

B.X.XUSHBOQOV, F.B.OMONOV, S.E.QURBONAZAROV

ELEKTROTEXNIKA VA ELEKTRONIKA ASOSLARI

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY TA’LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI

B.X.Xushboqov, F.B.Omonov S.E.Qurbonazarov

ELEKTROTEXNIKA VA ELEKTRONIKA ASOSLARI

(amaliy mashg‘ulotlarni bajarish uchun o‘quv qo‘llanma)

*O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligi tomonidan
Oliy ta’lim muassasalari 60812700 – Irrigatsiya tizimlarida gidroenergetika
obyektlari ta’lim yo‘nalishi bakalavrlari uchun o‘quv qo‘llanma sifatida tavsiya
etilgan*

TERMIZ-2024

UO‘K 621.38(075.8)

KBK 31.2+32.85ya73 X85

B.X.Xushboqov, F.B.Omonov, S.E.Qurbonazarov

Elektrotexnika va elektronika asoslari. – O‘quv qo‘llanma. – Termiz: 2024. - 303b

Taqrizchilar:

Xudoyqulov Z.R. – TMTI O‘quv ishlari bo‘yicha prorektor, t.f.n., dotsent;

Berdiyev U.T. – TDTrU “Elektrotexnika” kafedrası mudiri, t.f.n., professor

*O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligining 2024-yil
7-maydagi 149-sonli buyrug‘iga asosan o‘quv qo‘llanma sifatida nashrga tavsiya
etilgan*

«Elektrotexnika va elektronika asoslari» fanidan amaliy mashg‘ulotlarni bajarish uchun o‘quv qo‘llanma bakalavriat bosqichining tegishli yo‘nalishi o‘quv dasturi asosida tayyorlangan. Mazkur o‘quv qo‘llanma mahalliy va xorijiy adabiyotlarda keltirilgan ma’lumotlar asosida va xorijning nufuzli oliy ta’lim muassasalarida mazkur fanni o‘qitish borasida amalga oshirilayotgan ishlar asosida takomillashtirilib, nashrga tayyorlandi.

©B.X.Xushboqov, F.B.Omonov, S.E.Qurbonazarov, 2024

ISBN 978-9910-9160-0-7

©«**MOHIRBEK-ZIYO**» nashriyoti

Kirish

Insoniyat paydo bo'libdiki, o'z muskul energiyasidan foydalanib, bir kecha-yu kunduzda 2 ming kkal atrofida energiya sarflagan. Energiya iste'molining keyingi bosqichida yirik hayvonlar kuchidan foydalanish boshlagan, hamda 17-asrda uy hayvonlari mexanik energiyaning katta qismini ishlab chiqargan. Insoniyat tamadduni rivojlangani sari energiyaga bo'lgan talab o'sib bordi. Ehtiyojga ko'ra mexanik energiya tabiiy manbalaridan foydalana oladigan mexanizmlar sodda shaklda yaratildi. Issiqlik energiyasini bug' kuchi bilan ishlaydigan motorlar va boshqa issiqlik motorlarida o'zgartira boshlandi. Traktor, kombayn, avtomobil va samolyotni konstruksiyalash imkonini ichki yonuv motori ixtiro qilinishi sabab bo'ldi. 19-asrda elektr energiyasi kashf etildi, bu o'z navbatida sanoatni energiya bilan qurollantirish darajasini oshirdi. Atom yadrosini parchalash orqali elektr energiya ishlab chiqarish 20-asrda taklif etildi. Olimlar aniqlashi-cha, qulay yashash sharoitini yaratish uchun o'rtacha 250 ming kkal energiya kerak ekan.

1920-yil 22-dekabrda Sobiq sho'rolar davlatida GOELRO (Gosudarstvennaya komissiya po elektrifikatsii Rossii) rejasi ishlab chiqildi va gidro elektr stansiyalar qurish ishlari boshlandi. Mamlakatda yoqilg'i chetdan keltirilganligi sababli, issiqlik elektr stansiyalarida elektr quvvati ishlab chiqarish tannarxi yuqori bo'lib, GESlar qurilishi asosiy maqsad qilindi. Bunga yana bir sabab, O'rta Osiyo muammolaridan biri – sug'orish tizimini yo'lga qo'yish, GES kichik suv havzalari – kichik kanallar, daryolarda qurilishi iqtisodiy-texnik tannarxi arzon bo'lishi edi.

O'zbekiston hududida energetikaning tamal toshi 1923-yilda Toshkentda Bo'zsuv GES qurilishi boshlanib, 1926-yil 1-mayda ishga tushurilishi bilan izohlanadi. Ma'lumot uchun Bo'zsuv GES qurilishiga hukumat tomonidan 350 000 rubl ajratilgan. Shu davrda barcha katta qurilishlar hashar yo'li bilan amalga oshirilgan bo'lib, Bo'zsuv GES ham hashar usulida qurilgan. Qurilish qo'l mehnatiga asoslangan bo'lib, mexanizatsiyalash darajasi – temir yo'l vagonetkalari, nasos qurilmalari, dizelda ishlaydigan beton aralashtirish mashinalari bilan cheklangan edi. Bo'zsuv GES to'g'oni 94 kunda, GES binosi va gidroinshoot asosiy qismi 9 oy davomida qurilgan. 1926-yilda tantanalar bilan 2000 kVt quvvatli ikki agregat ishga tushiriladi va to'qimachilik va boshqa turdagi sanoat korxonalarini uzluksiz elektr energiya bilan ta'minlash ishlari yo'lga qo'yiladi. Farg'onada 2000 kVt quvvatga ega issiqlik elektr stansiyasi ishga tushirildi va 1935-yilgacha quvvati 8300 kVtga oshirildi. O'rta

Osiyoni elektrlashtirish bosh rejası 1931-yilda tasdiqlanib, 1934-yilda “O‘zbekEnergo” energetika boshqarmasi tashkil etildi.

GOELRO rejasiga ko‘ra 1930-1933 yillarda quvvati 13,2 MVtni tashkil etgan Qodiriya GESi ishga tushirildi. Qodiriya GESi elektr energiyasidan Chirchiqdagi kolxozchi va dehqonlar uyida cho‘g‘lanmali chiroqlar nur tarata boshladi. Magistral elektr tarmoqlarini qurish zaruratini keltirib chiqqanligi sababli Toshkent shahriga elektr energiyasini o‘tkazuvchi 35 kV kuchlanishli ikki zanjirli liniya foydalanishga topshirildi. Keyin Isfayram GESi, Xishrau GESlarining loyihalari ishlab chiqildi. 1932-yili Chirchiqda GESlar kaskadi qurilishiga start berildi. 1933-yil 2-may oyida Bo‘rijar GESning qurilishi boshlanadi. GESning umumiy quvvati 6,4 MVt ga teng. GES to‘liq ekspluatatsiyaga 1937-yil 1-sentabrda kiritilgan.

1941-yillarda Chirchiq GESlari Chirchiq va Toshkent shahrini elektr energiyasi bilan ta‘minlovchi hisoblangan. 1943-1945 yillarda mamlakat energiyaga bo‘lgan ehtiyoji GESlar tomonidan qondirilgan.

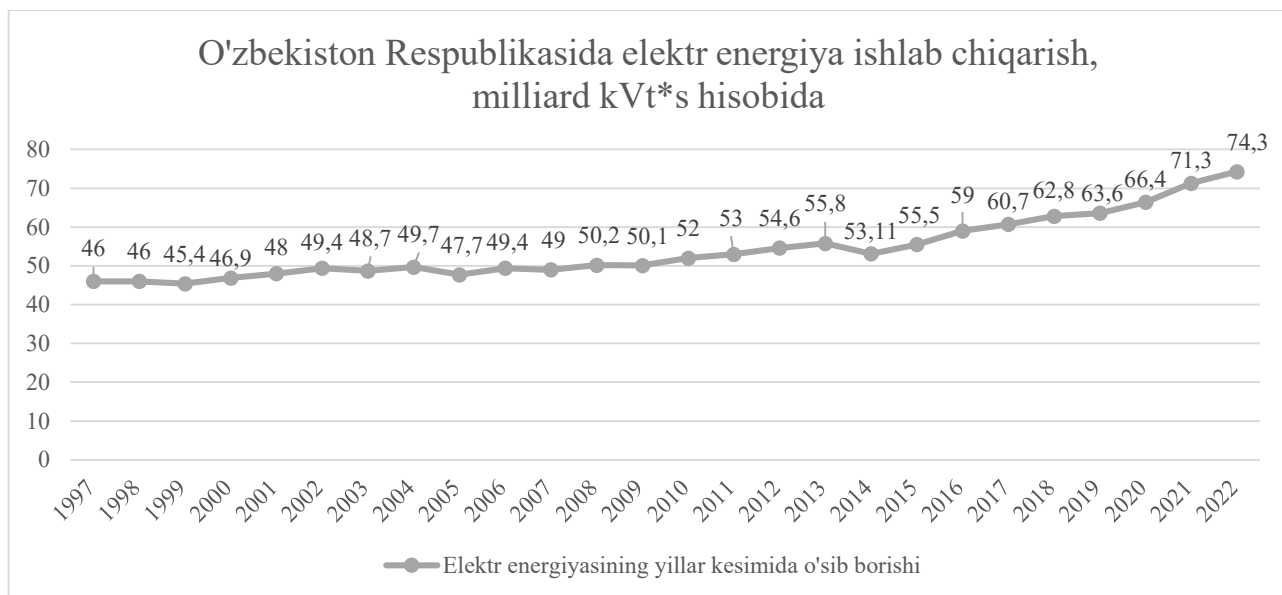
1960-1970-yillarda O‘zbekistonda quvvati baland gaz konlari topilganligi sababli Toshkent, Navoiy, Taxiatoş, Sirdaryo GRES lari, ko‘mir negizida ishlaydigan Angren GRESining ishga tushurilishi natijasida ishlab chiqarilgan elektr energiyaning 80 foizi issiqlik elektr stansiyalariga tog‘ri keladi.

Mamlakatda jami 27 ta GES bo‘lib, ularda o‘rnatilgan quvvatlar 1420 MVt ni tashkil etadi. 2015-yilda 6,8 mlrd kVt/soat elektr energiya ishlab chiqildi.

O‘zbekiston gidroenergetika sanoatining rivoji Chirchiq, Amudaryo, Zarafshon, Qashqadaryo, Pskom, Qoradaryo, Shahrixon soy daryolari va To‘palang, Tuyamo‘yin, Chorvoq, Andijon, Hisorak, Ohangaron suv omborlari bilan bog‘liq.

O‘zbekistonda 2000-yilda jami 46,9 mlrd kVt/soat energiya ishlab chiqilgan bo‘lsa, 2015-yilda bu ko‘rsatgich 57,7 mlrd kVt/soatni tashkil etdi.

Sh.M.Mirziyoyev Prezidentlikka kirishgan dastlabki kunlaridanoq respublikamizda energetika sohasini rivojlantirishga alohida e‘tibor qaratdi. Tarmoqni tubdan isloh qilish, yangi quvvatlarni ishga tushirish bugungi kunning dolzarb vazifalari sifatida belgilab berdi. Natijada 4-yilda yangi 3481 MVt quvvatlar ishga tushirildi. Taqqoslash uchun 2000-2016-yillarda 380 MVt quvvat ishga tushirilgan edi.



**1-rasm. O'zbekiston Respublikasida yillar kesimida elektr energiya ishlab chiqarish,
milliard kVt*s hisobida**

2021-yil davomida uzunligi 15 ming kilometr bo'lgan past kuchlanishli elektr tarmoqlari yangidan qurildi va rekonstruksiya qilindi. Bu O'zbekiston tarixida past kuchlanishli tarmoqlarda ilk bor katta hajmdagi yangilash ishlari hisoblanadi. 2021-yilda 4000 ta transformator punkti modernizatsiya va rekonstruksiya qilindi. Bu ham O'zbekiston tarixida transformator punktlaridagi ilk katta modernizatsiya va rekonstruksiya loyihasi hisoblanadi. 2021-yilda elektr energiyani nazorat qilish va hisobga olish tizimi (ASKUE) doirasida barcha 7 mln 300 mingdan ortiq iste'molchiga zamonaviy elektr hisoblagichlar bepul o'rnatib berildi.

Hozirda O'zbekiston energetika tizimining mavjud ishlab chiqarish quvvati 14131 MVt ni tashkil qilmoqda. 2000-yilda bu ko'rsatkich 7750 MVt, 2016-yilda 10830 MVt edi. Ya'ni 16 yil ichida deyarli 3 ming MVt qo'shilgan bo'lsa, xuddi shuncha hajmdagi quvvat so'nggi uch yilda qo'shilishiga erishildi.

1-MAVZU: ENERGIYA VA UNING MANBALARI

Biz energiyani o'rganishdan oldin, uning ma'nosini tushunib olsak, "energiya" (yunoncha *ενεργία* - harakat, faoliyat) – turli shakldagi moddiy harakatning umumiy o'lchov birligidir.

Energiya va uning manbalari bilan qadim zamonlardan insonlar qiziqib kelgan. Chunki, energiya ularga issiqlik, yorug'lik, shamol kuchi, mexanik kuch shaklida namoyon bo'lib kelgan. Hozirgi kunda energiya hosil qilishning bir qator usullari mavjud:

Birinchi, suv tanasining mexanik kuchi yordamida elektr va mexanik energiya;

Ikkinchi, shamol tanasining kinetik kuchidan mexanik va elektr energiya;

Uchinchi, organik moddalarning kimyoviy energiyasidan issiqlik va elektr energiyasi;

To'rtinchi atom parchalanishidan elektr energiya;

Beshinchi, yorug'lik kvantlaridan elektr energiyasini hosil qilish.

Ushbu usullarda elektr energiya hosil qilishning an'anaviy va noan'anaviy qo'llanishlari mavjud.

An'anaviy usullarning quyidagi turlari: GES – gidro elektr stansiya, IES – issiqlik elektr stansiyalar, AES – atom elektr stansiyalarida elektr energiyasi hosil qilinadi. Ta'kidlab o'tish lozimki, bundan 80 yillar oldin AES lar ham noan'anaviy energiya manbalariga kirar edi. Hozirgi kunda AES lardan foydalanish odatiy holatga aylandi. Demak quyida keltiriladigan noan'anaviy energiya manbalari ham kelajakda an'anaviy energiya manbalariga aylanishi hech gap emas.

Noan'anaviy usullarda energiya olishga quyidagilar kiradi: QES – quyosh elektr stansiyalari, SHES – shamol elektr stansiyalari, geotermal energiya manbalari, bioyoqilg'i manbalari, gravitatsion batareyalar va hokazo.

Tabiatda energiya manbasi sifatida quyosh energiyasini olishadi. Yer yuzasiga yetib keladigan quyosh radiatsiyasi $7,5 \cdot 10^{17} \text{ kVt} \cdot \text{soat}$ bo'lib, 86600 mlrd kVt quvvatga mos keladi. Dunyodagi barcha elektr stansiyalar quvvati yig'indisi (2 mlrd kVt) tabiatning ko'plab hodisalar quvvatiga tenglashib qolgan. Masalan, sayyoradagi havo oqimi o'rtacha quvvati $25 \div 35 \cdot 10^9 \text{ kVt}$ ga teng.

Shamol generatoridan foydalanish qadimgi Eron va Afg'oniston hududlarida 9-asrlarda shamol tegirmoni va "suv nasosi" sifatida qo'llanilgan. Yevropada esa shamol tegirmoni 12-asrda qurila boshlangan. Shamol generatorini 1887-yilda Jeyms

Blayt birinchi marta uyida elektr energiyadan foydalanish uchun akkumulyatorlarni quvvatlash maqsadida qo'llagan.

Shamol energiyasi quyosh energiyasi hosilasi bo'lib, yer yuzasining notekis qizishi natijasida yuzaga keladi. Yer har soatda $7,5 \cdot 10^{17} \text{ kVt} \cdot \text{soat}$ kVt soat quyosh energiyasini oladi. Undan 1-2% i shamol energiyasiga aylanadi.

Shamol energiyasining yaxshi tomonlari:

-tannarxi past – shamol energetikasi atom, ko'mir va gaz energiyalari bilan raqobatlashishi mumkin;

-tugamaydigan yonilg'i tashkil etuvchishi narxi nolga teng;

-ekologik yashil energiya – uglerod ikki oksidi (CO_2) havoga chiqarilmaydi;

-energiya hajmini oz vaqt ichida an'anaviyga yetkazish imkoniyati bor.

Geotermal energetika deganda biz, yer qa'rida mavjud issiqlik energiyasidan elektr yoki issiqlik energiyasini olishga moslangan elektr stansiyalarni tushunamiz. Bu turdagi energiya orqali maishiy xo'jalik yoki energetika tizimi uchun issiqlik hamda elektr energiyasini olishimiz mumkin. Maishiy xo'jalik uchun issiqlik energiyasi, issiq suv ta'minoti va jamoat binolarini isitishga mo'ljallangan bo'ladi. Geotermal energiya olishda: quruq bug', suvli bug', geotermal suv, magma qizdirgan toshlar energiyasi, magmadan foydalaniladi.

Uning paydo bo'lishi AQShda 1892-yilda isitish uchun foydalanishidan boshlandi. Hozirgi kunda 27 mamlakatda geotermal elektr stansiyalar mavjud bo'lib, uning birinchisi 1911-yilda Italiyada qurilgan edi. Olimlar hisobiga ko'ra ular qayta tiklanadigan energiya ishlab chiqarish hajmining ($88 \text{ TVt} \cdot \text{soat}$) atigi 1 %ini tashkil etadi.

1910-yilda butanol spirti yoki oddiygina butanolni bakteriyalar yordamida olinishi zamonaviy bioyoqilg'i yaratilishiga asos bo'ldi.

Bioyoqilg'i – biomassani chuqur qayta ishlash natijasida olinib, suyuq yoki gazsimon ko'rinishga ega va olinayotgan energiyaning 1,6% ini tashkil etadi.

Gravitatsion batareyalar – bu qayta tiklanuvchi energiya manbalarining yangicha zamonaviy turlaridan biri bo'lib, elektr energiya iste'moli zich bo'lgan vaqtda foydalaniladi.

2015-yilda AQSh da tog'ning etagida temir yo'lda harakatlanuvchi vagonetka tizimi joriy etilgan bo'lib, kuchli shamol kuchi yordamida vagonchani yuqoriga chiqarib qo'yiladi hamda energiya ehtiyoji nisbatan katta bo'lgan vaqtda esa mexanik energiyani elektr energiyasiga aylantirib beruvchi qurilma bilan jihozlangan og'irligi

5,6 tonna bo'lgan vagonchalar tog'ning etagidan pastga tomon harakatlanib, elektr energiyasi ishlab chiqarishga moslangan edi. Ushbu vagonchalardan olinadigan $12,5 \text{ MVt} \cdot \text{soat}$ elektr energiyasi uchun 8 km uzunlikdagi temir yo'lini qurish hamda uning xavfsizligi borasida ham amaliy ishlar bajarilishi kerak edi. Qolaversa bu qurilma juda katta masshtabdagi maydonni egallar edi. Bundan tashqari bu qurilmaning boshqa kamchiliklari mavjudligi sababli, amaliyotga to'liqligicha joriy etilmadi.

2017-yilda ushbu gravitatsion batareyalarning yangicha ko'rinishi – gigant kranlar yordamida ishlovchi turi yaratildi. Bu kranlar 120 metr balandlikdan og'irligi 35 tonna bo'lgan beton bloklarni vertikal yuqoridan pastga tomon harakatlantirish evaziga elektr energiyasini ishlab chiqarishga asoslangan edi. Bu qurilmaning loyiha kapitali 2,5 mlrd AQSh dollari deb baholangan. Ushbu energetik tizimning foydali ish koeffitsiyenti 80-90 %.

Mavzu yuzasidan masalalar ishlash namunalari.

1-masala.

Yerning radiusini 6400 km deb hisoblab Yer shari sirtiga tushayotgan quyosh nuri quvvatini toping. 1 m^2 yuzaga mos quvvat 1000 Vt deb oling.

Yechish:

Yerning yuzasi S ni topib olamiz, ya'ni yer shar shaklida deb hisoblab:

$$S_2 = 4 \cdot \pi \cdot R^2 = 4 \cdot 3,14 \cdot 6400000^2 = 514,457 \cdot 10^{12} \text{ m}^2.$$

Endi, 1 m^2 yuzaga mos quvvat 1000 Vt dan yorug'likning intensivligi I ni topamiz:

$$I = \frac{P_1}{S_1} = \frac{1000 \text{ Vt}}{1 \text{ m}^2} = 1000 \text{ Vt/m}^2.$$

Xuddi shu intensivlikdagi yorug'lik yer sirtiga tushyapti deb hisoblab, butun yer shari uchun yorug'lik quvvatini hisoblaymiz:

$$P_2 = I \cdot S_2 = 1000 \text{ Vt/m}^2 \cdot 514,457 \cdot 10^{12} \text{ m}^2 = 514,457 \cdot 10^{15} \text{ Vt}.$$

Javob:

$P_2 = 514,457 \cdot 10^{15} \text{ Vt}$ quvvatga teng bo'lgan yorug'lik yer sirtiga tushadi.

2-masala

Yurtimiz hududiga tushayotgan Quyosh nurining umumiy quvvatini va bir yilda tushgan quyosh nuri energiyasini toping (yil davomida quyosh nuri bir xilda tushgan deb qaralsin). Mamlakatimizning yer maydonini 447 ming km^2 deb hisoblang.

Yechish:

1 m² yuzaga mos quvvat 1000 Vt deb olamiz va shundan:

$$I = \frac{P_1}{S_1} = \frac{1000 \text{ Vt}}{1 \text{ m}^2} = 1000 \text{ Vt/m}^2.$$

Yorug'lik intensivligini aniqlab oldik. Endi shu yorug'likning yurtimiz uchun quvvatini hisoblaymiz:

$$P_2 = I \cdot S_2 = 1000 \text{ Vt/m}^2 \cdot 447 \cdot 10^9 = 447 \cdot 10^{12} \text{ Vt}.$$

Demak, yurtimizning hududiga tushayotgan umumiy quvvat: $P = 447 \cdot 10^{12} \text{ Vt}$ ga teng ekan. Shundan 1 yil davomidagi energiyasini aniqlaymiz. 1 yil = 8760 soat ekanligini hisobga olgan holda:

$$W = P_2 \cdot T = 447 \cdot 10^{12} \cdot 8760 = 3915 \cdot 10^{15} \text{ kVt} \cdot \text{soat}.$$

Yurtimiz hududiga 1 yil davomida $W = 3915 \cdot 10^{15} \text{ kVt} \cdot \text{soat}$ ga teng energiya tushadi.

3-masala

Berilgan yozgi uy uchun QES tarkibini aniqlang.

Mavjud iste'molchilar: sovutgich 150 W; 100 W televizor (kun davomida 3 soat va kechasi 2 soat ishlaydi); kompyuter 250 W (kun davomida 2 soat); changyutgich 400 W (Tushdan keyin 0,5 soat). Kunduzgi soat davomiyligi 10 soat deb qabul qilinadi.

Yechish:

1) iste'mol qilingan energiya va quvvat qiymatlarini aniqlang:

$$E_{iste'mol}^{kun} = \Sigma P_{o'rnatish} \cdot t_{ish} = 150 \cdot 10 + 100 \cdot 3 + 250 \cdot 2 + 400 \cdot 0.5 = 2500 \text{ Vt} \cdot \text{soat};$$

$$E_{iste'mol}^{tun} = \Sigma P_{o'rnatish} \cdot t_{ish} = 150 \cdot 14 + 100 \cdot 2 = 2300 \text{ Vt} \cdot \text{soat};$$

$$P_{max} = 150 + 100 + 250 + 400 = 900 \text{ Vt} \cdot \text{soat}.$$

2) Olingan qiymatlarga muvofiq NC-1000-S invertorini olish kerak (nominal quvvat 1000 Vt, maksimal 2000 Vt). Bunday invertorlarning samaradorligi kamida 87% ni tashkil etadi, bu o'zgarmas tok tomonidagi yuk energiyasi quyidagicha bo'lishini anglatadi:

$$E_{yuklash}^{kun} = \frac{E_{iste'mol}^{kun}}{\eta_{inventor}} = \frac{2500}{0.87} = 2874 \text{ Vt} \cdot \text{soat};$$

$$E_{yuklash}^{tun} = \frac{E_{iste'mol}^{tun}}{\eta_{inventor}} = \frac{2300}{0.87} = 2644 \text{ Vt} \cdot \text{soat}.$$

3) Iste'molchini tunda ta'minlash (batareyalar zaryadsizlanganligi sababli $E_{AKB} = E_{yuklash}^{tun}$), umumiy quvvatiga ega qayta zaryadlanuvchi batareyalarni o'rnatish kerak:

$$E_{AKB} = \frac{E_{yuklash}^{tun}}{\alpha} = \frac{2644}{0,4} = 6610 \text{ Vt} \cdot \text{soat}.$$

bu yerda $\alpha = 0.4$ (ya'ni batareyalar 40% ga zaryadsizlanishi mumkin nominal sig'imi). Olingan qiymatni batareyaning kuchlanishiga (12 V) keltiramiz.

$$C_{AKB} = \frac{E_{AKB}}{U} = \frac{6610}{12} = 550,8 \text{ A} \cdot \text{soat}.$$

Batareyalarni bir oz zahira bilan o'rnatish tavsiya etiladi, biz 100 A soatlik 6 ta batareyani tanlaymiz.

4) Saqlash batareyalari zaryadsizlanishi bilan bog'liq yo'qotishlarga ham ega:

$$E_{AKB}^{yo'qotish} = \frac{E_{yuklash}^{tun}}{\eta_{AKB}} = \frac{2644}{0,9} = 2937,8 \text{ Vt} \cdot \text{soat}.$$

bu yerda: η_{AKB} - geliy batareyalari uchun zaryadsizlantirishning samaradorligi.

5) Elektr energiyasini olish kerak quyosh panellari:

$$E_{QFE} = E_{AKB}^{yo'qotish} + E_{yuklash}^{kun} = 2937,8 + 2874 = 5811,8 \text{ Vt} \cdot \text{soat}.$$

Quyosh panellarining umumiy o'rnatilgan quvvati:

$$P_{\Sigma} = \frac{E_{QFE}}{T_{kun}} = \frac{5811,8}{10} = 581,2 \text{ Vt}.$$

Biz 200 vattlik 3 ta ZDNY-200P54 panelini tanlaymiz.

7) Har bir paneldan keladigan tok:

$$I = \frac{P_1}{U} = \frac{200}{24} = 8,33 \text{ A}.$$

Keyin panellarni parallel ravishda ulashda umumiy tok quyidagicha bo'ladi:

$$I_{\Sigma} = 3 \cdot I = 25 \text{ A}.$$

Shuning uchun SS30A-24V kontrolleridan foydalanish kerak.

Mustaqil ishlash uchun masalalar

1. Yerning radiusini 6400 km deb hisoblab Yer shari sirtiga 30 kun davomida tushayotgan quyosh nuri quvvatini energiyasini toping. Yer sirtining 1 m² yuzasiga mos quvvat 1000 Vt deb oling.

2. Qozog'iston Respublikasi hududiga tushayotgan Quyosh nurining umumiy quvvatini va bir yilda tushgan quyosh nuri energiyasini toping (yil davomida quyosh nuri bir xilda tushgan deb qaralsin). Qozog'iston Respublikasining yer maydonini 2717,3 ming km² deb hisoblang.

3. Yerning radiusini 6400 km deb hisoblab yer shari sirtiga 60 kun davomida tushayotgan quyosh nuri quvvatini energiyasining barchasi elektr energiyasiga aylantiriladi deb tasavvur qilgan holda, shu elektr energiyasi O'zbekiston Respublikasining energetika tizimini qancha vaqt energiya bilan ta'minlashga yetishini toping. O'zbekiston Respublikasi 2022-yilda 74,3 mlrd kVt*soat elektr energiyasi ishlab chiqarilganligini e'tiborga oling. Yer sirti 1 m² yuzasiga mos quvvat 1000 Vt deb oling.

4. Tojikiston Respublikasi hududiga tushayotgan Quyosh nurining umumiy quvvatini va bir yilda tushgan quyosh nuri energiyasini toping (yil davomida quyosh nuri bir xilda tushgan deb qaralsin). Tojikiston Respublikasining yer maydonini 143099 km² deb hisoblang.

5. Faqat yoz oylarida foydalaniladigan uy uchun quyosh elektr stansiyalarining tarkibini aniqlang. Mavjud iste'molchilar: sovutgich 1250 Vt; 550 Vt televizor kunduzi 4 soat, tunda 2 soat ishlaydi); kompyuter 1200 Vt (kun davomida 2 soat); changyutgich 1500 Vt (kun davomida 0,3 soat). Kunduzgi soat davomiyligi 13 soat deb qabul qilinadi.

6. Kuchlanishi 24 V energiya sig'imi 90 A*soat bo'lgan ikkita akkumulyator parallel ulanganda hosil bo'lgan akumulyatorlar tizimining elektr energiyasini Joulda hisoblang.

7. Ishchi kuchlanishi 24 V, energiya sig'imi 150 A*soat bo'lgan ikkita bir xil akkumulyator parallel ulanib, 180 Vt quvvatli iste'molchini ta'minlaydi. Har bir akkumulyator chiqishidagi tok kuchini toping.

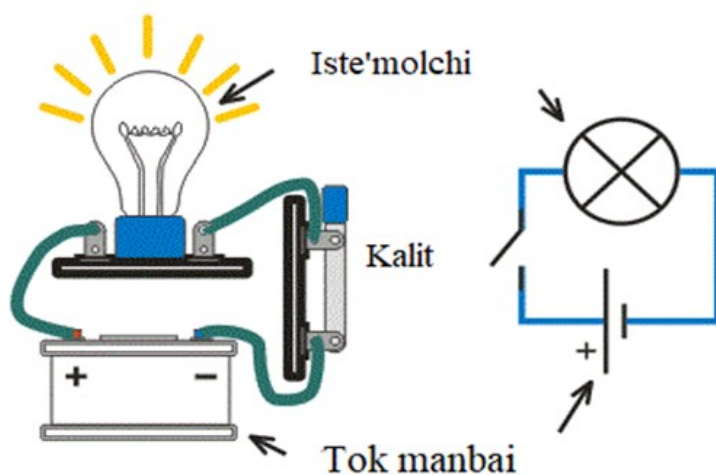
8. Xonadonda har birining quvvati 150 Vt dan bo'lgan 12 ta cho'g'lanma tolali chiroq quvvati 15 Vt dan bo'lgan 10 ta LED chiroqlariga almashtirildi. Chiroqlar almashmasdan oldin elektr toki uchun oyiga 70000 so'm pul to'lanar edi. Agar chiroqlarni ishlash rejimlari o'zgarmagan bo'lsa ular almashtirilgach elektr toki uchun oyiga qancha pul sarflanadi?

2-MAVZU: ELEKTR ZANJIRLARIDAGI ASOSIY SHARTLI BELGILAR VA ELEKTR ZANJIRLARI SXEMALARINING ASOSIY TURLARI. ELEKTR ZANJIRLARINI QURISH

Eng oddiy elektr zanjiri quyidagilarni o'z ichiga oladi:

- tok manba;
- ulovchi simlar;
- tok qabul qiluvchilar (elektr energiyasi iste'molchilari);
- kalit.

Eng oddiy elektr sxemasi batareya, kalit, ulovchi simlar va chiroq (iste'molchi) dan iborat. Batareya tok manba, chiroq esa iste'molchi hisoblanadi.



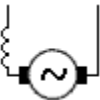
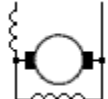
2.1-rasm. Elektr zanjir va uning sxemasi

Biz quyida elektr zanjirlarda ishlatiluvchi asosiy shartli belgilar bilan tanishamiz:

Umumiy qo'llaniluvchi elektr mashinalarning shartli belgilari

2.1-jadval

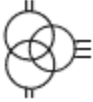
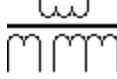
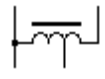
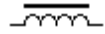
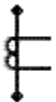
Nomlanishi	Shartli belgisi	Nomlanishi	Shartli belgisi
Stator. Stator chulg'ami. Umumiy shartli belgisi		Kollektor va cho'tkalar bilan ulangan rotor chulg'ami	

Faza rotorli asinxron mashina, rotor chulg'ami yulduz usulda stator chulg'ami esa uchburchak usulda ulangan		Qisqa tutashgan rotorli uch fazali asinxron mashina stator chulg'ami fazalarining oltila uchlari	
Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok motori		Ketma-ket qo'zg'atishli o'zgarmas tok motori	
Motor kollektorining bir fazali mustaqil qo'zg'alishi		Doimiy magnitli qo'zg'atishli o'zgarmas tok motori	
Parallel qo'zg'atishli o'zgarmas tok motori		Aralash qo'zg'atishli o'zgarmas tok motori	
Uch fazali stator chulg'aminin ulanishi: a) uchburchak		b) yulduzcha	

Induktorlar, reaktorlar, drossellar, transformatorlar, avtotransformatorlar va magnit kuchaytirgichlar shartli belgilari

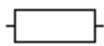
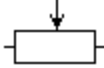
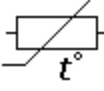
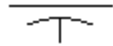
2.2-jadval

Nomlanishi	Shartli belgisi	Nomlanishi	Shartli belgisi
Transformator, avtotransformator, drossel va magnit kuchaytirgichni chulg'ami	1-shakli: 	Magnit zanjirli bir fazali transformator	1-shakli: 
	2-shakli: 		2-shakli: 

Magnit zanjirli uch fazali transformator	1-shakli: 	Magnit zanjirli bir fazali avtotransformator	1-shakli: 
	2-shakli: 		2-shakli: 
Bitta ikkilamchi chulg'amli tok transformatori	1-shakli: 	Ferromagnit magnit o'tkazgichli drossel	
	2-shakli: 		
		Reaktor	

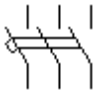
Rezistorlar va kondensatorlar

2.3-jadval

Nomlanishi	Shartli belgisi	Nomlanishi	Shartli belgisi
O'zgarmas qarshilik		O'zgarmas sig'imli kondensator	
O'zgaruvchan qarshilik		Elektrolitik qutblangan kondensator	
Bevosita isitish termistori		O'tish kondensatori. Eslatma: Yoy kondensatorning tashqi qoplamasi (korpusi) ni ko'rsatadi	

Kommutatsiya qurilmalari va kontaktli ulanishlar

2.4-jadval

Nomlanishi	Shartli belgisi	Nomlanishi	Shartli belgisi
Bir qutbli o'chirgich		Elektr-issiqlik relening intervalgacha tasvir usuli bilan aloqasi belgisi	
Bosish tugmasi: ochiq kontaktli		Uch qutbli o'chirgich: avtomatik qaytuvchi	
Bosish tugmasi: yopiq kontaktli		Yuqori tok davri (kontakt, ishga tushirgich) yopilishini almashtirish uchun kontakt	

Yarim o'tkazgichli qurilmalar

2.5-jadval

Nomlanishi	Shartli belgisi	Nomlanishi	Shartli belgisi
Diod		p-n-p tipli tranzistor	
Svetodiod		n-tipli kanalli, maydonli tranzistor	
Varikap (sig'imli diod)		Kollektor korpusga ulangan n-p-n tipli tranzistor	
Fotodiod		Katod orqali boshqariluvchi qulflanmaydigan triodli tiristor	

Stabilitron		Triodli tiristor, teskari qulflanadigan anod bilan boshqariladi	
Diodli tiristor (dinistor)		Fotorezistor	

1-masala

Prinsipial elektr sxemalar sintezini bajarish uslubi

Prinsipial elektr sxemalar sintezini bajarishda quyidagi maqsadlar qo'yilgan:

1) Shaxsiy masala asosida sxemalarni qo'lda chizishda olingan bilimlarni mustahkamlash;

2) Sxemalarni tanish va kerakli elementlarni tanlash orqali sxemalarni sintez qilish ko'nikmasi olish.

