma ket ulangan zanjirlar uchun quyidagilarni yozish mumkin: $P = UI \cos \varphi = U_r I = I^2 R$ $Q = U I \sin \varphi = U_x I = I^2 X$ $S = UI = I^2 Z$;

Parallel ulangan zanjirlar uchun: $P = U I \cos \varphi = U I_g = g U^2$ $Q = U I \sin \varphi = U I_b = b U^2$ $S = UI = IU^2$;

P va S lar doimo musbat Q reaktiv quvvat esa $\varphi > 0$ bo'lsa, musbat (induktiv zanjir) va $\varphi < 0$ bo'lganda esa manfiy (sig'imiyl zanjir) bo'ladi.

Bir fazali manbadan ta'minlanlanayotgan o'zgaruvchan tok murakkab zanjirlarida zanjirga berilayotgan kuchlanish U, tok I va faza siljish burchagi φ ning miqdori va yo'nalishi asosiy parametrlar xisoblanadi.

Agar bu zanjirni qandaydir passiv ikki kutblik P tarzida tasavvur kilsak (Rasm-2.1.a), u ketma ket va parallel ulangan zanjirlarning bir xil extimollik va



Rasm-2.1

aniklikdagi ifodasi bo'ladi. Agar bu zanjir uchun U, I va φ qiymatlar ma'lum bo'lsa, u xolda ikki kutblikning parametrlari zanjir qismlarining qarshiliklari yoki o'tkazuvchanliklari bo'yicha aniqlanadi.

Birinchi xol uchun: $Z = \frac{U}{I}$ $R = Z \cos \varphi$ $X = Z \sin \varphi = X_L - X_C$

Bunda $\varphi > 0$ bo'lsa $X_L > X_C$ va $\varphi < 0$ bo'lsa $X_L < X_C$ bo'ladi.

Ikkinchi xol uchun: $Y = \frac{I}{U}$ $g = Y \cos \varphi$ $b = b_L - b_C = Y \sin \varphi$

Bunda $\varphi > 0$ bo'lsa $b_L > b_C$ va $\varphi < 0$ bo'lsa $b_L < b_C$ bo'ladi.

Ular asosida ketma ket va parallel ulangan ikkita zanjirni bir-biriga ekvivalent deb xisoblanadi. buning uchun quyidagi ekvivalentlik shartlari bajarilishi kerak: $Z_E = \frac{U}{I}$ va $Y_E = \frac{I}{U}$ chunki: $Z_E = 1/Y_E$ $\sin \varphi = \frac{X_{\varphi}}{Z_{\varphi}} = \frac{b_{\varphi}}{Y_{\varphi}}$

$$\cos \varphi = \frac{R_{\varphi}}{Z_{\varphi}} = \frac{g_{\varphi}}{Y_{\varphi}}$$

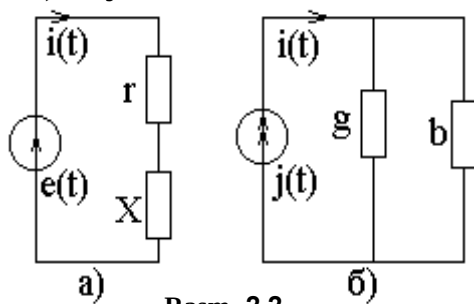
Ekvivalent aktiv, reaktiv qarshilik va o'tkazuvchanliklar uchun quyidagi munosabatlarni yozish mumkin: $R_E = Z_E \cos \varphi = \frac{P}{I^2}$ $G_E = Y_E \cos \varphi = \frac{P}{U^2}$

Aralash ulangan murakkab zanjirlarni xisoblashda, ba'zan, zanjirning barcha elementlarini ketma-ket yoki parallel ulashga keltirish zarur bo'ladi.

Agar I_e , g_e va b_e elementli parallel zanjir berilgan bo'lsa, unga ekvivalent bo'lgan ketma-ket zanjirning qarshiligi:

$$Z_E = 1/Y_E \quad R_E = \frac{g_{\varphi}}{Y_{\varphi}^2} \quad X_E = \frac{b_{\varphi}}{Y_{\varphi}^2}$$

Sinusoidal o'zgaruvchan tok zanjirlarini xisoblashda, har qanday zanjirni unga ekvivalent bo'lgan, R, L va S elementlari parallel yoki ketma-ket ulangan zanjirga almashtirib olishga tugri keladi. Bunda ketma-ket zanjirda aktiv va reaktiv qarshiliklarni ketma-ket ulangan ekvivalent zanjir past parallel zanjirda esa, aktiv va reaktiv utkazuvchanliklarni parallel ulangan ekvivalent zanjirdan (rasm-6.5 a, b) foydalaniladi.



Rasm -2.2

Agar ketma-ket ulangan zanjirga (rasm-2.2.a) EYuK manbai $e(t)$ ulangan bo'lsa, zanjirdagi tok quyidagicha bo'ladi:

$$e(t) = E_m \sin(\omega t + \psi_u)$$

$$e(t) = \frac{E_m}{Z} \sin(\omega t + \psi_a - \varphi)$$

bu yerda: $\varphi = \arctg(X/Z)$ -faza siljish burchagi, $Z = \sqrt{r^2 + x^2}$ -tula qarshilik.

Agar parallel ulangan zanjirga $j(t)$ tok manbai ulangan bo'lsa, zanjir elementlaridagi kuchlanishni quyidagicha aniqlash mumkin:

$$i(t) = I_n \sin(\omega t + \psi_i)$$

$$u(t) = \frac{I_m}{y} \sin(\omega t + \psi_i + \varphi)$$

bu yerda: $\varphi = \arctg(\frac{g}{g})$ -faza siljish burchagi, $Y = \sqrt{g^2 + b^2}$ -tula utkazuvchanlik.

Ketma-ket ulangan ekvivalent zanjirni parallel ulangan ekvivalent zanjirga almashtirishda quyidagi ifodalardan foydalaniladi: $g = \frac{r}{Z^2}$; $y = \frac{X}{Z^2}$.

Parallel ulangan ekvivalent zanjirni ketma-ket ulangan ekvivalent zanjirga almashtirishda quyidagi ifodalardan foydalaniladi: $r = \frac{g}{y^2}$; $x = \frac{b}{y^2}$.

Bu shartlar bajarilsa ikkala zanjir ham (Rasm-2.2.a,b) bir-biriga ekvivalent xisoblanadi.

Masala:

Agar tok manbai va zanjir parametrlari quyidagicha bo'lsa, rasm-2.3 da berilgan zanjirning kirishidagi kuchlanish $u(t)$ ni aniqlang:

$$i(t) = 0,1 \sin 500 t \text{ (A)}$$

$$b_C = 0,1 \text{ (Sm)}, \quad X_L = Z = 10 \text{ (Om)}$$

Echish:

1. X_L va r ketma-ket ulangan zanjirni parallel ekvivalent zanjirga almashtiramiz:

$$g = \frac{r}{Z^2} = \frac{r}{r^2 + X_L^2} = \frac{10}{200} = 0,5 \text{ (Cm)}$$

$$b_L = \frac{X_L}{Z^2} = \frac{X_L}{r^2 + X_L^2} = \frac{10}{200} = 0,5 \text{ (Cm)}$$

2. Bu umum zanjir uchun ekvivalent tula va reaktiv utkazuvchanlikni xisoblaymiz:

$$b = b_L - b_C = 0,05 - 0,2 = -0,15 \text{ (Sm)}$$

$$u = \sqrt{g^2 + b^2} = \sqrt{0,5^2 + (-0,15)^2} = 0,16 \text{ (Cm)}$$

3. Zanjirni kirish qismidagi kuchlanishni amplituda qiymatini xisoblaymiz:

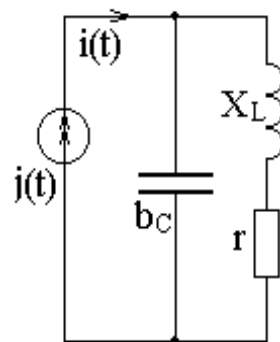
$$U_m = \frac{I_m}{y} = \frac{0,1}{0,16} = 0,625 \text{ (v)}$$

4. Faza siljish burchagini xisoblaymiz:

$$\varphi = \arctg\left(\frac{b}{g}\right) = \arctg\left(\frac{-0,15}{0,5}\right) = \arctg(-0,3) = -12^\circ$$

5. Zanjir kirishidagi kuchlanishning oniy qiymati quyidagicha bo'ladi.

$$u(t) = U_m \sin(500t + \varphi) \text{ yoki}$$

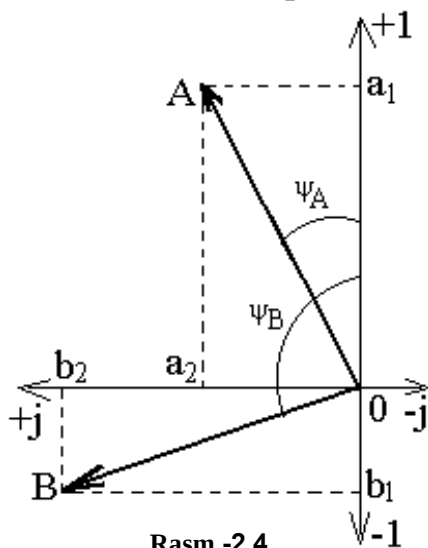


Rasm -2.3

$$u(t)=0,625\sin(500t-12^\circ)$$

Yuqoridagi ifodalardan bu zanjir sig'imiyl harakterga ega ekanligi kelib chikadi, chunki $v_L < v_S$.

Murakkab sinusoidal o'zgaruvchan tok zanjirlarini oddiy matematik usul bilan xisoblash noqulay va ko'p mexnat talab qiladi va undan amaliy xisoblashlarda foydalanish qiyin. Shuning uchun murakkab zanjirlarni xisoblashda kompleks usuldan foydalaniladi.



Rasm -2.4

Kompleks usul, ya'ni aylanuvchi vektorlarni kompleks sonlar yordamida ifodalash geometrik yasashlarni talab kilmay, kompleks sonlar ustida amallar bajariladi. Rasm-8.1 da xaqiqiy (± 1) va mavxum ($\pm j$) o'qlarda kompleks tekislik ko'rsatilgan bo'lib, unda A va B kompleks sonlar tasvirlangan. Bu sonlarni tasviri koordinata boshidan chikib A va B modullarga ega bo'lgan vektorlarni ifodalaydi.

Bu vektorlar ikki xil ko'rinishda berilishi mumkin:

$$1. \text{ Daraja ko'rsatkichli shaklda: } \dot{A} = Ae^{j\psi_A} \text{ va } \dot{B} = Be^{j\psi_B}$$

$$2. \text{ Algebraik yoki trigonometrik shaklda: } \dot{A} = a_1 + ja_2 \text{ va } \dot{B} = b_1 + jb_2$$

Kompleks sonlar uchun Eyler formulasiga asosan Yuqoridagi ifodalarni quyidagicha yozish mumkin:

$$E^{jZ} = \cos Z + j \sin Z \quad E^{-jZ} = \cos Z - j \sin Z$$

$\dot{A} = A(\cos \psi_A + j \sin \psi_A)$ $\dot{B} = B(\cos \psi_B + j \sin \psi_B)$ Yuqoridagi $\dot{A} = Ae^{j\psi_A} = a_1 + ja_2$ kompleks son uchun quyidagi nisbatlarni keltirish mumkin:

$$A = A\sqrt{a_1^2 + a_2^2} \quad \psi_A = \arctg \frac{a_2}{a_1}$$

a_1 - kompleks sonning xaqiqiy qismi, a_2 - kompleks sonning mavxum qismi.

Demak sinusoidal o'zgaruvchan $I = I_m \sin(\omega t + \psi_i)$ tokka kompleks tekislikda I_m amplituda va ψ_i - argument bilan aniqlanadigan quyidagi vektor mos keladi:

$$\dot{I}_m = I_m e^{j\psi_i}$$

Xaqiqiy xisoblashlarda toklar, e.yu.k. va kuchlanishlarning effektiv qiymatlari beriladi, u xolda tegishli komplekslar quyidagicha ko'rinishda yozish mumkin: $\dot{I}_m = I_m e^{j\psi_i}$ $\dot{U}_m = U_m e^{j\psi_u}$ $\dot{E}_m = E_m e^{j\psi_e}$

Shunday kilib, kompleks usul sinusoidal funktsiyalardan kompleks sonlarga utish imkonini beradi.

Berilgan biror passiv zanjir $u=U_m\sin(\omega t + \psi_u)$ kuchlanish manbaiga ulangan bo'lsa, zanjir elementlarining ulanish usulidan kat'iy nazar, butun zanjirning toki $I=I_m\sin(\omega t + \psi_i)$ bo'lsa, kuchlanish va tokning effektiv qiymatlarining komplekslari quyidagicha bo'ladi:

$$\dot{I}_m = I_m e^{j\psi_i} \quad \dot{U}_m = U_m e^{j\psi_u}$$

Om qonuniga binoan, bu zanjirning tula qarshiligi kompleks shaklda quyidagicha yoziladi:

$$\dot{Z} = \frac{\dot{U}}{\dot{I}} = Z e^{j\varphi} = Z \cos \varphi + jZ \sin \varphi$$

$Z=r+jX$ – zanjirning kompleks qarshiligi, r , x va z - lar mos ravishda aktiv, reaktiv va tula qarshiliklarning modullari.

Zanjirning kompleks utkazuvchanligi ham shunday aniqlanadi:

$$\dot{Y} = \frac{\dot{I}}{\dot{U}} = Y e^{-j\varphi} = y \cos \varphi - jy \sin \varphi$$

$y=g-jb$ - zanjirning kompleks utkazuvchanligi. g , b va y – mos ravishda zanjirning aktiv, reaktiv va tula utkazuvchanliklarining modullari.

Shunday kilib, Om qonunini umumiy ko'rinishda quyidagi shakllarda yozish mumkin:

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{Z} \quad \dot{U} = \dot{I} Z \quad \dot{I} = \dot{U} Y \quad \dot{U} = \frac{\dot{I}}{Y}$$

Kirxgofning birinchi va ikkinchi qonunlari quyidagi kompleks ko'rinishda bo'ladi:

$$\sum_{K=1}^n \dot{I}_K = 0 \quad \text{va} \quad \sum_{K=1}^n \dot{E}_K = \sum_{K=1}^n \dot{U} = \sum_{K=1}^n \dot{I}_K Z_K$$

Sinusoidal tok zanjiridagi aktiv, reaktiv va tula kuvvatlarni U va I ning berilgan effektiv qiymatlari, shuningdek, bu mikdorlarning vektorlari orasidagi faza siljish burchagi $\varphi = \psi_u - \psi_i$ orqali xisoblash mumkin, ya'ni: $P=UI\cos\varphi$; $Q=UI\sin\varphi$; $S=UI$,

Agar $S=UI$ ko'paytmaning komplekslari ($\dot{U}$ yoki $\dot{I}$) dan birortasining argumenti teskari ishorali kilib olinsa, ko'paytma vektorining argumenti $\pm\varphi$ ga teng bo'ladi, ya'ni:

$$\dot{S} = U e^{-j\psi_u} \cdot I e^{j\psi_i} = UI e^{-j\varphi} = UI \cos \varphi - jUI \sin \varphi = P - jQ$$

$$\dot{S} = U e^{j\psi_u} \cdot I e^{j\psi_i} = UI e^{j\varphi} = UI \cos \varphi + jUI \sin \varphi = P + jQ$$

Shunday qilib, kuchlanish va tokning teskari ishorada olingan argumentli komplekslari, ya'ni argumentning ishorasini sun'iy ravishda teskarisiga almashtirish kompleks $\dot{S}$ ning moduliga teng tula kuvvat S ni va uning aktiv, reaktiv tashqil etuvchilarini bir vaqtda xisoblashga imkon beradi.

Agar tok kompleksi $\dot{I} = Ie^{j\varphi_i}$ urniga $\dot{E} = Ie^{j\varphi_e}$ ni olsak, aksincha $-jQ$ qism zanjirning sig'im harakteriga, $+jQ$ esa induktiv harakteriga ega ekanligiga mos keladi.

Masala: Iste'molchidagi tok va kuchlanishlarning kompleks qiymatlari $\dot{I}=j100$ va $\dot{U}=16+j12$ ga teng bo'lsa, aktiv va reaktiv qarshiliklarni hamda aktiv, reaktiv va to'la quvvatlarni xisoblang.

Echilishi:

1. Tula qarshilikni quyidagicha xisoblab topamiz:

$$\dot{Z}=\dot{U}/\dot{I}=j100/(16-j12)=5e^{j53^\circ}=(3+j4)\text{ Om}$$

Kompleks tula qarshilikni xaqiqiy qismi aktiv qarshilikka, mavxum qismi esa reaktiv qarshilikka teng bo'lganligi uchun: $r=3\text{ Om}$, $X=4\text{ Om}$ va $Z=5\text{ Om}$ ga teng bo'ladi.

2. Kompleks kuvvatni topish uchun tok kuchini mavxum qismidagi ishorasini qarama-qarshisiga o'zgartirib kompleks kuchlanishga ko'paytiramiz:

$$\dot{S}=\dot{U}\cdot\dot{I}=j100(16-j12)=2000e^{j53^\circ}=(1200+j1600)\text{ VA}.$$

Bunda aktiv, reaktiv va tula kuvvatlarni qiymatlari:

$P=1200\text{ Vt}$, $Q=1600\text{ var}$, $S=2000\text{ VA}$ ga teng bo'ladi.

Masala

Rasm-2.5 da berilgan sxemadagi toklarni oniy qiymatlarini aniqlang. Zanjir parametrlari quyidagicha:

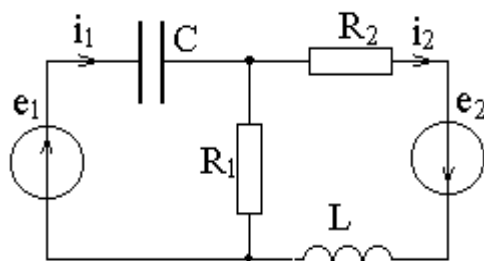
$$e_1(t)=10\sin 100t\text{ B.}$$

$$e_2(t)=14,1\sin (100t+45^\circ)\text{ B.}$$

$$R_1=R_2=1\text{ Om}$$

$$L=10\text{ mGn}=10^{-2}\text{ Gn}$$

$$C=10^{-2}\text{ F}$$



Rasm-2.5

Echish:

1. Manba kuchlanishlarini kompleks ko'rinishda yozamiz:

$$\dot{E}_{m1}=10\text{ B}; \dot{E}_{m2}=14,1e^{j45^\circ}\text{ B.}$$

2. Tarmoqlardagi kompleks qarshiliklarni hisoblaymiz;

$$Z_L = j\omega L = j100 \cdot 10^{-2} = j1 \text{ Om}$$

$$Z_C = -\frac{j1}{\omega C} = -\frac{j1}{100 \cdot 10^{-2}} = -j1 \text{ Om.}$$

$$Z_1 = R_L = 1 \text{ Om}$$

3. Kontur toklar usuliga asoslanib tenglamalar tuzib, bu tenglamalarni yechamiz:

$$\dot{I}_{m11}(Z_C + R_1) = \dot{E}_{m1}$$

$$\dot{I}_{m22}(R_1 + R_2 + Z_L) = \dot{E}_{m2}$$

$$\dot{I}_{m11} = \frac{\dot{E}_{m11}}{Z_C + h_1} = \frac{10}{-j1 + 1} = 16e^{j60^\circ}$$

$$\dot{I}_{m22} = \frac{\dot{E}_{m2}}{R_{1c} + R_2 + Z_L} = \frac{14,1e^{j45}}{2 + j1} = 13,4e^{j27^\circ}$$

4. Tarmoqdagi toklarni kontur toklar bilan ifodalaymiz va ularni kompleks qiymatini aniqlaymiz:

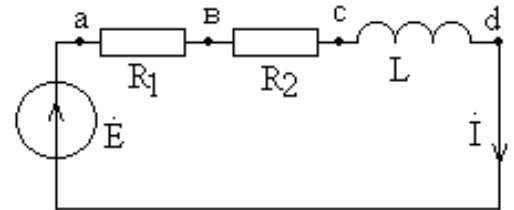
$$\dot{I}_{m1} = \dot{I}_{m11} = 16e^{j60^\circ} \text{ A}$$

$$\dot{I}_{m2} = \dot{I}_{m22} = 13,4e^{j27^\circ} \text{ A}$$

5. Toklarni oniy qiymatlarini yozamiz:

$$i_1(t) = 16\sin(100t + 60^\circ) \text{ A}$$

$$i_2(t) = 13,4\sin(100t + 27^\circ) \text{ A.}$$



Rasm-2.6

Masala:

Rasm-2.6 da keltirilgan sxemada EYuK $E = 141\sin\omega t$ V ga, aktiv qarshiliklar R_1 va R_2 , induktivlik L ga teng bo'lsa, zanjir elementlaridagi tok va kuchlanishlarni aniqlang.