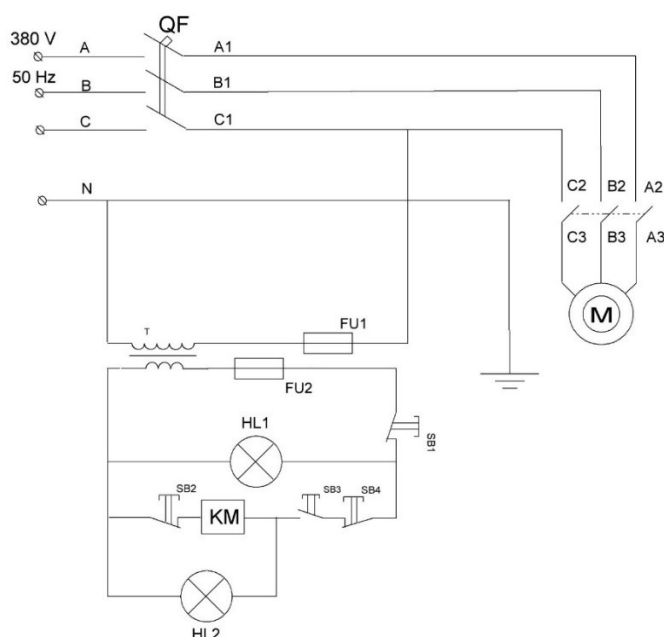
Ishni bajarish uslubi quyidagicha:

1. Talabaga u yoki bu prinsipial sxema beriladi, ushbu sxemada ba'zi elementlar tushirib qoldirilgan va bo'sh to'rtburchak bilan belgilangan;

2. Talaba sxemani o'rganishi, jadvalda keltirilgan elementni topishi va sxemani sintez qilishi lozim.

3. Elektr semadagi barcha elementlar shartli belgilanishini bajarishi lozim.

4. Keltirilgan elementlar spetsifikatsiyasini tuzishi lozim. Namunada shaxsiy vazifani bajarish misoli keltirilgan.



Sxemada belgilanishi	Nomlanishi	Soni	Qiymati
FU1, ... FU2	Eruvchan saqlagich PRS-6U3		
	Eruvchan quyma, PVD1-2U3	2	
M	4A80A6U3 markali motor	1	$n = 1000 \frac{\text{ayl}}{\text{min}};$ $N = 0,75 \text{ kVt}$
KM	Magnitli ishga tushirgich PML-12300	1	
T	Transformator OSM-0,063U3 220/36	1	
HL1, ... HL2	KM48/50 chirog'i	2	AME-32322
QF	Avtomatik o'chirgich (avtomat) VA-5125	1	
SB1	Elektr-issiqlik rele	1	

Elektr sxema elementlarining kodli belgilanish

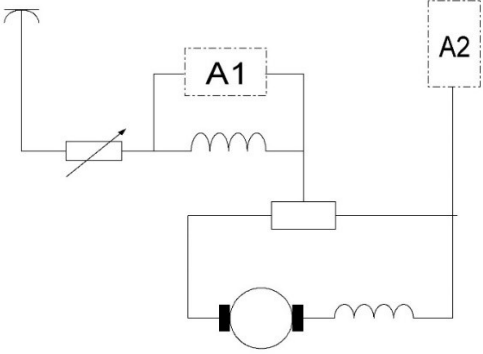
2.6-jadval

№	Nomlanishi	Belgilanishi
1	Kuchaytirgichlar, teleboshqaruv va boshqalar (umumiy belgilanishi)	A
2	Noelektr kattaliklarni elektr kattalikka va elektr kattaliklarni noelektr kattalikka o'zgartgich, ko'rsatish yoki o'lchash datchiklari (umumiy belgilash)	V
3	Ovoz ko'targich	VA
4	Telefon	BF
5	Mikrofon	BM
6	Pyezoelement	BQ
7	Ovoz yozgich	BS
8	Kondensator	C
9	Analog integral mikrosxema	DA
10	Raqamli integral mikrosxema, mantiqiy element	DD
11	Kechikish elementi (umumiy belgilanish)	DT
12	Turli elementlar (umumiy belgilanishi)	E
13	Yoritish chirog'i	EL
14	Razryadnik, saqlagich, himoya qurilmalari (umumiy belgilanishi)	F
15	Eruvchan saqlagich	FU
16	Generatorlar, ta'minot manbalari, kvarts generatorlari (umumiy belgilanishi)	G
17	Galvanik elementlar batareyasi, akkumulyatorlar	GB
18	Indikatsiya va signal qurilmalari (umumiy belgilanishi)	H
19	Ovozli signallash asboblari	HA
20	Simvol indikatori	HG
21	Nurli signallash asboblari	HL

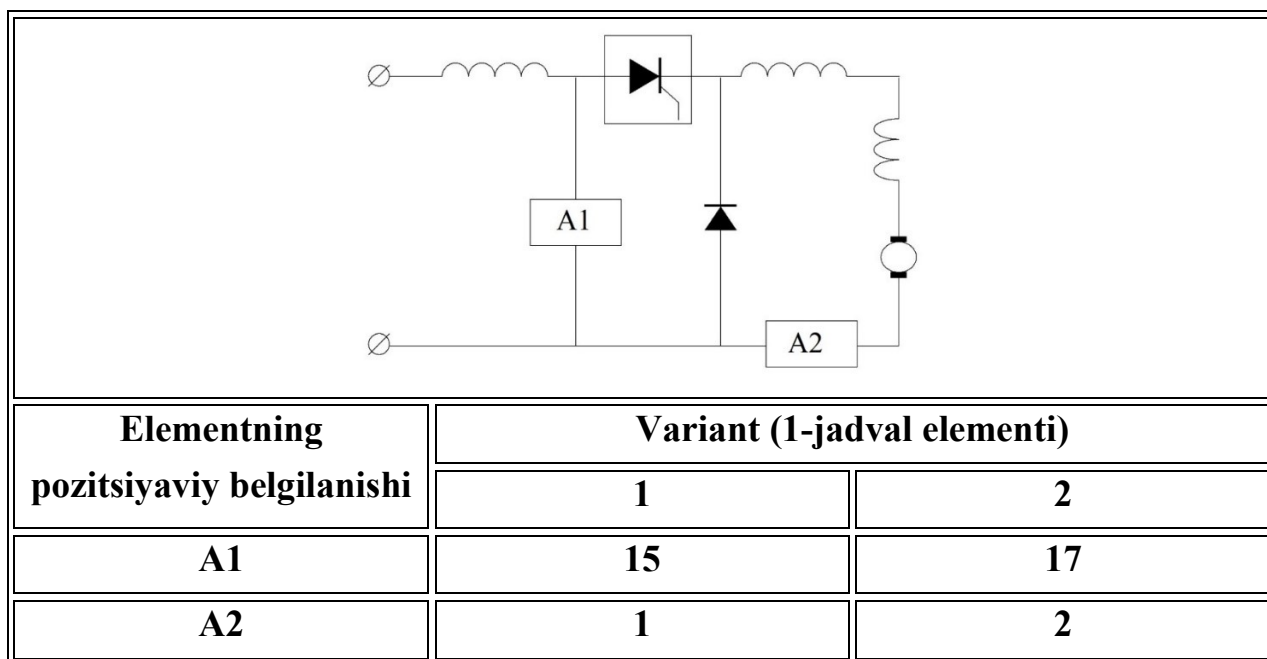
22	Rele, kontaktor, ishga tushirgich (puskatel) (umumiy belgilanishi)	K
23	Vaqt relesi	kt
24	Induktiv g'altak, drossel (umumiy belgilanishi)	L
25	Motor (umumiy belgilanishi)	M
26	O'lchov asboblari (umumiy belgilanishi)	P
27	Ampermetr (milliampermetr, mikroampermetr)	PA
28	Impuls hisoblagich	PC
29	Chastota o'lchagich (chastotametr)	PF
30	Ommetr	PR
31	Harakat vaqtini o'lchagich, soat	PT
32	Voltmetr	PV
33	Vattmetr	PW
34	O'zgaruvchan va o'zgarmas rezistorlar (umumiy belgilanishi)	R
35	Termorezistor	RK
36	O'lchov shunti	RS
37	Varistor	RU
38	Uzgichlar, ajratgichlar, qisqa tutashtirgichlar (umumiy belgilanishi)	Q
39	Uzgich yoki qayta ulagich	SA
40	Tugmachali uzgich	SB
41	Avtomatik uzgich	SA
42	Transformator, avtotransformator (umumiy belgilanishi)	T
43	Elektr kattalikni elektr kattalikga o'zgartgich, aloqa qurilmasi (umumiy belgilanishi)	U
44	Modulyator	UB
45	Demodulyator	UR
46	Diskriminator	UI
47	Chastota o'zgartgich, inventar, chastota generatori, to'g'rilagich	UZ

48	Yarim o'tkazgich va elektrovakuum asboblari (umumiy belgilanishi)	V
49	Diod, stabilitron	VD
50	Tranzistor	VT
51	Tiristor	VS
52	Elektrovakuum asbobi	VL
53	O'ta yuqori chastota liniyasi va elementlari	W
54	Antenna	WA
55	Kontaktli ulash (umumiy belgilanishi)	X
56	Shtir (vilka)	XP
57	Uya (rozetka)	XS
58	Ajraluvchi ulanma	XT
59	Yuqori chastotali ulagich	XW
60	Elektromagnit yuritmal mexanik qurilma (umumiy belgilanishi)	Y
61	Elektromagnit	YA
62	Filtrlar	Z
63	Cheklagich	ZL
64	Kvarts filtri	ZQ

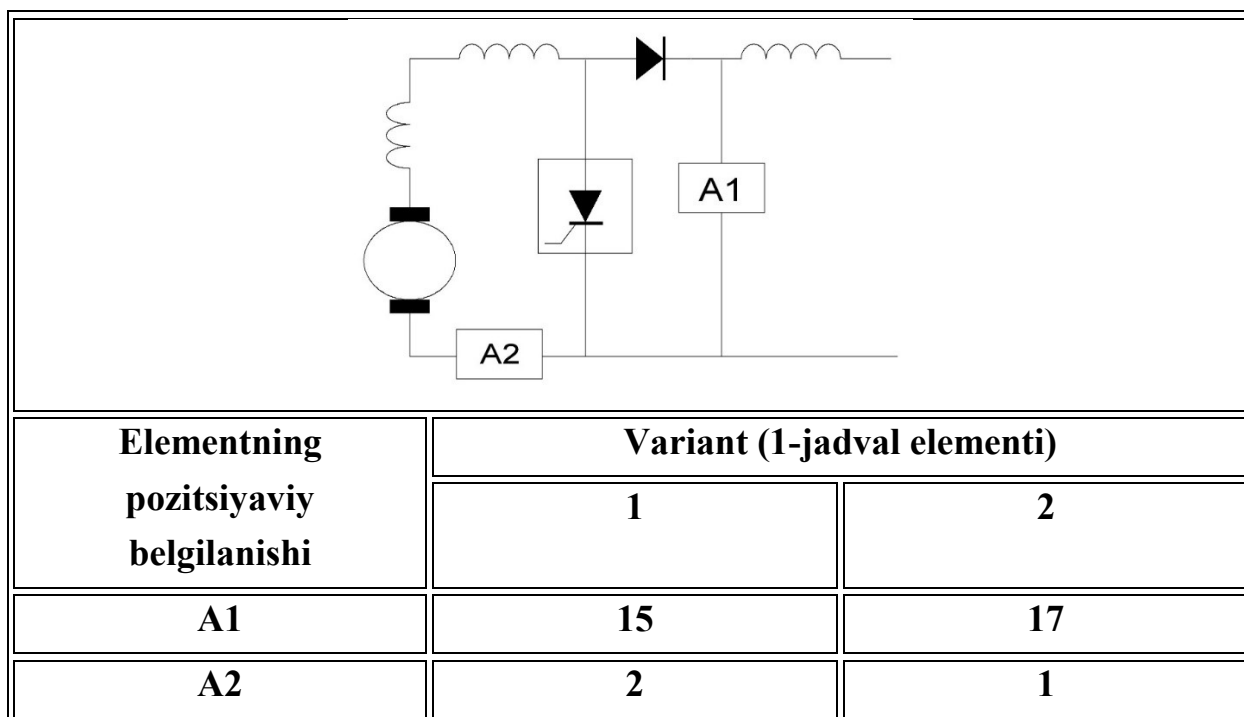
1,2-Variantlar. Reostatli tormozlash sxemasi

		
Elementning pozitsiyaviy belgilanishi	Variant (1-jadval elementi)	
	1	2
A1	1	2
A2	10	11

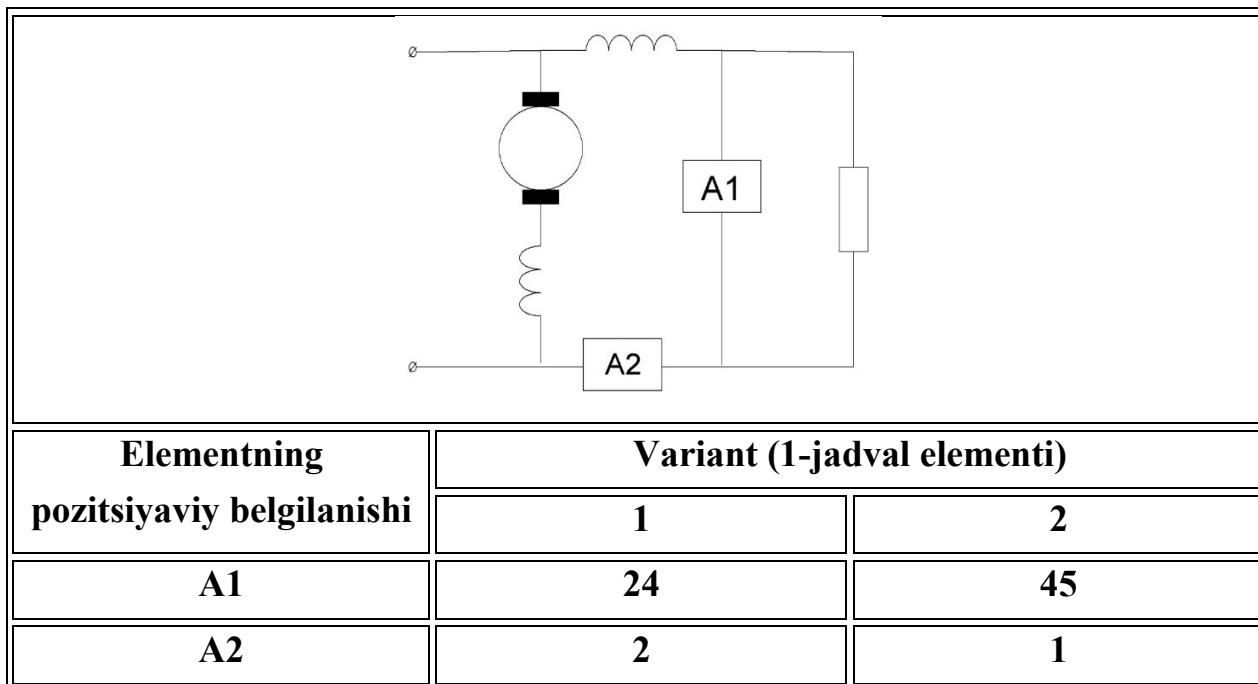
3,4-variantlar. Ishga tushirishda tiristor – impulsli regulyator ulanish sxemasi



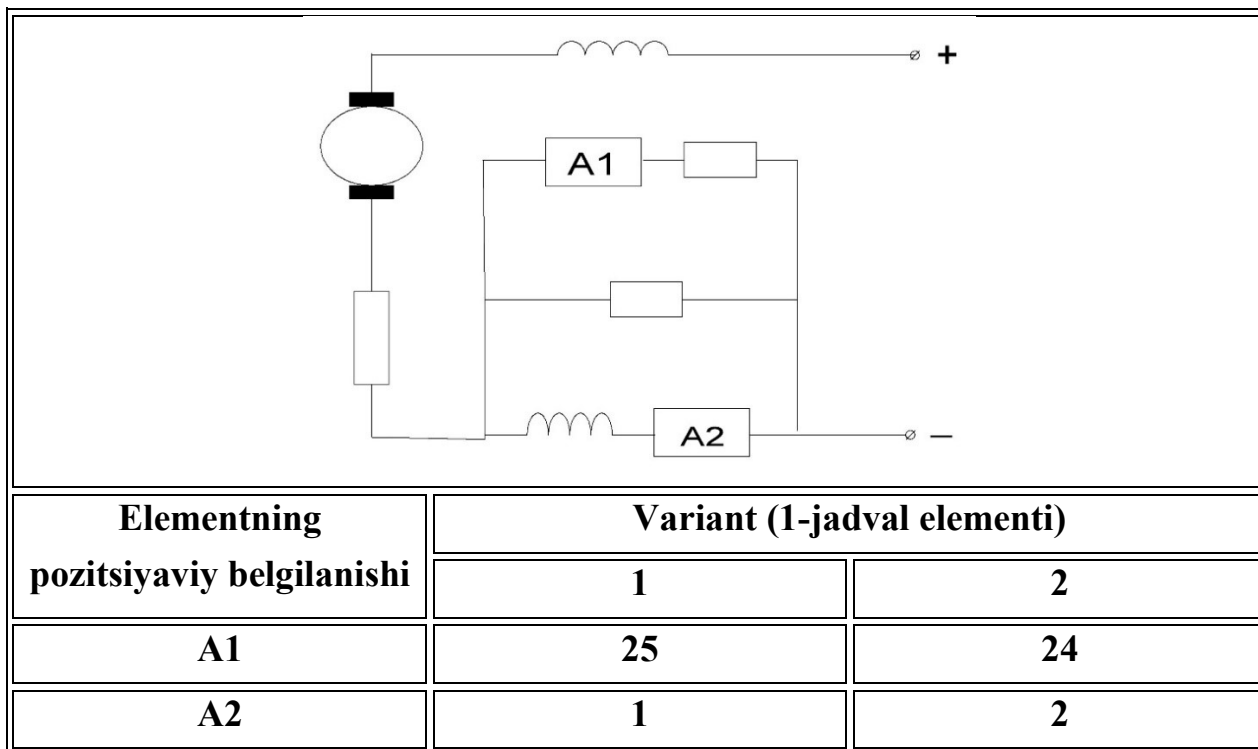
5, 6-variantlar. Rekuperativ tormozlashda tiristor-impulsli kuchlanish regulyatori ulanish sxemasi



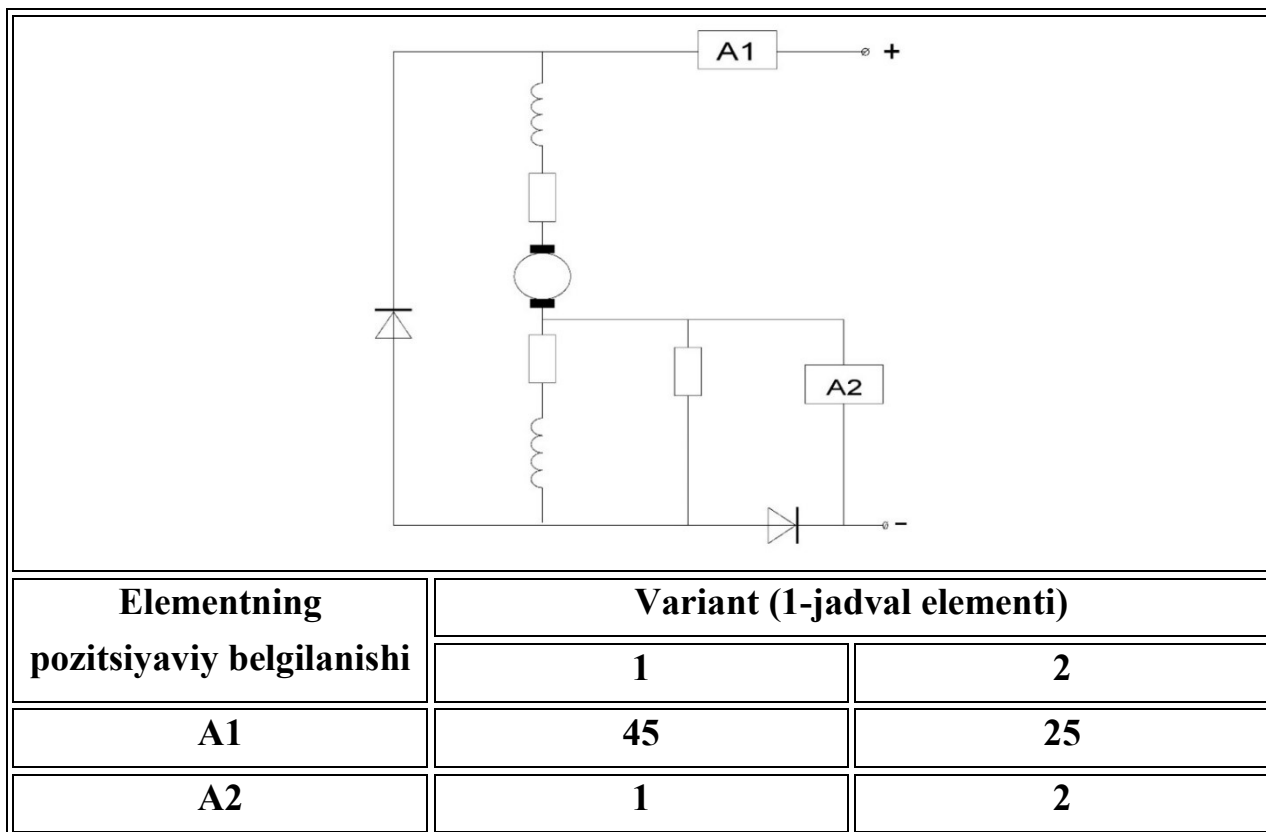
7, 8-variantlar. Reostatli tormozlashda tiristor-impulsli kuchlanish regulyatori ulanish sxemasi



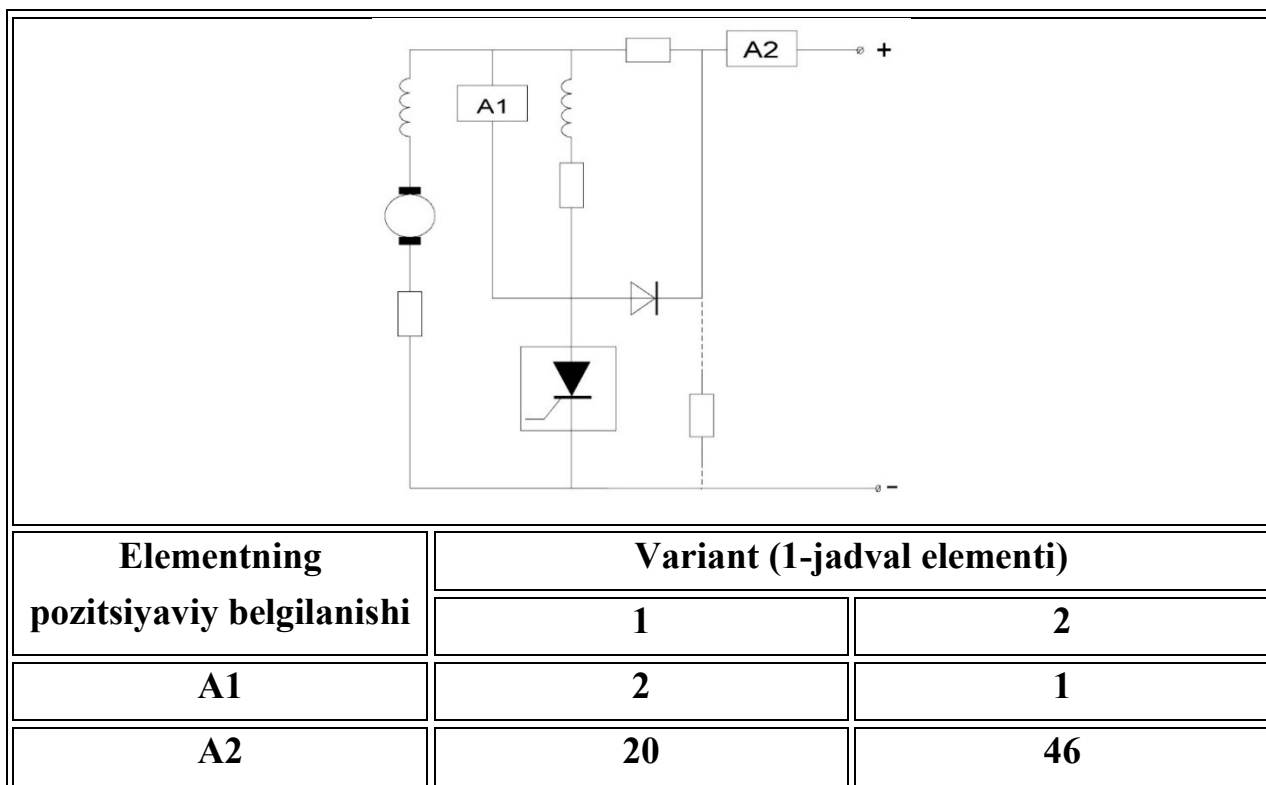
9, 10-variantlar. Tortuvchi elektromotorni uyg‘otishda tiristor-impulsli regulyator ulanish sxemasi



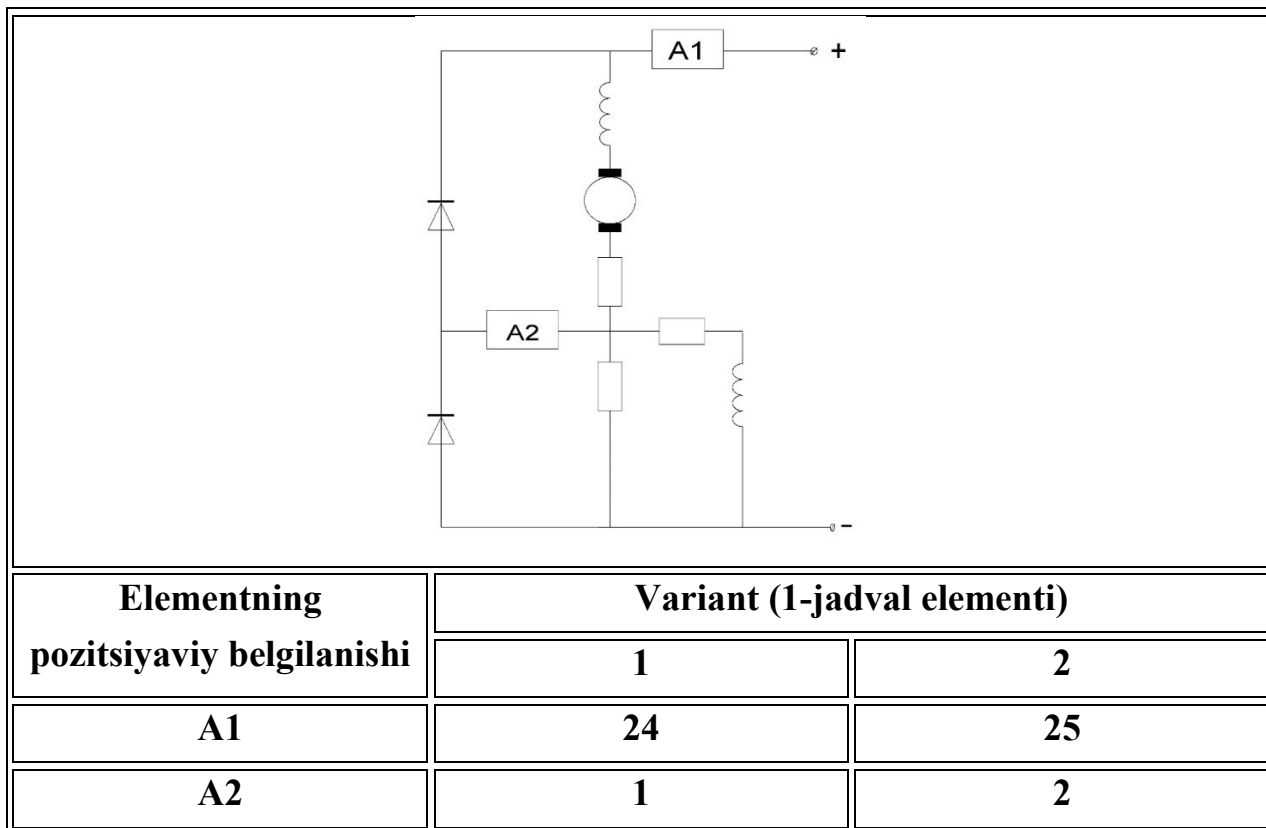
11, 12-variantlar. Tortuvchi elektr motorni ishga tushirishda kuchsizlantirish uchun umumiy tiristor-impulsli regulyator ulanish sxemasi



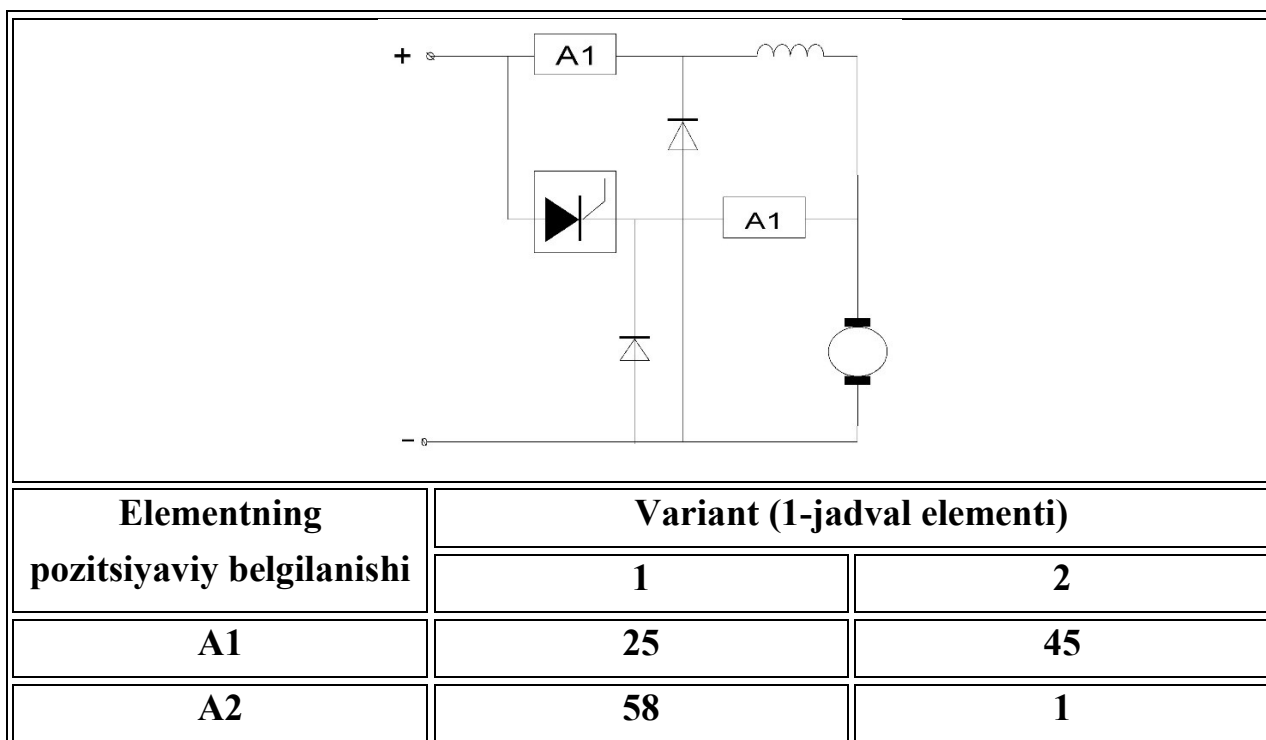
13, 14-variantlar. Tortuvchi elektr motorni tormozlashda uyg‘otishni kuchaytirish uchun umumiy tiristor-impulsli regulyator ulanish sxemasi



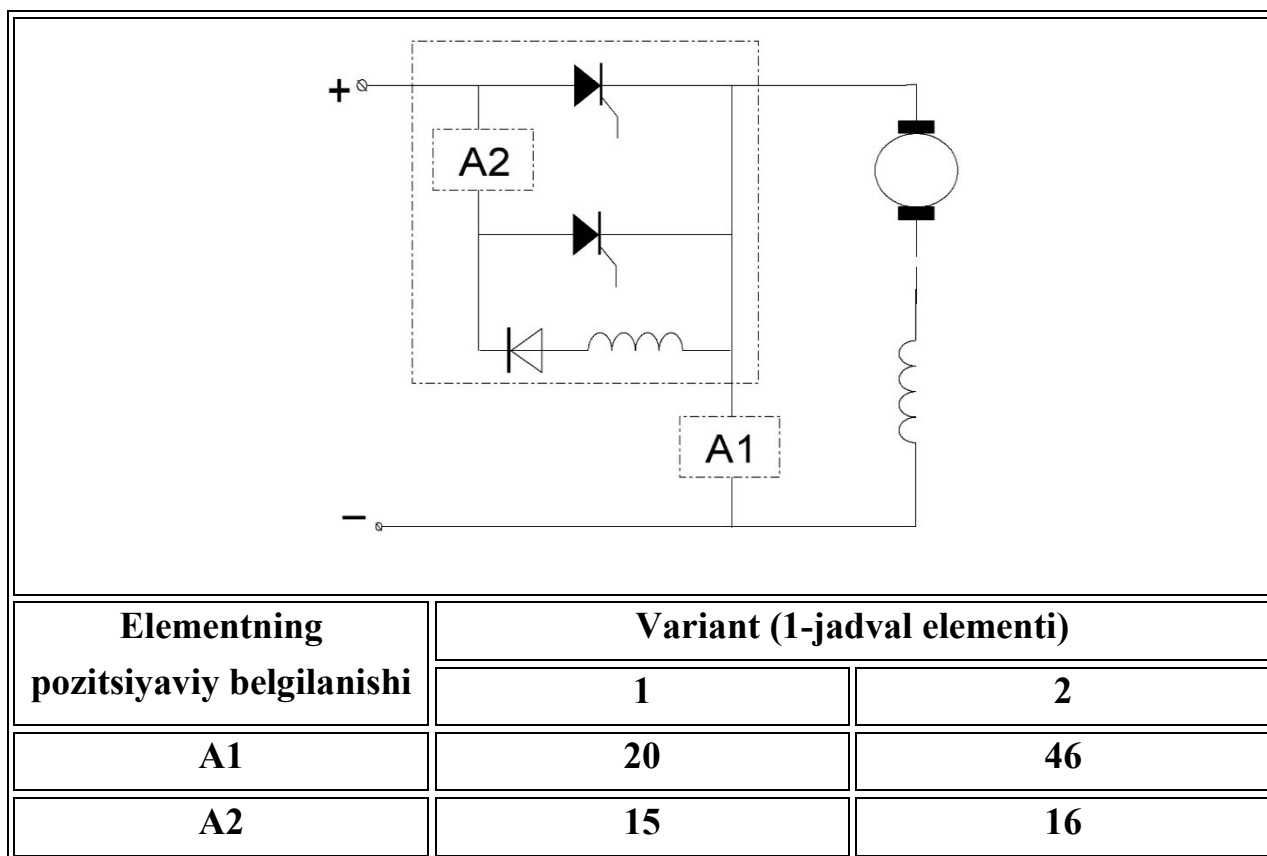
15, 16-variantlar. Tortuvchi elektr motorni ishga tushirishda uygʻotishni kuchaytirish uchun umumiy tiristor-impulsli regulyator ulanish sxemasi



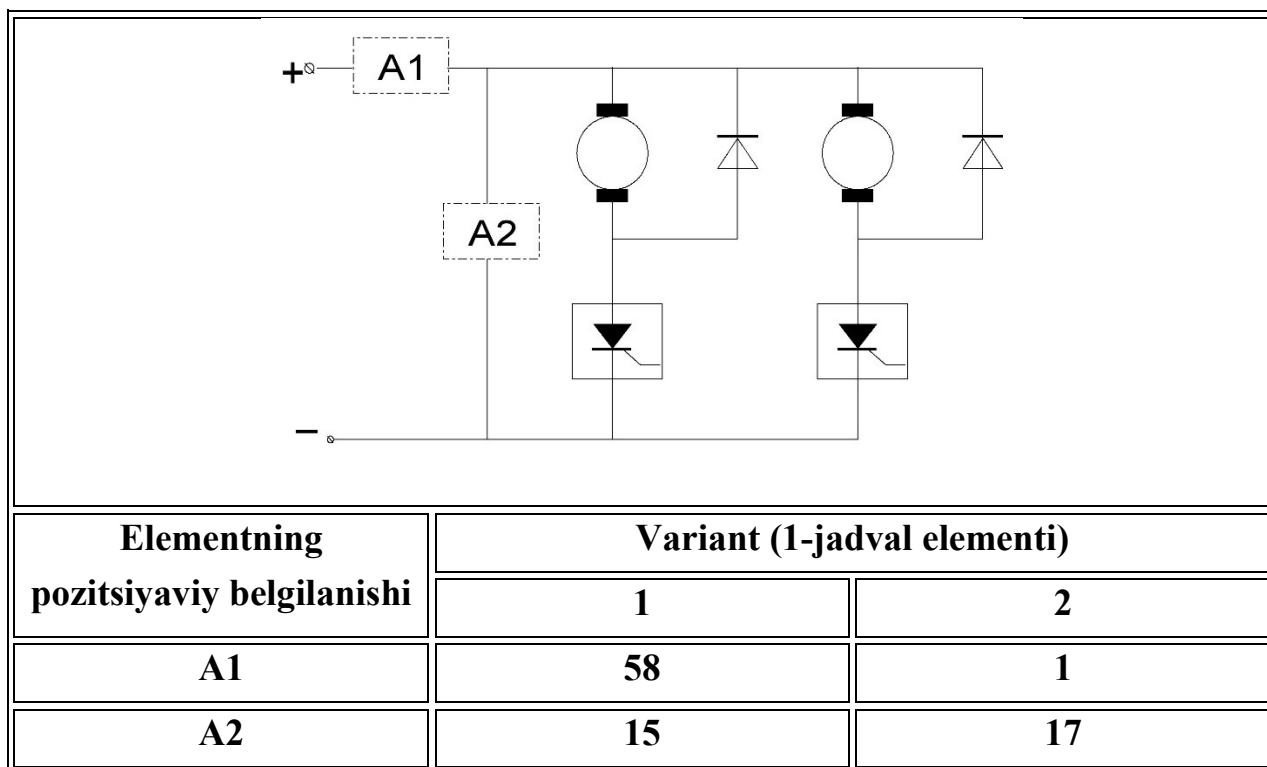
17, 18-variantlar. Umumiy yuklamali ikki fazali tiristor-impulsli regulyator sxemasi



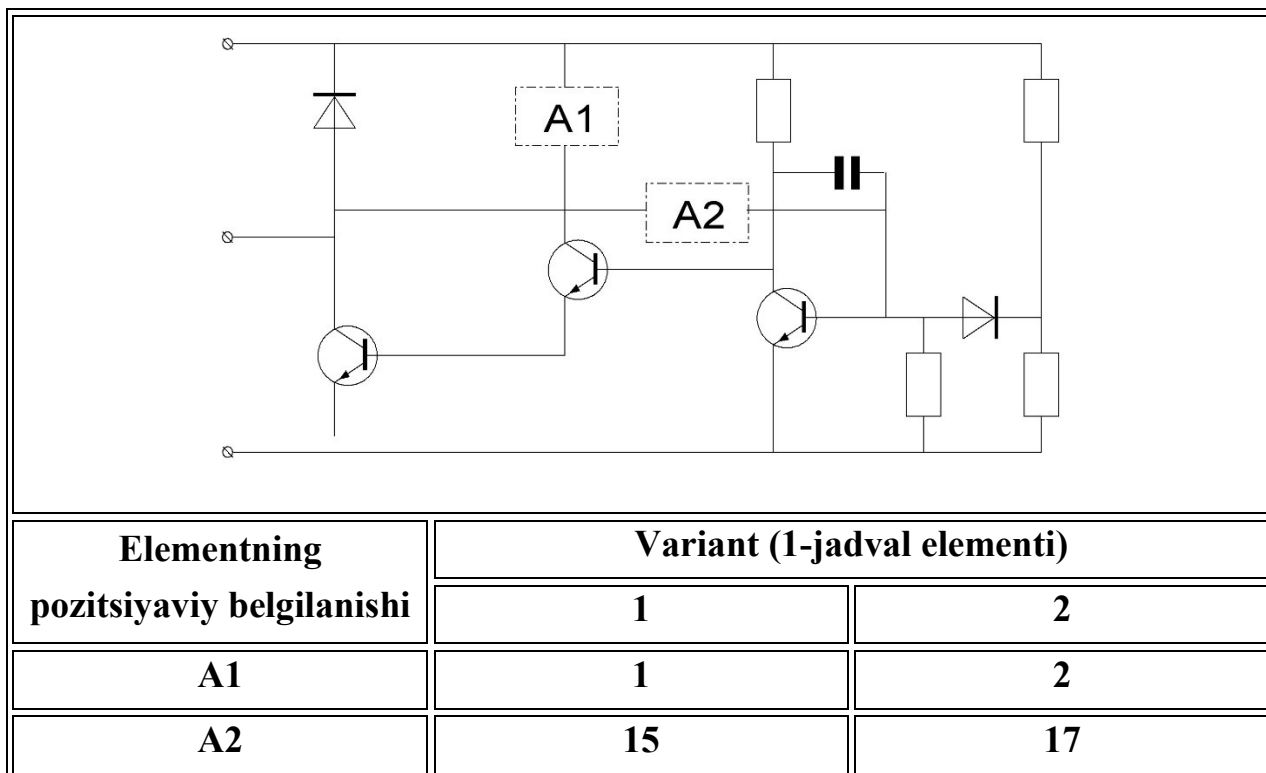
19, 20-variantlar. Oldindan zaryadlash C_k bilan tiristorli uzish sxemasi



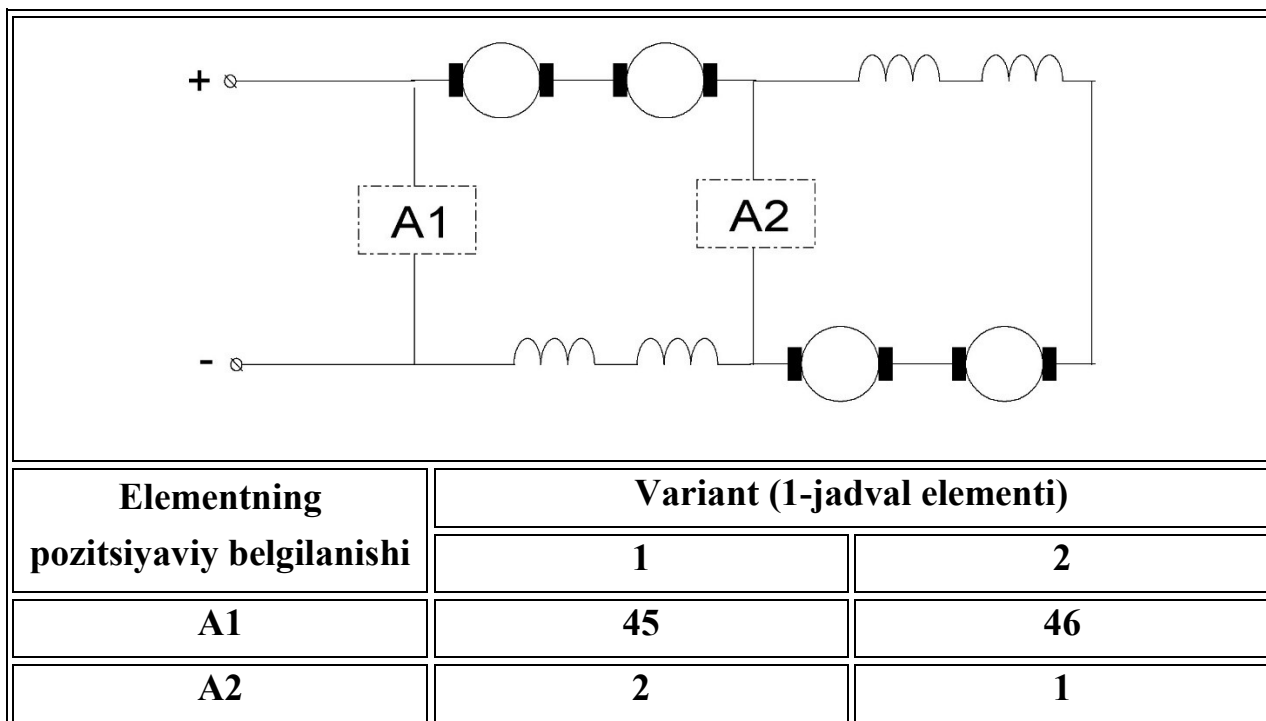
21, 22-variantlar. Ikki fazali tiristorli rostlash tizimi prinsipial sxemasi



23, 24-variantlar. Trolleybusni quvvatlash regulyatori sxemasi



25, 26-variantlar. To'rtta tortish motorli ketma-ket qo'zg'atiluvchi generatorlarning o'z-o'zidan qo'zg'alishini reostatik tormozlash sxemasi



27, 28-variantlar. Alohida yuklamaga ega boʻlgan ikki fazali tiristor-impulsli regulyatorning sxemasi

Elementning pozitsiyaviy belgilanishi	Variant (1-jadval elementi)	
	1	2
A1	45	20
A2	25	24

29, 30-variantlar. Dastlabki zaryadsiz ikki fazali tiristorli C_k maydalagichning sxemasi

Elementning pozitsiyaviy belgilanishi	Variant (1-jadval elementi)	
	1	2
A1	20	46
A2	17	15

3-MAVZU: O'ZGARMAS TOK MANBALARI VA ULARNING ELEKTR ZANJIRLARINI HISOBLASH

Elektrotexnikaning asosi – *o'zgarmas tokdir*. O'zgarmas tokning asosiy tushuncha va qonunlarini, elektr va magnit zanjirlarini hisoblash usullarini o'rganib elektrotexnikaning boshqa sohalarini tushunish qiyin emas.

Ba'zi elektr energiya iste'molchilari uchun o'zgarmas tok yagona mumkin bo'lgan manba hisoblansa, boshqalarida ularning texnik va foydalanish xossalarini sezilarli yaxshilash imkonini beradi.