Echilishi: $R_1 = 3 \text{ Om}$, $R_2 = 2 \text{ Om}$, $L = 9,55 \text{ mGn}$

1. Berilgan zanjir uchun tenglama tuzamiz:

$$i(R_1 + R_2) + L \frac{di}{dt} = e \quad \text{yoki} \quad \dot{I}(R_1 + R_2) + j\omega L \dot{I} = \dot{E} \quad \text{yoki} \quad \dot{I}Z = \dot{E}$$

2. Tula kompleks qarshilikni xisoblaymiz:

$$Z = R_1 + R_2 + j\omega L = 3 + 2 + j314 \cdot 9,55 \cdot 10^{-3} = 5 + j3 = 5,82 e^{j31}$$

3. EYuK ning kompleks ta'sir etuvchi qiymatini topamiz: $\dot{E} = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = \frac{141}{\sqrt{2}} = 100 \text{ V}$

4. Zanjirdagi tok kuchini topamiz.

$$\dot{I} = \frac{\dot{E}}{Z} = \frac{100}{5 + j3} = \frac{100(5 - j3)}{25 + 9} = 14,7 - j8,8 = 17,2 e^{-j31}$$

5. R_1 -qarshilikdagi kuchlanishni topamiz:

$$\dot{U}_{R1} = \dot{U}_{av} = \dot{I}R_1 = (14,7 - j8,8) \cdot 3 = 44,1 - j26,4 = 51,6 e^{-j31} \text{ B}$$

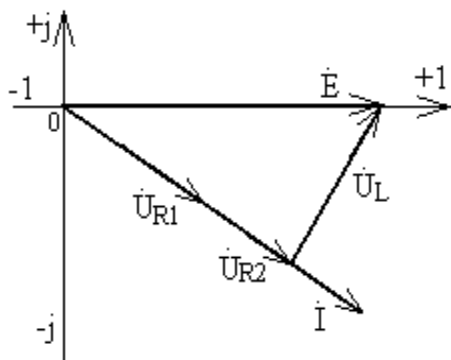
6. R_2 -qarshilikdagi kuchlanishni topamiz:

$$\dot{U}_{R2} = \dot{U}_{vs} = \dot{I}R_2 = (14,7 - j8,8) \cdot 2 = 29,4 - j17,6 = 34,4 e^{-j31} \text{ B}$$

7. Induktiv g'altakdagi kuchlanishni topamiz:

$$\dot{U}_L = \dot{U}_{cd} = j\omega L \dot{I} = j314 \cdot 9,55 \cdot 10^{-3} \cdot (14,7 - j8,8) = 26,4 + j44,1 = 51,6 e^{j59} \text{ B}$$

8. Ma'lum masshtabda vektor diagrammani ko'ramiz (Rasm-2.7).



Rasm-2.7

Masala:

Rasm-2.8 da berilgan zanjir sinusoidal $u = U_m \sin \omega t$ kuchlanish manbaiga ulangan. Tarmoklardagi tok kuchi $I_1 = I_3 = I_4 = 10 \text{ A}$ bo'lsa, zanjirdagi umumiy tokni effektiv qiymatini aniqlang.

Echish:

1. Tarmoklardagi toklarni kompleks qiymatlarini aniqlaymiz:

$$\dot{I}_1 = j10 \text{ A}$$

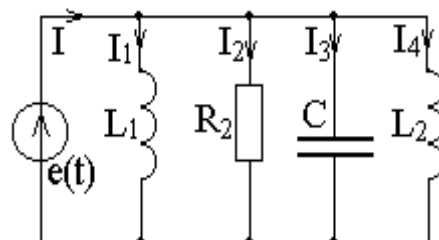
$$\dot{I}_2 = 10 \text{ A}; \dot{I}_3 = -j10 \text{ A}; \dot{I}_4 = j10 \text{ A}.$$

2. Kirxgofning birinchi qonuniga asosan umumiy tokni topamiz:

$$\dot{I} = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_3 + \dot{I}_4 = j10 + 10 - j10 + j10 = 10 + j10$$

$$I = 10 + j10 \quad I = \sqrt{10^2 + 10^2} = \sqrt{200} = 14,14 \text{ A}$$

Zanjirdagi umumiy tokning effektiv qiymati $I = 14,14 \text{ A}$ ga teng.



Rasm-2.8

O'zgaruvchan tok zanjirlariga doir masalalar

2.1-Masala

Chastotasi $f = 100 \text{ Gs}$ bo'lgan sinusoidal o'zgaruvchan tokning davri va burchak chastotasi aniqlansin.

2.2-Masala

Fabrika bir oy ishlashi davomida uning aktiv energiya schetchigi 245000 kVt. soatni, reaktiv energiya schetchigi esa 140000 kVAr. soat ni ko'rsatdi. Fabrikaning o'rtacha oylik quvvat ko'effisiyenti aniqlansin.

2.3-Masala

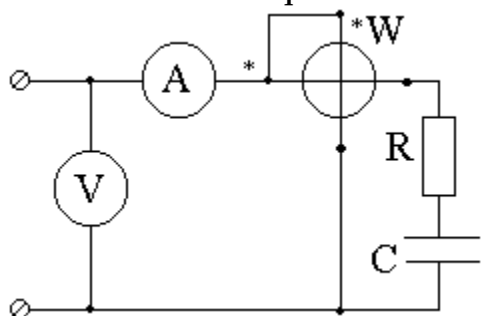
Kuchlanishi $U=220$ V, chastotasi $f=60$ Gs bo'lgan manbaga induktiv g'altak va kondensator galma-galdan ulanganda zanjirdan oqib utgan tok bir xil, ya'ni $I=10$ A. G'altakning induktivligi va kondensatorning sig'imi aniqlansin.

2.4-Masala

Zanjirga berilgan kuchlanishning va undagi tokning oniy qiymatlari $u=280\sin\omega t$ va $i=12,7 \sin((t-450))$ ma'lum bo'lsa, zanjirning aktiv, reaktiv va to'la quvvatlari va qarshiliklari topilsin.

2.5-Masala

Elektr zanjiriga ulangan ampermetr va voltmetrning ko'rsatishlari $I=10$ A, $U=380$ B. (Rasm-2.5). Tok bilan kuchlanish orasidagi faza siljishi burchagi $\varphi=30^\circ$. Vattmetrning ko'rsatishi, zanjirning aktiv va sig'im qarshiliklari xamda reaktiv va to'la quvvatlari aniqlansin.



Rasm-2.5

2.6-Masala

Aktiv qarshiligi xisobga olmasa bo'ladigan darajada kichik bo'lgan g'altak $f=50$ Gs chastotali o'zgaruvchan tok tarmog'iga ulangan. Agar g'altak uchlariga ulangan voltmetr $U=220$ V kuchlanishni, ampermetr esa $I=5$ A tokni ko'rsatsa g'altakni induktivligi L topilsin.

2.7-Masala

Chastotasi $f=50$ Gs, kuchlanishi $U=220$ V bo'lgan o'zgaruvchan tok tarmogiga sig'imi $S=5$ mkf li kondensator ulangan. zanjirdagi tok va kondensatorning zlekr maydonida yigilgan energiyaning maksimal qiymati aniqlansin.

2.8-Masala

$S=200$ mkF sig'imli kondensator aktiv qarshiligi $R=12$ Om, induktivligi $L=40$ mkG bo'lgan g'altak $U=220$ V kuchlanishli va $f=50$ Gs chastotali o'zgaruvchan tok tarmogiga ketma-ket ulangan. Zanjirdagi tok kuchi, aktiv quvvati, kondensatorning sig'im qarshiligi va g'altakning induktiv qarshiligi xamda kuchlanishlar tushishi aniqlansin?

2.9-Masala

Standart chastotali va $U=120$ V kuchlanishli o'zgaruvchan tok tarmogiga ketma-ket q'ilib $R=3$ Om li qarshilik, induktivligi $L=12,7$ m Gs bo'lgan g'altak va $S=394$ mkF sig'imli kondensator ulangan bo'lsa, g'altakning induktiv qarshiligi kondensatorning sig'im qarshiligi, to'la qarshilik xamda zanjirdagi tokning aktiv va to'la quvvatlari topilsin?

2.10-Masala

Agar zanjirga ulangan ampermetr 2 A ni, voltmeter esa 220 V ni ko'rsatayotgan bo'lsa, zanjirdagi tok kuchining va kuchlanishning amplituda qiymatlarini toping?

2.11-Masala

Induktivligi $L=0,4$ Gs bo'lgan g'altakni chastotasi $f_1=50$ Gs va $f_2=400$ Gs bo'lgan o'zgaruvchan tok tarmoklariga ulangan xollar uchun induktiv qarshiliklarni toping?

2.12-Masala

$S=12$ mkF sig'imli kondensatorni chastotasi $f_1=50$ Gs, $f_2=5$ kGs va $f_3=25$ mGs, bo'lgan tok tarmoklariga ulangan xollar uchun sig'im qarshiliklarini toping?

2.13-Masala

Ikki simli liniya oxiriga quvvati $R_1=22$ kVt li bo'lgan elektr dvigateli bilan umumiy quvvati $R_2=2,2$ kVt bo'lgan bir grupp lampalardan iborat iste'molchilar parallel ulangan. Bitti liniya simining qarshiligi $r_1=0,02$ Om bo'lib, iste'molchilarning qismlaridagi kuchlanish $U_2=220$ V bo'lsa, liniya boshidagi kuchlanish U_1 aniqlansin.

2.14-Masala

Aktiv qarshiligi juda kichik bo'lgan g'altak standart chastotali o'zgaruvchan tok tarmogiga ulangan. G'altak uchlarida ulangan voltmetr $U=120$ V kuchlanishni ampermetr esa $I=2,4$ A ni ko'rsatsa, g'altakning induktivligini toping?

2.15-Masala

Effektiv kuchlanishi $U=120$ V va chastotasi $f=1$ kGs bo'lgan o'zgaruvchan tokka ulanganda g'altakning induktiv qarshiligi $X_L=250$ Om bo'lsa undan utayotgan tok kuchining amplituda qiymatini, uning induktivligini toping?

2.16-Masala

Standart chastotali o'zgaruvchan tok zanjiridagi aktiv qarshiligi $R=10$ Om va induktivligi $L=0,2$ Gs bo'lgan g'altakning to'la qarshiligi topilsin.

2.17-Masala

Standart chastotali va 220 V kuchlanishli o'zgaruvchan tok tarmogiga ketma-ket q'ilib $R=20$ Om li qarshilik $L=60$ MGs induktivlik g'altak va $S=80$ mkF sig'imli kondensator ulangan. Zanjirdagi tok kuchi g'altak va kondensatorlardagi kuchlanishlarni toping?

2.18-Masala

Chastotasi 400 Gs bo'lgan o'zgaruvchan tok tarmogiga $S=2$ mkF sig'imli kondensator ulangan zanjirda kuchlanish rezonansi xosil bulishi uchun zanjirga ulanishi kerak bo'lgan g'altakning induktivligini toping?

2.19-Masala

Chastotasi $f=500$ Gs bo'lgan o'zgaruvchan tok tarmogiga $L=20$ mGs induktivlikli g'altak ulangan zanjirda kuchlanish rezonansi xosil bulishi uchun zanjirga ulanishi kerak bo'lgan kondensatorning sig'imi S ni toping?

2.20-Masala

O'zgaruvchan tok zanjirida ampermetr $I=6$ A tokni, voltmetr $U=220$ V kuchlanishni vattmetr esa $R=600$ Vt quvvatni ko'rsatadi. Quvvat koeffitsiyentini, tok kuchi va kuchlanish orasidagi fazaning siljishini toping?

2.21-Masala

Zanjirdagi kuchlanish va toklarning oniy qiymatlari ifodasi: $U=310\sin(314t+200)$ $I=8,46\sin(314t-150)$ nagruzka xarakteri va uning parametrlari aniqlansin.

2.22-Masala

Aktiv qarshiligi $r_L=7$ Om ga va induktivligi $L=24$ MGn ga teng bo'lgan g'altak xamda sig'imi $S=1450$ mkF ga teng bo'lgan kondensator ketma-ket ulangan

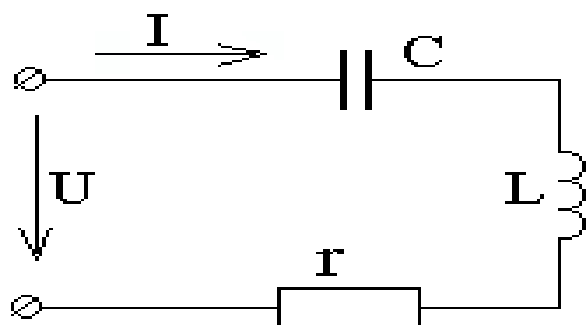


Рис. 2.22

(Rasm-2.22). Agar bu sxema chastotasi $f=50$ gs ga teng bo'lgan $U=380$ V kuchlanish mabaiga ulansa, quyidagi kattaliklar aniqlansin: I -umumiy tok, U_C -kondensatordagi kuchlanish, U_L - g'altakdagi kuchlanish, $\cos\varphi_L$ - g'altakdagi quvvat koefitsienti, $\cos$ (-butun zanjirning quvvat

koefitsienti, P -zanjirning aktiv quvvati, Q_L -g'altakning reaktiv quvvati, Q_C -kondensatorning reaktiv quvvati, Q -zanjirning reaktiv quvvati, S_L -g'altakning to'la quvvati, S -zanjirning to'la quvvati aniqlansin va kuchlanishlar vektor diagrammasi chizilsin.

2.23-Masala

Kuchlanishi $U=127$ V va chastotasi $f=50$ gs bo'lgan o'zgaruvchan tok tarmogiga ikkita g'altak ketma-ket ulangan, (Rasm-2.23), g'altaklarning parametrlari $r_1=5$ Om, $r_2=10$ Om, $L_1=L_2=1$ Gn ga teng. Zanjirning quvvat koefitsiyenti va tokining kattaligi aniqlansin. Tok va kuchlanishlarni vektor diagrammasi kurilsin.

2.24-Masala

Induksiyasi $B=0,8$ Tl bo'lgan bir jinsli magnit maydonda sirt -20sm^2 bo'lsa tugri burchakli xalka $p=1800$ ayl/km tezlik bilan aylanayapti. Xalkadagi EYUK ni amplituda qiymatini aniqlang, xamda EYUKni o'zgarish qonuniyatini aniqlang.

2.25-Masala

Cigimi 600 mkF bo'lgan kondensator qismlaridagi kuchlanish $u=141\sin(100t+60^\circ)$ qonuniyat bilan o'zgaradi. Kondensatorda jamlangan elektr maydon energiyasini effektiv qiymati, xamda kondensator toki aniqlansin.

2.26-Masala

Agar transformator ikkilamchi chulgamidan utayotgan tok uch barobar oshsa, uzakda o'tayotgan magnit oqimi o'zgaradimi? Nima uchun?

2.27-Masala

Ikkita bir xil transformator berilgan. Ulardan birini magnit uzagi kalinligi 0,35 mm ikkilamchisini 0,5 mm li elektrotexnik po'lat tunukalardan qilingan. Qaysi transformatorni F.I.K. yuqori? Nima uchun?

2.28-Masala

Agar ketma-ket qo'zgatish chulgamlari dvigatelni qo'zgatish chulgamiga parallel $R_q=R$ qarshilik ulansa dvigatelni aylanish tezligi qanday o'zgaradi? Nima uchun?

2.29-Masala

Asinxron dvigatel stator faza chulgamlar soni $W_1=123$, rotorniki $W_2=18$ chulgam ko'effitsiyenti mos ravishda $K_{01}=0,96$ va $K_{02}=0,975$. Agar magnit oqimi $F_m=2,5 \cdot 10^{-2}$ bo'lsa kuzgalmas rotor uchun xamda $S=0,04$ bo'lganda stator va rotor chulgamlarida induksiylanadigan EYUKni xisoblab toping. Dvigatel $f=50$ Gs bo'lgan manbaga ulangan.

2.30-Masala

Kuchlanishi $U=200$ B va chastotasi bo'lgan manbaga sig'imi $S=2$ mkF bo'lgan kondensator va qarshiligi $R=6$ Om bo'lgan rezistor ketma-ket ulangan. To'la qarshilik, tok kuchi, aktiv va reaktiv quvvat, xamda quvvat ko'effisienti aniqlansin.

Berilgan: $U=200$ B $S=2$ mkF $R=6$ Om

Aniqlash kerak: $Z, I, P, Q, \cos\varphi=?$

Yechilishi:

$$\text{Zanjirning to'la qarshiligi: } Z=R+\frac{1}{j\omega C}=6+\frac{10^6}{j2 \cdot 3,14 \cdot 10^4 \cdot 2}=(6-j7,96)O_M=10O_M$$

$$\text{Zanjirdagi tok kuchi: } \dot{I}=\frac{\dot{U}}{Z}=\frac{200}{6-j7,96}=(12+j16)A=20A$$

$$\text{Aktiv quvvat: } P=I^2 \cdot R=20^2 \cdot 6=2400 \text{ Bt}=2,4 \text{ Bt}$$

To'la quvvat:

$$S=I \cdot U=20 \cdot 200=4000 \text{ Bt}=4 \text{ kBt} \quad \text{yoki}$$

$$\dot{S}=\dot{U} \cdot \dot{I}=200 \cdot (12+j16)=(2400+j3200)BA$$

$$\text{Reaktiv quvvat: } Q=\sqrt{S^2-P^2}=\sqrt{4^2-2,4^2}=3,2 \text{ kBap}$$

$$\text{Quvvat ko'effisienti: } \cos\varphi=\frac{R}{Z}=\frac{P}{S}=\frac{2,4}{4}=0,6$$

Elektr ulchashlarga doir masalalar

3.1-Masala

Nominal toki $I=10$ A ga teng bo'lgan elektrodinamik sistemadagi ampermetrni tekshirish uchun, elektrodinamik sistemadagi namuna asbob bilan ketma-ket ulangan. Tekshirilayotgan ampermetr $I_t=8$ A ni, namunaviy asbob $I_n=8,2$ A ni ko'rsatsa, ampermetrning mutlak, nisbiy va keltirilgan xatoliklarini aniqlang.

Yechilishi:

1. Ampermetrning mutloq xatoligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta = I_H - I_Y = 8,2 - 8 = 0,2 \text{ A}$$

2. Ampermetrning nisbiy xatoligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\alpha = (\Delta / I_H) \cdot 100\% = -2,4\%$$

3. Ampermetrning keltirilgan xatoligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\gamma = (\Delta / I) \cdot 100\% = (0,2 / 10) \cdot 100\% = 2\%$$

3.2-Masala

Ampermetr, voltmetr va vattmetrlar transformasiya koeffisientlari $K_I=60$ va $K_U=10$ ga teng bo'lgan tok va kuchlanish transformatorlari orqali bir fazali o'zgaruvchan tok tarmog'iga ulangan. O'lchash asboblarining, zanjirdagi tok kuchi, kuchlanish va quvvatni ko'rsatishlari $I_A=3$ A, $U_V=90$ V va $P_W=150$ Vt ga teng bo'lsa aniqlang.