O'zgarmas tok elektr energiyasi elektroliz vannasi, ko'plab ishlab chiqarish liniyalari o'zgarmas tok motorlari, sanoat elektronikasi turli qurilmalari va boshqalar ta'minoti uchun qo'llaniladi.

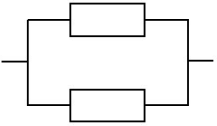
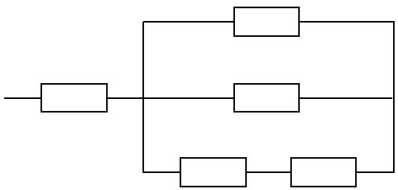
O'zgarmas tok elektr energiyasini hozirda asosan o'zgaruvchan tokni yarim o'tkazgich qurilmalar – to'g'rilagichlar yordamida olinadi. Kam hollarda o'zgarmas tok generatorlaridan, galvanik elementlar va akkumulyatorlardan olinadi.

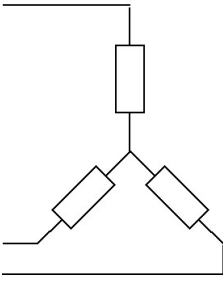
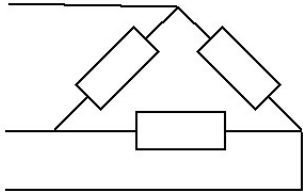
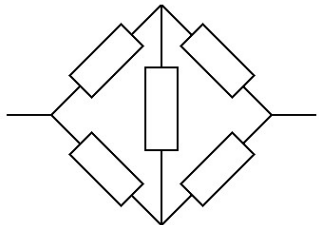
Elektr energiya manbalari va iste'molchilarini ulanish usullari

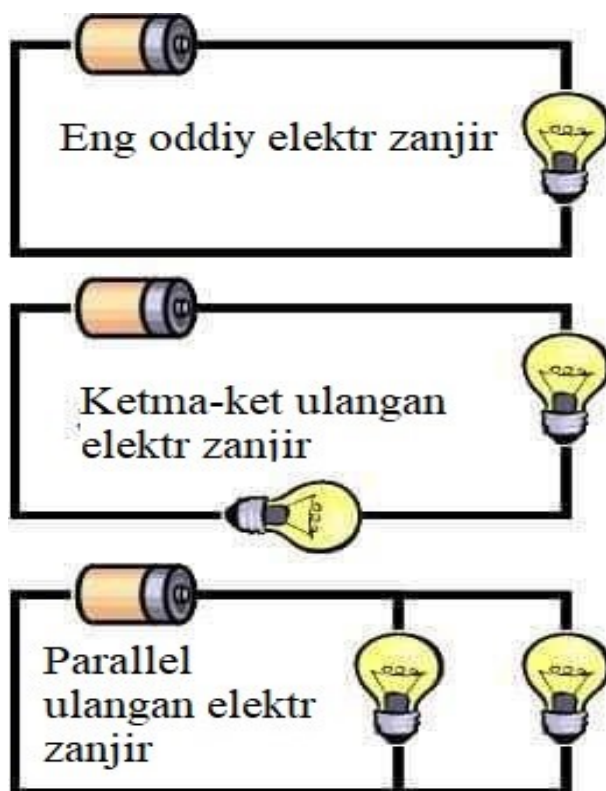
Elektr zanjirida manba va iste'molchilarni bir-biriga ulashning turli usullari mavjud. Har bir usul o'zining ijobiy va salbiy xossalari, qo'llanilish sohalari bilan farqlanib, o'zining o'zgartirish yoki hisoblash uchun formulalari mavjud.

Elektr zanjiri ulanish usullari

3.1-jadval

Ulanish turi	Nomlanishi	Qo'llanilish sohasi
	Ketma-ket ulanish	Istalgan zanjirlarda
	Parallel ulanish	Istalgan zanjirlarda
	Aralash (ketma-ket va aralash) ulanish	Istalgan zanjirlarda

	“Yulduz” ulanish	Uch fazali oddiy zanjirlarda
	“Uchburchak” ulanish	Uch fazali oddiy zanjirlarda
	“Ko'prik” ulanish	To'g'rilash, o'lchash va signalizatsiya zanjirlarida



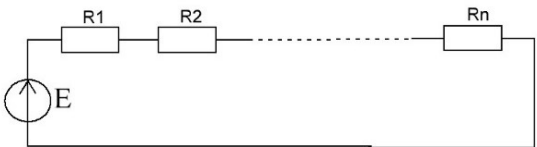
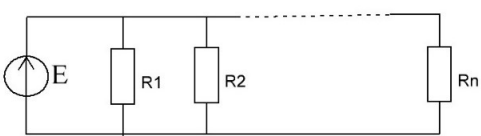
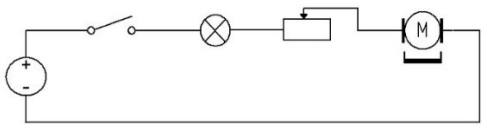
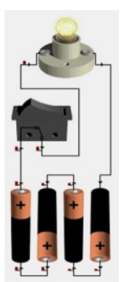
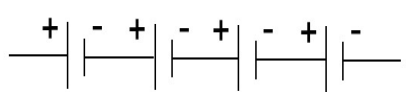
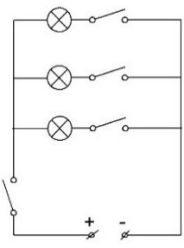
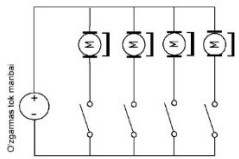
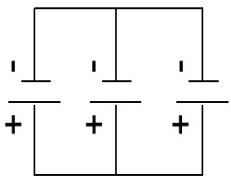
3.1-rasm. Oddiy elektr zanjir

Murakkab usullarga uch fazali zanjirlar, o'lchash zanjirlari, signallash va to'g'rilash zanjirlarida qo'llaniluvchi uchburchak, yulduz, ko'prik usullari kiradi.

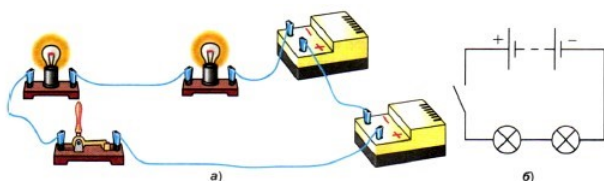
Quyida ulanishning sodda usullarini ko'rib chiqamiz, chunki har qanday murakkab ulanishni elementlari sodda ulanishga ega uchastkalarga bo'lish mumkin.

Ketma-ket va parallel ulash usullarini taqqoslash

3.2-jadval

Ketma-ket	Parallel
	
Ketma-ket ulanishda zanjir elementlari bir-biriga ketma-ket ya'ni bir element oxiriga ikkinchisining boshi ulanadi.	Parallel ulanishda barcha elementlar boshi zanjirning bir nuqtasiga, oxiri esa boshqa nuqtasiga ulanadi.
Ulanishning oddiy usullari qo'llanilish sohalari	
1. Zanjirning turli tuzilgan uchastkalari ulanishi. Masalan: Tok manbasi – uzgich – chiroq - rostlagich (regulyator) - motor.  1. Chiqishda kuchlanishni oshirish uchun energiya manbalarini ulash.   $U_{chiq} = U_{chiq.1} + U_{chiq.2} + U_{chiq.3} + U_{chiq.4}$	1. Zanjirning bir turli ulanishi:    2. Chiqishda kuchlanishni oshirmasdan quvvatni oshirish uchun energiya manbasini ulash: 

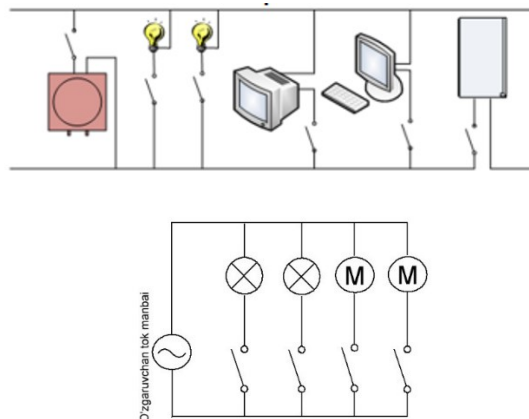
2. Past kuchlanishli iste'molchilarni yuqori kuchlanishli tarmoqqa ulash.



$$U_{chiq} = U_{chiq.1} + U_{chiq.2} + U_{chiq.3}$$

$$P_{chiq} = P_1 + P_2 + P_3$$

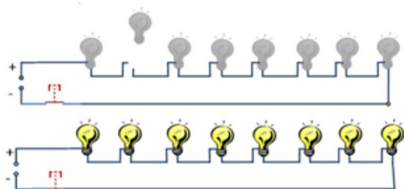
3. Teng nominal kuchlanishli iste'molchilarni xuddi shu qiymatdagi kuchlanishli tarmoqqa ulash.



Usulning afzalliklari (+) va kamchiliklari (-)

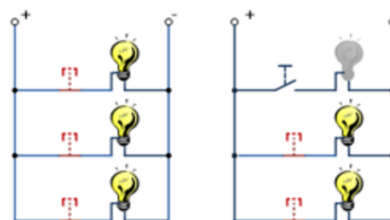
Ketma-ket

- Zanjir ishining zanjirdagi har bir element ishiga bog'liqligi;

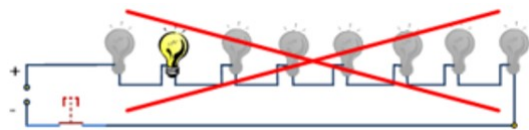


Parallel

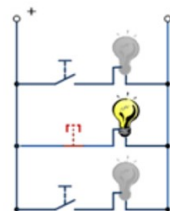
+ Zanjir ishining zanjirning boshqa elementlari ishidan mustaqilligi;



- Elementlarning alohida ishlash imkoniyati yo'qligi;



+ Ixtiyoriy elementning alohida ishlashi;



+ Bir zanjirga turli nominal kuchlanishli elementlarni ulash.

± Ulash sharti: $U_{istemolchi} = U_{tarmoq}$

Tok, kuchlanish, qarshilik va quvvat uchun ifoda

Kuchlanish:

$$U_{kir} = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n$$

Kuchlanish:

$$U_{kir} = U_1 = U_2 = U_3 = \dots = U_n$$

Tok: Tarmoqlanmagan zanjir ixtiyoriy uchastkasida bir xil tok oqadi, ya'ni: $I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n$ Kirxgofning 2 qonuniga ko'ra: $*E = IR_1 + IR_2 + \dots + IR_n$ yoki: $IR_{ekv} = I \cdot (R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n)$ Qarshilik: $R_{ekv} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$ $R_{ekv} = \sum R_i$ Quvvat: (*) tenglamaning har ikki tomonini I ga ko'paytirib: $IE = I^2 R_1 + I^2 R_2 + \dots + I^2 R_n$ yoki: $IU_{kir} = IU_1 + IU_2 + IU_3 + \dots + IU_n;$ $P_{kir} = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n$	Tok: har bir shoxobchada Om qonuniga ko'ra toklar: $I_1 = \frac{E}{R_1}; \quad I_2 = \frac{E}{R_2}; \quad I_n = \frac{E}{R_n};$ Kirxgofning 2 qonuniga ko'ra umumiy tok: $**I_{um} = I_1 + I_2 + I_3$ Tenglamani Om qonuniga ko'ra qayta yozamiz: $\frac{E_{kir}}{R_{ekv}} = \frac{E}{R_1} + \frac{E}{R_2} + \dots + \frac{E}{R_n};$ yoki: $\frac{1}{R_{ekv}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n};$ $g_{ekv} = g_1 + g_2 + \dots + g_n$ Quvvat: (**) tenglamaning har ikki tomonini U ga ko'paytirib: $IU_{kir} = IU_1 + IU_2 + IU_3 + \dots + IU_n$ yoki: $P_{kir} = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n$
Qisqacha xulosa: Elektr zanjiriga berilgan kuchlanish va tok elementlar ulanish usuliga bog'liq ravishda taqsimlanadi. Lekin ulanish usuliga bog'liq bo'lmagan shaklda zanjir tarmoqdan barcha iste'molchilar quvvatiga teng bo'lgan quvvatni iste'mol qiladi.	
<i>Qisqa formulalar</i>	
Agar barcha rezistorlar bir xil qarshilikka ega bo'lsa: $R_1 = R_2 = \dots = R_n$ unda:	
$R_{ekv} = R_1 \cdot n$	$R_{ekv} = \frac{R_1}{n}$
	Agar 2 ta rezistor parallel ulangan bo'lsa, unda: $R_{ekv} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$

Elektr zanjirlarni hisoblash

Om qonuni

Om qonunining 2 xil ko‘rinishi mavjud bo‘lib, ular: Zanjirning bir qismi uchun Om qonuni hamda to‘liq zanjir uchun Om qonuni.

Kuchlanish va tok orasidagi bog‘lanish (istalgan elementda) *volt-amper xarakteristikasi* (VAX) deb yuritiladi. Rezistiv elementdagi kuchlanish va tok orasidagi bog‘lanish Om qonuniga asoslanadi:

$$I = \frac{U}{R}, \quad [A]; \quad R = \frac{U}{I}, \quad [Om]; \quad U = I \cdot R = \frac{I}{G}, \quad [V];$$

bu yerda: U – elektr kuchlanish, R – elektr qarshilik, I – elektr toki, G – elektr o‘tkazuvchanlik, qarshilikka teskari kattalik ($G = 1/R$).

Elektr zanjirlarida elektr energiyasi bir turdan boshqa turga o‘zgartiriladi (masalan: elektr energiyasi issiqlik energiyasiga aylantiriladi). Vaqt birligida energiyaning uzatilishi *quvvat* deyiladi. Uning formulasi quyidagicha bo‘ladi:

$$P = \frac{dW}{dt} = U \cdot I, \quad [Vt].$$

Rezistiv elementdagi issiqlik quvvat isrofi $[Vt]$:

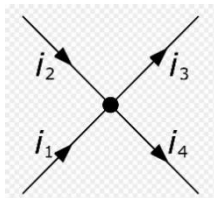
$$P_R = I^2 \cdot R.$$

Kirxgofning 1-qonuni

1-ta’rif: Tugunga kiruvchi va chiquvchi toklarning algebraik yig‘indisi nolga teng. Bunda tugunga kiruvchi toklarni “+”, tugundan chiquvchi toklarni esa “-” ishora bilan belgilanadi.

$$\sum_{k=1}^N I_k = 0.$$

2-ta’rif: Tugunga kiruvchi toklarning algebraik yig‘indisi tugundan chiquvchi toklarning algebraik yig‘indisiga teng.



$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4.$$

Kirxgofning 1-qonuni toklar qonuni ham deb yuritiladi. Sababi esa oddiy, elektr zanjirdagi toklar orasidagi munosabatni ifodalaydi.

Kirxgofning 2-qonuni

Istalgan berk zanjirdan tok manbalarining EYuK larining algebraik yig'indisi, tegishli bu zanjir qismlari tok kuchining qarshiliklariga ko'paytmalarining algebraik yig'indisiga teng. Kirxgofning 2-qonuni kuchlanishlar qonuni deb yuritiladi. Buning sababi esa: elektr zanjiridagi kuchlanishlar tushuvi va EYuK lar o'rtasidagi munosabatni ifodalaydi.

$$\sum_{i=1}^n E = \sum_{i=1}^n I_i \cdot R_i.$$

Yulduzcha ulangan qarshiliklarni uchburchakga o'zgartirish

Biz bilamizki, elektr zanjiridagi passiv elementlarni faqatgina ketma-ket va parallel ulanishga ega emas. Ko'pchilik sxemalarda uchburchak yoki yulduzcha ulangan qarshiliklarni hosil qiluvchi guruhlariga ajratish mumkin.

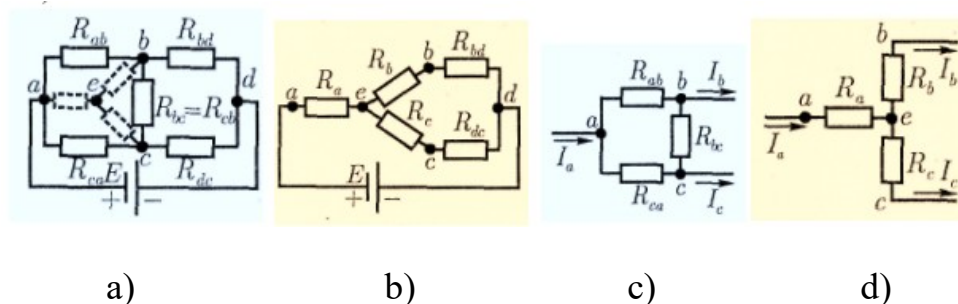
Bunday zanjirlarni hisoblashni soddalashtirish uchun ekvivalent qarshiliklar usulidan foydalaniladi, faqat oldindan uchburchak ulangan qarshiliklarni yulduzchaga yoki aksincha ulanishga o'tkazib olinadi.

Uchburchak va yulduzcha ulangan qarshiliklar

Namuna sifatida qarshilikni o'lchash uchun qo'llaniladigan sxemani (Uitston ko'prik sxemasini) ko'raylik.

Ushbu sxemada ketma-ket yoki parallel ulangan elementlar mavjud emas, faqatgina uch qarshilik yopiq konturi (uchburchak ulangan qarshiliklar) mavjud, bunda har bir juft aralash qarshiliklarni ajratuvchi nuqtalar tugun hisoblanadi.

Tugun nuqtalar abc ga R_a , R_b , R_c qarshiliklar uchburchagi ulangan. U ni ekvivalent uch nurli R_a , R_b , R_c qarshiliklar yulduzchasiga almashtirish mumkin (rasmda shtrix chiziq bilan ko'rsatilgan), uni bir tomoni abc ga ikkinchi tomoni e nuqtaga ulanadi.



3.2-rasm. Uitston ko'prik sxemasini o'zgartirish

Uning ma'nosi b rasmni ko'rilganda ayon bo'ladi. Bu yerda R_b va R_{bd} qarshiliklar xuddi R_c va R_{dc} qarshiliklar kabi o'zaro ketma ket ulangan.

Tugun nuqtalar c va d orasidagi ikki shoxobcha parallel ulangan. Mos keluvchi o'zgartirishlar orqali sodda ko'rinishga olib kelish mumkin.

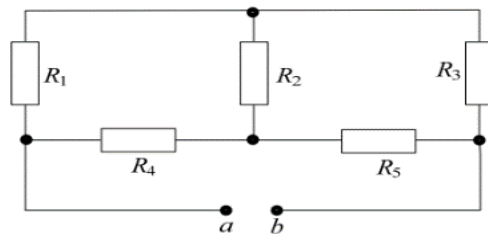
Masalalar.

1-masala

3.3-rasmda ko'rsatilgan elektr zanjirning ekvivalent qarshiligini toping. Zanjirdagi:

$$R_1 = 4 \text{ Om}, R_2 = 2 \text{ Om}, R_3 = 6 \text{ Om},$$

$$R_4 = 8 \text{ Om}, R_5 = 8 \text{ Om}.$$



3.3-rasm.

Yechish:

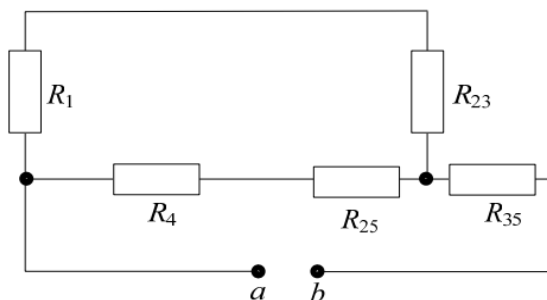
R_2, R_3, R_5 qarshiliklar uchburchak shaklda ulanganligi uchun ularni yulduzcha shaklga aylantiramiz:

$$R_{23} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = \frac{2 \cdot 6}{2 + 6} = \frac{12}{8} = 1,5 \text{ Om},$$

$$R_{35} = \frac{R_3 \cdot R_5}{R_3 + R_5} = \frac{6 \cdot 8}{6 + 8} = \frac{48}{14} = 3,43 \text{ Om},$$

$$R_{25} = \frac{R_2 \cdot R_5}{R_2 + R_5} = \frac{2 \cdot 8}{2 + 8} = \frac{16}{10} = 1,6 \text{ Om}.$$

Uchburchak ko'rinishdan yulduzcha ko'rinishga o'zgartirsak, elektr zanjir sxemasi avvalgiga nisbatan ancha soddalashadi (3.4-rasm).



3.4-rasm.

R_1 va R_{23} , R_4 va R_{25} ketma-ket ulanganligi sababli quyidagicha hisoblanadi:

$$R_{1,23} = R_1 + R_{23} = 4 + 1,5 \text{ Om}, \quad R_{4,25} = R_4 + R_{25} = 8 + 1,6 = 9,6 \text{ Om}.$$

$R_{1,23}$ va $R_{4,25}$ o'zaro parallel ulanganligi uchun zanjirning tegishli qismining umumiy qarshiligini topamiz:

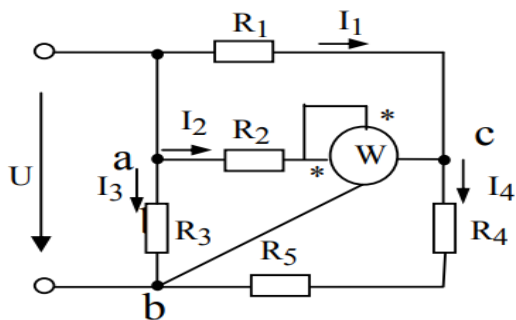
$$R_{1,23;4,25} = \frac{R_{1,23} \cdot R_{4,25}}{R_{1,23} + R_{4,25}} = \frac{1,5 \cdot 9,6}{1,5 + 9,6} \approx 1,3 \text{ Om}.$$

Zanjirning umumiy ekvivalent qarshiligi quyidagi qiymatga teng bo'ladi:

$$R_{ekv.} = R_{1,23;4,25} + R_{35} = 1,3 + 3,43 = 4,73 \text{ Om}.$$

Javob: $R_{ekv.} = 4,73 \text{ Om}$

2-masala.



3.5-rasm

3.5-rasmda berilgan elektr zanjiridagi vattmetrning ko'rsatishi $P_w = 120 \text{ Vt}$ va rezistorlarning qarshiligi $R_1 = 4 \text{ Om}$, $R_2 = 6 \text{ Om}$, $R_3 = 5 \text{ Om}$, $R_4 = 10 \text{ Om}$, $R_5 = 2 \text{ Om}$. Zanjirning barcha tarmoqlaridagi toklar va kirish kuchlanishini aniqlang.

Yechish:

Berilgan sxema bitta manba, 3 ta tugun va 5 ta tarmoqqa ega. Sxemaning tarmoqlari va tugunlarini belgilab olamiz. Bitta manbali elektr zanjir berilgan masalalarni yechish uchun elektrotexnikaning asosiy qonunlari va ekvivalent almashtirish usulini qo'llash maqsadga muvofiq bo'ladi. Ushbu sxemada R_4 va R_5 qarshiliklar ketma-ket hamda R_1 va R_2 qarshiliklar esa parallel ulangan. Vattmetr quvvatni o'lchaydi, uning qiymati ma'lum bir amallarni bajarish orqali olingan ifoda bilan tavsiflanishi mumkin:

$$P_w = U_{cb} \cdot I_2, \quad \text{bu yerda: } U_{cb} = (R_4 + R_5) \cdot I_4, \quad I_2 = U_{ac}/R_2.$$

U_{ac} ni aniqlash uchun sxemaning a-c qismidagi ekvivalent qarshilikni Om qonunini qo'llash orqali aniqlab olishimiz kerak bo'ladi:

$$R_{ac} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{4 \cdot 6}{10} = 2,4 \text{ Om}.$$

Hisoblangan R_{ac} qarshilik R_4 va R_5 qarshiliklarga ketma-ket ulanganligi sababli ularning barchasidan bir xilda tok oqadi. Shu sababli a-c qismda I_4 tok oqadi deb olsak ham o'rinli bo'ladi.

$$U_{ac} = R_{ac} \cdot I_4$$

Hosil bo'lgan U_{cb} , I_2 va U_{ac} ifodalarini P_w quvvat ifodasiga almashtirib, joriy I_4 tokni aniqlashimiz mumkin.

$$P_w = (R_4 + R_5) \cdot I_4 \cdot \frac{R_{ac}}{R_2} \cdot I_4,$$

bu yerdan:

$$I_4 = \sqrt{\frac{P_w \cdot R_2}{(R_4 + R_5) \cdot R_{ac}}} = \sqrt{\frac{120 \cdot 6}{12 \cdot 2,4}} = 5 \text{ A}.$$

Qolgan kattaliklarni aniqlaymiz:

$$U_{ac} = R_{ac} \cdot I_4 = 2,4 \cdot 5 = 12 \text{ V};$$

$$I_1 = \frac{U_{ac}}{R_1} = \frac{12}{4} = 3 \text{ A};$$

$$I_2 = \frac{U_{ac}}{R_2} = \frac{12}{6} = 2 \text{ A}.$$

I_3 tokni aniqlashimiz uchun $U_{ab} = R_3 \cdot I_3$ kuchlanishni «a-b-c» kontur uchun Kirxgofning 2-qonunidan foydalangan holda hisoblashimiz kerak bo'ladi.

$$0 = U_{ac} + (R_4 + R_5) \cdot I_4 - R_3 \cdot I_3;$$

$$I_3 = \frac{U_{ac} + (R_4 + R_5) \cdot I_4}{R_3} = \frac{12 + 12 \cdot 5}{5} = 14,4 \text{ A}.$$

Kirish kuchlanishi U va toki I ning qiymatlarini Kirxgof qonuni asosida quyidagicha topishimiz mumkin:

$$U = U_{ab} = R_3 \cdot I_3 = 72 \text{ V};$$

$$I = I_3 + I_4 = 14,4 + 5 = 19,4 \text{ A}.$$

Yechishlar to'g'riligini tekshirish uchun quvvatlar balansi formulalari orqali tekshirishimiz mumkin:

$$P_{to'g'ri} = \sum_{k=1}^{k=5} R_k \cdot I_k^2 = R_1 \cdot I_1^2 + R_2 \cdot I_2^2 + R_3 \cdot I_3^2 + (R_4 + R_5) \cdot I_4^2;$$

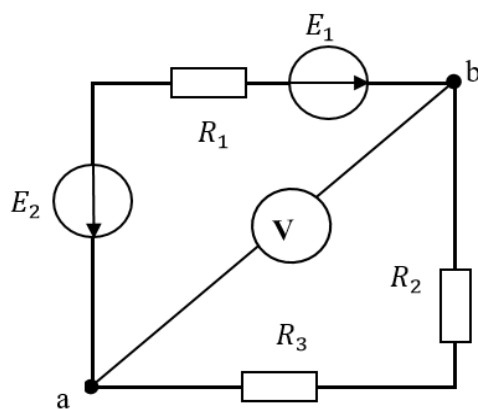
$$P_{manba} = U \cdot I = 72 \cdot 19,4 = 1396,8 \text{ W};$$

$$P_{to'g'ri} = 4 \cdot 3^2 + 6 \cdot 2^2 + 5 \cdot 14,4^2 + 12 \cdot 5^2 = 1396,8 \text{ W};$$

$$P_{to'g'ri} = P_{manba}.$$

Manbaning quvvati va iste'molchining quvvati bir-biriga mos keldi. Quvvatlar balansi saqlandi. Masala ham yechildi.

3-masala. Quyidagi sxemada $E_1 = 40 \text{ V}$, $E_2 = 10 \text{ V}$, $R_1 = 10 \text{ Om}$, $R_2 = 5 \text{ Om}$, $R_3 = 15 \text{ Om}$ bo'lsa, voltmetrning ko'rsatishini aniqlang.



3.6-rasm.

Yechish: Konturdagi tokni Ohm qonuni orqali topamiz:

$$I = \frac{E_1 - E_2}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{40 - 10}{10 + 5 + 15} = 1 \text{ A}.$$

Voltmetrning ko'rsatishini, yani U_{ab} kuchlanishni aniqlaymiz:

$$I = \frac{U_{ab} + E_1 - E_2}{R_1};$$

$$U_{ab} = I \cdot R_1 + E_2 - E_1 = 1 \cdot 10 + 10 - 40 = -20 \text{ V}.$$

$$\textbf{Javob: } U_{ba} = 20 \text{ V};$$

4-masala. 3.7-ramdagi sxema uchun Kirxgof qonuni asosida zanjirning tarmoqlaridagi toklarni aniqlang. $E = 1\text{ V}$, $J = 5\text{ mA}$, $R = 200\text{ Om}$.

Yechish:

1- va 2-tugunlar uchun Kirxgof qonunlari asosida tenglamalar tuzamiz:

$$\begin{cases} -I_1 + I_2 + I_3 = 0 \rightarrow I_1 = I_2 + I_3 \\ J - I_3 - I_4 = 0 \rightarrow I_4 = J - I_3 \\ I_1 \cdot R_1 + I_2 \cdot R_2 = E \\ I_2 \cdot R_2 - I_3 \cdot R_3 + I_4 \cdot R_4 \end{cases}$$

I_1 va I_2 toklarni Kirxgofning 2-qonuni orqali va quyidagini qabul qilamiz:

$$\begin{cases} I_2 \cdot (R_1 + R_2) + I_3 \cdot R_1 = E \\ I_2 \cdot R_2 - I_3 \cdot (R_3 + R_4) = E - JR_4 \end{cases}$$

Tizimdagi tenglikni yechsak,

$$\begin{cases} I_2 \cdot 400 + I_3 \cdot 200 = 1 \\ I_2 \cdot 200 - I_3 \cdot 400 = 1 - 5 \cdot 10^{-3} \cdot 200 = 0 \end{cases}$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} 400 & 200 \\ 200 & -400 \end{vmatrix} = -16 \cdot 10^4 - 4 \cdot 10^4 = -20 \cdot 10^4;$$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} 1 & 200 \\ 0 & -400 \end{vmatrix} = -400;$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} 400 & 1 \\ 200 & 0 \end{vmatrix} = -200;$$

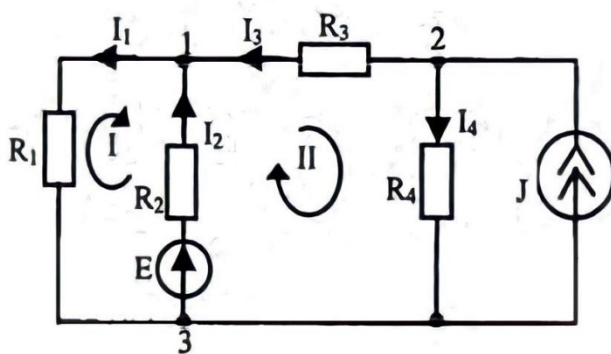
$$I_2 = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{-400}{-20 \cdot 10^4} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ A} = 2 \text{ mA};$$

$$I_3 = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{-200}{-20 \cdot 10^4} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ A} = 1 \text{ mA};$$

$$I_1 = 2 + 1 = 3 \text{ mA}$$

$$I_4 = 5 - 1 = 4 \text{ mA}$$

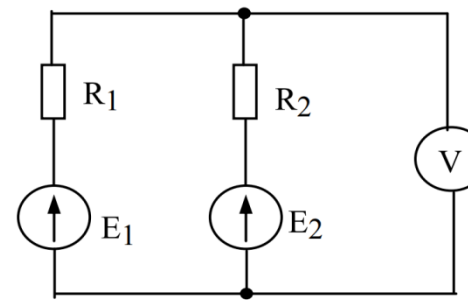
Javob: $I_1 = 3 \text{ mA}$, $I_2 = 2 \text{ mA}$, $I_3 = 1 \text{ mA}$, $I_4 = 4 \text{ mA}$.



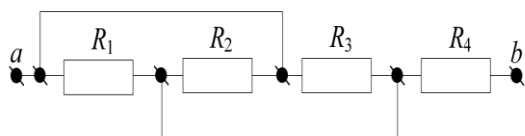
3.7-rasm.

Mustaqil ishlash uchun masalalar:

1. Agar 3.8-rasmda $E_1 = 36 V$, $E_2 = 24 V$, $R_1 = 30 \text{ Om}$, $R_2 = 20 \text{ Om}$, $R_v = \infty$ bo'lsa, mazkur elektr zanjirdagi voltmetrning ko'rsatishi ya'ni kuchlanishni aniqlang. EYuK E_1 va E_2 bilan aktiv elementlar qanday rejimlarda ishlaydi?



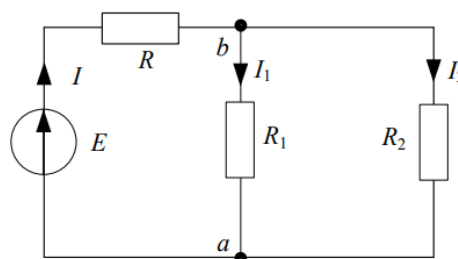
3.8-rasm



3.9-rasm

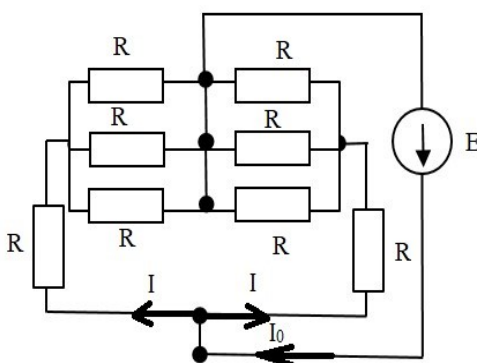
2. 3.9-rasmdagi elektr zanjirning umumiy ekvivalent qarshiligini toping. Agar zanjirda $R_1 = 4 \text{ Om}$, $R_2 = 6 \text{ Om}$, $R_3 = 3 \text{ Om}$, $R_4 = 2 \text{ Om}$

3. 3.10-rasmda berilgan elektr zanjirda $P_2 = 70 \text{ Vt}$, $R = 6 \text{ Om}$, $R_1 = 4 \text{ Om}$, $R_2 = 6 \text{ Om}$ qiymatlari mavjud bo'lsa, sxemadagi E , I_1 va I_2 larning qiymatlarini aniqlang.



3.10-rasm.

4. Elektr qarshiliklar 4ta ketma-ket $R_1 = 4 \text{ Om}$, $R_2 = 6 \text{ Om}$, $R_3 = 2 \text{ Om}$, $R_4 = 3 \text{ Om}$ ulanganda umumiy ekvivalent qarshilik qanday bo'ladi? Hisoblab ko'rsating.



3.11-rasm.

5. 3.11-rasmdagi elektr zanjirdagi EYuK sini toping. Zanjirdagi har bir rezistorlarning qarshiligi $R = 0,3 \text{ kOm}$ bo'lganda, manbaning ichki qarshiligini hisobga olmang.

6. Uzunligi $l = 27 \text{ km}$ bo'lgan aloqa liniyasi o'tkazgichining diametri $d = 5 \text{ mm}$. Maqzkur aloqa kabelining $t = 25^\circ \text{C}$ haroratdagi elektr qarshiligini toping. Misning zichligi $\rho = 8,9 \text{ g/sm}^3$ Misning solishtirma

elektr qarshiligi $\rho = 1,7 \cdot 10^{-2} \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$, mis o'tkazgich qarshiligining harorat koeffitsiyenti $\alpha = 0,0043 K^{-1}$

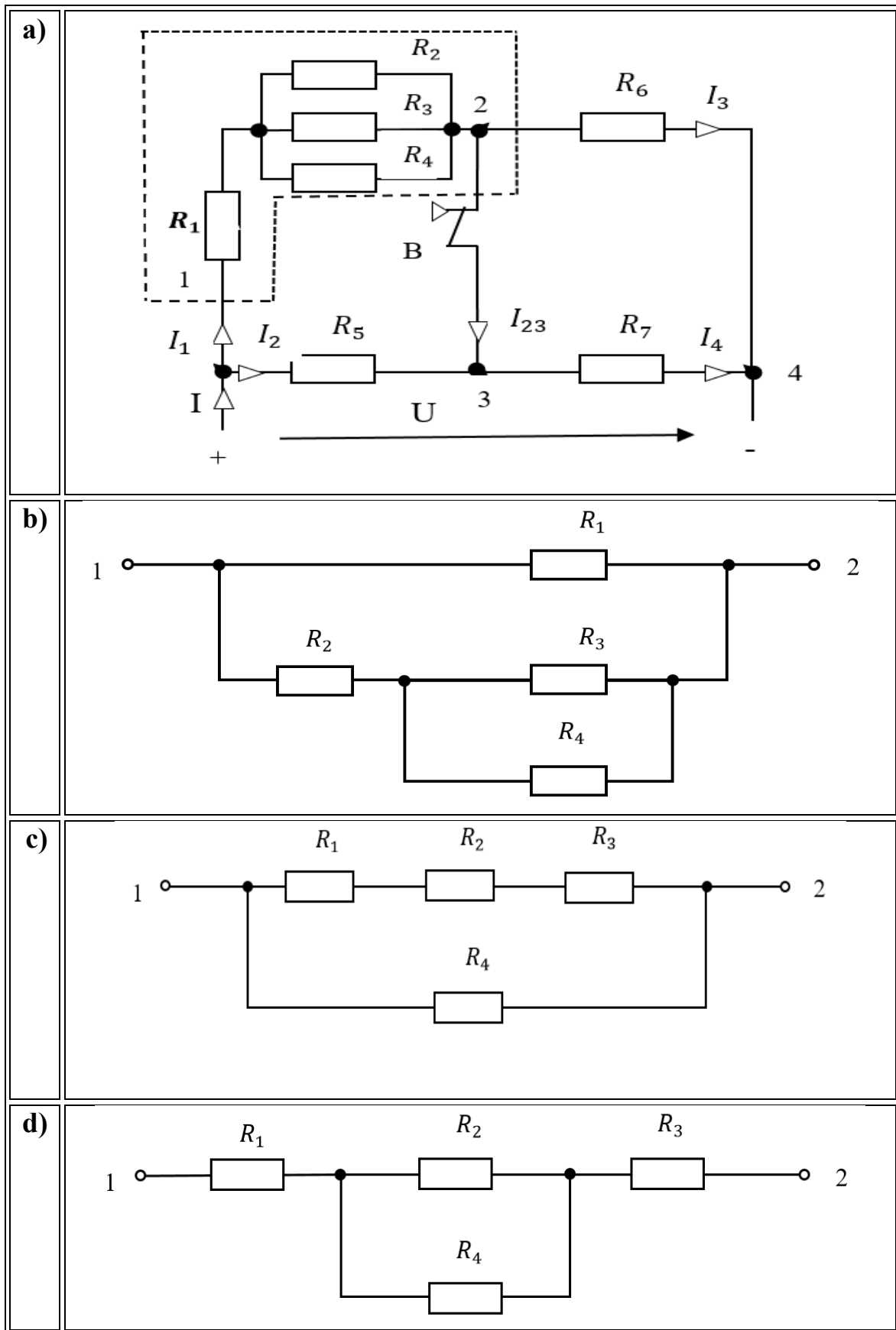
7. Uzunligi $l = 52 km$ bo'lgan mis simning diametri $d = 6 mm$ bo'lsa, uning $t = 50 ^\circ C$ dagi elektr qarshiligi topilsin. Misning solishtirma elektr qarshiligi $\rho = 1,7 \cdot 10^{-2} \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$, mis o'tkazgich qarshiligining harorat koeffitsiyenti $\alpha = 0,0043 K^{-1}$.

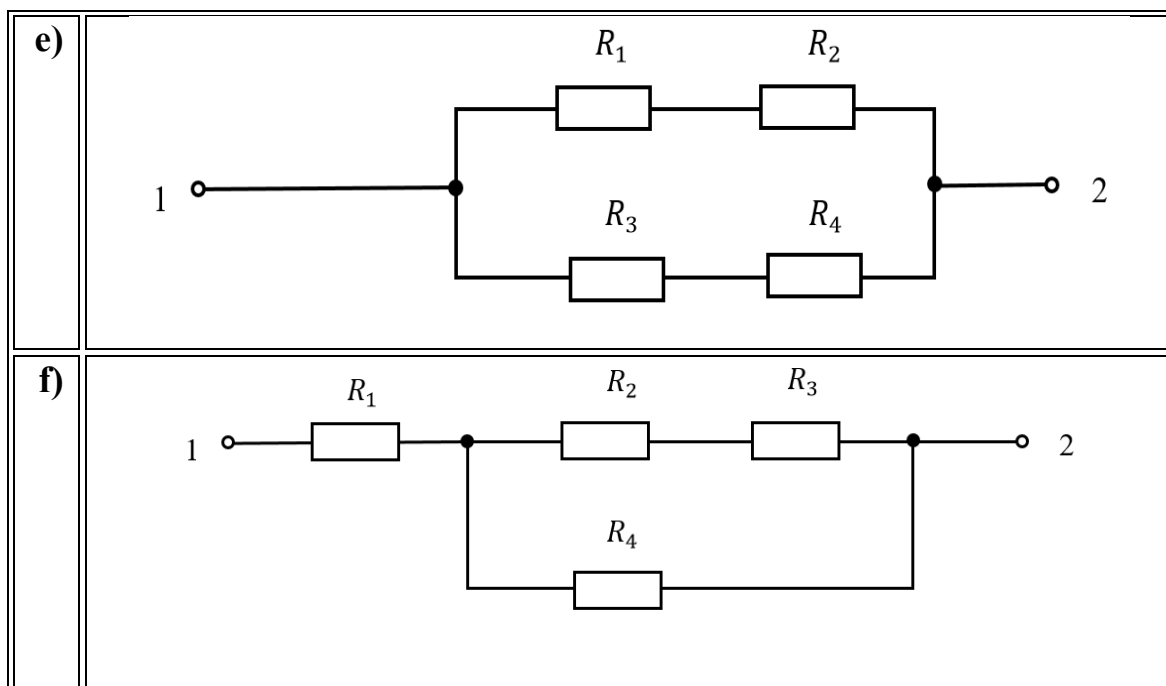
8. Elektr qarshiliklar 4 ta ketma-ket $R_1 = 2 Om$, $R_2 = 3 Om$, $R_3 = 2 Om$, $R_4 = 5 Om$ hamda bularning natijaviy qiymatiga parallel holatda ulangan 2ta $R_5 = 8 Om$, $R_6 = 7 Om$ bo'lsa, zanjirning umumiy ekvivalent qarshilik qanday bo'ladi? Hisoblab ko'rsating.