Yechilishi:

Zanjirdagi tok kuchini aniqlaymiz:

$$I = K_T \cdot I_A = 60 \cdot 3 = 180 \text{ A.}$$

Zanjirdagi kuchlanishni aniqlaymiz:

$$U = K_H \cdot U_V = 10 \cdot 90 = 900 \text{ B.}$$

3. Zanjirdagi aktiv quvvatni quyidagicha aniqlaymiz:

$$P = K_T \cdot K_H \cdot P_W = 60 \cdot 10 \cdot 150 = 90000 \text{ Bt} = 90 \text{ kBT.}$$

3.3-Masala

Elektromagnit tizimdagi voltmetrning ichki qarshiligi $R_V=20$ k Om , nominal kuchlanishi $U_n=380$ V bo'lsa, voltmetrning ulchash chegarasini $U=600$ V ga oshirish uchun kerak bo'ladigan kushimcha qarshilikni qiymati R_K ni aniqlang va ulanish sxemasini chizing.

Yechilishi:

Kushimcha qarshilikdagi kuchlanishlar pasayishini xisoblaymiz.

$$U_k = U - U_{nom} = 600 - 380 = 220 \text{ V}$$

Voltmetrdan oqib utadigan tokni xisoblab topamiz: $I_v = U_n / r_v = 19 \text{ mA}$.

Kushimcha qarshilikni miqdorini aniqlaymiz:

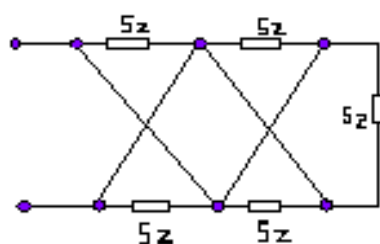
$$R_k = U_k / I_v = 11,6 \text{ kOm}$$

3.4-Masala

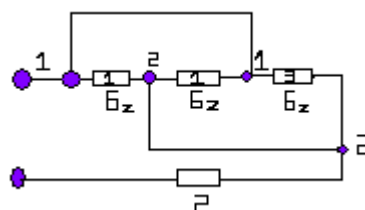
Ichki qarshiliklari $r_{01} = 20 \text{ kOm}$ va $r_{02} = 24 \text{ kOm}$ bo'lgan ikkita voltmetrlar ketma-ket ulangan. Agar ular umumiy kuchlanishi $U = 600 \text{ V}$ ga ulansa. Agar voltmetrlari shkalalari mos ravishda $v_{1tok} = 300 \text{ V}$ xamda $v_{2nir} = 400 \text{ V}$ bo'lsa. ularni ko'rsatishlari qanday miqdorda bo'ladi

3.5-Masala

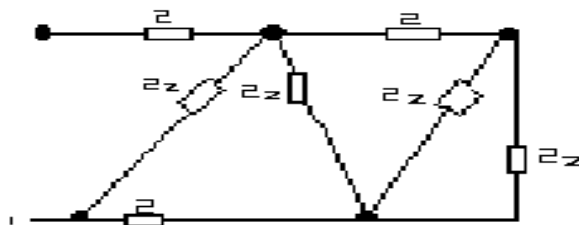
Ekvivalentning qarshiligi aniklansin



a)



b)



c)

3.6-Masala

120 V kuchlanishga mo'ljallangan qarshiligi 240 Om bo'lgan elektr lampani 220 V kuchlanishli tarmoqqa ulash lozim. Buning uchun kesimi $0,55 \text{ mm}^2$ bo'lgan nixrom o'tkazgichdan necha metr olib lampochkaga ketma-ket qilib ulash kerak?

3.7-Masala

3 V kuchlanishga va 0.3 A tok kuchiga mo'ljallangan to'rtta lampochkani parallel ulab, 5,4 V kuchlanishli tarmoqdan ta'minlash uchun lampochkalarga qanday qo'shimcha qarshilikni ketma-ket ulash lozim? Agar lampochkalardan birortasi uchirib quyilsa, boshqa lampochkalarning ravshanligi qanday o'zgaradi?

3.8-Masala

EYUK $E=9\text{ V}$ va ichki qarshiligi $r=1\text{ Om}$ bo'lgan tok manbai reostat orqali parallel ulangan $n=3$ ta lampochkani ta'minlaydi. Bu lampochkalar $U_{\text{nom}}=6,3\text{V}$ kuchlanish va $I_{\text{nom}}=0,3\text{ A}$ tok kuchiga mo'ljallangan. Reostat shunday xolatga qo'yilganki, lampochkalar nominal rejimda ishlaydi. Lampochkalardan biri kuyib qolsa, qolgan ikkita lampochkaning qarshiliklari o'zgarmay qolgan bo'lsa, har birining quvvati nominalga qaraganda necha marta o'zgaradi?

3.9-Masala

Ichki qarshiligi r va EYUKsi E ga teng bo'lgan manbaga har birining qarshiligi $3r$ dan bo'lgan uchta rezistor ketma-ket ulangan. Agar rezistorlar parallel ulansa, zanjirdagi tok kuchi, manba kiskichlaridagi kuchlanish va foydali kuvvat necha marta o'zgaradi?

3.10-Masala

G'altakning aktiv qarshiligi $r_L=5\text{ Om}$, to'la qarshiligi esa $Z_L=20\text{ Om}$, faza siljish burchagi aniqlansin?

3.11-Masala

Qurilmaning to'la quvvati $S=800\text{ VA}$, Vattmetrdagi aktiv quvvat ko'rsatkichi 720 Vt ga teng. Quvvat koeffitsiyentini toping

Iqtidorli talabalar uchun Olimpiada masalalari

Xozirgi zamon fani va texnikasining jadal ravnaqi muhandis-texnik xodimlarning nixoyatda yuksak bilim saviyaga ega bo'lishini, binobarin, oliy o'quv yurtlarida ularni tayyorlash usul uslubini muttasil takomillashtirishni takozo etmokda. Bu muammoni xal etishda, ya'ni talabalarni samarali ukitishda mashgulotlarda nazariya bilan amaliyotni puxta, birga qo'shib olib borish ayniqsa muxim ahamiyatga ega, chunki amaliy ishlarni izchil o'tkazish talabalarining ma'ruza darslarida olgan bilimlarini mustaxkamlash imkonini beradi.

Shu bilan birga Respublika talabalar olimpiadasining ikkinchi bosqichida shaxsiy birinchilikda kasbiy (mutaxassislik) fani bo'yicha birinchi o'rinni egallagan talaba, oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi buyrug'i va Respublika talabalar olimpiadasi nizomiga asosan tegishli yo'nalishning magistraturasiga kirish imtihonlarisiz, davlat granti asosida o'qishiga imtiyoz beriladi. Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining birinchi darajali maxsus diplomi va besh stipendiya miqdorida pul mukofoti bilan taqdirlanadi.

Ikkinchi o'rinni egallagan talaba uch stipendiya miqdorida pul mukofoti hamda vazirlikning ikkinchi darajali diplomi bilan taqdirlanadi.

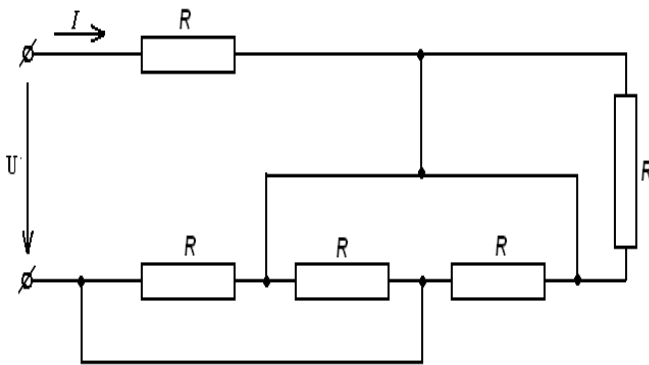
Uchinchi o'rinni egallagan talaba ikki stipendiya miqdorida pul mukofotlari hamda uchinchi darajali diplom bilan taqdirlanadi.

To'rt yil mobaynida respublika talabalar olimpiadasini tashkil etish va o'tkazishda faol qatnashgan tashkilotchilar, ilmiy raxbarlar, oliy va o'rta maxsus maktab muammolari institutining mas'ul xodimlari o'z oliy o'quv yurti rektorati va muassasalari tomonidan mazkur nizom asosida oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining faxriy unvonlariga tavsiya etiladi.

G'oliblar mos fan bo'yicha davlat imtihoni topshirishdan ozod qilinishi mumkin, bu xolda ularning sinov daftarchalariga mazkur fandan eng yuqori ball qo'yiladi va keyinchalik oladigan oliy ma'lumoti to'g'risidagi diplomi ilovasiga maxsus yozuv yoziladi.

4.1–masala.

Rasm-4.1 da ko'rsatilgan elektr zanjiri uchun ekvivalent qarshilik aniqlansin.



Rasm-4.1

4.2 – masala.

Ichki qarshiliklari $r_{01}=20$ kOm va $r_{02}=24$ kOm bo'lgan ikkita voltmetrlar ketma-ket ulangan. Agar ular umumiy kuchlanishi U ga 600 V ga ulansa. Agar voltmetrlari shkalalari mos ravishda $U_{1tok}=300$ V hamda $U_{2njr}=400$ V bo'lsa, ularni ko'rsatishlari aniqlansin.

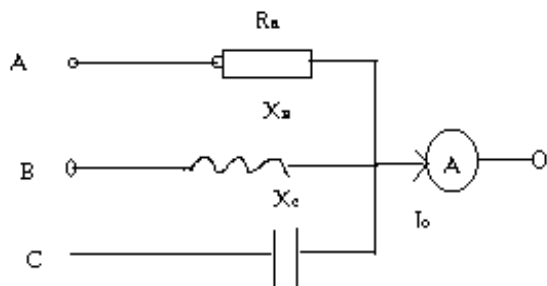
4.3 – masala.

Induksiyasi $B=0,8$ Tl bo'lgan bir jinsli magnit maydonda sirt – 20sm^2 bo'lsa, to'g'ri burchakli xalqa $n=1800$ ayl/km tezlik bilan aylanayapti. Xalqadagi EYUK ni amplituda qiymatini aniqlang, hamda EYUK ni o'zgarish qonuniyatini aniqlang.

4.4 – masala.

Cig'imi 600 mkF bo'lgan kondensator qismlaridagi kuchlanish $u=141\sin(100t+60^\circ)$ qonuniyat bilan o'zgaradi. Kondensatorda jamlangan elektr maydon energiyasini effektiv qiymati, hamda kondensator toki aniqlansin.

4.5 – masala.

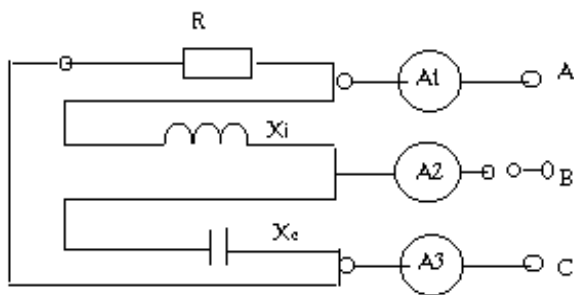


Rasm-4.5

Rasm-5 da ko'rsatilgan uch fazali zanjir uchun ampermetrni ko'rsatishi aniqlansin. Agar R_A va X_S o'zni almashtirilsa, ampermetrni ko'rsatishi o'zgaradimi? Berilgan $V_A=220 \text{ V}$; $R_A=X_B=X_C=22 \text{ Ohm}$.

4.6 – masala.

Rasm-6 da ko'rsatilgan uch fazali zanjir uchun ampermetrni ko'rsatishi aniqlansin. Berilganlar $V_A=220 \text{ B}$ $2R=X_L=X_C=22 \text{ Ohm}$. Agar V liniya simi uzilsa, ampermetrni ko'rsatishi qanchaga o'zgaradi?



Расм-6

4.7 – masala.

Agar transformator ikkilamchi chulg'amidan o'tayotgan tok uch barobar oshsa, o'zakda o'tayotgan magnit oqimi o'zgaradimi? Nima uchun?

4.8 – masala.

Ikkita bir xil transformator berilgan. Ulardan birining magnit o'zagi qalinligi $0,35 \text{ mm}$ ikkilamchisini $0,5 \text{ mm}$ li elektrotexnik po'lat tunukalardan qilingan. Qaysi transformatorning F.I.K. yuqori? Nima uchun?

4.9 – masala.

Agar ketma-ket qo'zg'atish chulg'amli dvigatelni qo'zg'atish chulg'amiga parallel $R_s=R$ qarshilik ulansa, dvigatelni aylanish tezligi qanday o'zgaradi? Nima uchun?

4.10 – masala.

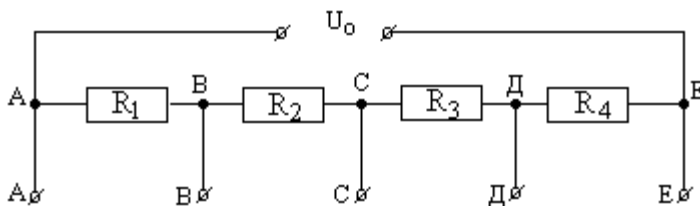
Asinxron dvigatel stator faza chulg'amlar soni $W_1=123$, rotorniki $W_2=18$ chulg'am koeffitsiyenti mos ravishda $K_{01}=0,96$ va $K_{02}=0,975$. Agar magnit oqimi $F_m= 2,5 \cdot 10^{-2}$ bo'lsa qo'zg'almas rotor uchun hamda $S=0,04$ bo'lganda stator va rotor chulg'amlarida induksiyanadigan EYUK ni xisoblab toping. Dvigatel $f=50$ Gs bo'lgan manbaga ulangan.

4.11-masala

A-35 markali alyuminiy simdan o'tkazilgan 10 km uzunlikdagi ikki simli elektr uzatish liniyasining qayeridadir qisqa tutashuv sodir bo'ldi. Avtomatik ajratgich A ning borligi tufayli liniya manbadan ajratildi. Qisqa tutashuv joyini aniqlash uchun liniyaning boshida, uning qismlariga yuk mashinasini akkumulyatori ulandi. Zanjirga ulangan voltmetr va ampermetr tegishlicha 24 V va 1,5 A ni ko'rsatdi. Liniya boshdan qanday uzoklikda qisqa tutashuv sodir bo'lgan? Agar qisqa tutashuv liniyaning oxirida sodir bo'lgan bo'lsa, ampermetr ko'rsatishi aniqlansin.

4.12-masala

Agar Rasm-1.9 da tasvirlangan kuchlanish bo'lgichida $U_0=220$ B, $R_1=2$ Om, $R_2=4$ Om, $R_3=6$ Om, $R_4=8$ Om bo'lsa, iste'molchi AB, BC, CD, DE, BE, CE va AE qismlarga ulanganda olinadigan kuchlanishlarni toping?



Расм-1.9

4.13-masala

Rasm-13 da berilgan sxemadagi EYUK $E=10$ V, qarshiliklari $R_1=2$ Om; $R_2=3$ Om; $R_3=4$ Om; $R_4=1$ Om; $R_5=3$ Om va $R_6=2$ Om bo'lgan elektr zanjirning ekvivalent qarshiligi, tok kuchi quvvat aniqlansin.

4.14-Masala

Chastotasi $f=50$ Gs, kuchlanishi $U=220$ V bo'lgan o'zgaruvchan tok tarmog'iga sig'imi $S=5$ mkf li kondensator ulangan. Zanjirdagi tok va kondensatorning zlekr maydonida yig'ilgan energiyaning maksimal qiymati aniqlansin.

4.15-Masala

Effektiv kuchlanishi $U=120\text{ V}$ va chastotasi $f=1\text{ kGs}$ bo'lgan o'zgaruvchan tokka ulanganda g'altakning induktiv qarshiligi $X_L=250\text{ Om}$ bo'lsa, undan o'tayotgan tok kuchining amplituda qiymatini, uning induktivligini toping?

4.16-Masala

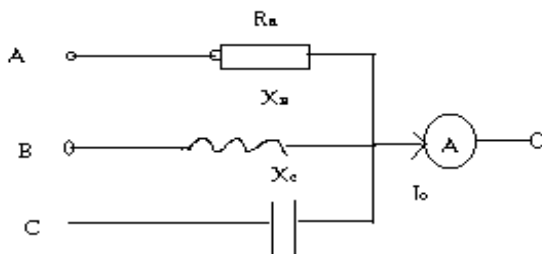
Standart chastotali va 220 V kuchlanishli o'zgaruvchan tok tarmog'iga ketma-ket qilib $R=20\text{ Om}$ li qarshilik $L=60\text{ mGn}$ li induktivlik g'altak va $S=80\text{ mkF}$ sig'imli kondensator ulangan. Zanjirdagi tok kuchi g'altak va kondensatorlardagi kuchlanishlarni toping?

4.17-Masala

Ikkita bir xil transformator berilgan. Ulardan birini magnit o'zagi qalinligi $0,35\text{ mm}$ ikkilamchisini $0,5\text{ mm}$ li elektrotexnik po'lat tunukalardan qilingan. Qaysi transformator F.I.K. yuqori? Nima uchun?

4.19-Masala

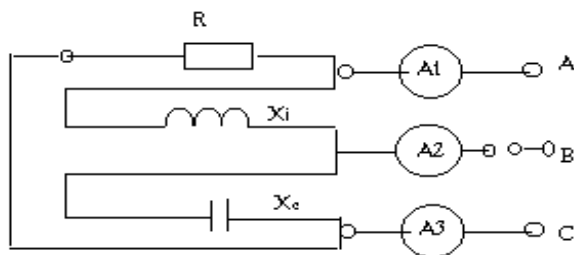
Rasm-19 da ko'rsatilgan uch fazali zanjir uchun ampermetrni ko'rsatishi aniqlansin. Agar R_A va X_S o'zni almashtirilsa, ampermetrni ko'rsatishi o'zgaradimi? Berilgan $V_A=220\text{ V}$; $R_A=X_B=X_C=22\text{ Om}$.



Расм-19

4.20-Masala

Rasm-20 da ko'rsatilgan uch fazali zanjir uchun ampermetrni ko'rsatishi aniqlansin. Berilganlar $V_A=220\text{ B}$ $2R=X_L=X_C=220\text{ Om}$. Agar V liniya simi uzilsa, ampermetrni ko'rsatishi qanchaga o'zgaradi?

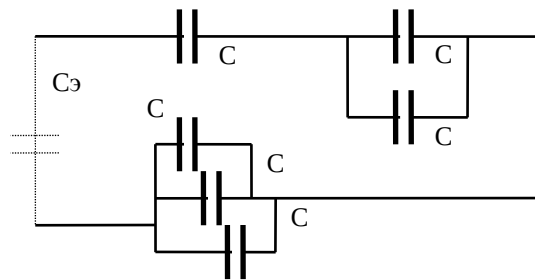


Расм-20

4.21-masala.

Rasm-21 da ko'rsatilgan sxema bo'yicha yig'ilgan zanjirdagi kondensatorning umumiy (yig'indi) sig'imi qancha bo'ladi?

Berilgan: $C=22\text{mkF}$ $C_{\text{ekv}}=?$

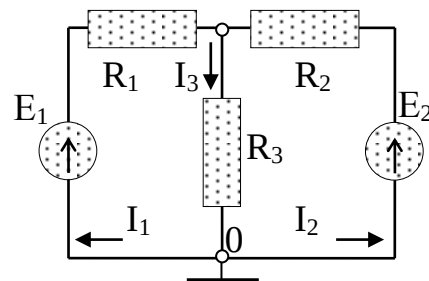


Rasm-21

4.22 – masala.

Rasm-22 da ko'rsatilgan zanjir uchun berilgan:

$E_1=180\text{ V}$, $E_2=120\text{ V}$, $R_1=30\text{ Om}$, $R_2=40\text{ Om}$ va $R_3=24\text{ Om}$. Tugun potensiallar usulidan foydalanib I_1 , I_2 va I_3 toklarni toping.