9. Misdan yasalgan elektr o'tkazgichning normal $t_0 = 20 ^\circ C$ haroratdagi qarshiligi $R_0 = 50 Om$ bo'lsa, harorat yana $20 ^\circ C$ ga o'zgargandagi qarshiligini toping. Misning solishtirma elektr qarshiligi $\rho = 1,7 \cdot 10^{-2} \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$, mis o'tkazgich qarshiligining harorat koeffitsiyenti $\alpha = 0,0043 K^{-1}$.

10. O'zgarmas tok manbasiga ulangan zanjirning elektr qarshiliklari 3 ta ketma-ket $R_1 = 5 Om$, $R_2 = 3 Om$, $R_3 = 4 Om$ va bularning natijaviy qiymatiga parallel holatda hamda o'zaro ketma-ket ulangan 2 ta $R_4 = 3 Om$, $R_5 = 7 Om$ bo'lsa, zanjirning umumiy ekvivalent qarshilik qanday bo'ladi? Hisoblab ko'rsating.

11. O'zgarmas tok elektr zanjiridagi umumiy I kiruvchi tok hamda shoxobchalardagi qarshiliklardan oquvchi toklar I_1, I_2, I_3, I_4 ni va umumiy kuchlanish U ni aniqlang. Ma'lumotlar 3.3-jadvalda keltirilgan, sxemalar 3.12-rasmda berilgan.





3.12-rasm. Turli usulda ulangan elektr zanjirlar

3.3-jadval

Kattaliklar	11-masala variantlari														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
U, [V]	110 yoki 220 V														
R_1 , [Om]	10	10	10	10	10	10	10	20	30	40	10	30	20	30	40
R_2 , [Om]	10	10	20	30	40	10	10	20	30	40	10	20	20	30	40
R_3 , [Om]	10	20	20	30	40	10	20	20	30	40	10	10	20	30	40
R_4 , [Om]	10	30	20	30	40	10	30	20	30	40	10	10	20	30	40
R_5 , [Om]	10	10	5	20	10	10	10	5	20	10	5	10	10	20	20
R_6 , [Om]	10	20	10	5	5	10	20	10	5	5	5	10	20	10	10
R_7 , [Om]	5	10	20	30	40	5	10	20	30	40	40	30	20	10	5
Sxema	3.12a-rasm					3.12b-rasm					3.12c-rasm				
O'chirgichning holati	Yoqilgan					O'chirilgan					Yoqilgan				
	O'chirilgan					Yoqilgan					O'chirilgan				

3.3-jadval davomi

Kattaliklar	11-masala variantlari														
	1 6	1 7	1 8	1 9	2 0	2 1	2 2	2 3	2 4	2 5	2 6	2 7	2 8	2 9	3 0
U, [V]	110 yoki 220 V														
$R_1, [Om]$	30	10	10	40	20	10	20	20	30	40	10	10	20	30	4 0
$R_2, [Om]$	30	10	10	40	20	10	10	20	30	40	10	10	20	30	4 0
$R_3, [Om]$	30	10	20	40	20	10	10	10	10	10	10	20	20	30	4 0
$R_4, [Om]$	30	10	30	40	20	20	20	30	30	30	10	30	20	30	4 0
$R_5, [Om]$	20	10	10	10	5	10	10	10	5	20	10	20	5	20	1 0
$R_6, [Om]$	5	10	20	5	10	5	10	20	10	5	10	20	10	5	5
$R_7, [Om]$	30	5	10	40	20	10	20	30	40	5	5	10	20	40	4 0
Sxema	3.12d-rasm					3.12e-rasm					3.12f-rasm				
O'chirgichnin g holati	O'chirilgan					Yoqilgan					O'chirilgan				
	Yoqilgan					O'chirilgan					Yoqilgan				

12. Ketma-ket ulangan elektr tok zanjirining EYuK lari $E_1=5\text{ V}$, $E_2=3\text{ V}$, qarshiliklari $R_1=4\text{ Om}$, $R_2=5\text{ Om}$ ga teng tok qiymati va potentsiallari aniqlanib, diagrammasi tuzilsin.

13. Elementlari parallel ulangan $R_1=45\text{ Om}$, $R_2=50\text{ Om}$, $R_3=40\text{ Om}$ hamda ularga ketma-ket va o'zaro parallel ulangan $R_4=70\text{ Om}$, $R_5=12\text{ Om}$, $R_6=15\text{ Om}$ qarshiliklar bo'lib, $U=120\text{ V}$ o'zgarmas kuchlanishga ulangan. Ekvivalent qarshiligi va tarmoq toklari aniqlansin.

14. Ikki konturli elektr tok zanjiri manba kuchlanishlari: $E_1=10\text{ V}$, $E_2=4\text{ V}$, $E_3=12\text{ V}$, qarshiliklari $R_1=2\text{ Om}$, $R_2=3\text{ Om}$, $R_3=4\text{ Om}$, $R_{01}=1,3\text{ Om}$, $R_{03}=1,2\text{ Om}$, $R_4=8\text{ Om}$, $R_5=7\text{ Om}$ ga teng. Konturli tok va tugunlararo kuchlanishlar usuliga asosan tarmoq toklari, voltmetr kuchlanishi va quvvatlar balansi aniqlansin.

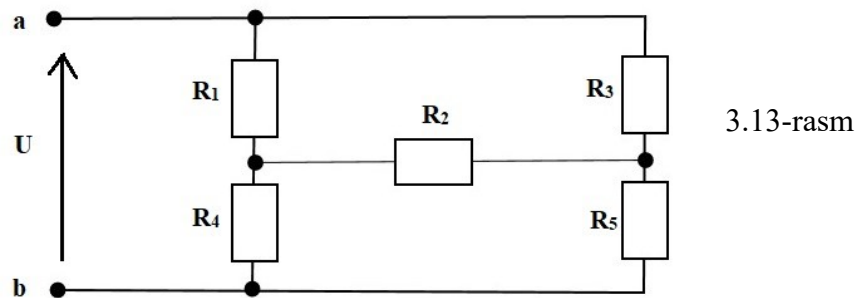
15. Elektr tok zanjirining manba kuchlanishlari $E_1=12\text{ V}$, $E_2=45\text{ V}$, $E_3=10\text{ V}$ qarshiliklari: $R_1=30\text{ Om}$, $R_2=8\text{ Om}$, $R_3=15\text{ Om}$ ga teng. Ustma-ustlash usuliga asosan tarmoq toklari topilsin.
16. Elektr tok zanjiri $U=80\text{ V}$ kuchlanishga ulanganda, $P=400\text{ Vt}$ quvvat sarflanadi. Qarshiliklar parametrlari o‘zaro parallel ulangan $R_2=12\text{ Om}$, $R_3=10\text{ Om}$ ga teng bo‘lganda, R_1 qarshilik qiymatlari va tarmoq toklari hisoblansin.
17. Ketma-ket ulangan elektr tok zanjirining EYuK lari $E_1=15\text{ V}$, $E_2=30\text{ V}$, qarshiliklari $R_1=14\text{ Om}$, $R_2=2\text{ Om}$ ga teng tok qiymati va potentsiallari aniqlanib, diagrammasi tuzilsin.
18. Elektr tok zanjirining manba kuchlanishlari $E_1=2\text{ V}$, $E_2=5\text{ V}$, $E_3=12\text{ V}$ qarshiliklari: $R_1=3\text{ Om}$, $R_2=6\text{ Om}$, $R_3=12\text{ Om}$ ga teng. Ustma-ustlash usuliga asosan tarmoq toklari topilsin.
19. Elementlari parallel ulangan $R_1=4\text{ Om}$, $R_2=5\text{ Om}$, $R_3=10\text{ Om}$ hamda ularga ketma-ket va o‘zaro parallel ulangan $R_4=7\text{ Om}$, $R_5=8\text{ Om}$, $R_6=1,5\text{ Om}$ qarshiliklar bo‘lib, $U=12\text{ V}$ o‘zgarmas kuchlanishga ulangan. Ekvivalent qarshiligi va tarmoq toklari aniqlansin.
20. Ikki konturli elektr tok zanjiri manba kuchlanishlari: $E_1=8\text{ V}$, $E_2=14\text{ V}$, $E_3=10\text{ V}$, qarshiliklari $R_1=12\text{ Om}$, $R_2=3\text{ Om}$, $R_3=5\text{ Om}$, $R_{01}=2,4\text{ Om}$, $R_{03}=3,6\text{ Om}$, $R_4=4\text{ Om}$, $R_5=5\text{ Om}$ ga teng. Konturli tok va tugunlararo kuchlanishlar usuliga asosan tarmoq toklari, voltmetr kuchlanishi va quvvatlar balansi aniqlansin.
21. Ikki konturli elektr tok zanjiri manba kuchlanishlari: $E_1=12\text{ V}$, $E_2=4\text{ V}$, $E_3=10\text{ V}$, qarshiliklari $R_1=2,5\text{ Om}$, $R_2=3,2\text{ Om}$, $R_3=4,1\text{ Om}$, $R_{01}=2,3\text{ Om}$, $R_{03}=4,6\text{ Om}$, $R_4=7\text{ Om}$, $R_5=8\text{ Om}$ ga teng. Konturli tok va tugunlararo kuchlanishlar usuliga asosan tarmoq toklari, voltmetr kuchlanishi va quvvatlar balansi aniqlansin.
22. Elektr tok zanjirining manba kuchlanishlari $E_1=10\text{ V}$, $E_2=25\text{ V}$, $E_3=5\text{ V}$ qarshiliklari: $R_1=3\text{ Om}$, $R_2=18\text{ Om}$, $R_3=12\text{ Om}$ ga teng. Ustma-ustlash usuliga asosan tarmoq toklari topilsin.
23. Uzunligi $l = 15\text{ km}$ bo‘lgan aloqa liniyasi o‘tkazgichining diametri $d = 6\text{ mm}$. Mazkur aloqa kabelining $t = 22\text{ }^\circ\text{C}$ haroratdagi elektr qarshiligini toping. Misning zichligi $\rho = 8,9\text{ g/sm}^2$ Misning solishtirma elektr qarshiligi $\rho = 1,7 \cdot 10^{-2} \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$, mis o‘tkazgich qarshiligining harorat koeffitsiyenti $\alpha = 0,0043\text{ K}^{-1}$.
24. Uzunligi $l = 50\text{ km}$ bo‘lgan mis simning diametri $d = 8\text{ mm}$ bo‘lsa, uning $t = 45\text{ }^\circ\text{C}$ dagi elektr qarshiligi topilsin. Misning solishtirma elektr qarshiligi

$\rho = 1,7 \cdot 10^{-2} \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$, mis o'tkazgich qarshiligining harorat koeffitsiyenti $\alpha = 0,0043 K^{-1}$.

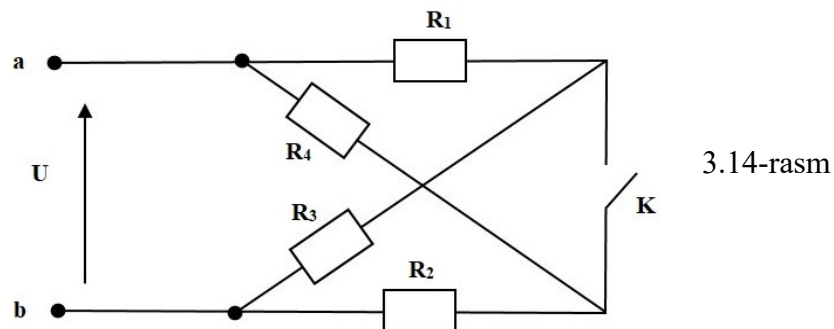
25. Elektr qarshiliklar 4 ta ketma-ket $R_1 = 12 \text{ Om}$, $R_2 = 13 \text{ Om}$, $R_3 = 20 \text{ Om}$, $R_4 = 15 \text{ Om}$ hamda bularning natijaviy qiymatiga parallel holatda ulangan 2 ta $R_5 = 18 \text{ Om}$, $R_6 = 17 \text{ Om}$ bo'lsa, zanjirning umumiy ekvivalent qarshilik qanday bo'ladi? Hisoblab ko'rsating.

26. O'zgarmas tok manbasiga ulangan zanjirning elektr qarshiliklari 3 ta ketma-ket $R_1 = 5 \text{ Om}$, $R_2 = 2 \text{ Om}$, $R_3 = 15 \text{ Om}$ va bularning natijaviy qiymatiga parallel holatda hamda o'zaro ketma-ket ulangan 2 ta $R_4 = 4 \text{ Om}$, $R_5 = 6 \text{ Om}$ bo'lsa, zanjirning umumiy ekvivalent qarshilik qanday bo'ladi? Hisoblab ko'rsating.

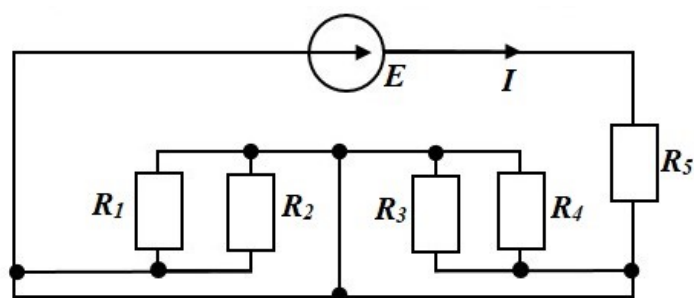
27. Quyidagi 3.13-rasmda keltirilgan sxema uchun ekvivalent qarshilikni toping. Agar $R_1=R_2=R_3=3 \text{ Om}$, $R_4=R_5=5 \text{ Om}$ bo'lsa.



28. 3.14-rasmdagi sxemada elektr zanjirining I tokini aniqlang. Agar kalit ochiq holda bo'lsa, $U=100 \text{ V}$, $R_1=6 \text{ Om}$, $R_2=4 \text{ Om}$, $R_3=3 \text{ Om}$, $R_4=5 \text{ Om}$.



29. 3.15-rasmdagi zanjirga kiruvchi tokni toping, agar $E=30 \text{ V}$, $R_1=8 \text{ Om}$, $R_2=6 \text{ Om}$, $R_3=3 \text{ Om}$, $R_4=5 \text{ Om}$, $R_5=2 \text{ Om}$ bo'lsa.



3.15-rasm

30. Quyida berilgan jadval hamda sxemalar orqali quyidagilarni aniqlang:

- 1) Tarmoqlardagi toklarni Kirxgof qonunlari usulida aniqlang.
- 2) Diagrammani ikkita konturga aylantiring. Sxemaning barcha tarmoqlarida toklarni quyidagi hisoblash usullari orqali aniqlang:
 - a) Kontur toklar usuli
 - b) Tugun potentsiallari usuli
- 3) Quvvatlar balansini tuzing
- 4) Ekvivalent generator usuli yordamida manbasiz bitta tarmoqning tokini hisoblang.
- 5) Istalgan tarmoqdagi voltmetr ko'rsatishini aniqlang

Manbaning parametrlari:

Elementlarning parametrlari:

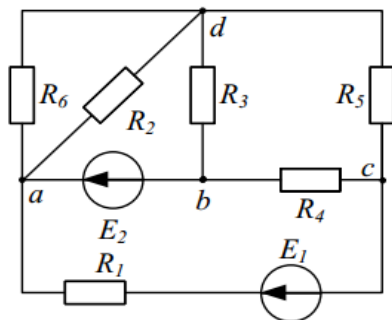
N ₂	E ₁ , V	E ₂ , V	J, A
1	30	20	5
2	20	10	3
3	30	15	7
4	15	35	9
5	60	25	2
6	25	60	4
7	50	30	8
8	30	50	8
9	15	35	6
10	25	20	15
11	30	20	5

N ₂	R ₁ , Om,	R ₂ , Om,	R ₃ , Om,	R ₄ , Om,	R ₅ , Om	R ₆ , Om
1	5	2	10	5	6	8
2	2	1	30	10	10	2
3	4	5	3	3	4	2
4	6	3	5	5	10	5
5	2	1	30	10	10	2
6	6	8	5	10	9	4
7	4	2	6	6	8	5
8	3	1	2	8	10	4
9	5	4	1	4	5	8
10	3	4	10	4	6	3
11	6	7	8	6	3	5

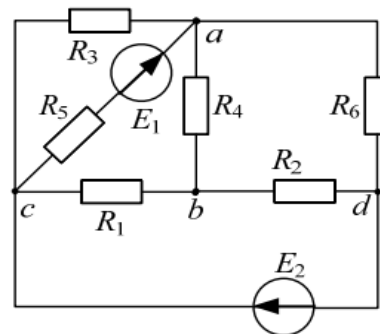
12	10	50	4
13	50	20	5
14	15	50	7
15	15	65	9
16	65	15	5
17	75	25	8
18	25	60	8
19	75	15	6
20	15	90	5

12	7	8	9	10	5	7
13	6	7	10	5	3	2
14	7	9	6	10	8	6
15	6	8	9	5	7	9
16	8	9	10	7	5	6
17	7	8	6	9	5	10
18	6	9	10	5	7	8
19	7	8	9	10	5	7
20	6	7	9	8	10	8

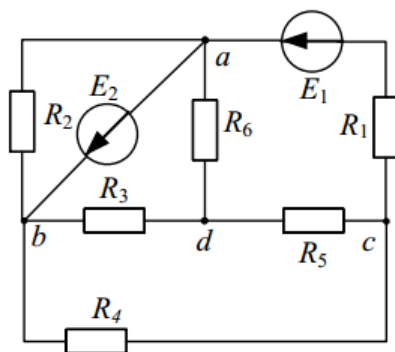
Hisoblash uchun sxemalar:



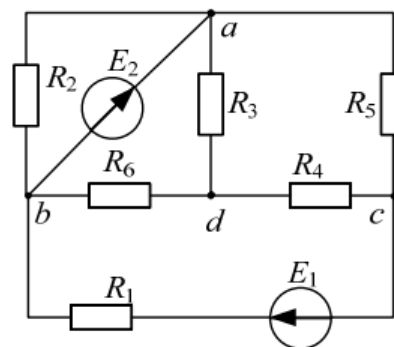
№ 1



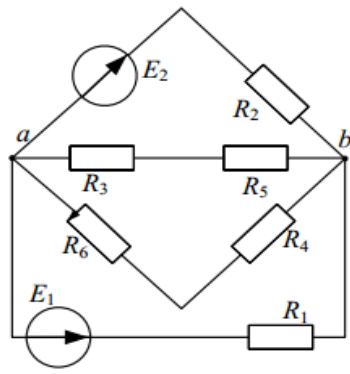
№ 2



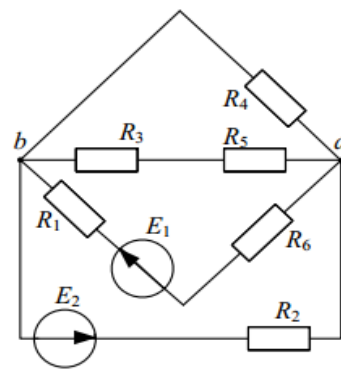
№ 3



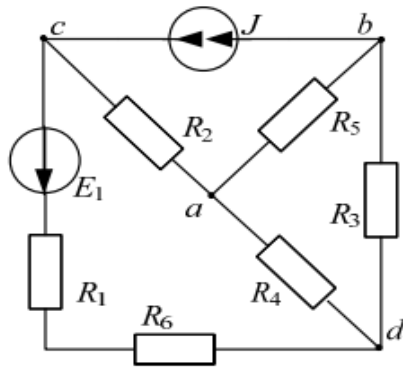
№ 4



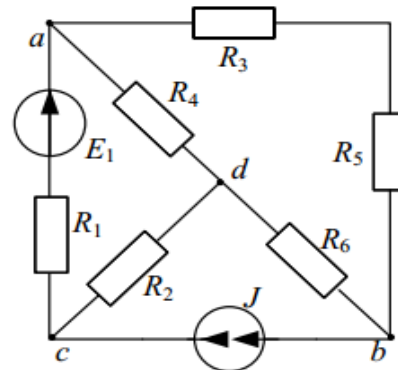
№ 5



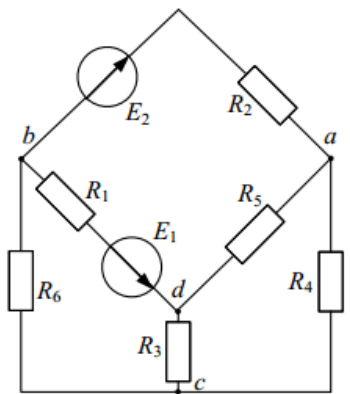
№ 6



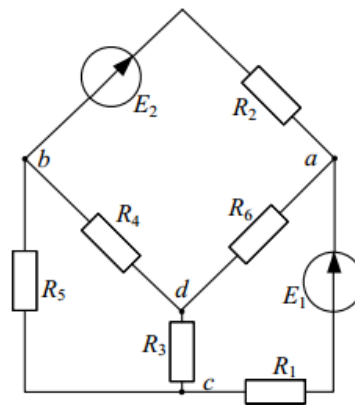
№ 7



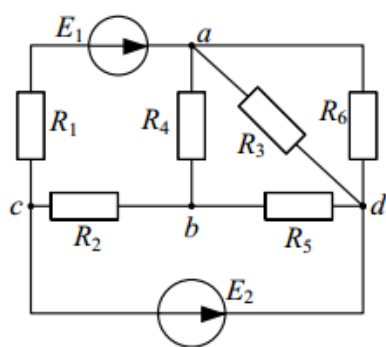
№ 8



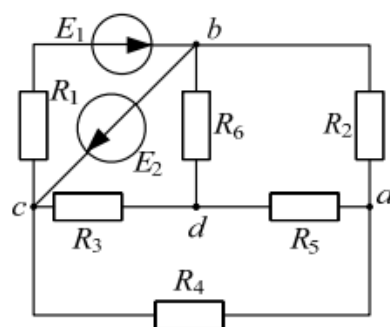
№ 9



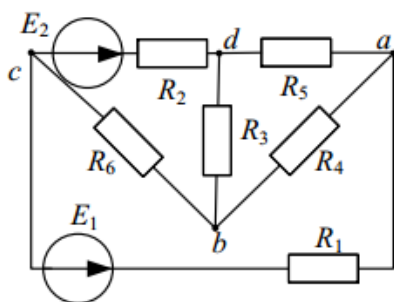
№ 10



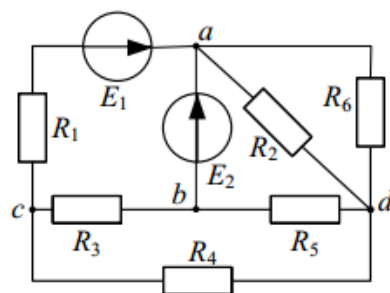
№ 11



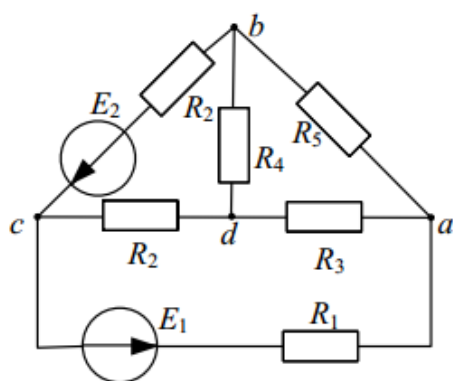
№ 12



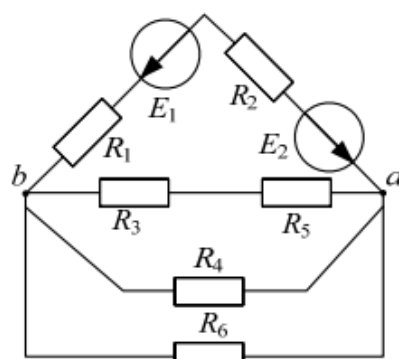
№ 13



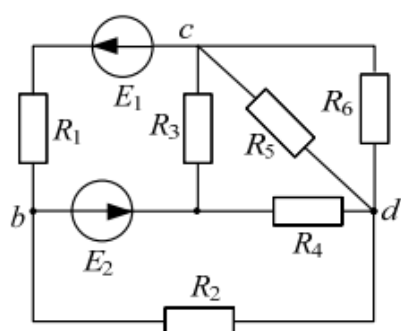
№ 14



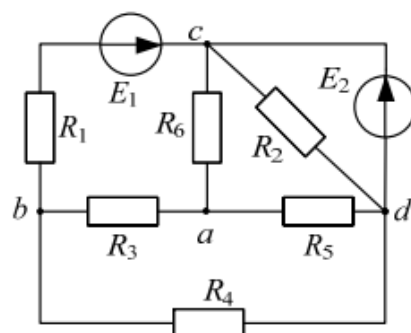
№ 15



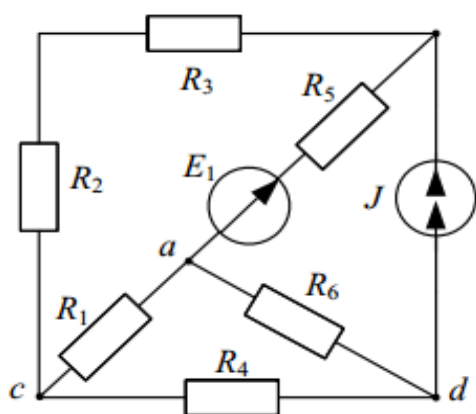
№ 16



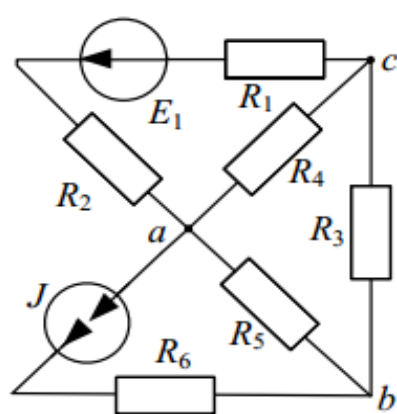
№ 17



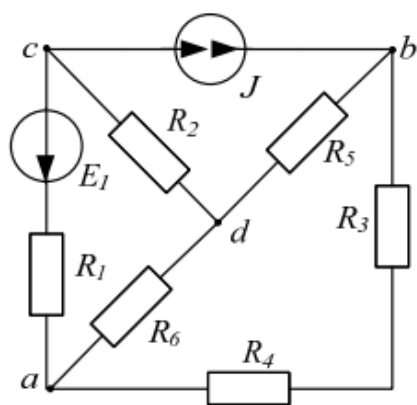
№ 18



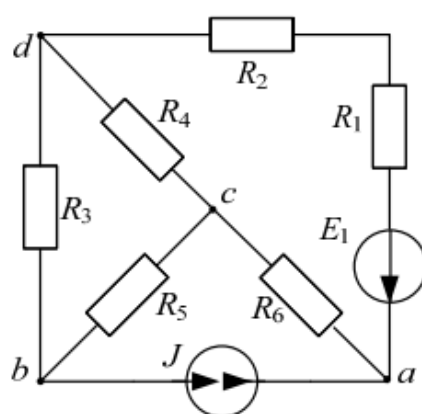
№ 19



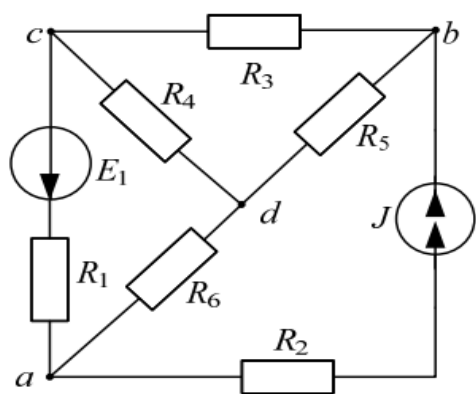
№ 20



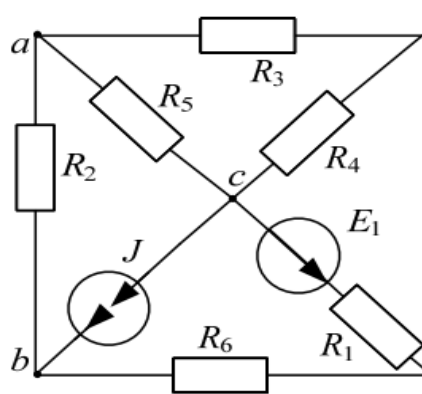
№ 21



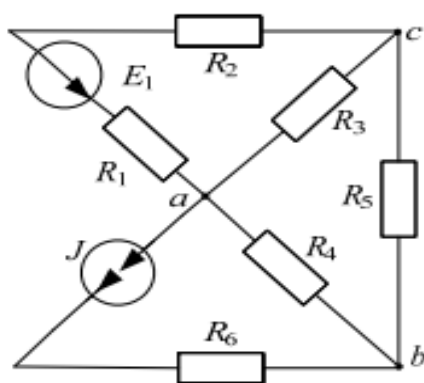
№ 22



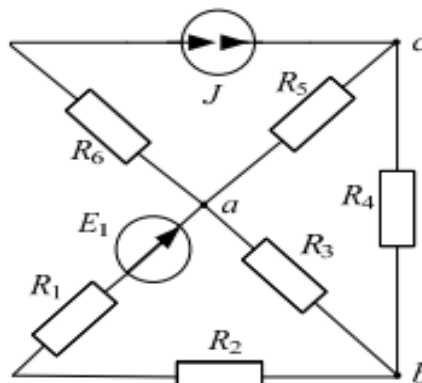
№ 23



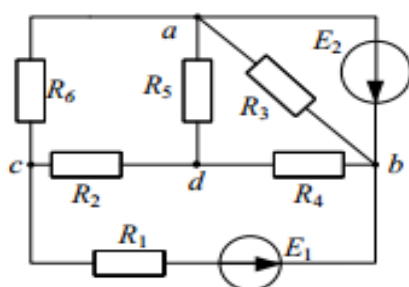
№ 24



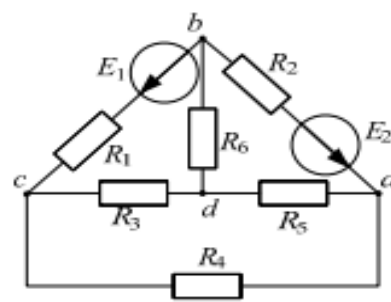
№ 25



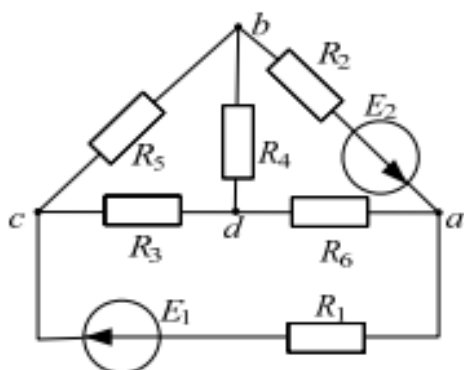
№ 26



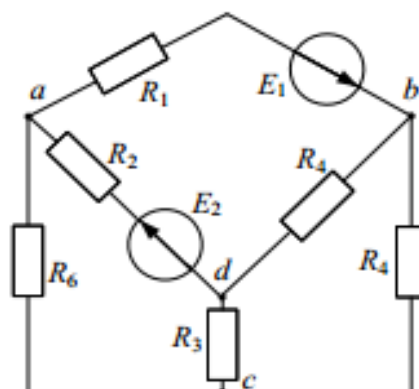
№ 27



№ 28



№ 29



№ 30

3.16-rasm. Mustaqil ishlash uchun sxema variantlari

31. Archa bezatishga mo'ljallangan chiroqchalar 2,0 V kuchlanishda ishlashga mo'ljallangan bo'lib, shunday chiroqchalardan bir shodasi 220 V kuchlanishga ulab yoqilgan. Shu o'yinchoqlar shodasida qancha chiroqcha bor va ular qanday ulangan. Sxemasini chizing va tushuntiring.

32. 1,5 V kuchlanishli batareyalar bilan 12 V ishchi kuchlanishli elektr motorini ishga tushirish kerak. Buning uchun nechta batareyani, qanday ulash kerak? Sxemasini chizing va tushuntiring

33. 4 ta bir xil akkumulyator mavjud bo'lib, ularning har biri 9V, 25 A*soat sig'imga ega. Akkumulyatorlar blokining kuchlanishini, tok sig'imini, energiyasini toping.

4-MAVZU: TARMOQLANGAN VA TARMOQLANMAGAN ODDIY ELEKTR ZANJIRLARI, EKVIVALENT QARSHILIK, KUCHLANISHLAR VA TOKLAR TAQSIMOTI

O'zgaruvchan tok zanjirlarida o'zgarmas tok zanjirlaridan farqli ravishda aktiv qarshilikdan tashqari vaqtning har onida elektr va magnit maydonlarda energiya zahirasi o'zgarishi natijasida yuzaga keluvchi reaktiv qarshilik ham mavjud.

O'zgaruvchan tok uchun reaktiv qarshilik – induktiv va sig'im qarshilik fizik mohiyatini tushunib olish kerak. Har ikki qarshilik birli Om bo'lib, g'altak va sig'imda amaldagi tok va kuchlanish bog'lanishini ko'rsatadi. Lekin fizik jihatdan ushbu qarshiliklar aktiv qarshilikdan farqlanadi va elektr va magnit maydon zahirasi o'zgarishi natijasida yuzaga keladi.

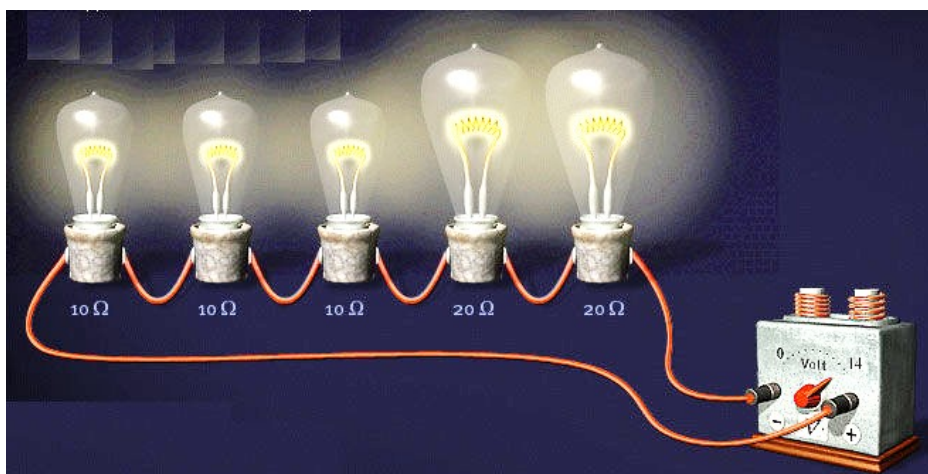
Tarmoqlanmagan zanjirda tokning qiymati zanjirning xoxlagan joyida bir xil qiymatga ega bo'ladi. Vektor diagrammani qurishni zanjirning barcha elementlari uchun bir xil bo'lgan tok vektoridan boshlash kerak. Bunda zanjirning har bir elementi-aktiv, induktiv va sig'im qarshiliklarda kuchlanish alohida ko'riladi, chunki fazalar siljishi quyidagicha farqlanadi:

a) aktiv qarshilikda kuchlanish va tok vektori fazaga ko'ra bir – biriga mors keladi, shuning uchun ularni tasvirlovchi vektorlar yo'nalishiga ko'ra bir-biriga mos kelishi lozim;

b) kuchlanish vektori induktivlikda tok vektoridan 90° ga oldinda bo'ladi, shuning uchun vektor aylanish yo'liga ko'ra 90° ga perpendikulyar o'rnatiladi;

v) sig'imdagi kuchlanish vektori tok vektoridan 90° orqaga qoladi, shuning uchun vektor aylanish yo'liga teskari ravishda 90° ga perpendikulyar o'rnatiladi.

Rezistorlarning ketma-ket ulanishi shunday bog'lanish bo'lib, unda bitta rezistorning oxiri ikkinchi rezistorning boshiga, ikkinchi rezistorning oxiri uchinchisining boshiga va hokazo ulanishlar hosil bo'luvchi elektr zanjirlarga aytiladi (4.1-rasm).



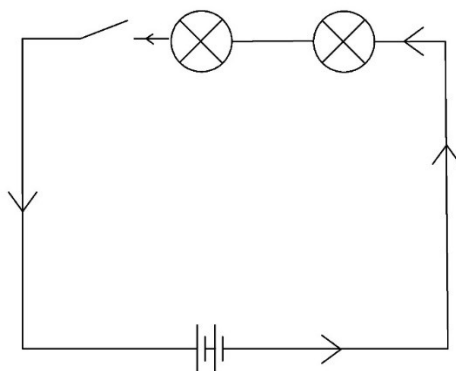
4.1-rasm. Yoritish chiroqlarining ketma-ket ulanishi

Ketma-ket ulanishga misol qilib, uyimizdagi yangi yil archasini bezatuvchi yorug‘lik diodlaridan tashkil topgan dekorativ yoritish chiroqlarini misol qilsak bo‘ladi.



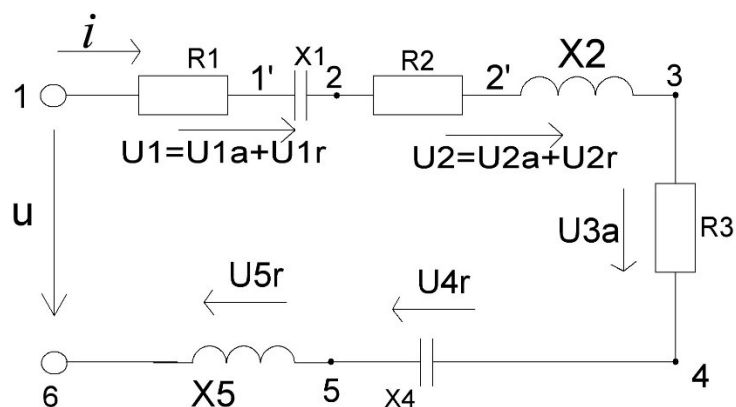
4.2-rasm. Yangi yil archasini bezatish uchun ketma-ket ulangan yorug‘lik diodlari

Tarmoqlanmagan elektr zanjiri – hamma uchastkasidan bir xil tok oqadigan elektr zanjiridir. Unga sodda misol quyidagi sxemada keltirilgan.



4.3-rasm. O‘zgarmas tok tarmoqlanmagan elektr zanjiri sxemasi.

Tarmoqlanmagan elektr zanjiri o‘zgaruvchan tok sxemasini ko‘rib chiqaylik.



4.4-rasm. O'zgaruvchan tok tarmoqlanmagan elektr zanjiri sxemasi.

Yuqoridagi zanjir quyidagi uchastkalardan tashkil topadi:

1. Kondensator (R1, X1);
2. G'altak (R2, X2);
3. Rezistor (R3);
4. Ikki ideal kondensator (X4 va X5).

Ushbu elektr zanjirida kondensator va g'altak aktiv va reaktiv qarshilik ko'rinishida berilgan.

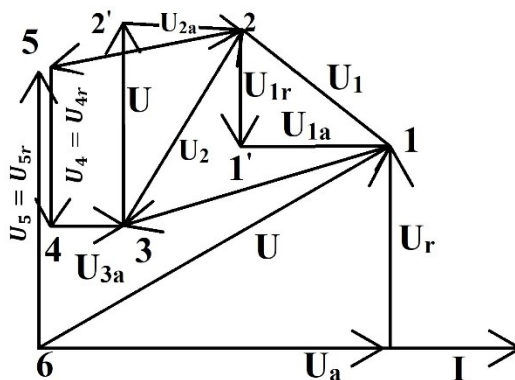
Aytaylik zanjirning qarshiligi va tokining qiymati ma'lum bo'lsin:

$$i = I_m \cdot \sin \omega t.$$

Biz tokning shartli musbat yo'nalishi sifatida soat mili yo'nalishi bo'yicha tanlaymiz. Kirxgofning ikkinchi qonuniga ko'ra, kuchlanish oniy qiymati vektorining tenglamasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$U = U_{1a} + U_{1r} + U_{2a} + U_{2r} + U_{3a} + U_{4r} + U_{5r}.$$

Kuchlanish vektori son jihatdan mos keluvchi uchastka zanjiri qarshiligi va toki xosilasi sifatida aniqlanadi. Quyidagi rasmda ushbu tenglamaga mos keluvchi vektor diagramma keltirilgan.