Rasm-22

4.23 - masala

Kondensatorning zaryadsizlanish qonuniyati $u_C=400e^{-200t}$ bilan ifodalanadi. Agar uning sig'imi $S=100\text{ mkF}$ bo'lsa, $t=0$ dan $t=0,005\text{ Sek}$ gacha undagi energiya zaryad va kuchlanish qanchaga kamayadi?

4.24 - masala

Induktiv g'altakdan o'tayotgan tok qonuniyati $i=10\sin 200t$ bilan ifodalanadi. Agar uning induktivligi $L=0,12\text{ Gn}$ bo'lsa, unda to'planadigan magnit energiyasining maksimal qiymati qancha bo'ladi? G'altakning qismlaridagi kuchlanish $u_L=-eL$ qonuniyati qanday ko'rinishda bo'ladi?

4.25 - masala

Ketma-ket ulangan R , L va S zanjirda rezonans ro'y bergan paytda quyidagilar qayt etilgan: $U=U_R=60\text{ B}$, $U_L=U_C=600\text{ B}$. va $I=2\text{ A}$. Rezonans konturning to'lqin qarshiligi va sifat koefitsiyenti topilsin.

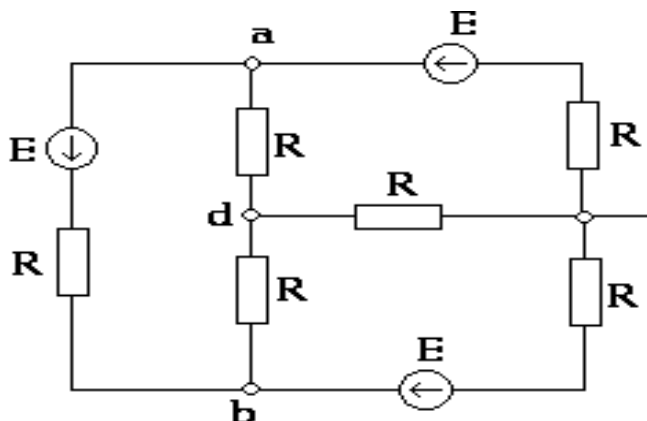
4.31-masala.

Berilgan: E , R . $\varphi_d=?$

Javob:

A) $3/2 E$

B) $2 E$

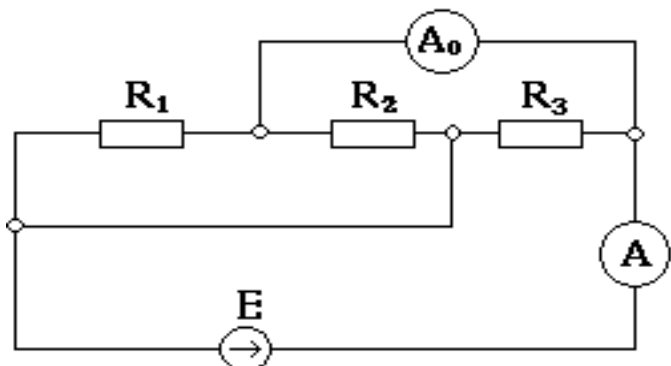


Rasm-31

- C) $\frac{1}{3} E$
D) $\frac{1}{2} E$

4.32-masala.

Berilgan: $R_1=50 \text{ Om}$; $R_2=100 \text{ Om}$; $R_3=25 \text{ Om}$; $E=100 \text{ B}$. $I_0=?$ $I=?$



Rasm-32

Javob:

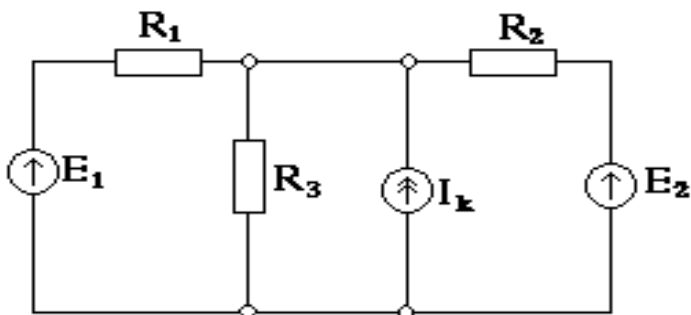
- a) 1 A;
5 A;
b) 3 A; 7 A;
c) 1 A; 3 A;
d) 3 A; 1 A;

4.33-masala.

Berilgan: $E_1=6 \text{ B}$; $E_2=3 \text{ B}$; $I_K=3 \text{ A}$;

$R_1=R_2=R_3=1 \text{ Om}$

EYuK manbalari qaysi rejimda ishlaydi ?



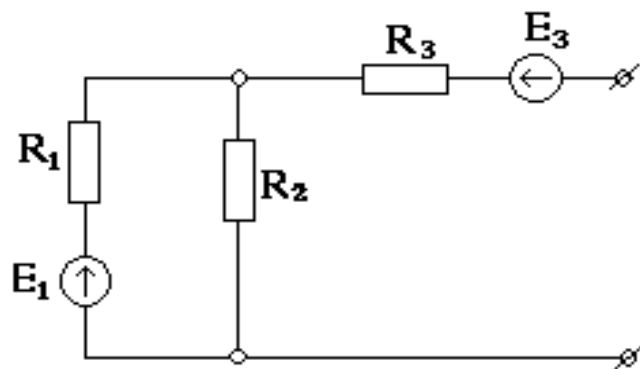
Rasm-33

Javob:

- A) E_1 -akkumulyator; E_2 -akkumulyator;
B) E_1 -generator; E_2 -akkumulyator;
C) E_1 -generator; E_2 -generator;
D) E_1 -akkumulyator; E_2 -generator;

4.34-masala.

Berilgan: $E_1=54 \text{ B}$; $E_3=12 \text{ B}$; $R_1=9 \text{ Om}$; $R_2=18 \text{ Om}$; $R_3=5 \text{ Om}$. $E_I=?$



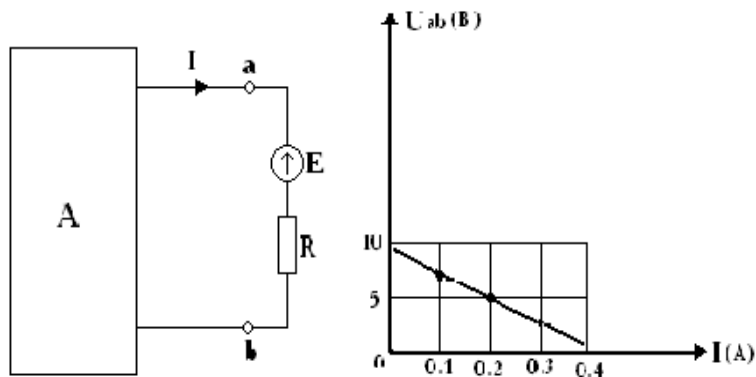
Rasm-34

Javob:

- A) 42 V
B) 66 V
C) 0 V
D) 24 V

4.36-masala.

Berilgan: $E=4\text{ V}$; $R=5\text{ om}$; $I=?$



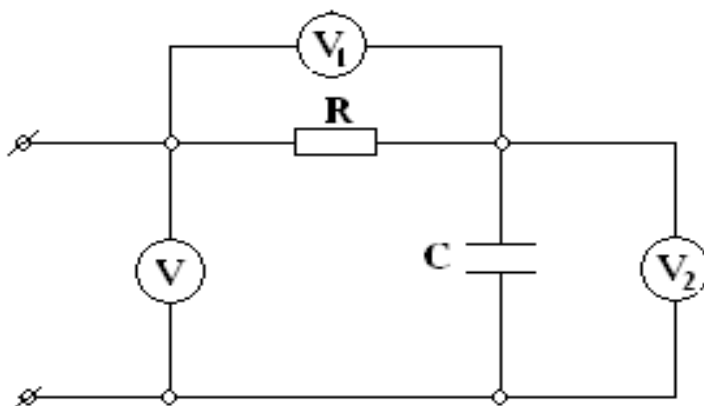
Rasm-36

Javob:

- a) 0,2 A
- v) 0,4
- s) 0,1 A
- d) 1 A

4.37-masala.

Berilgan: $E = 4\text{ B}$; $R = 5\text{ om}$; $I = ?$



Rasm-37

Javob:

- A) 16 V
- B) 112 V
- C) 80 V
- D) 64 V

4.38-masala.

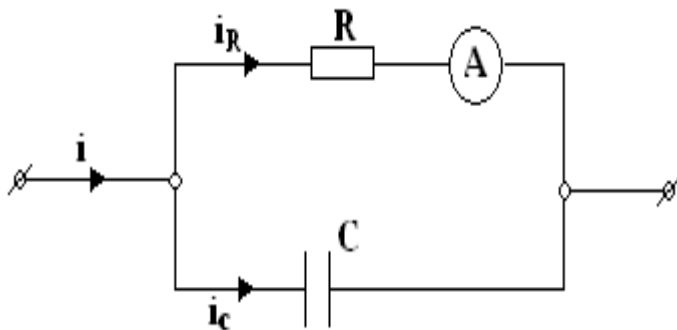
Berilgan: $Z = \left(\frac{5}{4+j3} + j2 \right)\text{ Om}$; $f = 100\text{ kГц}$; $R_{\text{O}} = ?$ $L_{\text{O}} = ?$

Javob: A) 0,8 om; 3 mkGn;
C) 1,25 om; 6 mkGn;

B) 0,8 om; 2,23 mkGn;
D) 1,25 om; 2,23 mkGn;

4.39-masala.

Berilgan $I_R = 6 \text{ A}$; $\psi_{i_C} = -28^\circ$; $R = X_C$; $i_m = ?$



Rasm-39

Javob:

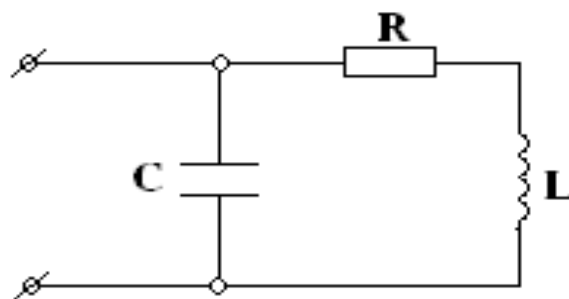
- A) $12 e^{j62^\circ} \text{ A}$
- B) $6\sqrt{2} e^{j17^\circ} \text{ A}$
- C) $6\sqrt{2} e^{-j62^\circ} \text{ A}$
- D) $12 e^{-j73^\circ} \text{ A}$

4.40-masala.

Berilgan: $\omega_0 = 10^3 \text{ c}^{-1}$; $Z(\omega_0) = 500 \text{ om}$;
 $R = 100 \text{ om}$; $L = ?$

Javob:

- A) 0,1 Gn
- B) 0,4 Gn
- C) 0,2 Gn
- D) 0,5 Gn



Rasm-40

4.41-masala.

Berilgan: $\dot{U} = j200 \text{ B}$; $R = X_L = X_C = 100 \text{ om}$
 $\dot{I}_L = ?$ $\cos \varphi = ?$

Javob:

- A) 2 A; 1;
- B) $2 e^{j90^\circ} \text{ A}$; 0;
- C) $2 e^{-j90^\circ} \text{ A}$; $\frac{\sqrt{2}}{2}$;
- D) $2 e^{j180^\circ} \text{ A}$; $\frac{\sqrt{3}}{2}$

4.42-masala.

Berilgan: $\omega = \omega_0$; $P_0 = 80 \text{ BT}$; $I_0 = 4 \text{ A}$; $I_{L0} = 5 \text{ A}$. $R = ?$ $X_L = ?$ $X_C = ?$

Javob:

- A) 3,2 om; 0,8 om; 4 om;

- B) 3,2 om; 4 om; 0,8 om;
 C) 3,2 om ; 6,67 om; 2,4 om;
 D) 3,2 om; 2,4 om; 6,67 om;

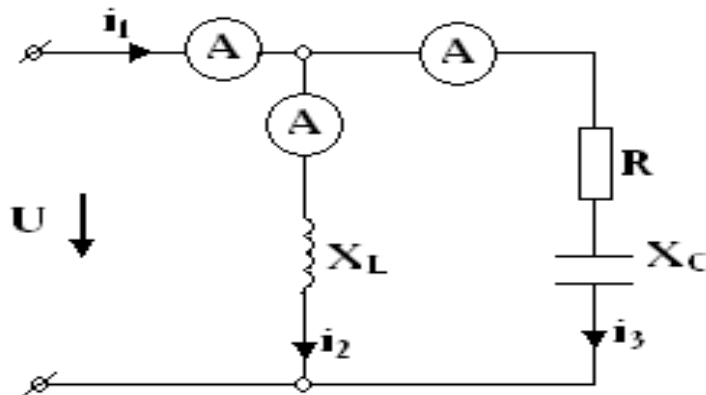
4.43-masala.

Berilgan: $U=100$ B; $I_1=I_2=I_3= 10$

A. $P = ?$

Javob:

- a) 850 Vt
 v) 500 Vt
 s) 1000 Vt
 d) 0 Vt



Rasm-43

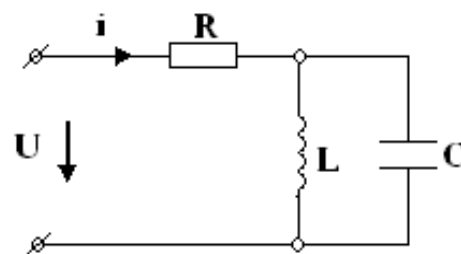
4.44-masala.

Berilgan: $u=5+5\sin\omega t+3\sin\omega t$ (B)

$R=10$ om ; $X_{L(1)}=50$ om ; $X_{C(1)}=450$ om. $I = ?$

Javob:

- a) $0,5+0,09\sin(\omega t-800)$ (A)
 v) $0,5+0,09\sin(\omega t+800)$ (A)
 s) $0,5+0,5\sin(\omega t-450)$ (A)
 d) $0,5+0,5\sin(\omega t+450)$ (A)



Rasm-44

4.45-masala.

Berilgan: $U=100$ B; $R_1=40$

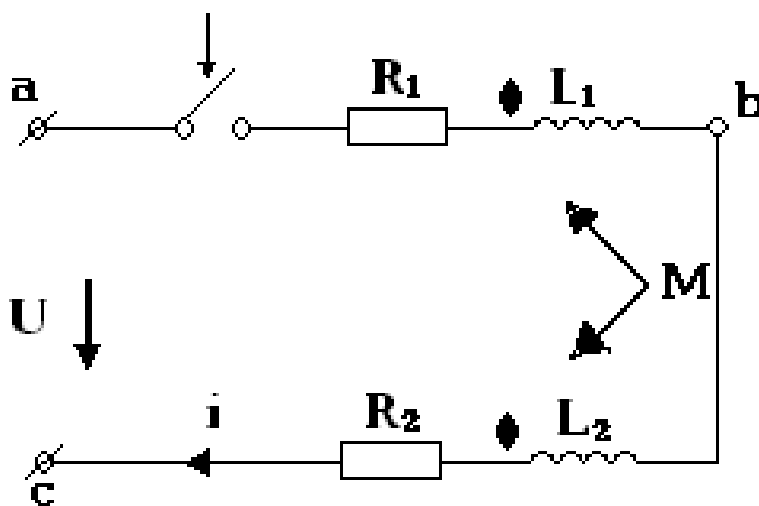
om ; $R_2=10$ om ; $L_1=0,2$ ГН ;

$L_2=0,1$ ГН ; $M=0,1$ ГН

$U_{ab(t)} = ?$

Javob:

- A) $80 + 20e^{-250t}$ (B)
 B) $80 + 20e^{-500t}$ (B)
 C) $-20 + 60e^{-500t}$ (B)
 D) $-20 + 60e^{-250t}$ (B)



Rasm-4.45

Javoblar

- 1.1- 5A; 2,5A; 1,25; 30V; 22,5V.
- 1.2- 12A; 24A; 60V; 36V.
- 1.3- 16 Om; 10071 m; 15,8 Om; 15,1 A.
- 1.4- 21,6 Om.
- 1.5- 7168 V.
- 1.6- 200 V; 4 V; 204 V; 2000 Vt.
- 1.7- 0,24 A
- 1.8- 100 Om
- 1.9- 22 v; 44 V; 66 V; 88 V; 198 V; 154V; 220V.
- 1.10- 0,5 Om.
- 1.11- 0,2 Om; 1,4 V.
- 1.12- 630 Vt.
- 1.13- 10 V.
- 1.14- 80 V; 20V.
- 1.15- 200v; 60v; 100v; 40v.
- 1.16- 1000vt; 100v; 2,5 A; 10 A.
- 1.17- 0,2 Om; 1,92 v.
- 1.18- 0,47 A.
- 1.19- 1,4V; 0,25 Om.
- 1.20- 4,9 Om; 2,04 A; 20,4Vt.
- 1.21- 1,6 A; 1.2 A; 0,4 A; 1,4 A; 1 A.
- 2.1- 0,01 s; 628 1G's
- 2.2- 0,86.
- 2.3- 50 mGn; 120 mkF.
- 2.4- 22 Om; 3556 Vt; 2514 Vt; 15,6 Om.
- 2.5- 1900 Vt; 3800 Vt.
- 2.6- 0,14 Gn.
- 2.7- 0,24 J.
- 2.8- 17,7 A; 3,76 kVt; 15,9 Om; 12,56 Om; 281 V.
- 2.9- 4 Om; 8 Om; 5 Om; 1728 Vt; 2880 VA.
- 2.10- 2,82 A; 310 V.
- 2.11- 125,6 Om; 1005 Om.
- 2.12- 265 Om; 2,65 Om; $5,31 \cdot 10^{-4}$ Om.
- 2.13- 224,4 V.
- 2.14- 0,16 Gn.
- 2.15- 0,04 Gn.
- 2.16- 63,6 Om.
- 2.17- 152 V; 143V; 303 V.
- 2.18- 79 mGn.
- 2.19- 5 mkF.
- 2.20- 63^0 .
- 2.21- 350; 0,810; 30 Om; 21 Om..

Darsliklar va o'quv qo'llanmalar ro'yxati

Asosiy

1. Ф.Е.Евдокимов. «Теоретические основы электротехники». М. «Выс. школа», 2001г.
2. Л.А.Бессонов. «Теоретические основы электротехники». М. «Выс.школа», 2001 г.
3. В.А. Прянишников. «Электротехника и ТОЭ» в примерах и задачах. Санк-Петербург. «Карона», 2001 г.
4. A.S.Karimov. «Nazariy elektrotexnika». T. «O'AJBNT» markazi, 2003 yil.

Qo'shimcha

5. M.S. Yakubov va boshqalar. «Elektrotexnikaning nazariy asoslari va elektr o'lchashlar». T. «O'qituvchi», 2002 y. 5-203 betlar.
6. A.S.Karimov va boshqalar. «Nazariy elektrotexnika». T. «O'qituvchi», 1979 yil.
7. Прянишников В.А. «Сборник задач по ТОЭ с решениями», Санк-Петербург. «Карона», 2001г.
8. S. Amirov va boshqalar. «Elektrotexnikaning nazariy asoslari», T. «O'qituvchi», 2004 yil.
9. A.S.Karimov va boshqalar. «Elektrotexnika va elektronika asoslari». T. «O'qituvchi», 1995 yil. 6-105 betlar.
10. С.Г. Герман-Галкин. «Линейные электрические цепи». Санк-Петербург. «Карона», 2001г.
11. Majidov S.M. «Elektrotexnikadan ruscha-o'zbekcha lug'at-ma'lumotnoma». T. «O'zbekiston», 1994 y.

Mundarija

Kirish	3
O'zgarmas tok zanjirlariga doir masalalar	18
O'zgaruvchan tok zanjirlarini xisoblash bo'yicha nazariy ma'lumotlar	25
O'zgaruvchan tok zanjirlariga doir masalalar	34
Elektr ulchashlarga doir masalalar	40
Iqtidorli talabalar uchun Olimpiada masalalari	42
Javoblar.....	52
Darsliklar va o'quv qo'llanmalar ro'yxati	53
Mundarija	54