4.5-rasm. Vektor diagramma.

Birlamchi sifatida tok vektori olinadi, keyin esa zanjirning har bir uchastkasi uchun kuchlanish tushishi olinadi, bunda vektorlar yo‘nalishini qarshilik tavsifidan olinadi. Kuchlanish vektorini qurishda b nuqta tanlandi, bu nuqta tok vektori boshlanishi bilan mos keladi. Keyin ushbu nuqtadan $U_{5,2}$ vektori o‘tkaziladi. Ushbu vektor induktivlik reaktiv kuchlanishini ifodalaydi va fazaga ko‘ra tok vektoridan 90^0 oldinda bo‘ladi. Uning oxiridan tok vektoridan 90^0 orqada qoluvchi, reaktiv sig‘im kuchlanishi vektori o‘tkaziladi. Shundan so‘ng tok vektori bilan mos keluvchi rezistordagi aktiv kuchlanish vektori yotqiziladi.

Ushbu qurilgan vektor diagrammada ko‘rilayotgan zanjirdagi ixtiyoriy ikki nuqta orasidagi kuchlanishni faza va qiymat bo‘yicha sxemadagi xuddi shu raqamli nuqtalar orasiga vektor chizish orqali topish mumkin.

Topografik vektor diagramma – bu elektr zanjiri tashkil etuvchilarini ketma ket qurish orqali olingan vektor diagrammadir.

Hisoblash formulalari

Vektor diagrammasidan ko‘rinib turibdiki, kuchlanish vektorlarining aktiv elementlari bir xil tarzda yo‘naltirilgan, ya’ni tok vektoriga parallel, shuning uchun ularning vektorlari orasidagi bog‘lanishni arifmetik qiymati bilan almashtirilishi mumkin. Kuchlanish vektorlarining reaktiv komponentlari tok vektoriga perpendikulyar, sig‘imli komponentlar esa teskari yo‘nalishda, induktiv komponentlar esa bir xil yo‘nalishda yo‘naltiriladi. Shunday qilib, U_r ularning algebraik yig‘indisi bilan aniqlanadi, bu yerda sig‘imli kuchlanishlar manfiy hisoblanadi va induktiv kuchlanishlar musbat hisoblanadi:

$$U_r = -U_{1r} + U_{2r} - U_{4r} + U_{5r}.$$

Umuman olganda, reaktiv va aktiv kuchlanish vektorlari uchburchak hosil qiladi, ya’ni:

$$U = \sqrt{U_a^2 + U_r^2}.$$

Agar biz tok va mos keladigan kuchlanish bilan ifodalangan kuchlanish tushishini almashtirsak, biz quyidagilarni olamiz:

$$U = I \cdot \sqrt{(\sum R_n)^2 + (\sum X_n)^2};$$

$$I = \frac{U}{\sqrt{(\sum R_n)^2 + (\sum X_n)^2}} = \frac{U}{Z}.$$

Ushbu formula qarshilik tok va kuchlanish bilan bog‘liq. Ushbu formulada R_n umumiy aktiv qarshilik bo‘lib, u tarmoqlanmagan elektr zanjirining bir qismi bo‘lgan

aktiv qarshiliklarning arifmetik yig'indisidir. X_n - umumiy reaktiv qarshilik, tarmoqlanmagan zanjirning bir qismi bo'lgan barcha reaktiv qarshiliklarning algebraik yig'indisiga teng. Bu yerda sig'imli qarshiliklar manfiy va induktivlar musbatdir va zanjirdagi umumiy qarshilikni hisoblash formulasi quyidagicha bo'ladi:

$$Z = \sqrt{(\Sigma R_n)^2 + (\Sigma X_n)^2}.$$

Umuman olganda, tarmoqlanmagan o'zgaruvchan tok elektr zanjirining to'la qarshiligini to'g'ri burchakli uchburchakning gipotenuzasi sifatida aniqlash mumkin, bunda ma'lum bir masshtabda ifodalangan uchburchakning katetlari aktiv va reaktiv qarshiliklarni ifodalaydi hamda quyidagilar aniqlanadi:

$$\cos\varphi = \frac{\Sigma R_n}{Z}; \quad \sin\varphi = \frac{\Sigma X_n}{Z}; \quad \operatorname{tg}\varphi = \frac{\Sigma X_n}{\Sigma R_n}.$$

Kuchlanish uchburchagidan quvvat uchburchagiga o'tish va ularni aniqlash uchun quyidagi formulalarni aniqlash mumkin:

$$P = I \cdot U \cdot \cos\varphi; \quad Q = I \cdot U \cdot \sin\varphi; \quad S = I \cdot U.$$

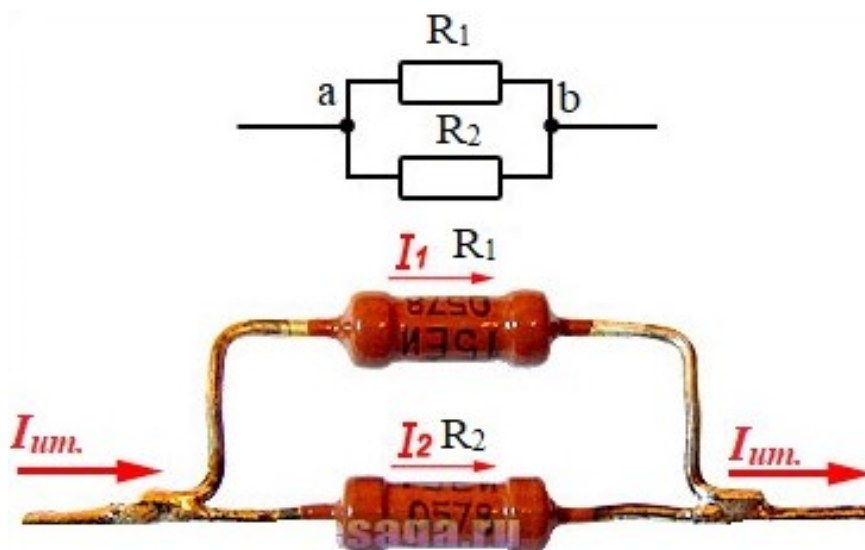
Ko'rib chiqilayotgan tarmoqlanmagan elektr zanjirining aktiv quvvati aktiv qarshiliklarga ega bo'lgan komponentlardagi aktiv quvvatlarning arifmetik yig'indisi sifatida ham ifodalanishi mumkin va reaktiv quvvat reaktiv elementlar quvvatlarining algebraik yig'indisidir. Bu yig'indida induktiv elementlarning quvvati musbat, sig'imli elementlar quvvati esa manfiy hisoblanadi:

$$P = \Sigma P_n; \quad Q = \Sigma Q_n; \quad S = \sqrt{P^2 + Q^2}.$$

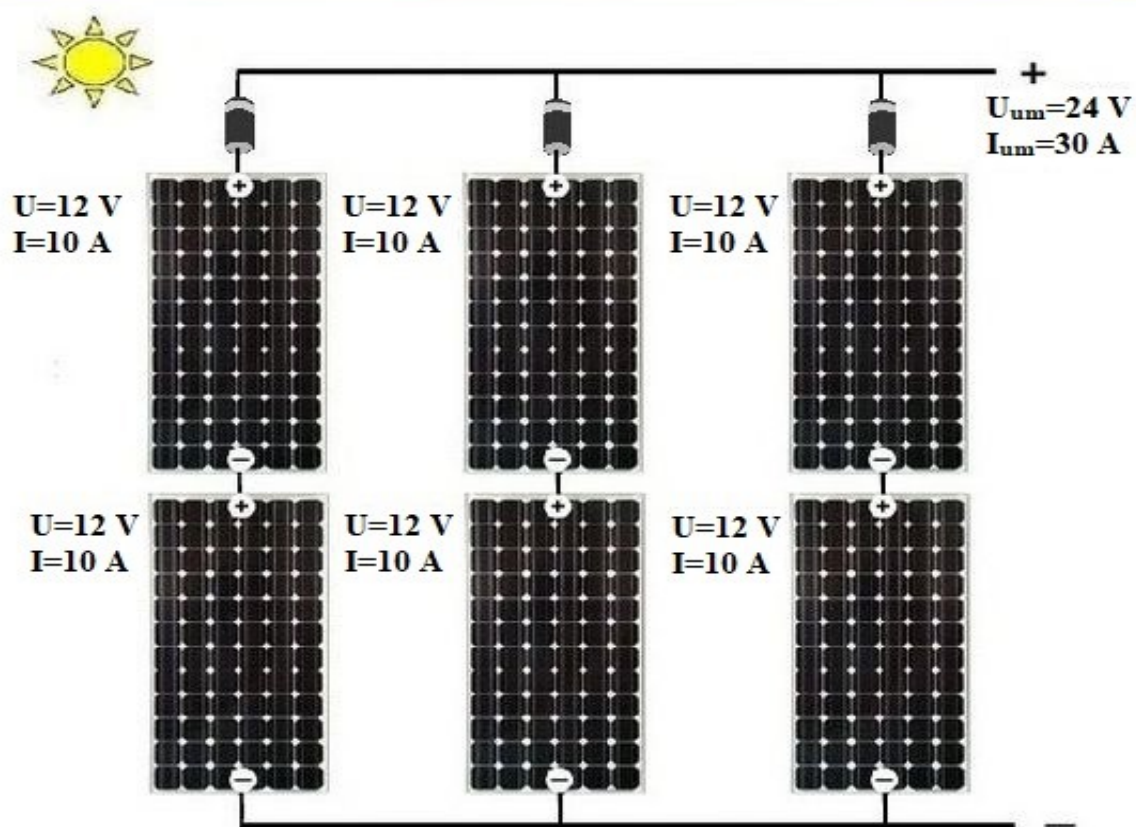
Ko'rib chiqilayotgan tarmoqlanmagan elektr zanjirining aktiv quvvati aktiv qarshiliklarga ega bo'lgan komponentlardagi aktiv quvvatlarning arifmetik yig'indisi sifatida ham ifodalanishi mumkin va reaktiv quvvat reaktiv elementlar quvvatlarining algebraik yig'indisidir. Bu yig'indida induktiv elementlarning quvvati musbat, sig'imli elementlar quvvati esa manfiy hisoblanadi:

$$P = \Sigma P_n; \quad Q = \Sigma Q_n; \quad S = \sqrt{P^2 + Q^2}.$$

Rezistorlarning parallel ulanishi barcha rezistorlarning boshlari bitta umumiy nuqtaga (a) va uchlari boshqa umumiy nuqtaga (b) ulangan ulanishdir (4.6-rasm). Rezistorlar **parallel ravishda** ulanganda, ularning bir xil nomdagi uchlari ulanadi: dastlabki uchlar bir nuqtada, oxirgi uchlar esa boshqa nuqtada ulanadi. Ulanishning bu usuli elektr tokining o'tishini osonlashtiradi, chunki u shoxlanib, bir vaqtning o'zida shu tarzda ulangan barcha rezistorlar orqali bir xilda tok oqadi.



Quyosh panellarining parallel ulanishi

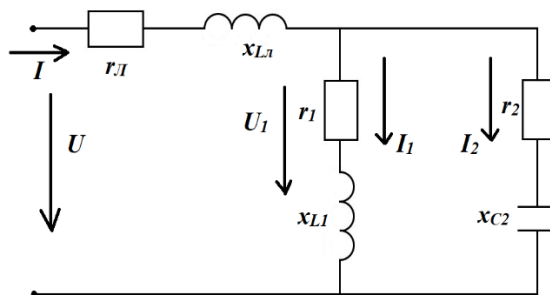


4.6-rasm. Parallel ulangan iste'molchilar va uning sxemasi

Masalalar

1-masala.

Elektr zanjirini hisoblang (4.7-rasm) va uning vektor diagrammasini tuzing. Dastlabki ma'lumotlar quyidagicha:
 $U = 220 \text{ V}$, $r_1 = 8 \text{ Om}$, $x_{L1} = 6 \text{ Om}$,
 $r_2 = 4 \text{ Om}$, $x_{C2} = 3 \text{ Om}$, $r_l = 0,4 \text{ Om}$,
 $x_{Ll} = 0,5 \text{ Om}$,



4.7-rasm

Yechish:

Yuklama tarmoqlarining aktiv va reaktiv o'tkazuvchanliklarini hisoblash:

$$g_1 = \frac{r_1}{r_1^2 + x_{L1}^2} = \frac{8}{8^2 + 6^2} = 0,08 \text{ Sm};$$

$$g_2 = \frac{r_2}{r_2^2 + x_{C2}^2} = \frac{4}{4^2 + 3^2} = 0,16 \text{ Sm};$$

$$b_{L1} = \frac{x_{L1}}{r_1^2 + x_{L1}^2} = \frac{6}{8^2 + 6^2} = 0,06 \text{ Sm};$$

$$b_{C2} = \frac{x_{C2}}{r_2^2 + x_{C2}^2} = \frac{3}{4^2 + 3^2} = 0,12 \text{ Sm}.$$

Elektr zanjiri yuklamaning ekvivalent aktiv va reaktiv o'tkazuvchanliklarini aniqlaymiz:

$$g_{el} = g_1 + g_2 = 0,08 + 0,16 = 0,24 \text{ Sm};$$

$$b_{el} = b_{L1} - b_{C2} = 0,06 - 0,12 = -0,06 \text{ Sm}.$$

Elektr zanjiri yuklamaning ekvivalent umumiy o'tkazuvchanligining qiymatini topamiz:

$$y_{el} = \sqrt{g_{el}^2 + b_{el}^2} = \sqrt{0,24^2 + (-0,06)^2} = 0,247 \text{ Sm}.$$

Elektr zanjirining yuklamasining umumiy ekvivalent aktiv va reaktiv qarshiliklari hisoblaymiz:

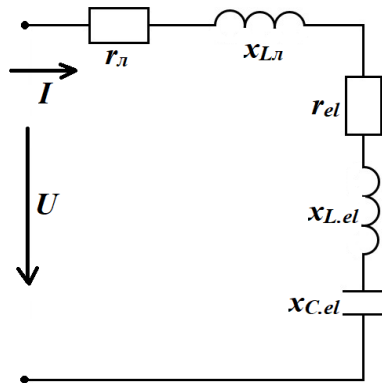
$$z_{el} = \frac{1}{y_{el}} = \frac{1}{0,247} = 4,049 \text{ Om};$$

$$r_{el} = g_{el} \cdot z_{el}^2 = 0,24 \cdot 4,049^2 = 3,93 \text{ Om};$$

$$x_{el} = b_{el} \cdot z_{el}^2 = -0,06 \cdot 4,049^2 = -0,243 \text{ Om}.$$

x_{el} qiymati oldidagi minus “-” belgisi elektr zanjirining yuklamali ekvivalent qismining reaktivligi sig‘imli xususiyatga ega ekanligini anglatadi.

Dastlabki sxemaga ekvivalent bo‘lgan elektr sxemasi 4.8-rasmda ko‘rsatilgan. O‘chirish bitta tarmoqni o‘z ichiga oladi, tokning effektiv qiymati Ohm qonuni bilan belgilanadi:



4.8-rasm. 1-masaladagi sxemaning ekvivalenti

Ekvivalent sxemada manba va liniya tokining effektiv qiymati quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$I = \frac{U}{\sqrt{(r_l + r_{el})^2 + (x_{L_l} + x_{el})^2}} = \frac{220}{\sqrt{(0,4 + 3,93)^2 + (0,5 + (-0,243))^2}} = 50,72 \text{ A.}$$

Ushbu tok manba tomonidan ishlab chiqariladi, ekvivalent parametrlarga ega elektr liniya va elektr zanjirining qismidan o‘tadi. I tokning kattaligini bilish liniyadagi kuchlanish yo‘qotishlarini, aktiv va induktiv qarshiliklar bo‘yicha ushbu yo‘qotishlarning tarkibiy qismlarini, shuningdek, elektr zanjirining ekvivalent qismidagi kuchlanishni hisoblash imkonini beradi:

$$\Delta U_l = z_l \cdot I = \sqrt{r_l^2 + x_{L_l}^2} \cdot I = \sqrt{0,4^2 + 0,5^2} \cdot 50,72 = 32,48 \text{ V};$$

$$\Delta U_{r_l} = r_l \cdot I = 0,4 \cdot 50,72 = 20,3 \text{ V};$$

$$\Delta U_{L_l} = x_{L_l} \cdot I = 0,5 \cdot 50,72 = 25,36 \text{ V};$$

$$U_1 = z_{el} \cdot I = 4,049 \cdot 50,72 = 205,36 \text{ V.}$$

U_1 kuchlanishini topgandan so‘ng, g‘altak va kondensatordagi toklar quyidagicha aniqlanadi:

$$I_1 = \frac{U_1}{z_1} = \frac{U_1}{\sqrt{r_1^2 + x_{L1}^2}} = \frac{205,36}{\sqrt{8^2 + 6^2}} = 20,536 \text{ A};$$

$$I_2 = \frac{U_1}{z_2} = \frac{U_1}{\sqrt{r_2^2 + x_{C2}^2}} = \frac{205,36}{\sqrt{4^2 + 3^2}} = 41,072 \text{ A}.$$

U_1 kuchlanish vektori I_1 va I_2 tok vektorlari orasidagi faza burchagi qiymatlari quyidagicha bo'ladi:

$$\varphi_1 = \arccos \frac{r_1}{z_1} = \arccos \frac{8}{10} = \arccos 0,8 = 36^\circ 87';$$

$$\varphi_2 = \arccos \frac{r_2}{z_2} = \arccos \frac{4}{5} = \arccos 0,8 = -36^\circ 87'.$$

Fazali siljish burchaklari liniya qarshiligidagi kuchlanish va tok vektori o'rtasida, shuningdek, elektr energiyasi manbasining kuchlanishi va toki o'rtasida hisoblanadi:

$$\varphi_l = \arccos \frac{r_l}{z_l} = \arccos \frac{0,4}{0,64} = \arccos 0,625 = 51^\circ 32';$$

$$\varphi = \arccos \frac{(r_l + r_{el})}{\sqrt{(r_l + r_{el})^2 + (x_{Ll} + x_{el})^2}} =$$

$$= \arccos \frac{0,4 + 3,93}{\sqrt{(0,4 + 3,93)^2 + (0,5 + (-0,243))^2}} = \arccos 0,998 = 3^\circ 62'.$$

Yuqorida tavsiflangan ketma-ketlikda vektor diagrammasini qurish tavsiya etiladi. Toklar va kuchlanishlarning effektiv qiymatlaridan vektorlarga o'tish quyidagi shkalalar yordamida amalga oshirilishi kerak, tok uchun: $m_I = 10 \text{ A/sm}$; kuchlanish uchun: $m_U = 22 \text{ V/sm}$.

Liniyaning aktiv qarshiligidagi va yuklama tarmoqlarining aktiv qarshiligidagi quvvat yo'qotishlari ifodalar bilan hisoblanadi:

$$\Delta P_l = r_l \cdot I^2 = 0,4 \cdot 50,72^2 = 1029 \text{ Vt};$$

$$P_1 = r_1 \cdot I_1^2 = 8 \cdot 20,536^2 = 3373,81 \text{ Vt};$$

$$P_2 = r_2 \cdot I_2^2 = 4 \cdot 41,072^2 = 6747,64 \text{ Vt}.$$

Liniya va g'altakdagi induktiv reaktiv quvvat va kondensatorning sig'imli reaktiv quvvati quyidagi formulalar bilan aniqlanadi:

$$\Delta Q_l = x_l \cdot I^2 = 0,5 \cdot 50,72^2 = 1286,26 \text{ Vt};$$

$$Q_1 = x_{L1} \cdot I_1^2 = 6 \cdot 20,536^2 = 2530,36 \text{ Vt};$$

$$Q_2 = x_{C2} \cdot I_2^2 = 3 \cdot 41,072^2 = 5060,73 \text{ Vt}.$$

Manbaning aktiv va reaktiv quvvatlari quvvat balansi tenglamalaridan topiladi:

$$P = \Delta P_l + P_1 + P_2 = 1029 + 3373,81 + 6747,64 = 11150,45 \text{ Vt};$$

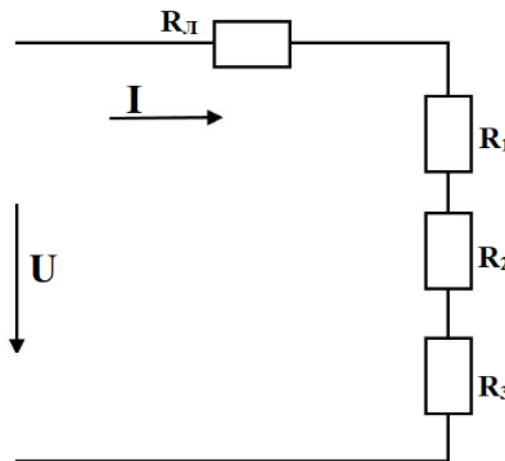
$$Q = \Delta Q_l + Q_1 + Q_2 = 1286,26 + 2530,36 + 5060,73 = 8877,34 \text{ VAr}.$$

Elektr energiya manbasining to'la quvvati:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{11150,45^2 + 8877,34^2} = 14252,7 \text{ V}.$$

2-masala.

Berilgan zanjir uchun: $R_l=5 \text{ Om}$, $R_2=4 \text{ Om}$,
 $R_3=3 \text{ Om}$, $R_L=10 \text{ Om}$, $I=5 \text{ A}$ bo'lsa, zanjirdagi
umumiy U kuchlanishni toping.



4.9-rasm

Yechish:

Zanjirdagi umumiy U kuchlanishni topish uchun avvalo umumiy ekvivalent qarshilik R_{um} ni topish zarur. Shu sababli, biz umumiy ekvivalent qarshilikni topamiz.

Zanjir elementlari o'zaro ketma-ket ulanganda umumiy qarshilik, zanjir elementlari qarshiliklarining umumiy yig'indisiga teng bo'ladi:

$$R_{um} = R_l + R_1 + R_2 + R_3 = 5 + 4 + 3 + 10 = 22 \text{ Om}.$$

Zanjirning bir qismi uchun Ohm qonuniga muvofiq zanjirdagi umumiy U kuchlanishni topamiz:

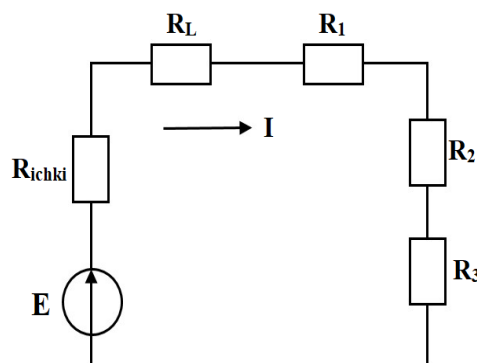
$$U = I \cdot R_{um} = 5 \cdot 22 = 110 \text{ V}.$$

Javob: $U=110 \text{ V}$.

3-masala.

Elektr zanjirida manba, qabul qiluvchilar va liniya quyidagi parametrlarga ega: $E=120\text{ V}$, $R_{ichki} = 0,6\text{ Om}$, $R_L = 0,4\text{ Om}$, $R_1 = 5\text{ Om}$, $R_2 = 6\text{ Om}$, $R_3 = 3\text{ Om}$.

Zanjirdagi elektr tokini, manbaning tashqi qisqichlaridagi kuchlanishni, liniyadagi kuchlanish yo'qotishlarini, elektr energiyasini qabul qiluvchilardagi kuchlanishni, shuningdek, manba, iste'molchilar, manba va liniyadagi quvvat isroflarini hisoblang. Quvvat balansi tenglamasini yozing.



4.10-rasm

Yechish:

Elektr zanjirdagi tok:

$$I = \frac{E}{R_{ichki} + R_L + R_1 + R_2 + R_3} = \frac{120}{0,6 + 0,4 + 5 + 6 + 3} = 8\text{ A}.$$

Manba qisqichlaridagi kuchlanish:

$$U = E - I \cdot R_{ichki} = 120 - 8 \cdot 0,6 = 115,2\text{ V}.$$

Liniya o'tkazgichlaridagi kuchlanish isrofi:

$$U_L = I \cdot R_L = 8 \cdot 0,4 = 3,2\text{ V}.$$

Elektr energiya iste'molchilaridagi kuchlanish:

$$U_1 = I \cdot R_1 = 8 \cdot 5 = 40\text{ V};$$

$$U_2 = I \cdot R_2 = 8 \cdot 6 = 48\text{ V};$$

$$U_3 = I \cdot R_3 = 8 \cdot 3 = 24\text{ V}.$$

Elektr energiyasi manba tomonidan ishlab chiqarilgan quvvat:

$$P = E \cdot I = 120 \cdot 8 = 960\text{ Vt}.$$

Manba ichidagi quvvat isroflari, uning qizishiga olib keladi:

$$\Delta P_{ichki} = I^2 \cdot R_{ichki} = 8^2 \cdot 0,6 = 38,4\text{ Vt}.$$

Liniyadagi quvvat isrofi:

$$P_L = I^2 \cdot R_L = 8^2 \cdot 0,4 = 25,6\text{ Vt}.$$

Elektr energiya iste'molchilaridagi quvvat:

$$P_1 = I^2 \cdot R_1 = 8^2 \cdot 5 = 320\text{ Vt};$$

$$P_2 = I^2 \cdot R_2 = 8^2 \cdot 6 = 384\text{ Vt};$$

$$P_3 = I^2 \cdot R_3 = 8^2 \cdot 3 = 192 \text{ Vt.}$$

Quvvat balansi tenglamasi:

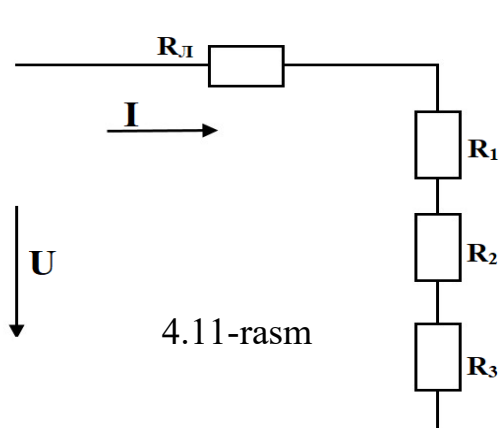
$$P = \Delta P_{ichki} + P_L + P_1 + P_2 + P_3.$$

Quvvat qiymatlarining raqamli qiymatlarini almashtirish quyidagi natijani beradi:

$$960 = 38,4 + 25,6 + 320 + 384 + 192.$$

Shunday qilib, quvvat balansi bajariladi.

4-masala.



4.11-rasmda berilgan zanjir uchun: $R_L=6 \text{ Om}$, $R_2=8 \text{ Om}$, $R_3=4 \text{ Om}$, $R_L=1 \text{ Om}$, $I=3 \text{ A}$ bo'lsa, Zanjirdagi umumiy U kuchlanishni toping.

Yechish:

Zanjirdagi umumiy U kuchlanishni topish uchun avvalo umumiy ekvivalent qarshilik R_{um} ni topish zarur. Shu sababli, biz umumiy ekvivalent qarshilikni topamiz.

Zanjir elementlari o'zaro ketma-ket ulanganda umumiy qarshilik, zanjir elementlari qarshiliklarining umumiy yig'indisiga teng bo'ladi:

$$R_{um} = R_L + R_1 + R_2 + R_3 = 1 + 6 + 8 + 4 = 19 \text{ Om.}$$

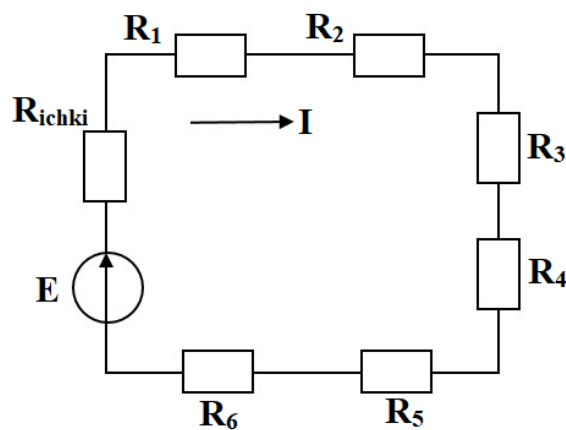
Zanjirning bir qismi uchun Ohm qonuniga muvofiq zanjirdagi umumiy U kuchlanishni topamiz:

$$U = I \cdot R_{um} = 3 \cdot 19 = 57 \text{ V.}$$

Javob: $U=57 \text{ V}$.

5-masala.

4.12-rasmdagi elektr zanjirida manba, qabul qiluvchilar va liniya quyidagi parametrlarga ega: $E=100 \text{ V}$, $R_{ichki} = 0,3 \text{ Om}$, $R_L = 0,7 \text{ Om}$, $R_1 = 8 \text{ Om}$, $R_2 = 7 \text{ Om}$, $R_3 = 5 \text{ Om}$, $R_4 = 6 \text{ Om}$, $R_5 = 10 \text{ Om}$, $R_6 = 3 \text{ Om}$. Zanjirdagi elektr tokini, manbaning tashqi qisqichlaridagi kuchlanishni, liniyadagi



4.12-rasm.

kuchlanish yo'qotishlarini, elektr energiyasini qabul qiluvchilardagi kuchlanishni, shuningdek, manba, iste'molchilar, manba va liniyadagi quvvat isroflarini hisoblang. Quvvat balansi tenglamasini yozing.

Yechish:

Elektr zanjirdagi tok:

$$I = \frac{E}{R_{ichki} + R_L + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6} =$$

$$= \frac{100}{0,3 + 0,7 + 8 + 7 + 5 + 6 + 10 + 3} = 2,5 \text{ A.}$$

Manba qisqichlaridagi kuchlanish:

$$U = E - I \cdot R_{ichki} = 100 - 2,5 \cdot 0,3 = 99,25 \text{ V.}$$

Liniya o'tkazgichlaridagi kuchlanish isrofi:

$$U_L = I \cdot R_L = 2,5 \cdot 0,7 = 1,75 \text{ V.}$$

Elektr energiya iste'molchilaridagi kuchlanish:

$$U_1 = I \cdot R_1 = 2,5 \cdot 8 = 20 \text{ V;}$$

$$U_2 = I \cdot R_2 = 2,5 \cdot 7 = 17,5 \text{ V;}$$

$$U_3 = I \cdot R_3 = 2,5 \cdot 5 = 12,5 \text{ V;}$$

$$U_4 = I \cdot R_4 = 2,5 \cdot 6 = 15 \text{ V;}$$

$$U_5 = I \cdot R_5 = 2,5 \cdot 10 = 25 \text{ V;}$$

$$U_6 = I \cdot R_6 = 2,5 \cdot 3 = 7,5 \text{ V.}$$

Elektr energiyasi manba tomonidan ishlab chiqarilgan quvvat:

$$P = E \cdot I = 100 \cdot 2,5 = 250 \text{ Vt.}$$

Manba ichidagi quvvat isroflari, uning qizishiga olib keladi:

$$\Delta P_{ichki} = I^2 \cdot R_{ichki} = 2,5^2 \cdot 0,3 = 1,875 \text{ Vt.}$$

Liniyadagi quvvat isrofi:

$$P_L = I^2 \cdot R_L = 2,5^2 \cdot 0,7 = 4,375 \text{ Vt.}$$

Elektr energiya iste'molchilaridagi quvvat:

$$P_1 = I^2 \cdot R_1 = 2,5^2 \cdot 8 = 50 \text{ Vt;}$$

$$P_2 = I^2 \cdot R_2 = 2,5^2 \cdot 7 = 43,75 \text{ Vt;}$$

$$P_3 = I^2 \cdot R_3 = 2,5^2 \cdot 5 = 31,25 \text{ Vt;}$$

$$P_4 = I^2 \cdot R_4 = 2,5^2 \cdot 6 = 37,5 \text{ Vt;}$$

$$P_5 = I^2 \cdot R_5 = 2,5^2 \cdot 10 = 62,5 \text{ Vt;}$$

$$P_6 = I^2 \cdot R_6 = 2,5^2 \cdot 3 = 18,75 \text{ Vt.}$$

Quvvat balansi tenglamasi:

$$P = \Delta P_{ichki} + P_L + P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6.$$

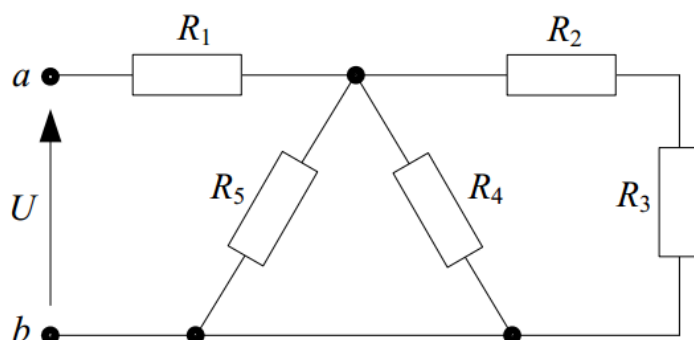
Quvvat qiymatlarining raqamli qiymatlarini almashtirish quyidagi natijani beradi:

$$250 = 1,875 + 4,375 + 50 + 43,75 + 31,25 + 37,5 + 62,5 + 18,75.$$

Shunday qilib, quvvat balansi bajariladi.

6-masala.

Quyida 4.13-rasmdagi sxema berilgan elektr zanjir uchun $R_1=5 \text{ Om}$, $R_2=4 \text{ Om}$, $R_3=3 \text{ Om}$, $R_4=8 \text{ Om}$, $R_5=2 \text{ Om}$ bo'lsa, umumiy ekvivalent qarshilikni toping.



4.13-rasm.

Hisoblash qulay bo'lishi uchun elektr zanjirining oxiridan boshlab hisoblaymiz. Zanjirning oxiridagi R_2 va R_3 qarshiliklar o'zaro ketma-ket ulangan, shunda:

$$R_{2,3} = R_2 + R_3 = 4 + 3 = 7 \text{ Om}.$$

R_2 va R_3 qarshiliklarning umumiy qarshiligi $R_{2,3}$ qarshilik R_4 hamda R_5 qarshiliklarga parallel ulanganligi uchun:

$$R_{2,3;4;5} = \frac{R_{2,3} \cdot R_4 \cdot R_5}{R_{2,3} \cdot R_4 + R_4 \cdot R_5 + R_{2,3} \cdot R_5} = \frac{7 \cdot 8 \cdot 2}{7 \cdot 8 + 8 \cdot 2 + 7 \cdot 2} = 1,3 \text{ Om}.$$

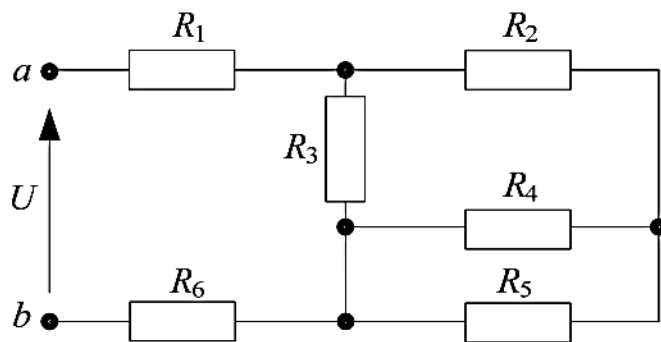
Zanjirning umumiy ekvivalent qarshiligi quyidagiga teng bo'ladi:

$$R_{ekv} = R_{2,3;4;5} + R_1 = 1,3 + 5 = 6,3 \text{ Om}.$$

Javob: $R_{ekv} = 6,3 \text{ Om}$.

7-masala.

Quyida 4.14-rasmdagi sxema berilgan elektr zanjir uchun $R_1=4 \text{ Om}$, $R_2=5 \text{ Om}$, $R_3=12 \text{ Om}$, $R_4=8 \text{ Om}$, $R_5=9 \text{ Om}$, $R_6=20 \text{ Om}$ bo'lsa, umumiy ekvivalent qarshilikni toping.



4.14-rasm

Tushunarli bo'lishi uchun zanjirning oxiridan boshlab hisoblaymiz. Shunda, R_4 , R_5 qarshiliklar o'zaro parallel ulanganligi uchun quyidagicha hisoblaymiz:

$$R_{4,5} = \frac{R_4 \cdot R_5}{R_4 + R_5} = \frac{8 \cdot 9}{8 + 9} = \frac{72}{17} = 4,23 \text{ Om}.$$

R_4 , R_5 qarshiliklarning umumiy qiymati R_2 qarshilikka ketma-ket hamda ularning o'zaro umumiy qiymati R_3 qarshilik ketma-ket ulanganligini hisoblaymiz:

$$R_{4,5;2} = R_{4,5} + R_2 = 4,23 + 5 = 9,23 \text{ Om}.$$

$R_{4,5;2}$ qarshilikning qiymati R_3 qarshilikka ketma-ket ulangan:

$$R_{4,5;2..3} = R_{4,5;2} + R_3 = 9,23 + 12 = 20,23 \text{ Om}.$$

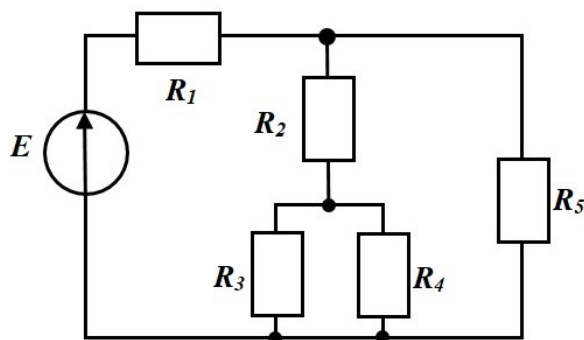
Zanjirning umumiy ekvivalent qarshiligi quyidagicha hisoblanadi:

$$R_{ekv} = R_{4,5;2..3} + R_1 + R_6 = 20,23 + 4 + 20 = 44,23 \text{ Om}.$$

Javob: $R_{ekv} = 44,23 \text{ Om}$.

8-masala.

Quyidagi 4.15-rasmda berilgan sxema uchun $E=30 \text{ V}$, $R_1=2 \text{ Om}$, $R_2=4 \text{ Om}$, $R_3=8 \text{ Om}$, $R_4=10 \text{ Om}$, $R_5=12 \text{ Om}$. Elektr zanjir uchun ekvivalent qarshilikni toping.



4.15-rasm

Ushbu berilgan zanjir uchun ekvivalent qarshilikni topamiz. Bu sxemada R_3 va R_4 qarshiliklar o'zaro parallel ulangan:

$$R_{3,4} = \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4} = \frac{8 \cdot 10}{8 + 10} = \frac{80}{18} = 4,44 \text{ Om}.$$

R_3 va R_4 qarshiliklarning natijasi $R_{3,4}$ hamda R_2 qarshilik bilan ketma-ket ulangan bo'lib, uning qiymati:

$$R_{3,4;2} = R_{3,4} + R_2 = 4,44 + 4 = 8,44 \text{ Om}.$$

$R_{3,4;2}$ hamda R_5 qarshiliklar o'zaro parallel ulangan bo'lib, uning qiymati:

$$R_{3,4;2..5} = \frac{R_{3,4;2} \cdot R_5}{R_{3,4;2} + R_5} = \frac{8,44 \cdot 12}{8,44 + 12} = 4,95 \text{ Om}.$$

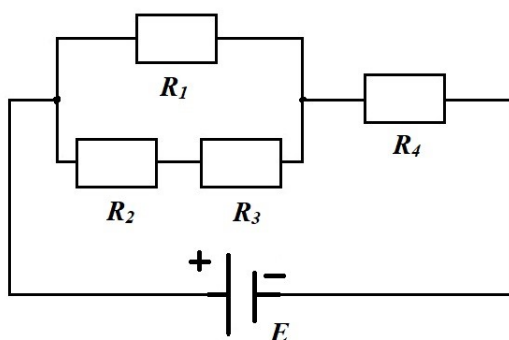
Zanjirning umumiy ekvivalent qarshiligi:

$$R_{ekv} = R_{3,4;2..5} + R_1 = 4,95 + 2 = 6,95 \text{ Om}.$$

Javob: $R_{ekv} = 6,95 \text{ Om}$.

9-masala.

4.16-rasmda berilgan elektr zanjir uchun parametrlarni hisoblang. Elektr sxema uchun parametrlar: $R_1=4 \text{ Om}$, $R_2=3 \text{ Om}$, $R_3=6 \text{ Om}$, $R_4=2 \text{ Om}$, $I=5 \text{ A}$. Zanjirning ekvivalent qarshiligi hamda zanjirdagi umumiy kuchlanish aniqlansin.



4.16-rasm

1. Zanjirning umumiy ekvivalent qarshiligini aniqlaymiz:

R_2 va R_3 qarshiliklar o'zaro ketma-ket ulangandagi qiymati quyidagicha:

$$R_{2,3} = R_2 + R_3 = 3 + 6 = 9 \text{ Om}.$$

R_2 va R_3 qarshiliklarning natijaviy qiymati $R_{2,3}$ esa R_1 bilan parallel ulangan.

$$R_{2,3;1} = \frac{9 \cdot 4}{9 + 4} = \frac{36}{13} = 2,77 \text{ Om}.$$

Zanjirning umumiy ekvivalent qarshiligi $R_{2,3}$ esa R_1 bilan parallel ulangandagi natijaviy qiymati $R_{2,3;1}$ ning R_4 qarshilik bilan o'zaro ketma-ket ulangan holda aniqlanadi.

$$R_{ekv} = R_{2,3;1} + R_4 = 2,77 + 2 = 4,77 \text{ Om}.$$

$R_{ekv} = 4,77 \text{ Om}$.

2. Zanjirdagi umumiy kuchlanishni aniqlaymiz.

$$U_{um} = I \cdot R_{ekv} = 5 \cdot 4,77 = 23,85 \text{ V.}$$

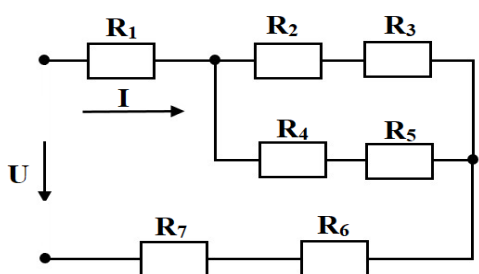
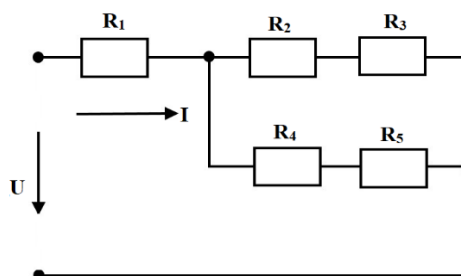
Javob: $U_{um} = 23,85 \text{ V.}$

Mustaqil ishlash uchun masalalar

1. Berilgan sxema uchun parametrlar:

$I=5\text{A}, \quad R_1 = 4 \text{ Om}, \quad R_2 = 6 \text{ Om},$

$R_3 = 8 \text{ Om}, \quad R_4 = 2 \text{ Om}$ bo'lsa, zanjirning umumiy ekvivalent qarshiligi, umumiy kuchlanishi va quvvatlar balansini tuzing.



2. Berilgan sxema uchun parametrlar: $I= 6$

$\text{A}, \quad R_1 = 3 \text{ Om}, \quad R_2 = 5 \text{ Om}, \quad R_3 = 8 \text{ Om},$

$R_4 = 4 \text{ Om}, \quad R_5 = 6 \text{ Om}, \quad R_6 = 2 \text{ Om},$

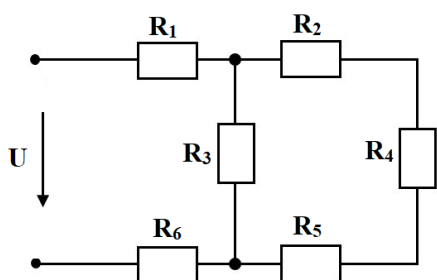
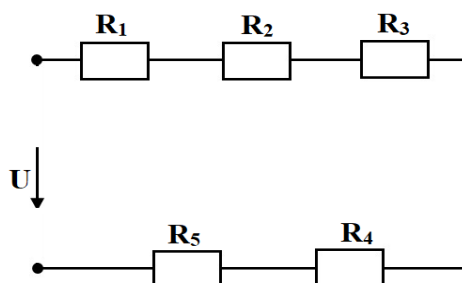
$R_7 = 9 \text{ Om}$ bo'lsa, zanjirning umumiy ekvivalent qarshiligi, kuchlanishi va quvvatlar balansini tuzing.

3. Berilgan sxema uchun parametrlar:

$I=10\text{A}, \quad R_1 = 4 \text{ Om}, \quad R_2 = 8 \text{ Om},$

$R_3 = 2 \text{ Om}, \quad R_4 = 1 \text{ Om}, \quad R_5 = 10 \text{ Om}$

bo'lsa, zanjirning umumiy ekvivalent qarshiligi, kuchlanishi va quvvatlar balansini tuzing.



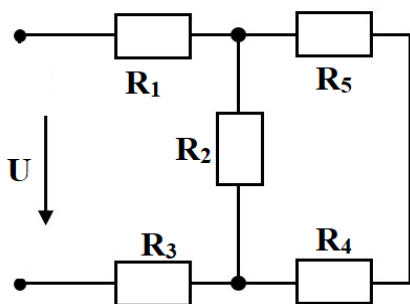
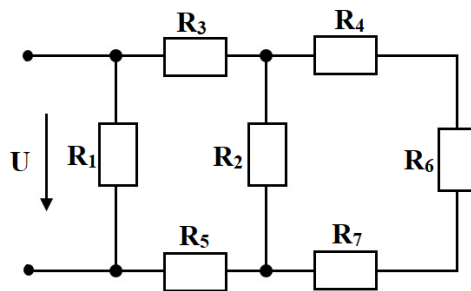
4. Berilgan sxema uchun parametrlar:

$U= 120 \text{ V}, \quad R_1 = 5 \text{ Om}, \quad R_2 = 8 \text{ Om},$

$R_3 = 3 \text{ Om}, \quad R_4 = 6 \text{ Om} \quad R_5 = 12 \text{ Om},$

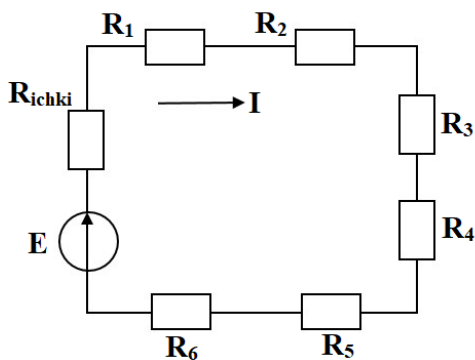
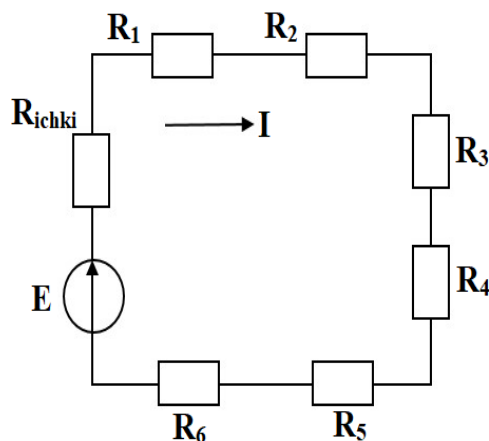
$R_6 = 7 \text{ Om}$ bo'lsa, zanjirning umumiy ekvivalent qarshiligini toping.

5. Berilgan sxema uchun parametrlar:
 $U = 100 \text{ V}$, $R_1 = 2 \text{ Om}$, $R_2 = 5 \text{ Om}$,
 $R_3 = 3 \text{ Om}$, $R_4 = 6 \text{ Om}$, $R_5 = 10 \text{ Om}$,
 $R_6 = 8 \text{ Om}$, $R_7 = 3 \text{ Om}$ bo'lsa, zanjirning umumiy ekvivalent qarshiligini hamda tokni toping.



6. Berilgan sxema uchun parametrlar:
 $U = 50 \text{ V}$, $R_1 = 3 \text{ Om}$, $R_2 = 4 \text{ Om}$,
 $R_3 = 2 \text{ Om}$, $R_4 = 6 \text{ Om}$, $R_5 = 10 \text{ Om}$
 bo'lsa, zanjirning umumiy ekvivalent qarshiligi hamda zanjirdagi tokni toping.

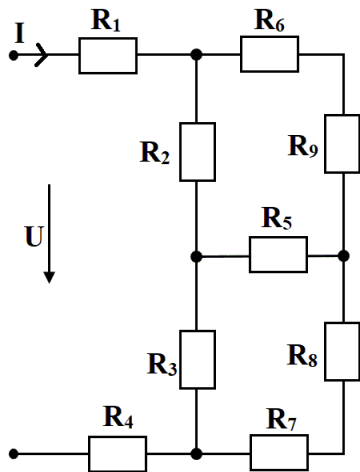
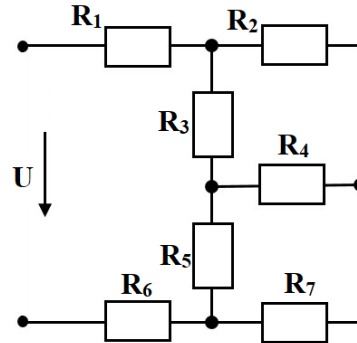
7. Elektr zanjirida manba, qabul qiluvchilar va liniya quyidagi parametrlarga ega:
 $E = 150 \text{ V}$, $R_{ichki} = 0,5 \text{ Om}$,
 $R_L = 1,5 \text{ Om}$, $R_1 = 7 \text{ Om}$, $R_2 = 8 \text{ Om}$,
 $R_3 = 15 \text{ Om}$, $R_4 = 2 \text{ Om}$, $R_5 = 10 \text{ Om}$,
 $R_6 = 6 \text{ Om}$. Zanjirdagi elektr tokini, manbaning tashqi qisqichlaridagi kuchlanishni, liniyadagi kuchlanish yo'qotishlarini, elektr energiyasini qabul qiluvchilardagi kuchlanishni, shuningdek, manba, iste'molchilar va liniyadagi quvvat isroflarini hisoblang. Quvvat balansini tenglamasini yozing.



8. Elektr zanjirida manba, qabul qiluvchilar va liniya quyidagi parametrlarga ega: $E = 110 \text{ V}$,
 $R_{ichki} = 1,5 \text{ Om}$, $R_L = 0,5 \text{ Om}$, $R_1 = 6 \text{ Om}$,
 $R_2 = 9 \text{ Om}$, $R_3 = 15 \text{ Om}$, $R_4 = 7 \text{ Om}$,
 $R_5 = 10 \text{ Om}$, $R_6 = 6 \text{ Om}$. Zanjirdagi elektr tokini, manbaning tashqi qisqichlaridagi kuchlanishni, liniyadagi kuchlanish yo'qotishlarini, elektr energiyasini qabul

qiluvchilardagi kuchlanishni, shuningdek, manba, iste'molchilar va liniyadagi quvvat isroflarini hisoblang. Quvvat balansini tenglamasini yozing.

9. Berilgan sxema uchun parametrlar:
 $U = 150\text{ V}$, $R_1 = 13\text{ Om}$, $R_2 = 14\text{ Om}$,
 $R_3 = 12\text{ Om}$, $R_4 = 16\text{ Om}$, $R_5 = 8\text{ Om}$
 bo'lsa, zanjirning umumiy ekvivalent qarshiligi, zanjirdagi tokni hamda quvvatlar balansini tuzing.



10. Berilgan sxema uchun parametrlar:
 $U = 220\text{ V}$, $R_1 = 30\text{ Om}$, $R_2 = 24\text{ Om}$,
 $R_3 = 20\text{ Om}$, $R_4 = 18\text{ Om}$, $R_5 = 14\text{ Om}$,
 $R_6 = 16\text{ Om}$, $R_7 = 15\text{ Om}$, $R_8 = 17\text{ Om}$
 $R_9 = 22\text{ Om}$ bo'lsa, zanjirning umumiy ekvivalent qarshiligi, zanjirdagi tokni hamda quvvatlar balansini tuzing.

11. 4 ta ketma-ket ulangan qarshiliklarning qiymatlari quyidagicha:
 $R_1 = 3\text{ Om}$, $R_2 = 4\text{ Om}$, $R_3 = 2\text{ Om}$, $R_4 = 8\text{ Om}$ ular ulangan zanjirdan $I=8\text{ A}$ tok oqayotgan bo'lsa, ushbu zanjirning umumiy ekvivalent qarshiligi, kuchlanishi hamda quvvati topilsin.

12. Ikkita ketma-ket $R_3 = 12\text{ Om}$, $R_4 = 18\text{ Om}$ qarshiliklarning umumiy qiymatiga parallel holda yana o'zaro ketma-ket ulangan 3 ta $R_1 = 13\text{ Om}$, $R_2 = 17\text{ Om}$, $R_5 = 20\text{ Om}$ qarshiliklar ulangan. Ushbu zanjir uchun $U=100\text{ V}$ bo'lsa, zanjirning umumiy ekvivalent qarshiligi, tok hamda quvvat topilsin.

13. Uchta ketma-ket $R_1 = 10\text{ Om}$, $R_2 = 19\text{ Om}$, $R_4 = 21\text{ Om}$ qarshiliklarning umumiy qiymatiga parallel holda yana o'zaro ketma-ket ulangan 2 ta qarshiliklar $R_3 = 2\text{ Om}$, $R_5 = 8\text{ Om}$ ulangan. Ushbu zanjir uchun $I=8\text{ A}$ bo'lsa, zanjirning umumiy ekvivalent qarshiligi, kuchlanishi hamda quvvati topilsin.

14. $R_1 = 15 \text{ Om}$ qarshilikka ketma-ket va o'zaro parallel ulangan 3 ta qarshiliklar $R_2 = 10 \text{ Om}$, $R_3 = 9 \text{ Om}$, $R_4 = 1 \text{ Om}$ elektr zanjir berilgan. Ushbu zanjir uchun $I=10 \text{ A}$ bo'lsa, zanjirning umumiy ekvivalent qarshiligi, kuchlanishi hamda quvvati topilsin.

15. $R_1 = 19 \text{ Om}$ va $R_2 = 11 \text{ Om}$ qarshiliklar o'zaro ketma-ket va o'zaro parallel qarshiliklar $R_3 = 12 \text{ Om}$, $R_4 = 18 \text{ Om}$ ga ketma-ket ulangan. Ushbu zanjir uchun $U=110 \text{ V}$ bo'lsa, ekvivalent qarshiligi, tok hamda quvvat topilsin.

16. $R_1 = 9 \text{ Om}$ va $X_L = 1 \text{ Om}$ qarshiliklar o'zaro ketma-ket va o'zaro parallel qarshiliklar $R_3 = 2 \text{ Om}$, $X_C = 8 \text{ Om}$ ga ketma-ket ulangan. Ushbu zanjir uchun $U=120 \text{ V}$ bo'lsa, ekvivalent qarshilik, tok hamda quvvat topilsin.

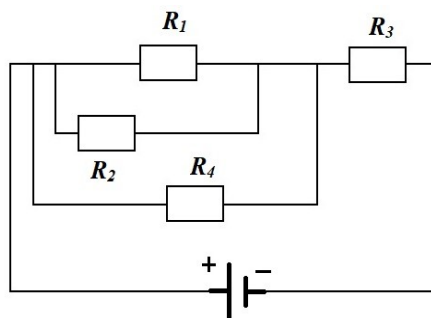
17. $R_1 = 7 \text{ Om}$ va $R_2 = 3 \text{ Om}$ qarshiliklar o'zaro ketma-ket va o'zaro parallel qarshiliklar $R_3 = 2 \text{ Om}$, $R_4 = 18 \text{ Om}$ ga ketma-ket ulangan. Hammasining natijaviy qiymatiga o'zaro ketma - ket ulangan $R_5 = 15 \text{ Om}$, $X_L = 12 \text{ Om}$, $X_C = 13 \text{ Om}$ qarshiliklar mavjud elektr zanjir berilgan. Ushbu zanjir uchun $U=220 \text{ V}$ bo'lsa, ekvivalent qarshilik, tok hamda quvvat topilsin.

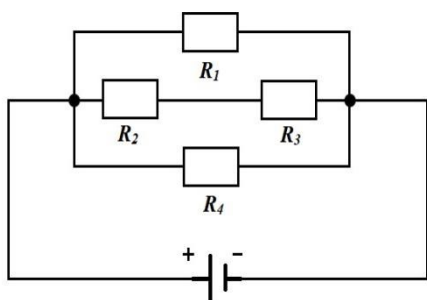
18. $R_1 = 17 \text{ Om}$ va $R_2 = 13 \text{ Om}$ qarshiliklar o'zaro ketma-ket va ularning natijaviy qiymatiga o'zaro ketma-ket ulangan $R_3 = 5 \text{ Om}$, $X_L = 2 \text{ Om}$, $X_C = 3 \text{ Om}$ qarshiliklar mavjud elektr zanjir berilgan. Ushbu zanjir uchun $U=100 \text{ V}$ bo'lsa, ekvivalent qarshilik, tok hamda quvvat topilsin.

19. $R_1 = 27 \text{ Om}$ va $R_2 = 23 \text{ Om}$ qarshiliklar o'zaro ketma-ket va ularning natijaviy qiymatiga o'zaro ketma-ket ulangan $R_5 = 25 \text{ Om}$, $X_L = 22 \text{ Om}$, $X_C = 23 \text{ Om}$ qarshiliklar mavjud elektr zanjir berilgan. Ushbu zanjir uchun $U=220 \text{ V}$ bo'lsa, ekvivalent qarshilik, tok hamda quvvat topilsin.

20. $R_1 = 15 \text{ Om}$ qarshilik o'zaro ketma-ket va ularning natijaviy qiymatiga o'zaro ketma-ket ulangan $X_L = 12 \text{ Om}$, $X_C = 8 \text{ Om}$ qarshiliklar mavjud elektr zanjir berilgan. Ushbu zanjir uchun $U=100 \text{ V}$ bo'lsa, zanjirning umumiy ekvivalent qarshiligi, tok hamda quvvat topilsin.

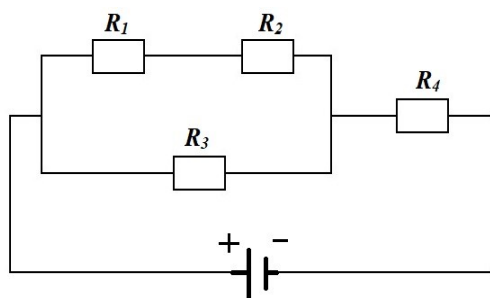
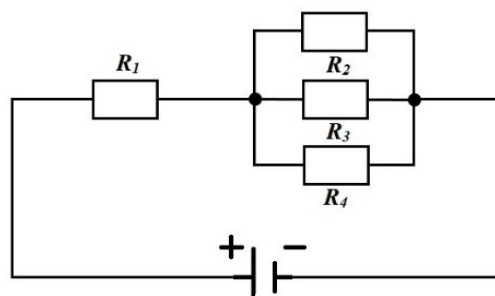
21. Agar sxema uchun $R_1=12 \text{ Om}$, $R_2=15 \text{ Om}$, $R_3=8 \text{ Om}$, $R_4=10 \text{ Om}$, $P_4=240 \text{ Vt}$ bo'lsa, berilgan sxema uchun ekvivalent qarshilik, zanjirdagi umumiy tok hamda kuchlanish aniqlansin.





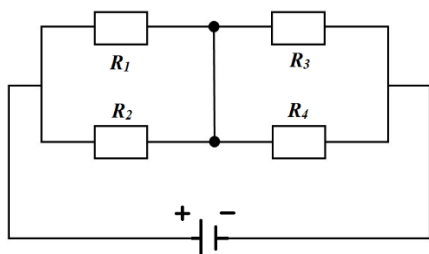
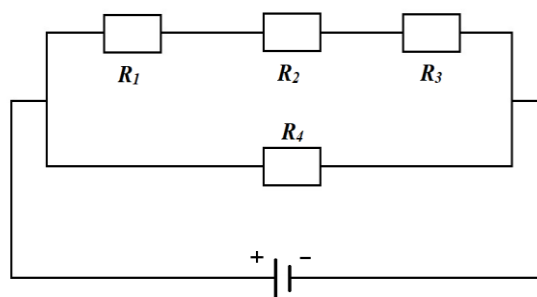
22. Agar sxema uchun $R_1=14 \text{ Om}$, $R_2=10 \text{ Om}$, $R_3=8 \text{ Om}$, $R_4=5 \text{ Om}$, $U_4=24 \text{ V}$ bo'lsa, berilgan sxema uchun ekvivalent qarshilik, zanjirdagi umumiy tok hamda kuchlanish aniqlansin

23. Agar sxema uchun $R_1=15 \text{ Om}$, $R_2=20 \text{ Om}$, $R_3=8 \text{ Om}$, $R_4=25 \text{ Om}$, $I_3=5 \text{ A}$ bo'lsa, berilgan sxema uchun ekvivalent qarshilik, zanjirdagi umumiy tok hamda kuchlanish aniqlansin



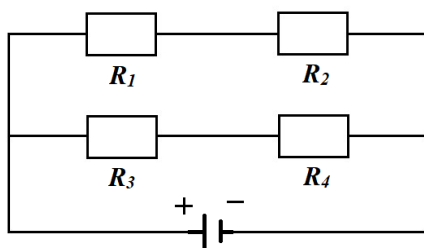
24. Agar sxema uchun $R_1=10 \text{ Om}$, $R_2=3 \text{ Om}$, $R_3=6 \text{ Om}$, $R_4=8 \text{ Om}$, $U_4=15 \text{ V}$ bo'lsa, berilgan sxema uchun ekvivalent qarshilik, zanjirning umumiy kuchlanishi hamda tok aniqlansin

25. Agar sxema uchun $R_1=13 \text{ Om}$, $R_2=30 \text{ Om}$, $R_3=16 \text{ Om}$, $R_4=18 \text{ Om}$, $P_4=350 \text{ Vt}$ bo'lsa, berilgan sxema uchun ekvivalent, qarshilik zanjirning umumiy kuchlanishi hamda tok aniqlansin

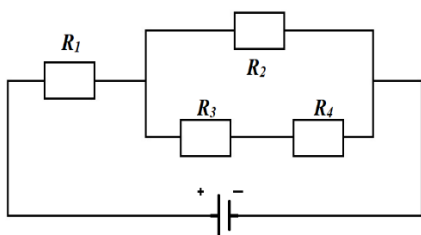


26. Agar sxema uchun $R_1=20 \text{ Om}$, $R_2=25 \text{ Om}$, $R_3=15 \text{ Om}$, $R_4=10 \text{ Om}$, $U=20 \text{ V}$ bo'lsa, berilgan sxema uchun ekvivalent qarshilik, zanjirning umumiy quvvati hamda tok aniqlansin

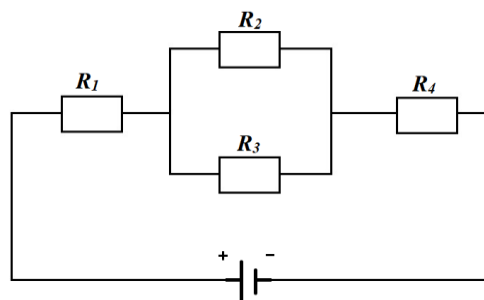
27. Agar sxema uchun $R_1=25\text{ Om}$, $R_2=12\text{ Om}$, $R_3=16\text{ Om}$, $R_4=10\text{ Om}$, $I=20\text{ A}$ bo'lsa, berilgan sxema uchun ekvivalent qarshilik, zanjirning umumiy quvvati hamda kuchlanish aniqlansin



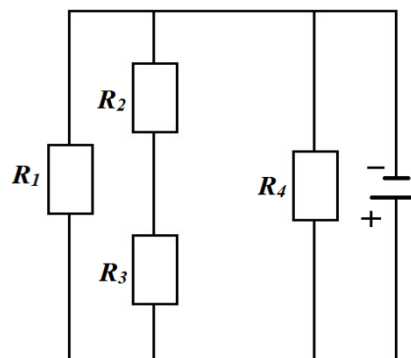
29. Agar sxema uchun $R_1=2\text{ Om}$, $R_2=8\text{ Om}$, $R_3=5\text{ Om}$, $R_4=6\text{ Om}$, $I=5\text{ A}$ bo'lsa, berilgan sxema uchun ekvivalent qarshilik, zanjirning umumiy quvvati hamda kuchlanish aniqlansin



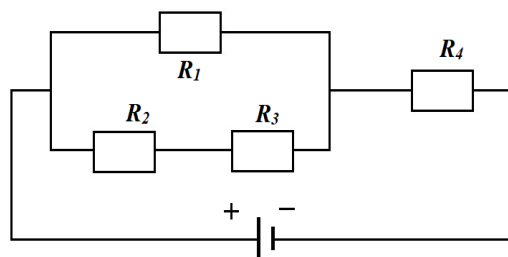
31. Agar sxema uchun $R_1=20\text{ Om}$, $R_2=16\text{ Om}$, $R_3=14\text{ Om}$, $R_4=18\text{ Om}$, $U=20\text{ V}$ bo'lsa, berilgan sxema uchun ekvivalent qarshilik, zanjirning umumiy quvvati hamda toki aniqlansin.

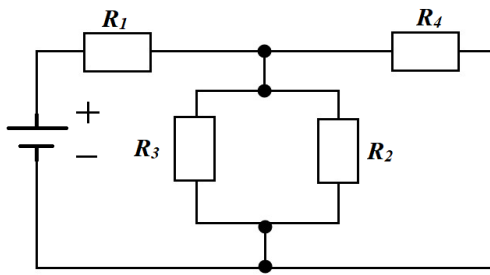


28. Agar sxema uchun $R_1=2\text{ Om}$, $R_2=8\text{ Om}$, $R_3=5\text{ Om}$, $R_4=6\text{ Om}$, $I=5\text{ A}$ bo'lsa, berilgan sxema uchun ekvivalent qarshilik, zanjirdagi umumiy quvvat hamda kuchlanish aniqlansin



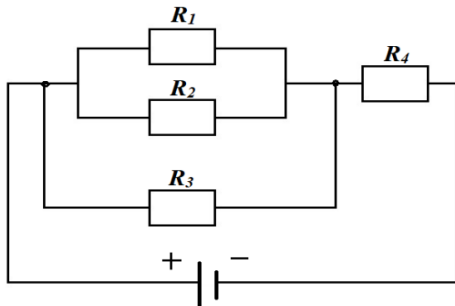
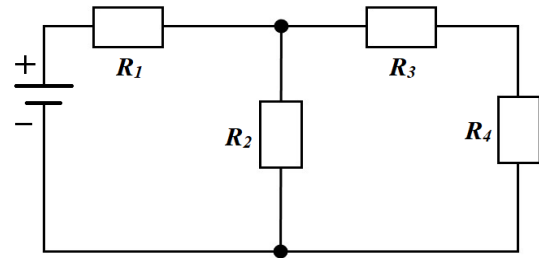
30. Agar sxema uchun $R_1=3\text{ Om}$, $R_2=6\text{ Om}$, $R_3=4\text{ Om}$, $R_4=8\text{ Om}$, $I_2=2\text{ A}$ bo'lsa, berilgan sxema uchun ekvivalent qarshilik, zanjirdagi umumiy quvvat hamda kuchlanish aniqlansin





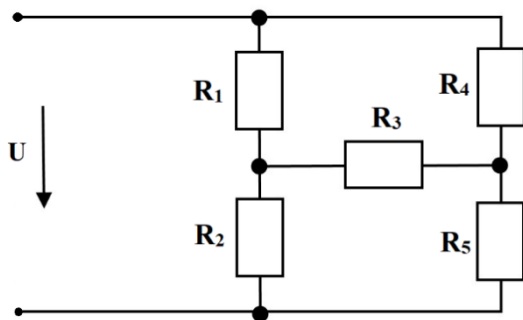
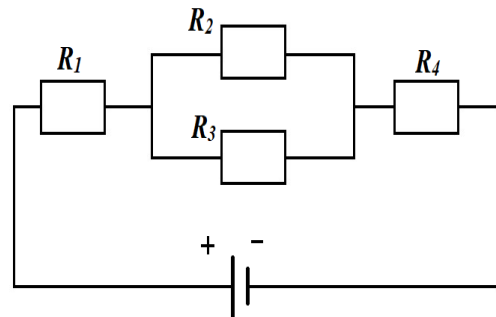
32. Agar sxema uchun $R_1=5 \text{ Om}$, $R_2=4 \text{ Om}$, $R_3=6 \text{ Om}$, $R_4=8 \text{ Om}$, $I_2=4 \text{ A}$ bo'lsa, berilgan sxema uchun ekvivalent qarshilik, zanjirning umumiy quvvat hamda tok aniqlansin

33. Agar sxema uchun $R_1=15 \text{ Om}$, $R_2=14 \text{ Om}$, $R_3=16 \text{ Om}$, $R_4=18 \text{ Om}$, $P_2=12 \text{ Vt}$ bo'lsa, berilgan sxema uchun ekvivalent qarshilik, zanjirdagi umumiy quvvat hamda tok aniqlansin



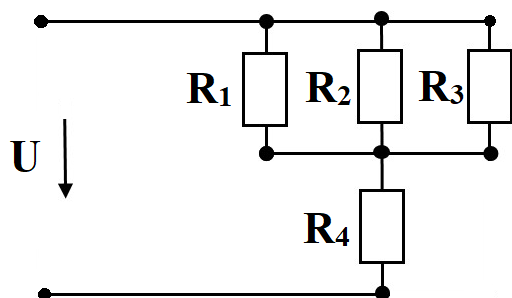
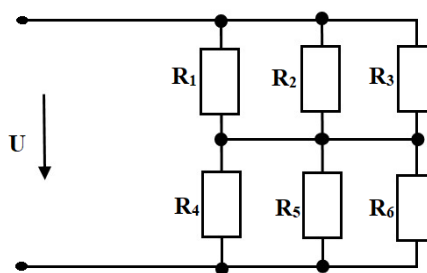
34. Agar sxema uchun $R_1=10 \text{ Om}$, $R_2=8 \text{ Om}$, $R_3=6 \text{ Om}$, $R_4=14 \text{ Om}$, $P_2=100 \text{ Vt}$ bo'lsa, berilgan sxema uchun ekvivalent qarshilik, zanjirning umumiy quvvati hamda tok aniqlansin

35. Agar sxema uchun $R_1=20 \text{ Om}$, $R_2=18 \text{ Om}$, $R_3=25 \text{ Om}$, $R_4=15 \text{ Om}$, $P_2=50 \text{ Vt}$ bo'lsa, berilgan sxema uchun ekvivalent qarshilik, zanjirning umumiy quvvati hamda toki aniqlansin



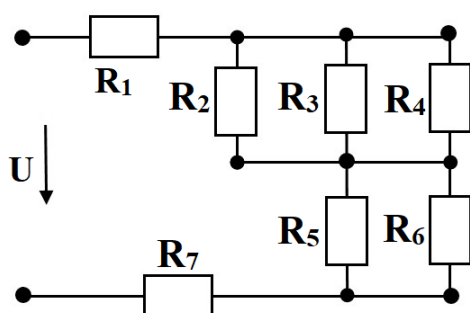
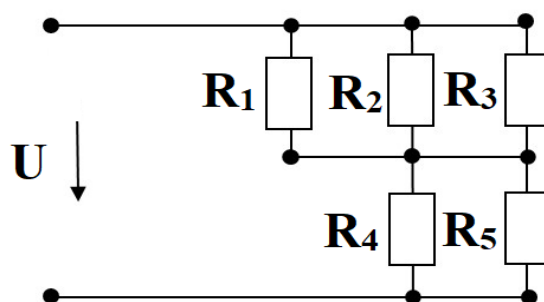
36. Agar sxema uchun $R_1=10 \text{ Om}$, $R_2=8 \text{ Om}$, $R_3=15 \text{ Om}$, $R_4=5 \text{ Om}$, $U=150 \text{ V}$ bo'lsa, berilgan sxema uchun ekvivalent qarshilik, zanjirning umumiy quvvati hamda tok aniqlansin

37. Agar sxema uchun $R_1=15 \text{ Om}$, $R_2=18 \text{ Om}$, $R_3=17 \text{ Om}$, $R_4=25 \text{ Om}$, $R_5=22 \text{ Om}$, $R_6=16 \text{ Om}$, $U=100 \text{ V}$ bo'lsa, berilgan sxema uchun ekvivalent qarshilik, zanjirning umumiy quvvati hamda tok aniqlansin



38. Agar sxema uchun $R_1=5 \text{ Om}$, $R_2=8 \text{ Om}$, $R_3=7 \text{ Om}$, $R_4=5 \text{ Om}$, $U=120 \text{ V}$ bo'lsa, berilgan sxema uchun ekvivalent qarshilik, zanjirning umumiy quvvati hamda tok aniqlansin

39. Agar sxema uchun $R_1=25 \text{ Om}$, $R_2=28 \text{ Om}$, $R_3=27 \text{ Om}$, $R_4=15 \text{ Om}$, $U=220 \text{ V}$ bo'lsa, berilgan sxema uchun ekvivalent qarshilik, zanjirning umumiy quvvati hamda toki aniqlansin.



40. Agar sxema uchun $R_1=15 \text{ Om}$, $R_2=18 \text{ Om}$, $R_3=17 \text{ Om}$, $R_4=15 \text{ Om}$, $R_5=12 \text{ Om}$, $R_6=14 \text{ Om}$, $R_7=9 \text{ Om}$, $U=120 \text{ V}$ bo'lsa, berilgan sxema uchun ekvivalent qarshilik, zanjirning umumiy quvvati hamda toki aniqlansin

41. Elektr zanjir uchun: $R_1=25 \text{ Om}$, $R_2=28 \text{ Om}$ qarshiliklar o'zaro ketma-ket, hamda ularning natijaviysiga o'zaro ketma ket ulangan $R_3=16 \text{ Om}$, $R_4=20 \text{ Om}$ qarshiliklar parallel ulangan. Ushbu zanjirning umumiy ekvivalent qarshiligini, agar zanjirda umumiy $I=8 \text{ A}$ tok oqsa, kuchlanish va quvvat topilsin.

42. Elektr zanjir uchun: $R_2=15 \text{ Om}$, $R_3=8 \text{ Om}$, $R_4=12 \text{ Om}$ qarshiliklar o'zaro ketma-ket, hamda ularning natijaviysiga o'zaro ketma ket ulangan $R_1=6 \text{ Om}$,

$R_5=20\text{ Om}$ qarshiliklar parallel ulangan. Ushbu zanjirning umumiy ekvivalent qarshiligini, agar zanjirda umumiy $I=5\text{ A}$ tok oqsa, kuchlanish va quvvat topilsin.

43.Elektr zanjir uchun: $R_2=5\text{ Om}$, $R_3=7\text{ Om}$ qarshiliklar o‘zaro ketma-ket, hamda ularning natijaviysiga o‘zaro ketma ket ulangan $R_1=16\text{ Om}$, $R_5=2\text{ Om}$, $R_4=10\text{ Om}$ qarshiliklar parallel ulangan. Ushbu zanjirning umumiy ekvivalent qarshiligini, agar zanjirda umumiy $U=150\text{ V}$ kuchlanish bo‘lsa, tok va quvvat topilsin.

44.Elektr zanjir uchun: $R_1=15\text{ Om}$, $R_3=17\text{ Om}$ qarshiliklar o‘zaro ketma-ket, hamda ularning natijaviysiga o‘zaro ketma ket ulangan $R_2=6\text{ Om}$, $R_5=2\text{ Om}$, $R_4=8\text{ Om}$ qarshiliklar parallel ulangan. Ushbu zanjirning umumiy ekvivalent qarshiligini, agar zanjirda umumiy $U=80\text{ V}$ kuchlanish bo‘lsa, tok va quvvat topilsin.

45.Elektr zanjir uchun: $R_1=3\text{ Om}$, $R_4=7\text{ Om}$, $R_2=12\text{ Om}$ qarshiliklar o‘zaro ketma-ket, hamda ularning natijaviysiga o‘zaro ketma ket ulangan $R_3=16\text{ Om}$, $R_5=18\text{ Om}$ qarshiliklar parallel ulangan. Ushbu zanjirning umumiy ekvivalent qarshiligini, agar zanjirda umumiy $U=80\text{ V}$ kuchlanish bo‘lsa, tok va quvvat topilsin.

46.Elektr zanjir uchun: $R_4=5\text{ Om}$, $R_5=7\text{ Om}$, $R_6=2\text{ Om}$ qarshiliklar o‘zaro ketma-ket, hamda ularning natijaviysiga o‘zaro ketma ket ulangan $R_1=6\text{ Om}$, $R_2=8\text{ Om}$, $R_3=8\text{ Om}$ qarshiliklar parallel ulangan. Ushbu zanjirning umumiy ekvivalent qarshiligini, agar zanjirda umumiy $I=10\text{ A}$ tok oqsa, kuchlanish va quvvat topilsin.

47.Elektr zanjir uchun: $R_1=25\text{ Om}$, $R_2=27\text{ Om}$, $R_3=22\text{ Om}$ qarshiliklar o‘zaro ketma-ket, hamda ularning natijaviysiga o‘zaro ketma ket ulangan $R_4=26\text{ Om}$, $R_5=28\text{ Om}$ qarshiliklar parallel ulangan. Ushbu zanjirning umumiy ekvivalent qarshiligini, agar zanjirda umumiy $U=120\text{ V}$ kuchlanish oqsa, bo‘lsa, tok va quvvat topilsin.

48.Elektr zanjir uchun: $R_1=13\text{ Om}$, $R_3=14\text{ Om}$ qarshiliklar o‘zaro ketma-ket, hamda ularning natijaviysiga o‘zaro ketma ket ulangan $R_2=16\text{ Om}$, $R_4=18\text{ Om}$ qarshiliklar parallel ulangan. Ushbu zanjirning umumiy ekvivalent qarshiligini, agar zanjirda umumiy $I=15\text{ A}$ tok oqsa, kuchlanish va quvvat topilsin.

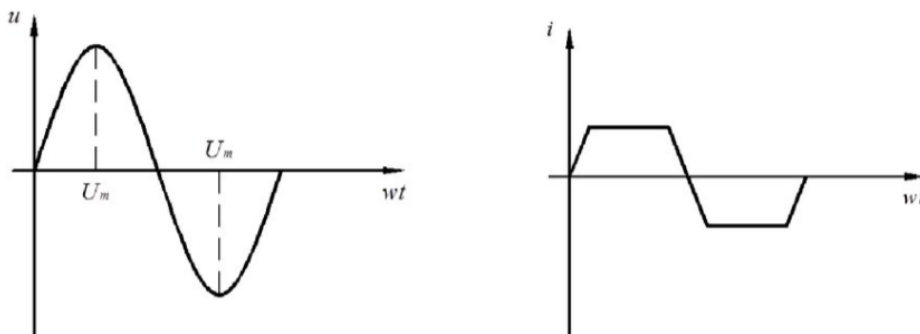
49.Elektr zanjir uchun: $R_4=5\text{ Om}$, $R_3=7\text{ Om}$ qarshiliklar o‘zaro ketma-ket, hamda ularning natijaviysiga o‘zaro ketma ket ulangan $R_2=6\text{ Om}$, $R_1=8\text{ Om}$, $R_5=2\text{ Om}$ qarshiliklar parallel ulangan. Ushbu zanjirning umumiy ekvivalent qarshiligini, agar zanjirda umumiy $U=200\text{ V}$ kuchlanish bo‘lsa, tok va quvvat topilsin.

50.Elektr zanjir uchun: $R_4=15\text{ Om}$, $R_3=9\text{ Om}$, $R_5=10\text{ Om}$ qarshiliklar o‘zaro ketma-ket, hamda ularning natijaviysiga o‘zaro ketma ket ulangan $R_2=6\text{ Om}$, $R_1=18\text{ Om}$, $R_6=12\text{ Om}$ qarshiliklar parallel ulangan. Ushbu zanjirning umumiy ekvivalent qarshiligini, agar zanjirda umumiy $U=110\text{ V}$ kuchlanish bo‘lsa, tok va quvvat topilsin.

5-MAVZU: BIR FAZALI O'ZGARUVCHAN TOK ZANJIRLARINI HISOBLASH

O'zgaruvchan elektr toki deb qiymati va yo'nalishi vaqt kesimida o'zgaruvchi tokga aytiladi.

O'zgaruvchan tok egri chizig'i shakli turlicha bo'ladi. Ushbu holatni quyidagi grafiklar orqali ko'rish mumkin.



5.1-rasm. O'zgaruvchan tok egri chizig'iga namunalar

Ko'rilayotgan vaqt onida o'zgaruvchan tok qiymatini oniy qiymat deb ataladi va kichik i harfi bilan belgilanadi.

Oniy tok bir xil vaqt ichida takrorlanib tursa, davriy tok deb ataladi:

$$i(t) = i(t + T).$$

O'zgaruvchan tok qiymati takrorlanadigan eng kichik vaqt oralig'i davr deb ataladi. Davr T sekunda o'lchanadi [s].

Sinusoidal qonunga ko'ra o'zgaruvchi davriy tok *sinusoidal tok* deb ataladi. Sinusoidal tok oniy qiymati quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$i(t) = I_m \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot t + \varphi_i\right) = I_m \cdot \sin(2\pi f \cdot t + \varphi_i) = I_m \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi_i),$$

bu yerda: I_m – tokning maksimal yoki amplituda qiymati.

Sinusoidal tok yoki kuchlanish amplituda qiymatini ossillograf yordamida o'lchash mumkin.

Sinusoidal funksiya argumenti $\frac{2\pi}{T} \cdot t + \varphi_i$ ni faza deb ataladi. $t = 0$ vaqt onida fazaga teng φ qiymatini boshlang'ich faza deb ataladi. Faza radian [rad] yoki gradusda o'lchanadi.

Davrga teskari qiymatni chastota deb ataladi.

$$f = \frac{1}{T}, \quad [Hz].$$

Chastota f Gers [Hz] da o'lchanadi.

$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \cdot f$ aylanish (yoki burchak) chastotasi deb ataladi va ushbu burchak chastotasi [rad/s] da o'lchanadi.

Agar sinusoidal toklar boshlang'ich fazasi bir xil chastotalarda bir xil bo'lsa ushbu toklar fazasi mos kelishini bildiradi.

Agar faza bo'yicha bir xil bo'lmasa toklar faza bo'yicha siljigan deyiladi. Ikki sinusoidal tok faza siljishi boshlang'ich fazalar farqidan topiladi:

$$\varphi = \varphi_1 - \varphi_2.$$

Elektromagnit tizimdagi ampermetr va voltmetrlar o'zgaruvchan tok va kuchlanishning amaldagi qiymatini o'lchaydi.

O'zgaruvchan tok amaldagi qiymati deb davrdagi tokning o'rtacha kvadratiga aytiladi.

$i = I_m \cdot \sin \omega t$ sinusoidaning ta'sir etuvchi qiymatini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$\begin{aligned} I &= \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_0^T I_m^2 \cdot \sin^2 \omega t \cdot dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_0^T I_m^2 \cdot \frac{1 - \cos^2 \omega t}{2} \cdot dt} \\ &= \frac{I_m}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{\int_0^T dt - \int_0^T \cos^2 \omega t dt} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}. \end{aligned}$$

Kuchlanish va EYuK ning ta'sir etuvchi qiymati ham shu tarzda aniqlanadi:

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}, \quad U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}, \quad E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}.$$

Tok va kuchlanish oniy qiymati uchun Om va Kirxgof qonunlari:

Tokning oniy qiymati uchun Om qonuni $i = \frac{u}{R}$.

Oniy qiymatlar uchun Kirxgof qonuni $\sum i = 0, \sum e = \sum u$.

Masalalar.

1-masala. O'zgaruvchan tok generatori ta'minlayotgan tarmoqning chastotasi $f=50$ Hz. Agar generator rotorining chastotasi $n_1 = 1000$ ayl/min bo'lsa, rotor aylanishining burchak chastotasi ω_r ni toping.

Yechish:

Generatorning juft qutblari sonini topamiz:

$$p = \frac{60f}{n_1} = \frac{60 \cdot 50}{1000} = 3.$$

Rotor aylanishining burchak chastotasi:

$$\omega_r = \frac{\pi n}{30} = \frac{3,14 \cdot 1000}{30} = 104,5 \text{ sek}^{-1}.$$

O'zgaruvchan tokning burchak chastotasi:

$$\omega = \omega_r \cdot p = 104,5 \cdot 3 = 314 \text{ sek}^{-1};$$

yoki

$$\omega = 2\pi f = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 = 314 \text{ sek}^{-1}.$$

Javob: $\omega_r = 104,5 \text{ sek}^{-1}$.

2-masala. Tokning qiymati $i = 62,8 \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$ qonuniyat orqali o'zgarsa, sinusoidal tokning o'rtacha qiymati $I_{o'rtacha}$ ni toping.

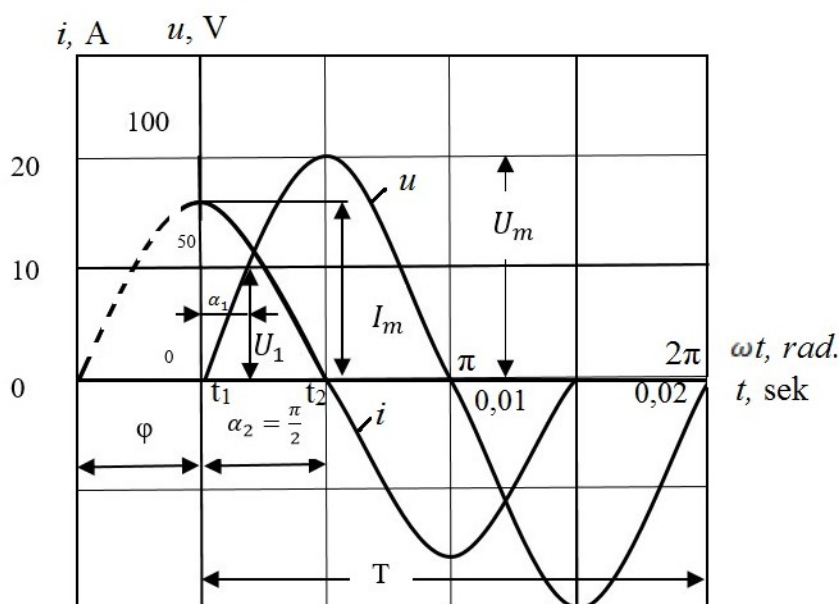
Yechish:

$$I_{o'rtacha} = \frac{2}{\pi} \cdot I_m = \frac{2}{3,14} \cdot 62,8 = 2 \cdot 20 = 40 \text{ A}.$$

Javob: $I_{o'rtacha} = 40 \text{ A}$

3-masala.

Sinusoidal tok va kuchlanish uchun quyidagi rasmda ma'lumot keltirilgan. Kuchlanish va tokning oniy qiymatlarining ifodasini yozing. Davr T ni va tokning boshlang'ich fazasi φ_0 ga to'g'ri keladigan t_0 vaqtni, shuningdek, tok chastotasi $f=50$ Hz bo'lsa, u_1 va u_2 kuchlanishlarning $t_1 = 0,00167 \text{ sek.}$ va $t_2 = 0,005 \text{ sek.}$ vaqtdagi oniy qiymatlarini toping.



5.2-rasm. Kuchlanish va tokning vaqtga bog'liqlik grafigi

Yechish:

$$u = U_m \sin \omega t = 100 \sin 314t, \quad [V].$$

$$i = I_m \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) = 15 \sin \left(314t + \frac{\pi}{2} \right), \quad [A].$$

bu yerda: U_m , I_m – kuchlanish va tokning amplituda qiymati.

Tokning boshlang'ich fazasi (radianda): $\varphi_0 = \frac{90^\circ \cdot 2\pi}{360^\circ} = \frac{\pi}{2}$.

O'zgaruvchan tok va kuchlanishning davri:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} = 0,02 \text{ sek.}$$

Hisoblashning boshlanish vaqti, ya'ni tokning boshlang'ich fazasiga to'g'ri keladigan vaqt:

$$t_0 = \frac{\varphi_0}{\omega} = \frac{\frac{\pi}{2}}{\frac{2\pi}{T}} = \frac{\pi \cdot T}{2 \cdot 2\pi} = \frac{T}{4} = \frac{0,02}{4} = 0,005 \text{ sek.}$$

Vaqtning t_1 nuqtasida:

$$\alpha_1 = \omega \cdot t_1 = \frac{\pi}{6} = 30^\circ; \quad u_1 = 100 \sin \omega t_1 = 100 \sin 30^\circ = 100 \cdot 0,5 = 50 \text{ V};$$

t_2 nuqtasida:

$$\alpha_2 = \omega \cdot t_2 = \frac{\pi}{2} = 90^\circ; \quad u_2 = 100 \sin \omega t_2 = 100 \sin 90^\circ = 100 \cdot 1 = 100 \text{ V.}$$

Javob: $T = 0,02 \text{ sek}$; $\varphi_0 = \frac{\pi}{2}$; $t_0 = 0,005 \text{ sek}$; $\alpha_1 = 30^\circ$; $u_1 = 50 \text{ V}$; $\alpha_2 = 90^\circ$; $u_2 = 100 \text{ V}$.

4-masala.

O'zgaruvchan tok uchun tenglama $i = 77 \sin 314t$ bilan berilgan. $t = 2 \text{ ms}$ da tokning amplituda qiymatini, chastotasini, davrini va oniy qiymatini toping.

Yechish:

$$t = 2 \text{ ms} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ sek.}$$

O'zgaruvchan tokning umumiy tenglamasi: $i = I_m \sin \omega t$.

1. Tenglamada sinusoidal tokning maksimal qiymat, $I_m = 77 \text{ A}$.

2. Chastotasi $f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{314}{2 \cdot 3,14} = \frac{100}{2} = 50 \text{ Hz}$ Davri $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} = 0,02 \text{ sek}$.

3. Sinusoidal tokning oniy qiymatini topamiz:

$$i = 77 \sin(314 \cdot 2 \cdot 10^{-3}) = 77 \arcsin(0,628) = 77 \cdot 0,5875 \approx 45,24 \text{ A.}$$

Javob:

$$I_m = 77 \text{ A}; \quad f = 50 \text{ Hz}; \quad T = 0,02 \text{ sek.}; \quad i = 45,24 \text{ A.}$$

5-masala.

$L = 400 \text{ mGn}$ induktiv qarshilik $I_{eff} = 6 \text{ mA}$ effektiv tok o'tadigan o'zgaruvchan tok zanjiriga ulangan. Chastota $f = 1000 \text{ Hz}$ bo'lsa, induktiv g'altakdagi kuchlanishni toping.

Yechish:

$$X_L = \omega \cdot L = 2\pi \cdot f \cdot L = 2 \cdot 3,14 \cdot 1000 \cdot 0,4 = 2512 \Omega.$$

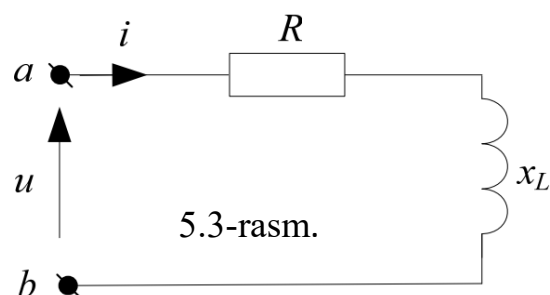
G'altakdagi kuchlanish:

$$U = I \cdot X_L = 6 \cdot 10^{-3} \cdot 2512 = 15,07 \text{ V}.$$

Javob: $U = 15,07 \text{ V}$

6-masala.

Agar ushbu sxemadagi zanjir uchun $u(t) = 282 \sin(\omega t + 20^\circ) \text{ V}$, $R = 8 \text{ Om}$, $X_L = 6 \text{ Om}$ bo'lsa, 5.3-rasmdagi elektr zanjir uchun aktiv, reaktiv va to'la quvvatlarni hisoblab toping.



Yechish:

Biz masalaning yechishini kompleks ko'rinishda amaliy hisob-kitob qilamiz.

$$\dot{U} = \frac{282}{\sqrt{2}} e^{j20^\circ} \text{ V}.$$

Sxemaning kirish qismidagi qarshiligining kompleks qiymatini aniqlaymiz:

$$\underline{Z} = R + jX_L = 8 + j6 = 10e^{j36,87^\circ} \text{ Om}.$$

Om qonuniga muvofiq tokning effektiv qiymatini kompleks ko'rinishini topamiz:

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{\underline{Z}} = \frac{200e^{j20^\circ}}{10e^{j36,87^\circ}} = 20e^{-j16,87^\circ} \text{ Om}.$$

Aktiv quvvat: $P = I^2 \cdot R = 20^2 \cdot 8 = 3200 \text{ Vt}$.

Reaktiv quvvat: $Q = I^2 \cdot X_L = 20^2 \cdot 6 = 2400 \text{ VAr}$.

To'la quvvat: $S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{3200^2 + 2400^2} = 4000 \text{ VA}$.

Tekshiramiz:

$$\varphi = \alpha - \beta = 20 - (-16,87^\circ) = 36,87^\circ;$$

$$P = S \cdot \cos\varphi = 4000 \cdot \cos 36,87^\circ = 3200 \text{ Vt};$$

$$Q = S \cdot \sin\varphi = 4000 \cdot \sin 36,87^\circ = 2400 \text{ VAr}.$$

Javob: $P = 3200 \text{ Vt}$, $Q = 2400 \text{ VAr}$, $S = 4000 \text{ VA}$

7-masala.

25 Hz chastotali sinusoidal o'zgaruvchan tokning maksimal qiymati 100 A ga teng. Tokning 20 va 100 A qiymatlariga erishish uchun qancha vaqt kerak bo'ladi?

Yechish:

O'zgaruvchan tok uchun sinusoidal qonun quyidagicha: $i = I_m \cdot \sin \omega t$.

Bizda berilgan ma'lumotlar:

$$I_m = 100 \text{ A}, \quad f = 25 \text{ Hz};$$

$$\omega = 2\pi f = 2 \cdot \pi \cdot 25 = 50\pi.$$

Shundan:

$$i = 100 \cdot \sin 50\pi t.$$

a) Agar tok 20 A qiymatiga erishsa, bu tokning oniy qiymatini anglatadi, ya'ni:

$$i = 20 = 100 \cdot \sin 50\pi t;$$

$$\frac{20}{100} = \sin 50\pi t;$$

$$\sin 50\pi t = 0,2;$$

$$50\pi t = \sin^{-1} 0,2 = 11,5^\circ;$$

$$50\pi t = 11,5^\circ;$$

$$t_1 = \frac{11,5^\circ}{50\pi} = \frac{11,5^\circ}{50 \cdot 180^\circ} = 0,00128 \text{ sek.}$$

b) Tok 100 A qiymatiga erishsa, ya'ni:

$$i = 100 \cdot \sin 50\pi t;$$

$$100 = 100 \cdot \sin 50\pi t;$$

$$50\pi t = \sin^{-1} \cdot 1 = 90^\circ;$$

$$50\pi t = 90^\circ;$$

$$t_2 = \frac{90^\circ}{50 \cdot 180^\circ} = 0,01 \text{ sek.}$$

Javob: $t_1 = 0,00128 \text{ sek}$, $t_2 = 0,01 \text{ sek}$.

8-masala.

Induktivligi $L = 1,405 \text{ Gn}$ g'altak va $R = 40 \Omega$ bo'lgan elektr qarshilik hamda $C = 20 \text{ mkF}$ sig'imli kondensatorlar ketma-ket ulangan. Zanjirning rezonans chastotasi f ni hisoblang. Agar rezonans holatida zanjirga $U = 100 \text{ V}$ kuchlanish qo'llanilsa, ta'minotdan olingan tokni va g'altakning va kondensatordagi kuchlanishni, sifat koeffitsiyentini hisoblang.

Yechish:

$$R = 40 \, \Omega, L = 1,405 \, \text{Gn}, C = 20 \cdot 10^{-6} \, \text{F}.$$

Rezonans chastotasi:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{1,405 \cdot 20 \cdot 10^{-6}}} = 30 \, \text{Hz}.$$

Induktiv qarshilik:

$$X_{L_0} = \omega \cdot L = 2\pi \cdot f_0 \cdot L = 2 \cdot 3,14 \cdot 30 \cdot 1,405 = 264,7 \, \Omega.$$

Rezonans vaqtidagi tok:

$$I_0 = \frac{U}{R} = \frac{100}{40} = 2,5 \, \text{A}.$$

Rezonans vaqtidagi to'la qarshilik:

$$Z_0 = R + jX_{L_0};$$

$$Z_0 = \sqrt{R^2 + X_{L_0}^2} = \sqrt{40^2 + 264,7^2} = 267,7 \, \Omega.$$

Sig'im qarshilik:

$$X_{C_0} = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot f_0 \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 30 \cdot 20 \cdot 10^{-6}} = 265,4 \, \Omega.$$

Kondensatordagi kuchlanish:

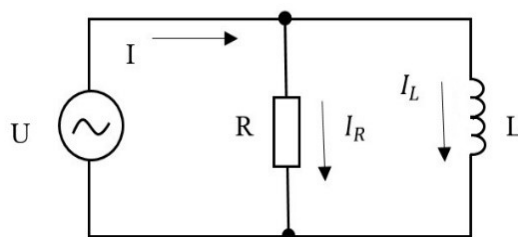
$$U_{C_0} = I_0 \cdot X_{C_0} = 2,5 \cdot 265,4 = 663,5 \, \text{V}.$$

Sifat ko'effitsiyenti:

$$Q_0 = \frac{\omega_0 \cdot L}{R} = \frac{2\pi \cdot f_0 \cdot L}{R} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 30 \cdot 1,405}{40} = 6,6175.$$

9-masala.

5.4-rasmda berilgan elektr zanjir uchun generator kuchlanishi $U = 10 \, \text{V}$, tarmoq chastotasi $f = 60 \, \text{Hz}$. Qiymati $R = 5 \, \Omega$ bo'lgan elektr qarshilik va induktivligi $L = 10 \, \text{mGn}$ bo'lgan induktiv g'altakdan iborat elektr zanjirdagi I_R, I_L, I, Z va aktiv qarshilik R dagi tok I_R hamda zanjirning umumiy toki I orasidagi burchak kosinusi $\cos\alpha$ ni toping.



5.4-rasm.

Yechish:

Induktiv qarshilikni topamiz:

$$X_L = \omega \cdot L = 2\pi \cdot f \cdot L = 2 \cdot 3,14 \cdot 60 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 3,768 \, \Omega.$$

Aktiv qarshilikdan o'tuvchi tokni topamiz:

$$I_R = \frac{U}{R} = \frac{10}{5} = 2 \text{ A.}$$

Induktiv qarshilikdag tokni topamiz:

$$I_L = \frac{U}{R} = \frac{10}{3,768} = 2,65 \text{ A.}$$

Umumiy tokni topamiz:

$$I = \sqrt{I_R^2 + I_L^2} = \sqrt{2^2 + 2,65^2} = 3,32 \text{ A.}$$

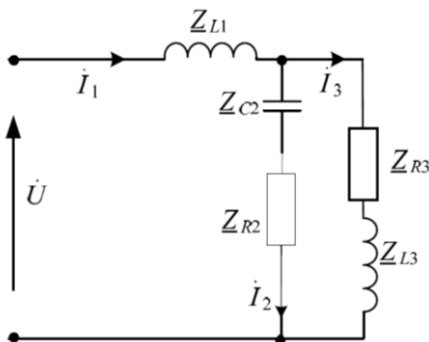
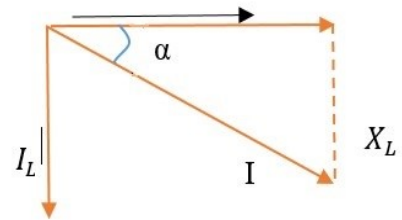
To'la qarshilikni topamiz:

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{10}{3,32} = 3,01 \Omega.$$

Aktiv qarshilik R dagi tok I_R hamda zanjirning umumiy toki I orasidagi burchak kosinusi $\cos\alpha$ ni hamda α burchakning qiymatini topamiz:

$$\cos\alpha = \frac{I_R}{I} = \frac{2}{3,32} = 0,6; \quad \alpha = \cos^{-1}0,6 = -52,98^\circ.$$

Javob: $I_R = 2 \text{ A}$, $I_L = 2,65 \text{ A}$, $I = 3,32 \text{ A}$, $Z = 3,01 \Omega$, $\cos\alpha = 0,6$, $\alpha = -52,98^\circ$.



5.5-rasm

10-masala. 5.5-rasmdagi sxemada elementlarning kompleks qarshiliklarini hisoblang (burchak chastotasi $\omega = 314 \text{ rad/sek}$), $R_2 = 25 \text{ Om}$, $R_3 = 35 \text{ Om}$, $L_1 = 60 \text{ mGn}$, $L_3 = 120 \text{ mGn}$, $C_2 = 60 \text{ mkF}$.

Yechish:

Sxemadagi elementlarning kompleks qarshiliklarini aniqlaymiz:

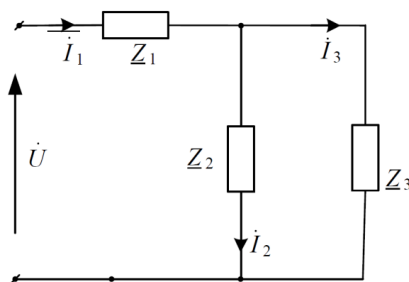
$$\underline{Z}_{L1} = j \cdot \omega \cdot L_1 = j314 \cdot 60 \cdot 10^{-3} = 18,84j \text{ Om};$$

$$\underline{Z}_{L3} = j \cdot \omega \cdot L_3 = j314 \cdot 120 \cdot 10^{-3} = 37,68j \text{ Om};$$

$$\underline{Z}_{R2} = R_2 = 20 \text{ Om}; \quad \underline{Z}_{R3} = R_3 = 35 \text{ Om};$$

$$\underline{Z}_{C2} = -\frac{1}{j \cdot \omega \cdot C_2} = \frac{1}{j \cdot 314 \cdot 60 \cdot 10^{-6}} = 53,1 \text{ Om}.$$

Keling, ketma-ket ulangan qarshiliklarni qo'shish orqali sxemani soddalashtiramiz.



5.6-rasm.

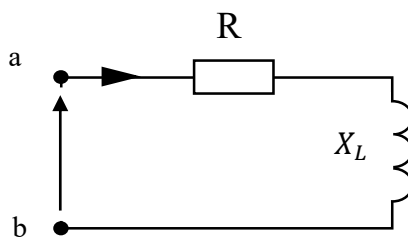
$$\underline{Z}_1 = \underline{Z}_{L1} = 18,84j = 18,84e^{j90^\circ} \text{ Om};$$

$$\underline{Z}_2 = \underline{Z}_{R2} + \underline{Z}_{C2} = 20 + 53,1j = 20.$$

Mustaqil ishlash uchun masalalar

1. O'zgaruvchan tok generatori ta'minlayotgan tarmoqning chastotasi $f=50$ Hz. Agar generator rotorining chastotasi $n_1 = 1500 \text{ ayl/min}$ bo'lsa, rotor aylanishining burchak chastotasi ω_r ni toping.
2. O'zgaruvchan tok generatori ta'minlayotgan tarmoqning chastotasi $f=60$ Hz. Agar generator rotorining chastotasi $n_1 = 750 \text{ ayl/min}$ bo'lsa, rotor aylanishining burchak chastotasi ω_r ni toping.
3. Induktivligi $L = 700 \text{ Gn}$ g'altak va $R = 20 \Omega$ bo'lgan elektr qarshilik hamda $C = 100 \text{ mkF}$ sig'imli kondensatorlar ketma-ket ulangan. Zanjirning rezonans chastotasi f ni hisoblang. Agar rezonans holatida zanjirga $U = 110 \text{ V}$ kuchlanish qo'llanilsa, ta'minotdan olingan tokni va g'altakning va kondensatordagi kuchlanishni, sifat koeffitsiyentini hisoblang.
4. $R = 15 \Omega$ bo'lgan elektr qarshilik hamda $C = 10 \text{ mkF}$ sig'imli kondensatorlar ketma-ket ulangan. Zanjirning rezonans chastotasi f ni hisoblang. Agar rezonans hodisasi ro'y bergan holatda zanjirga $U = 150 \text{ V}$ kuchlanish qo'llanilsa, ta'minotdan olingan tokni va kondensatordagi kuchlanishni, sifat koeffitsiyentini hisoblang.
5. Induktivligi $L = 100 \text{ Gn}$ g'altak va $C = 10 \text{ mF}$ sig'imli kondensatorlar ketma-ket ulangan. Zanjirning rezonans chastotasi f ni hisoblang. Agar rezonans holatida zanjirga $U = 120 \text{ V}$ kuchlanish qo'llanilsa, ta'minotdan olingan tokni va g'altakning va kondensatordagi kuchlanishni, sifat koeffitsiyentini hisoblang.
6. 50 Hz chastotali sinusoidal o'zgaruvchan tokning maksimal qiymati 700 A ga teng. Tokning 200 va 350 A qiymatlariga erishish uchun qancha vaqt kerak bo'ladi?
7. O'zgaruvchan tok uchun tenglama $i = 775 \sin 3,14t$ bilan berilgan. $t = 20 \text{ s}$ da tokning amplituda qiymatini, chastotasini, davrini va oniy qiymatini toping.

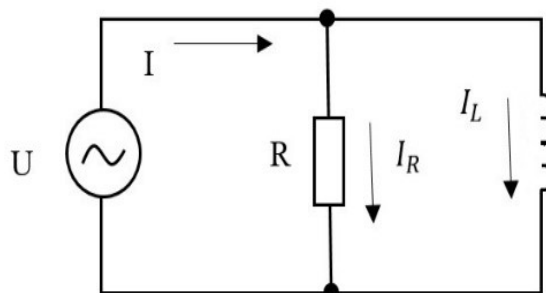
8. Agar $u(t) = 380 \sin(\omega t + 40^\circ) V$, $R=28 \Omega$, $X_L = 16 \Omega$ bo'lsa, 5.7-rasmdagi elektr zanjir uchun aktiv, reaktiv va to'la quvvatlarni hisoblab toping.



5.7-rasm.

9. Induktivligi $L = 1,405 \text{ Gn}$ g'altak va $R = 40 \Omega$ bo'lgan elektr qarshilik hamda $C = 20 \text{ mkF}$ sig'imli kondensatorlar ketma-ket ulangan. Zanjirning rezonans chastotasi f ni hisoblang. Agar rezonans holatida zanjirga $U = 100 V$ kuchlanish qo'llanilsa, ta'minotdan olingan tokni va g'altakning va kondensatordagi kuchlanishni, sifat ko'effitsiyentini hisoblang.

10. 5.8-rasmda berilgan elektr zanjir uchun generator kuchlanishi $U = 110 V$, tarmoq chastotasi $f = 50 \text{ Hz}$. Qiymati $R = 15 \Omega$ bo'lgan elektr qarshilik va induktivligi $L = 100 \text{ mGn}$ bo'lgan induktiv g'altakdan iborat elektr zanjirdagi I_R, I_L, I, Z va aktiv qarshilik R dagi tok I_R hamda zanjirning umumiy toki I orasidagi burchak kosinusi $\cos \alpha$ ni toping.



5.8-rasm.

11. Induktivligi $L = 40 \text{ mGn}$ g'altak va $R = 4 \Omega$ bo'lgan elektr qarshilik hamda $C = 200 \text{ mkF}$ sig'imli kondensatorlar parallel ulangan. Zanjirning rezonans chastotasi f ni hisoblang. Agar rezonans holatida zanjirga $U = 220 V$ kuchlanish qo'llanilsa, ta'minotdan olingan tokni va g'altakning va kondensatordagi kuchlanishni hisoblang.

12. O'zgaruvchan tok motorini energiya bilan ta'minlayotgan tarmoqning chastotasi $f=50 \text{ Hz}$. Agar motor rotorining chastotasi $n_1 = 1500 \text{ ayl/min}$, $U=220 V$ bo'lsa, rotor aylanishining burchak chastotasi ω_r ni hamda aylanish davri T ni toping.

13. Manbaning tashqi qisqichlaridagi kuchlanish $u = 564 \sin(314t + 30^\circ)$, g'altakning induktivligi esa $L = 63,7 \cdot 10^{-3} \text{ Gn}$. Tokning oniy va effektiv qiymatlarini, g'altakning induktiv qarshiligining qiymatini va induktiv reaktiv quvvatni aniqlang.

14. Manbaning tashqi qisqichlari orasidagi kuchlanish $u = 310,2 \sin(314t + 15^\circ)$ qonuniga muvofiq o'zgaradi. Ideal sig'im elementi elektr energiyasi manbaga ulangan, uning sig'imi $C = 159,2 \cdot 10^{-6} \text{ F}$. Manba va sig'im elementini bog'laydigan chiziq

parametrlarining ta'siri hisobga olinmaydi. Effektiv va oniy oqim qiymatlarini, shuningdek, sig'imli reaktiv quvvatni hisoblang.

15. Manbaning tashqi qisqichlari orasidagi kuchlanish $u = 175\sin(\omega t + 30^\circ)$ qonuniga ko'ra vaqt o'tishi bilan o'zgaradi. Aktiv r va induktiv x_L qarshiliklar ketma-ket manbaning tashqi qisqichlariga ulanadi. Qarshilik qiymatlari mos ravishda 4 va 3 Om. Ushbu elektr zanjirini hisoblang.

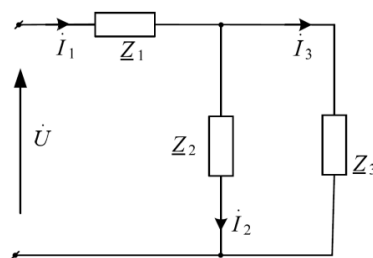
16. Manbaning tashqi qisqichlaridagi kuchlanish qonunga muvofiq vaqt o'tishi bilan o'zgaradi $u = 534,8\sin(\omega t + 30^\circ)$. Ketma-ket manbaning tashqi qisqichlariga ulangan aktiv r va sig'imli x_c mos ravishda 6 va 8 Om. Ushbu elektr zanjirini hisoblang.

17. Manba kuchlanishining oniy qiymati $u = 565\sin(314t + 30^\circ)$, rezistorning aktiv qarshiligi $r = 20\text{ m}$, induktivligi $L = 0,223\text{ Gn}$, sig'imi $C = 106 \cdot 10^{-6}\text{ F}$ bo'lgan elektr zanjirini hisoblang.

18. Elektr zanjirida $u = 311\sin\omega t$ $r_1 = 20\text{ m}$, $x_{L1} = 50\text{ m}$, $r_2 = 60\text{ m}$, $x_{c2} = 80\text{ m}$, $r_3 = 40\text{ m}$. Berilgan elektr zanjirini hisoblang hamda kuchlanish va toklarning vektor diagrammasini tuzing.

19. 5.9-rasmda berilgan elektr zanjirida quyidagilar ma'lum: $\underline{Z}_1 = 50 - 10j\text{ Om}$, $\underline{Z}_2 = 15 + 12j\text{ Om}$, $\underline{Z}_3 = 50\text{ Om}$, $\dot{U} = 252 \cdot e^{j45^\circ}\text{ V}$. Tarmoqlardagi toklarni toping.

20. 5.9-rasmda berilgan elektr zanjirida quyidagilar ma'lum: $\underline{Z}_1 = 40 - 20j\text{ Om}$, $\underline{Z}_2 = 10 + 20j\text{ Om}$, $\underline{Z}_3 = 50\text{ Om}$, $\dot{U} = 282 \cdot e^{j45^\circ}\text{ V}$. Tarmoqlardagi toklarni toping.



5.9-rasm

21. Rezistordan iborat zanjirdagi tok va kuchlanishlarining oniy qiymati mos ravishda $i = 1,41\sin\left(31,4t + \frac{\pi}{3}\right)\text{ A}$; va $u = 51\sin\left(3,14t + \frac{\pi}{3}\right)\text{ V}$ ga teng. Rezistor qarshiligi, tok va kuchlanishning ta'sir etuvchi qiymatlarini toping.

22. Tok va kuchlanishning oniy qiymatlari ifodasi $i = 14,2\sin(\omega t + 45^\circ)\text{ A}$; va $u = 120\sin(\omega t + 30^\circ)\text{ V}$. Zanjirga ulangan ampermetr va voltmeter ko'rsatishini hamda zanjir qarshilgini aniqlang.

23. Nominal kuchlanishi 110 V va quvvati 50 Vt li elektrotexnik qurilmani kuchlanishi 220 V, chastotasi 50 Hz bo'lgan o'zgaruvchan tok tarmog'iga ulash kerak. Shu

qurilmaga ortiqcha kuchlanishni kompensatsiya qilish uchun ketma-ket ulanadigan kondensator sig'imini hisoblang.

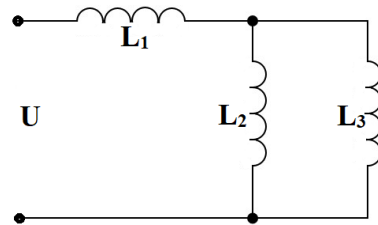
24. Induktivligi 1 mGn bo'lgan g'altakka 50 Gs chastotada reaktiv qarshiligi 1 Om bo'lishi uchun qanday induktiv g'altak ketma-ket ulanish kerak?

25. Induktiv g'altakli o'zgaruvchan tok zanjirida:

a) agar kuchlanish chasatotasi 4 baravar kamaytirilsa;

b) induktivlik 2 baravar oshsa, tok qanday o'zgaradi?

26. Kuchlanishi 42 V va chastotasi 400 Hz bo'lgan manbaga quyidagi 5.10-rasmdagidek zanjir ulangan.



Zanjirning ekvivalent qarshiligi aniqlansin. Bunda $L_1 = 2 \cdot L_2 = 5.10\text{-rasm Gn}$.

27. Kuchlanishi 220 V o'zgaruvchan tok sanoat tarmog'iga sig'imi 10 mkF kondensator va uni shuntlovchi 1 kOm qarshilik ulangan. Kondensatordan o'tadigan tokning ifodasi yozilsin, kondensator o'tkazuvchanligining uchburchagi va toklarning vektor diagrammasi qurilsin.

28. Kuchlanishlarning oniy qiymati $u = 59 \sin(314t - 45^\circ) V$ ifoda bilan aniqlanadigan uchta bir xil manbalarga resistor, induktiv g'altak va kondensator ulangan. Agar $R = 10 Om, L = 10 mGn, C = 1 mkF$ bo'lsa, har bir holdagi toklarning oniy qiymat ifodasi yozilsin

29. Kuchlanishi 220 V bo'lgan sanoat tarmog'iga aktiv qarshiligi 6 Om va induktivligi 50 mGn bo'lgan g'altak ulangan. G'altakdagi tokning ifodasi yozilsin, g'altakning qarshiliklar uchburchagi va kuchlanishlarning vektor diagrammasi qurilsin.

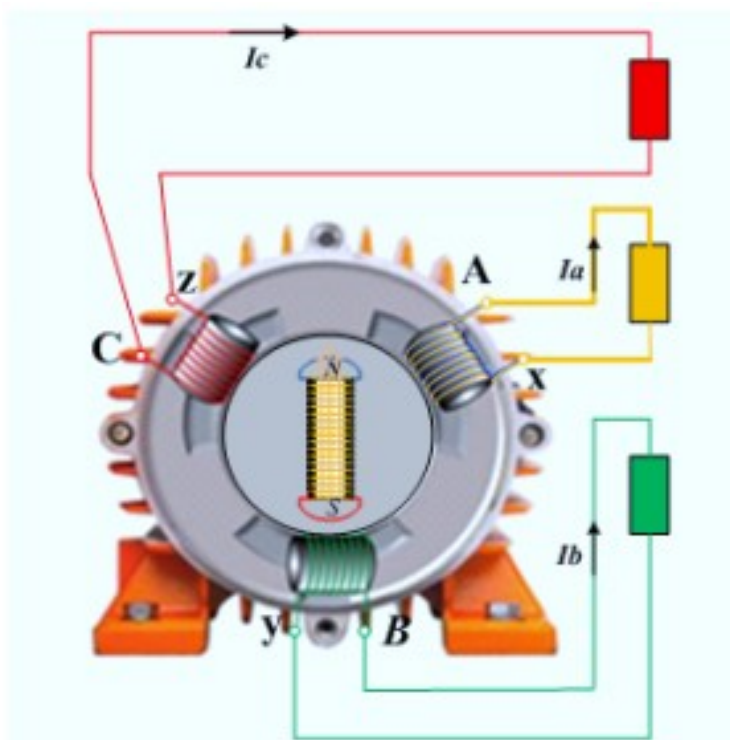
30. Bir jinsli magnit maydonda 3000 ayl/min tezlik bilan ramka aylanmoqda. Ramkada induksiyalangan EYK ning burchak va xususiy chastotalarini aniqlang.

6-MAVZU: UCH FAZALI O'ZGARUVCHAN TOK ZANJIRLARINI HISOBLASH

Uch fazali elektr tizimi deb uchta elektr jihatdan bog'langan bir fazali tizimga aytilib, ularda bir generator ishlab chiqarayotgan bir xil chastota bilan bir biridan 120° siljigan bir xil qiymatli EYuK ta'sir qiladi.

1882-1884 yillarda rus olimi va muhandisi M.O.Dolivo -Dobrovolskiy uch fazali tizimni ishlab chiqqan. U tomonidan uch fazali generator, transformator, asinxron motorlar ishga tushirilgan. Uch fazali tizim o'zining soddaligi, nisbatan arzonligi, yuqori ishonchliligi sababli o'tgan vaqt davomida sinovdan o'tdi va hozirgi kunda butun dunyoda keng qo'llanilmoqda.

Oddiy uch fazali generator ikki asosiy qism: qo'zg'almas qismi stator va aylanuvchi qismi rotordan tashkil topadi.

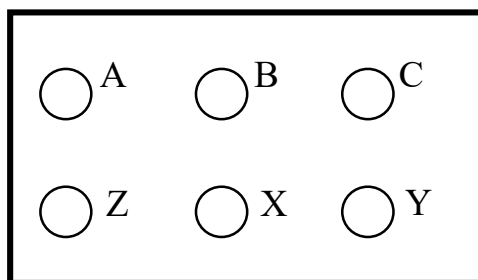


6.1-rasm. Sodda uch fazali generator

Stator generatorning qo'zg'almas qismi bo'lib, unda korpus ichki tomonida bir-biridan 120° ga siljigan holda uchta chulg'am joylashtirilgan bo'ladi. Chulg'amlar boshi A, B, C va oxiri X, Y, Z harflari bilan belgilangan.

Generatorning har bir chulg'ami va uning elektr zanjiri faza deb ataladi. Generatorning qo'zg'aluvchi qismi: rotor – o'zgarmas tok manbasidan ta'minlanuvchi chulg'amli elektromagnitdir.

Amalda statorning barcha chulg'amlari boshi va oxiri qutiga chiqariladi.



6.2-rasm. Generator chulgʻamlari chiqish shiti

Elektr stansiya va podstansiyalarda texnik xizmat koʻrsatish va markalash qulayligi uchun fazalar qatʼiy rangga ega boʻlib, **A-x – sariq**, **B-y – yashil**, **C-z – qizil** bilan belgilanadi.

Rotor aylanganda uning magnit oqimi ham aylanadi. Natijada statorning har bir chulgʻamiga maksimal amplituda E_{mA} , E_{mB} , E_{mC} bilan sinusoidal EYuK induksiyanadi, mos ravishda $E_{mA} = E_{mB} = E_{mC} = E_m$.

Shu tarzda barcha fazalar amplituda qiymati bir xil qiymatga ega. Qoʻshni fazalar EYuK orasida 120° siljish burchagi hosil boʻladi. EYuK oʻzgarish chastotasi rotor aylanish tezligiga proporsionaldir.

Vaqt onini hisoblash oniy deb A-x chulgʻamida EyuK – E_A nolga teng deb olsak, rotorning soat miliga teskari aylanishida:

Birinchi chulgʻam EYuK:

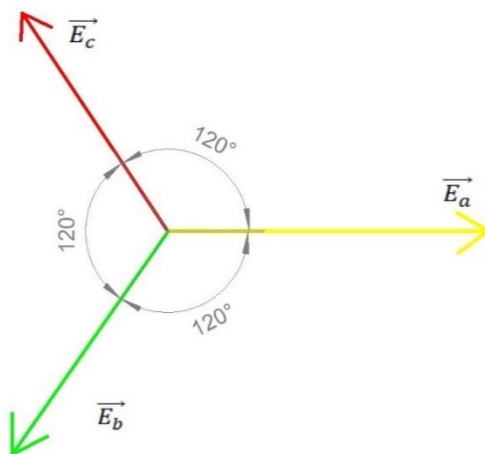
$$e_A = E_m \sin \omega t ;$$

shunda

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

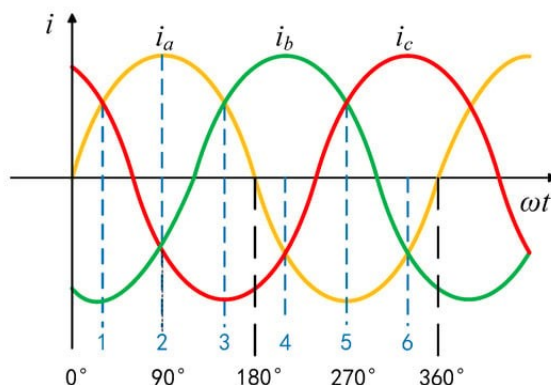
mos ravishda

$$e_C = E_m \sin(\omega t + 120).$$



6.3-rasm. Stator chulgʻami EYuK vektor diagrammasi

Uch fazali EYuK simmetrik tizimi – bu bir xil chastota va amplitudaga ega bo‘lgan va bir biridan fazasi 120° siljigan uchta EYuK jamlanmasidir.



6.4-rasm. Generator chulg‘amlarida fazalar bo‘yicha EYuK sinusoidal grafigi

Uch fazali zanjirlarning ish rejimi simmetrik va nosimmetrik bo‘ladi. Simmetrik rejimda uch fazaning qarshiliklari bir xil bo‘lib, EYuK 120° li uch fazali simmetrik tizimni hosil qiladi. Bunday holda I_a, I_b, I_c fazalarning toklarining qiymatlari teng bo‘ladi va 120° burchak ostida siljiydi.

Nosimmetrik rejimda fazaning kompleks qarshiligi bir-biriga teng bo‘lmaydi, tok va faza siljish burchaklari har xilda bo‘ladi.

Uch fazali EYuK tizimi nosimmetriyasi belgisi sifatida amplitudalarning teng emasligi yoki har bir EYuK juftlari orasidagi faza almashish burchaklarining teng emasligini nazarda tutish mumkin.

Simmetrik uch fazali tizim sinusoidal kattaliklarining asosiy xususiyati shundaki, har qanday vaqtda ushbu kattaliklar oniy qiymatlarining algebraik yig‘indisi nolga teng.

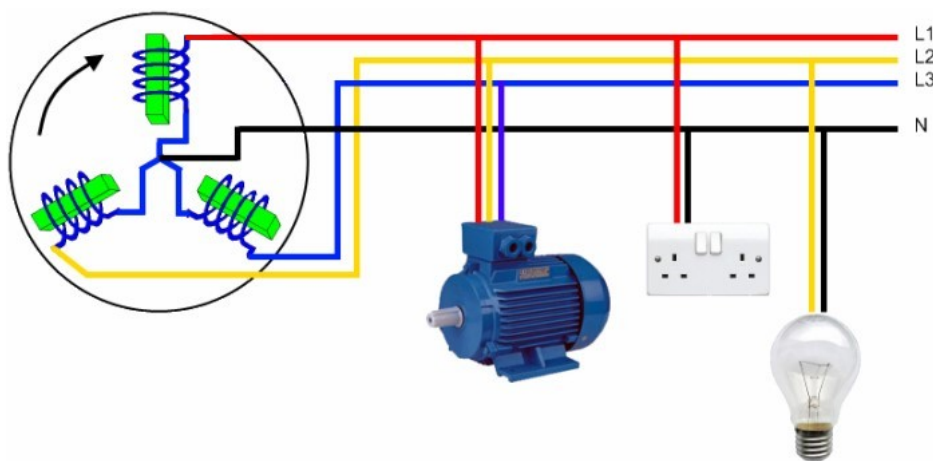
Demak, uch fazali simmetrik tizimda EYuK:

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

Uch fazali simmetrik tizimdagi tok esa:

$$I_A + I_B + I_C = 0.$$

Birinchi faza: “**A**”; Ikkinchi faza: “**B**”; Uchinchi faza: “**C**”



6.5-rasm. Uch fazali tarmoq: ishlab chiqarish uzatish va iste'mol qilish

Masalalar.

1-masala.

uch fazali o'zgaruvchan tokli motor 5 kVt quvvatga ega. Motorning kuchlanishi va toki mos ravishda 400 V va 8,6 A bo'lsa, motorning aktiv quvvat koeffitsiyenti $\cos\varphi$ ni aniqlang?

Berilgan.

Quvvat: $P = 5000 \text{ Vt}$, liniya kuchlanishi: $U_L = 400 \text{ V}$, liniya toki: $I_L = 8,6 \text{ A}$;

Topish kerak: $\cos\varphi = ?$

Yechish:

$$P = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \cos\varphi;$$

$$\cos\varphi = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L} = \frac{5000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 8,6} = 0,839$$

Javob: $\cos\varphi = 0,839$

2-masala.

Uch fazali simmetrik tizimda $E = 220 \text{ V}$ va chastotasi $f = 50 \text{ Hz}$ ga teng. Agar 6.6 – rasmdagi zanjir yuklamasi: $R = 36 \text{ Om}$, $L = 0,2 \text{ Gn}$, $C = 50 \text{ mkF}$ lar-dan iborat bo'lganda, uch fazali zanjirning to'la qarshiligining kompleks qiymatini aniqlang.

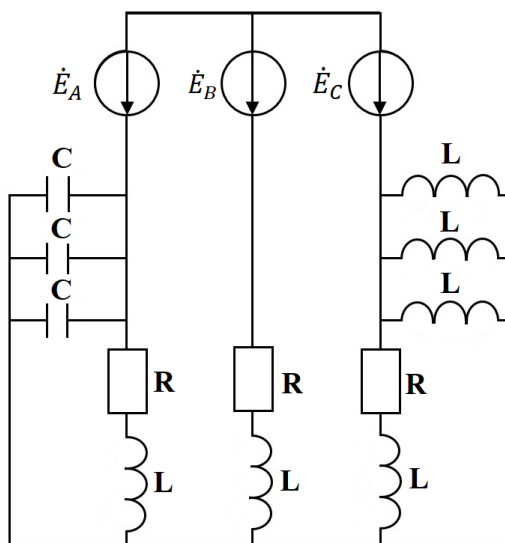
Berilgan:

$$E = 220 \text{ V}; f = 50 \text{ Hz}; R = 36 \text{ Om};$$

$$L = 0,2 \text{ Gn}; C = 50 \text{ mkF}$$

Topish kerak:

$$\dot{S} = ?$$



6.6-rasm.

Yechish:

6.6-rasm

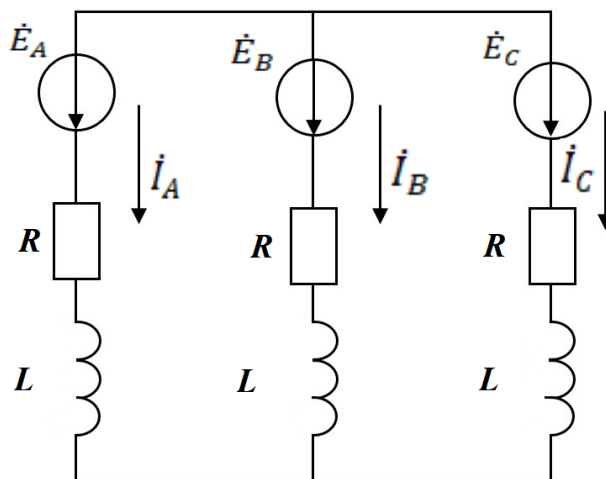
Sig‘im qarshilikni aniqlaymiz:

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 50,66 \cdot 10^{-6}} = 62,8 \text{ Om}.$$

Induktiv qarshilikni aniqlaymiz:

$$X_L = \omega \cdot L = 2\pi \cdot f \cdot L = 3 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,2 = 62,8 \text{ Om}.$$

Yuklamaning simmetrikligiga asoslanib, neytral simlardagi qarshilik R orqali tok o‘tmaydi. Natijada elektr zanjir quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi.



X_C va X_L dagi toklar tengligi (muvozanati) dan kelib chiqib, sxema o‘ng va chap qismlari toklari toklar rezonansi natijasida kompensatsiyalanadi. Shu tarzda sxemada quvvat faqat o‘rta qismda sarflanadi.

Simmetriyaga asoslanib, hisoblash bir faza uchun amalga oshirilishi mumkin:

$$\dot{I}_A = \frac{\dot{E}_A}{R + jX_L} = \frac{220}{36 + j622,83} = \frac{220}{72,41 e^{j60,2^\circ}} = 3,04 \cdot e^{-j60,2^\circ} \text{ A};$$

$$\ddot{S}_A = \dot{E}_A \cdot \dot{I}_A = 220 \cdot 3,04 \cdot e^{-j60,2^\circ} = 668,4 e^{-j60,2^\circ} = 332,2 + j580 \text{ VA}.$$

A, B, C fazalarning hammasi uchun qiymatlar bir xilda chiqadi. uch fazali zanjirning natijasini olishimiz uchun bitta fazadagi qiymatni 3 ga ko‘paytirish orqali hosil qilishimiz mumkin.

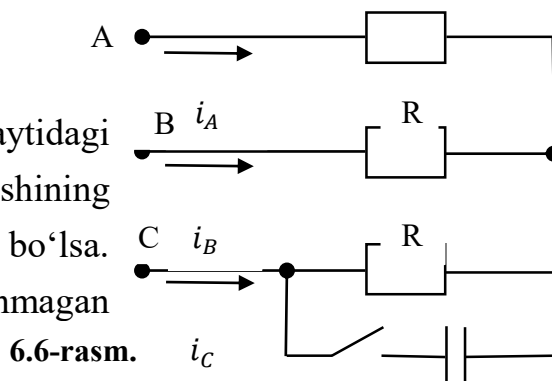
Javob:

$$P_{um} = 3 \cdot P_A = 996,6 \text{ Vt}; \quad Q_{um} = 3 \cdot Q_A = 1740 \text{ VAr};$$

$$S_{um} = 3 \cdot S_A = 2005,15 \text{ VA}.$$

3-masala.

6.6-rasmdagi sxemada kalitni oʻchirish paytidagi barcha toklarni aniqlang, agar u U_{AB} kuchlanishining musbat maksimalidan oʻtganda sodir boʻlgan boʻlsa. Kommutatsiyadan oldin kondensator zaryadlanmagan deb hisoblansin.



Berilgan:

$$U_{AB} = U_{BC} = U_{CA} = 380 \text{ V}; \quad R = 20 \text{ Om};$$

Topish kerak:

$$i_A, i_B, i_C = ?$$

Yechish:

Kommutatsiya $t=0$ da sodir boʻlganligi sababli va muammoning shartlariga koʻra, U_{AB} bu vaqtda musbat maksimaldan oʻtadi, keyin esa

$$U_{AB} = \sqrt{2} \cdot 380 \cdot \sin(\omega t + 90^\circ);$$

$$U_{BC} = \sqrt{2} \cdot 380 \cdot \sin(\omega t + 90^\circ - 120^\circ) = \sqrt{2} \cdot 380 \cdot \sin(\omega t - 30^\circ);$$

$$U_{CA} = \sqrt{2} \cdot 380 \cdot \sin(\omega t + 90^\circ + 120^\circ) = \sqrt{2} \cdot 380 \cdot \sin(\omega t + 210^\circ).$$

Binobarin,

$$U_{AB}(0) = \sqrt{2} \cdot 380 \cdot \sin 90^\circ = 537,4 \text{ V};$$

$$U_{BC}(0) = \sqrt{2} \cdot 380 \cdot \sin(-30^\circ) = -268,7 \text{ V};$$

$$U_{CA}(0) = \sqrt{2} \cdot 380 \cdot \sin 210^\circ = -268,7 \text{ V}.$$

Ikkinchi kommutatsiya qonuniga muvofiq, kondensatordagi kuchlanish:

$$U(0) = 0 \text{ V};$$

shuning uchun qabul qiluvchining neytral nuqtasining potentsiali manbaning C nuqtasining potentsialiga teng. Shunday qilib,

$$i_A(0) = \frac{u_{AC}(0)}{R} = -\frac{U_{CA}(0)}{R} = \frac{268,7}{20} = 13,435 \text{ A};$$

$$i_B(0) = \frac{u_{BC}(0)}{R} = \frac{-268,7}{20} = -13,435 \text{ A}.$$

Kirxgofning birinchi qonuniga muvofiq quyidagi munosabatdan:

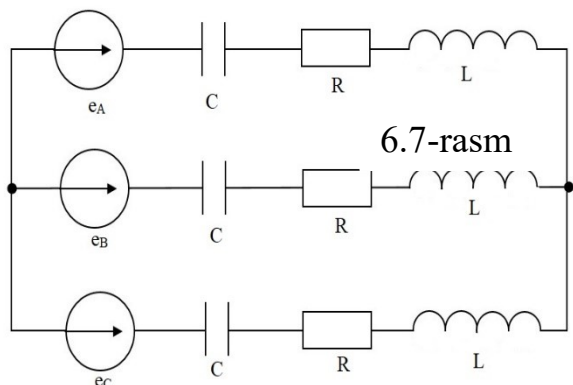
$$i_A(0) + i_B(0) + i_C(0) = 0.$$

Topamiz:

$$i_C(0) = 0.$$

Javob: $i_C(0) = 0$

4-masala.



6.7-rasmdagi simmetrik zanjir sxemasi berilgan. Bu sxemada faza EYuK quyidagicha $e_A(t) = 100\sin(\omega t)$ V, $e_B(t) = 100\sin(\omega t - 120^\circ)$ V, $e_C(t) = 100\sin(\omega t + 120^\circ)$ V hamda yuklamaning qarshiliklari esa $R = 72,26 \text{ Om}$, $L = 0,01 \text{ Gn}$, $C = 5 \cdot 10^{-6} \text{ F}$, $f = 340 \text{ Hz}$.

Tarmoqlardagi toklarning kompleks ko'rinishini hamda zanjir elementlaridagi kuchlanishni aniqlang. Hisoblashni bitta faza uchun bajarish mumkin. Vektor diagrammasini quring.

Berilgan:

$$e_A(t) = 100 \sin(\omega t);$$

$$e_B(t) = 100 \sin(\omega t - 120^\circ);$$

$$e_C(t) = 100 \sin(\omega t + 120^\circ);$$

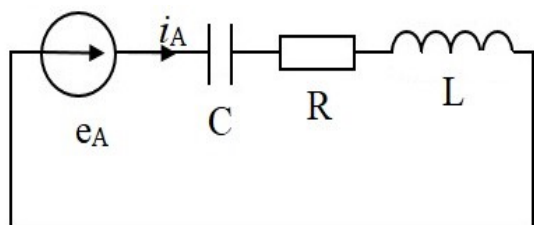
$$R = 72,26 \text{ Om};$$

$$L = 0,01 \text{ Gn};$$

$$C = 5 \cdot 10^{-6} \text{ F};$$

$$f = 340 \text{ Hz};$$

Yechish:



Biz A faza uchun qabul qilgichning simmetrik qismini hisoblaymiz, buning uchun zanjir sxemasini o'zgartiramiz.

Hisoblaymiz:

1. EYuK ni quyidagi shaklda hisoblaymiz

$$\dot{E}_A = \frac{100}{\sqrt{2}} \cdot e^{j0^\circ} = 70,71 \text{ V}.$$

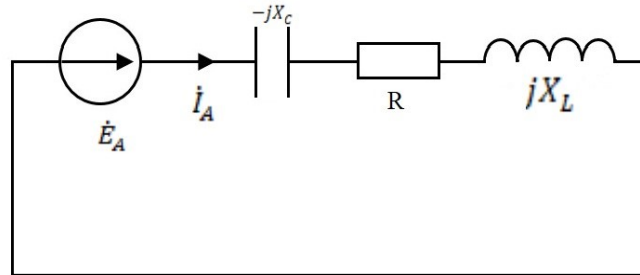
2. Induktiv qarshilik

$$X_L = \omega \cdot L = 0,01 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 340 = 21,36 \text{ Om}.$$

3. Sig'im qarshilik:

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 340 \cdot 5 \cdot 10^{-6}} = 93,62 \text{ Om}.$$

Zanjirning kompleks almashtirish sxemasi quyidagicha bo'ladi:



Zanjirning to'la kompleks qarshiligi:

$$\underline{Z_A} = R + jX_L - jX_C = 72,26 + j21,36 - j93,62 = 72,26 - j72,26 = 102e^{-j45^\circ} \text{ Om}.$$

Om qonuniga ko'ra biz ushbu sxemadan $\underline{I_A}$ ni topamiz:

$$\underline{I_A} = \frac{\underline{E_A}}{\underline{Z_A}} = \frac{70,71e^{j0^\circ}}{102e^{-j45^\circ}} = 0,7e^{j45^\circ} \text{ A}.$$

Faza operatoridan foydalanib, biz B va C fazalaridagi toklarni aniqlaymiz:

$$\underline{I_B} = a^2 \cdot \underline{I_A} = 0,7e^{j45^\circ} \cdot e^{-j120^\circ} = 0,7e^{-j75^\circ} \text{ A};$$

$$\underline{I_C} = a \cdot \underline{I_A} = 0,7e^{j45^\circ} \cdot e^{j120^\circ} = 0,7e^{j165^\circ} \text{ A}.$$

Zanjirning A fazasi elementlaridagi kuchlanishni aniqlaymiz:

1. Rezistiv elementdagi kuchlanish:

$$\underline{U_{RA}} = \underline{I_A} \cdot R = 0,7e^{j45^\circ} \cdot 72,26 = 50,58e^{j45^\circ} \text{ V}.$$

2. Induktiv elementdagi kuchlanish:

$$\underline{U_{LA}} = \underline{I_A} \cdot jX_L = 0,7e^{j45^\circ} \cdot 21,36e^{j90^\circ} = 15e^{j135^\circ} \text{ V}.$$

3. Sig'im elementdagi kuchlanish:

$$\underline{U_{CA}} = \underline{I_A} \cdot (-jX_C) = 0,7e^{j45^\circ} \cdot 93,62e^{-j90^\circ} = 65,5e^{-j45^\circ} \text{ V}.$$

4. Qabul qilgichdagi A faza kuchlanishi:

$$\underline{U_A} = \underline{U_{RA}} + \underline{U_{LA}} + \underline{U_{CA}} = 50,58e^{j45^\circ} + 15e^{j135^\circ} + 65,5e^{-j45^\circ} = 70,7e^{j0^\circ} \text{ V}.$$

Faza operatori orqali B fazadagi kuchlanishni aniqlaymiz:

$$\underline{U_{RB}} = \underline{U_{RA}} \cdot a^2 = 50,58e^{j45^\circ} \cdot e^{-j120^\circ} = 50,58e^{-j75^\circ} \text{ V};$$

$$\underline{U_{LB}} = \underline{U_{LA}} \cdot a^2 = 15e^{j135^\circ} \cdot e^{-j120^\circ} = 15e^{j15^\circ} \text{ V};$$

$$\underline{U_{CB}} = \underline{U_{CA}} \cdot a^2 = 65,5e^{-j45^\circ} \cdot e^{-j120^\circ} = 65,5e^{-j165^\circ} \text{ V}.$$

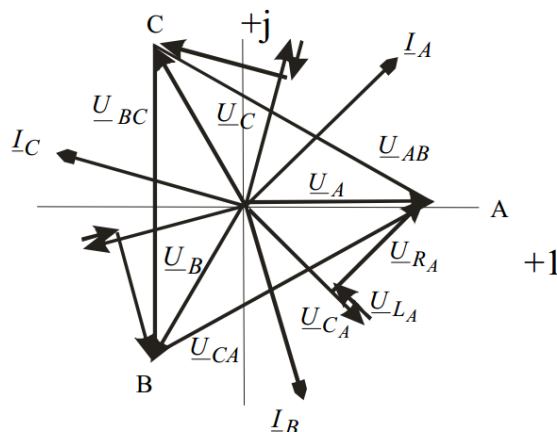
Faza operatori orqali C fazadagi kuchlanishni aniqlaymiz:

$$\dot{U}_{RC} = \dot{U}_{RA} \cdot a = 50,58e^{j45^\circ} \cdot e^{j120^\circ} = 50,58e^{j165^\circ} \text{ V};$$

$$\dot{U}_{LC} = \dot{U}_{LA} \cdot a = 15e^{j135^\circ} \cdot e^{j120^\circ} = 15e^{j255^\circ} \text{ V};$$

$$\dot{U}_{CC} = \dot{U}_{CA} \cdot a = 65,5e^{-j45^\circ} \cdot e^{j120^\circ} = 65,5e^{j75^\circ} \text{ V}.$$

Simmetrik rejimda vektor diagramma quyidagicha bo‘ladi:



6.8-rasm. Simmetrik rejimda vektor diagramma

Mustaqil ishlash uchun masalalar

1. Neytral simli uch fazali tarmoqqa nosimmetrik yuklama yulduz usulda ulangan, ularning fazalari quyidagi parametrlarga ega: $R_a = 0,8 \text{ Om}$ va $X_{La} = 1,2 \text{ Om}$; $R_b = 0,4 \text{ Om}$ va $X_{cb} = -2 \text{ Om}$; $R_c = 1 \text{ Om}$ va $X_{La} = 1,8 \text{ Om}$. Fazalar va liniyalar toklari, neytral simdagi tok hamda har bir fazaning quvvat koeffitsiyenti aniqlansin. Tarmoqning liniya kuchlanishi: $U_L = 380 \text{ V}$.

2. Liniya kuchlanishlari 220 V bo‘lgan uch fazali tarmoqqa nosimmetrik yuklama uchburchak usulda ulangan. Yuklamaning parametrlari: $R_{ab} = 3 \text{ Om}$ va $X_{C.ab} = -1,5 \text{ Om}$; $R_{bc} = 1,8 \text{ Om}$ va $X_{L.bc} = 3,1 \text{ Om}$; $R_{ca} = 1,3 \text{ Om}$ va $X_{C.ca} = -2,7 \text{ Om}$. Faza va liniya toklari, har bir fazaning quvvat koeffitsiyenti aniqlansin.

3. Liniya kuchlanishi 220 V, chastotasi 50 Hz bo‘lgan uch fazali tarmoqqa nosimmetrik uch fazali yuklama avval yulduz, keyin esa uchburchak usulda ulangan. Agar $R = 10 \text{ Om}$, $R_L = 5 \text{ Om}$, $L = 60 \text{ mGn}$, $C = 100 \text{ mkF}$ bo‘lsa, yuklamaning aktiv va reaktiv quvvati aniqlansin.

4. Liniya kuchlanishi 220 V bo‘lgan to‘rt simli uch fazali manbaga fazalarning aktiv va induktiv qarshiliklari quyidagicha bo‘lgan iste’molchilar yulduz usulda ulangan. $R_a = 4 \text{ Om}$, $X_{La} = 3 \text{ Om}$, $R_b = 5,2 \text{ Om}$, $X_{L.b} = 3 \text{ Om}$, $R_c = 5 \text{ Om}$, $X_{L.c} = 4 \text{ Om}$. Faza nol simdagi toklar, butun tizimning aktiv va reaktiv quvvatlari aniqlansin hamda tok va kuchlanishlar vektor diagrammasi qurilsin.

5. uch fazali simmetrik tizimda $E = 110 \text{ V}$ va chastotasi $f = 50 \text{ Hz}$ ga teng. Agar zanjirdagi yuklama: $R = 16 \text{ Om}$, $L = 1,2 \text{ Gn}$, $C = 40 \text{ mkF}$ lardan iborat bo'lganda, uch fazali zanjirning to'la qarshiligining kompleks qiymatini aniqlang.
6. Uch fazali asinxron motorning stator chulg'amlari nosimmetrik kuchlanishlar tizimi $\underline{U}_A = 380 \text{ V}$, $\underline{U}_B = -j280 \text{ V}$, $\underline{U}_C = j280 \text{ V}$ ga ulangan. Motor neytral nuqtasi izolyatsiyalangan. Motor fazalarining to'g'ri va teskari ketma-ketlikli toklarga qarshiliklari $\underline{Z}_1 = 5 + j5 \text{ Om}$, $\underline{Z}_2 = 0,5 + j1,5 \text{ Om}$. Liniya toklari, motor iste'mol qilayotgan aktiv, reaktiv va to'la quvvatlari topilsin.
7. To'rt simli yulduzcha shaklida ulangan uch fazali tok zanjirining iste'molchi parametrlari: $R_a = 40 \text{ Om}$, $L_a = 0,2 \text{ Gn}$, $R_b = 50 \text{ Om}$, $R_c = 60 \text{ Om}$, $C_c = 40 \text{ mkF}$ bo'lib, chastotasi $f = 50 \text{ Hz}$, liniya kuchlanishi $U_l = 380 \text{ V}$ bo'lgan generatorga ulangan. Toklar va iste'molchilaridagi to'la quvvat aniqlansin.
8. Uch fazali tok generatorning simmetrik tashkil etuvchilari $\dot{E}_1 = 120 \text{ V}$; $\dot{E}_2 = 15 \cdot e^{j110} \text{ V}$ $\dot{E}_0 = 110 \cdot e^{-j\frac{\pi}{6}} \text{ V}$ ga teng bo'lganda nosimmetrik EYuK analitik va vektor ifodalari aniqlansin.
9. To'rt simli yulduzcha shaklida ulangan uch fazali tok zanjirining liniya kuchlanishi $U_l = 380 \text{ V}$, iste'molchining aktiv ekvivalent qarshiligi $R = 120 \text{ Om}$. Faza toklari va sarf bo'ladigan quvvat aniqlansin.
10. To'rt simli yulduzcha sxemaning fazalariga $P_a = 50 \text{ Vt}$, $P_b = 80 \text{ Vt}$, $P_c = 150 \text{ Vt}$ quvvatga ega bo'lgan chiroqlar ulangan. Liniya kuchlanishi $U_L = 220 \text{ V}$ bo'lganda toklar aniqlanib vektor ifodasi tuzilsin.
11. Liniya kuchlanishi $U_L = 220 \text{ V}$ bo'lgan neytral simsiz yulduzcha shaklida ulangan uch fazali tok zanjirining iste'molchi qarshiliklari: $R_a = 14 \text{ Om}$, $R_b = 15 \text{ Om}$, $R_c = 12 \text{ Om}$. Aktiv quvvatlari $P_a = 60 \text{ Vt}$, $P_b = 70 \text{ Vt}$, $P_c = 120 \text{ Vt}$. Faza toklari va kuchlanishlarini aniqlanib, vektor ifodasi tuzilsin.
12. Uchburchak shaklida ulangan uch fazali tok zanjiri iste'molchilari: $Z_{ab} = 15 + j15 \text{ Om}$; $Z_{bc} = 40 \text{ Om}$; $Z_{ca} = -j35 \text{ Om}$ ga teng bo'lib, $U_L = 220 \text{ V}$ liniya kuchlanishiga ulangan. Liniya toklari va iste'molchilarda sarf bo'ladigan quvvat aniqlansin.
13. Uchburchak shaklida ulangan uch fazali tok zanjirining iste'molchilari simmetrik bo'lib, $I = IA$ tok oqib o'tadi. Liniya simi va A faza simi ab uzilgan holda liniya toklari qiymatini aniqlang.

14. Induktivligi $L_1 = L_2 = L_3 = 120 \text{ mGn}$ bo'lgan uch fazali asinxron motor chastotasi $f = 50 \text{ Hz}$ faza kuchlanishi $U_A = 220 \text{ V}$ simmetrik generatorga ulangan. Faza toklari va to'la quvvat aniqlansin.

15. Neytral simli liniya kuchlanishi 380 V bo'lgan uch fazali elektr tarmog'iga aktiv qarshiliklari $R_a = R_b = R_c = 25 \text{ Ohm}$ va quvvat koeffitsiyenti $\cos\varphi_a = 0,85$; $\cos\varphi_b = 0,89$; $\cos\varphi_c = 0,75$ bo'lgan yuklama yulduz usulda ulangan. Fazalardan va neytral simdan o'tuvchi toklar aniqlansin.

16. Quvvatlari $P_a = 2,5 \text{ kVt}$, $P_b = 4,5 \text{ kVt}$ bo'lgan ikkita cho'g'lanma chiroqlar guruhi liniya kuchlanishi $U_L = 380 \text{ V}$ neytral simli uch fazali manbaga ulangan. Fazalardagi toklarning qiymatlari va neytral sim uzilganda har bir guruh qismlaridagi kuchlanish aniqlansin. Tok va kuchlanishlarning vektor diagrammasi qurilsin.

17. Liniya kuchlanishi $U_L = 380 \text{ V}$ bo'lgan uch fazali tarmoqqa elektr pech ulangan. Elektr pechning qizdirish elementlari yulduz usulda ulansa, tarmoqdan iste'mol qiladigan quvvat $P = 7 \text{ kVt}$ bo'ladi. Agar pechning qizdirish elementlari uchburchak usulda ulansa, faza toklari va tarmoqdan iste'mol qilinadigan quvvat qanday o'zgaradi?

18. Liniya kuchlanishi $U_L = 380 \text{ V}$ bo'lgan uch fazali manbaga induksion pech ulangan. Pechning qizdirish elementlari yulduz usulda ulanganda, tarmoqdan iste'mol qiladigan quvvati $P = 10 \text{ kVt}$ ga teng; $\cos\varphi = 0,85$. Agar qizdirish elementlari uchburchak usulda ulansa, pechning tarmoqdan iste'mol qiladigan aktiv, reaktiv va to'la quvvatlari qanday o'zgaradi?

19. Aktiv quvvati $P_1 = 12 \text{ kVt}$ bo'lgan elektr motor uchburchak usulda liniya kuchlanishi $U_L = 380 \text{ V}$ bo'lgan uch fazali tarmoqqa ulangan. Agar elektr motorning quvvat koeffitsiyenti $\cos\varphi = 0,82$ bo'lsa, uning to'la quvvati, faza va liniya toklari aniqlansin.

20. Liniya kuchlanishi $U_L = 150 \text{ V}$ bo'lgan uch fazali tarmoqqa nosimmetrik yuklama uchburchak usulda ulangan. Yuklamaning parametrlari $R_{ab} = 2,7 \text{ Ohm}$ va $X_{C.ab} = -1,8 \text{ Ohm}$; $R_{bc} = 2,4 \text{ Ohm}$ va $X_{L.bc} = 3,5 \text{ Ohm}$; $R_{ca} = 2,3 \text{ Ohm}$ $X_{C.ca} = -2,2 \text{ Ohm}$. Faza va liniya toklari, har bir fazaning quvvat koeffitsiyenti aniqlansin.

21. Quyidagi aktiv qarshiliklar uch fazali zanjirda yulduzcha usulda ulangan: $E_1 = 15 \text{ V}$, $E_2 = 20 \text{ V}$, $R_1 = 3 \text{ kOhm}$, $R_2 = 7 \text{ kOhm}$, $R_3 = 10 \text{ kOhm}$, $\varphi_1 = -7 \text{ V}$, $\varphi_2 = 15 \text{ V}$, $\varphi_3 = 25 \text{ V}$. "0" tugun potentsiali va I_1, I_2, I_3 toklar topilsin

22. Quvvatlari $P_a = 25 \text{ kVt}$, $P_b = 45 \text{ kVt}$ bo'lgan ikkita cho'g'lanma chiroqlar guruhi liniya kuchlanishi $U_L = 380 \text{ V}$ neytral simli uch fazali manbaga ulangan.

Fazalardagi toklarning qiymatlari va neytral sim uzilganda har bir guruh qismlaridagi kuchlanish aniqlansin. Tok va kuchlanishlarning vektor diagrammasi qurilsin.

23. Uch fazali asinxron motorning stator chulg'amlari nosimmetrik kuchlanishlar tizimi $\underline{U}_A = 380 V$, $\underline{U}_B = -j280 V$, $\underline{U}_C = j330 V$ ga ulangan. Motorning neytral nuqtasi izolyatsiyalangan. Motor fazalarining to'g'ri va teskari ketma-ketlikli toklarga qarshiliklari $\underline{Z}_1 = 5 + j15 \Omega$, $\underline{Z}_2 = 0,2 + j1,2 \Omega$. Liniya toklari, motor iste'mol qilayotgan aktiv, reaktiv va to'la quvvatlar topilsin.

24. Uchburchak shaklida ulangan uch fazali tok zanjiri iste'molchilari: $Z_{ab} = 5 + j5 \Omega$; ga teng bo'lib, $U_L = 220 V$ $Z_{bc} = 4 \Omega$; $Z_{ca} = -j3,5 \Omega$ liniya kuchlanishiga ulangan. Liniya toklari va iste'molchilarda sarf bo'ladigan quvvat aniqlansin.

25. uch fazali simmetrik tizimda $E = 120 V$ va chastotasi $f = 50 Hz$ ga teng. Agar zanjirdagi yuklama: $R = 6 \Omega$, $L = 2 H$, $C = 450 \mu F$ lardan iborat bo'lganda, uch fazali zanjirning to'la qarshiligining kompleks qiymatini aniqlang.

26. To'rt simli yulduzcha shaklida ulangan uch fazali tok zanjirining faza kuchlanishi $U_f = 220 V$, iste'molchining aktiv ekvivalent qarshiligi $R = 12 \Omega$. Faza toklari va sarf bo'ladigan quvvat aniqlansin.

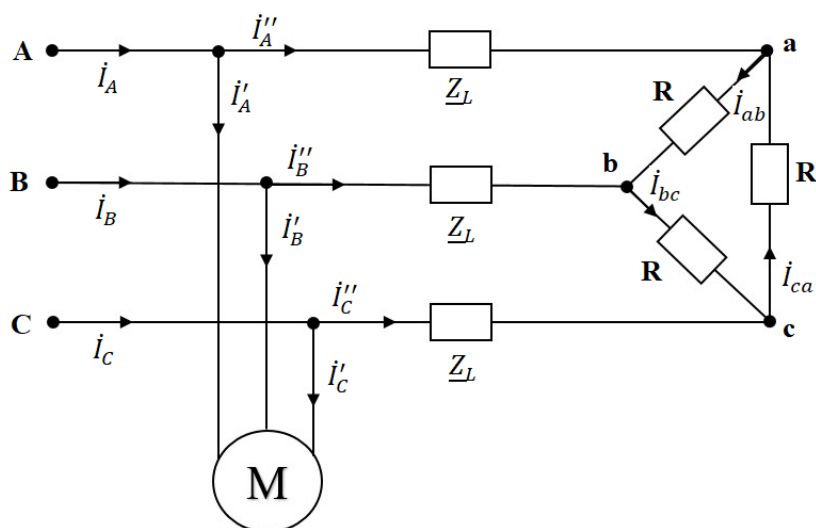
27. Liniya kuchlanishlari $380 V$ bo'lgan uch fazali tarmoqqa nosimmetrik yuklama uchburchak usulda ulangan. Yuklamaning parametrlari: $R_{ab} = 32 \Omega$ va $X_{C,ab} = -15 \Omega$; $R_{bc} = 18 \Omega$ va $X_{L,bc} = 31 \Omega$; $R_{ca} = 13 \Omega$, $X_{C,ca} = -27 \Omega$ Faza va liniya toklari, har bir fazaning quvvat koeffitsiyenti aniqlansin.

28. Uch fazali tok generatorning simmetrik tashkil etuvchilari $\dot{E}_1 = 110 V$; $\dot{E}_2 = 15 \cdot e^{j100} V$; $\dot{E}_0 = 100 \cdot e^{-j\frac{\pi}{3}}$ ga teng bo'lganda nosimmetrik EYuK analitik va vektor ifodalari aniqlansin.

29. Uch fazali tok generatorning simmetrik tashkil etuvchilari $\dot{E}_1 = 220 V$; $\dot{E}_2 = 150 \cdot e^{j110} V$; $\dot{E}_0 = 100 \cdot e^{-j\frac{\pi}{5}}$ ga teng bo'lganda nosimmetrik EYuK analitik va vektor ifodalari aniqlansin.

30. Boshiga uch fazali asinxron elektr motori, oxiriga uchburchak sxemali yuklama ulangan elektr zanjiri berilgan (6.9-rasm). Sxema parametrlari 6.1-jadvalda berilgan.

1. Elektr motorning ulanish sxemasi aniqlansin.
2. Barcha shoxobchalardagi toklar aniqlansin.
3. Kuchlanishlarning topografik vektor diagrammasini va toklarning vektor diagrammasi tuzilsin.
4. Yuklamaning biror fazasi uzilgan holda, sxema shahochalardagi toklar topilsin.



6.9-rasm. Uch fazali asinxron elektr motori va uchburchak sxemali yuklama ulangan elektr zanjiri sxemasi

Uch fazali asinxron elektr motori va uchburchak sxemali yuklama ulangan elektr zanjiri sxemasi parametrlari jadvali

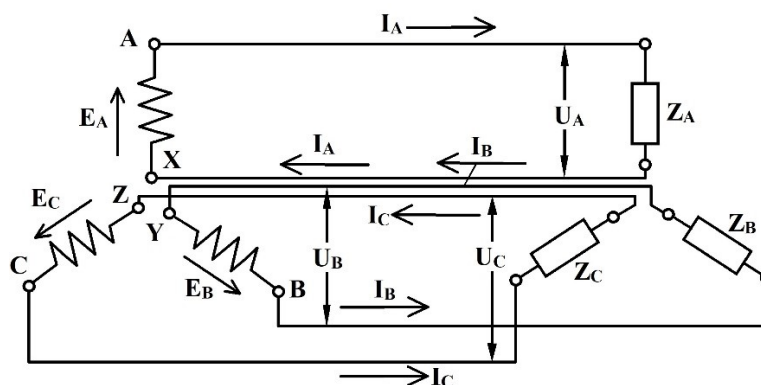
6.1-jadval

Variant	Manba		Elektr motor parametrlari					Liniya		Yuklama
	U_1, V	U_2, V	U_1, V	U_2, V	P_N, kVt	$\eta, \%$	$\cos\varphi$	r_L, Ω	x_L, Ω	R, Ω
1	380	220	380	220	1,2	62	0,9	0,8	1,6	21
2	380	220	380	127	2,4	66	0,83	1,5	3	24
3	220	127	220	127	2,5	70	0,85	1,2	2,4	27
4	220	127	380	220	2,6	65	0,86	1,4	2,8	32
5	380	220	380	220	3,4	68	0,87	1,3	2,6	34
6	380	220	220	127	4,6	69	0,8	0,9	1,8	40
7	220	127	220	127	3,6	71	0,78	0,85	1,7	52
8	220	127	380	220	5,2	80	0,81	0,77	1,8	33
9	380	220	380	220	3,8	78	0,88	0,79	1,6	18
10	380	220	220	127	2,3	70	0,9	0,86	1,7	20
11	220	127	220	127	4,2	75	0,84	0,95	1,9	32

12	220	127	380	220	2,8	78	0,9	1,25	2,5	25
13	380	220	380	220	3,7	74	0,85	1,35	2,7	23
14	380	220	220	127	3,4	73	0,87	0,98	2	36
15	220	127	220	127	4,5	78	0,73	0,96	1,98	35
16	220	127	380	220	4,6	78	0,9	0,8	1,7	31
17	380	220	380	220	4,8	79	0,83	1,5	3	41
18	380	220	220	127	5,6	81	0,85	1,2	1,6	45
19	220	127	220	127	5	80	0,86	1,4	3	42
20	220	127	380	220	4	72	0,87	1,3	2,4	38
21	380	220	380	220	3,1	68	0,8	0,9	2,8	37
22	380	220	220	127	2,1	62	0,78	0,85	2,6	25
23	220	127	220	127	6,2	82	0,81	0,77	1,8	26
24	220	127	380	220	6	81	0,88	0,79	1,7	28
25	380	220	380	220	7,2	85	0,9	0,86	1,8	45
26	380	220	220	127	6,5	74	0,84	0,95	1,6	41
27	220	127	220	127	4,4	65	0,9	1,25	1,7	37
28	220	127	380	220	4,8	68	0,85	1,35	1,9	20
29	380	220	220	127	2,9	60	0,87	0,98	2,5	26
30	220	127	380	220	3,9	65	0,73	0,96	2,7	30

7-MAVZU: ISTE'MOLCHILARI YULDUZ VA UCHBURCHAK SXEMALARDA ULANGAN UCH FAZALI ZANJIRLARNI HISOBLASH

Chulg'amlarning ulanish usullari. Agar generatorning har bir chulg'amiga alohida Z_A , Z_B , Z_C qarshilikli yuklamani 7.1-rasmda ko'rsatilgan usulda ulansa uchta mustaqil bir fazali elektr zanjiri hosil bo'ladi. Ushbu holatda olti simli tizim yuzaga keladi. Bu iqtisodiy samarasiz tizimdir.

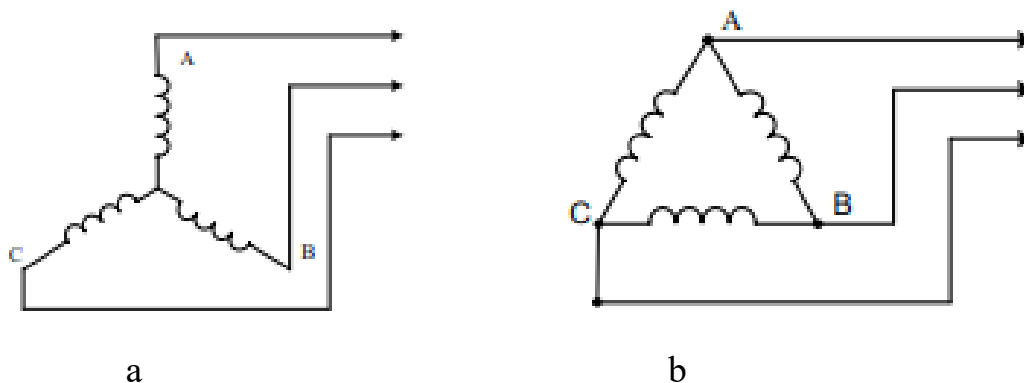


7.1-rasm. Bog'lanmagan uch fazali zanjir.

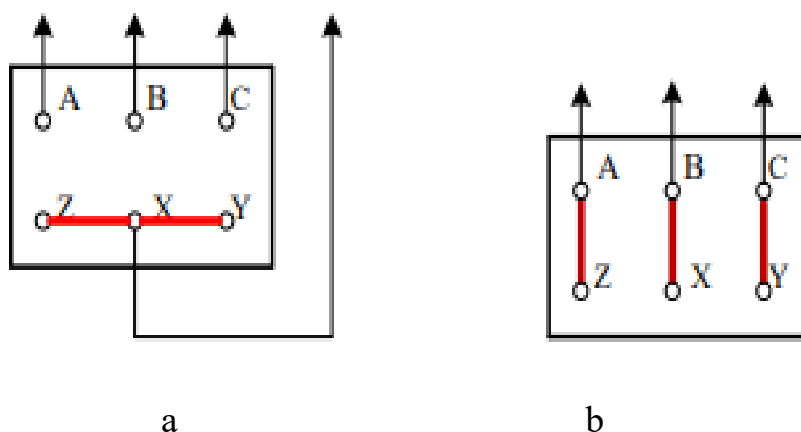
Bog'lanmagan tizimda generator va energiya iste'molchilari olti sim bilan ulanadi. Ulovchi o'tkazgichlar soni ko'pligi – bog'lanmagan tizim asosiy kamchiligi hisoblanadi va shu sababli bu tizim qo'llanilmaydi. Ulovchi o'tkazgichlar sonini kamaytirish bog'langan uch fazali tizim orqali amalga oshiriladi. Ushbu maqsad uchun rus muhandisi M.O. Dolivo-Dobrovolskiy tomonidan yulduz va uchburchak sxema taklif etilgan.

Yulduzcha ulanganda chulg'amlar boshi neytral deb ataluvuchi N nuqtaga biriktiriladi, oxiri esa elektr uzatish liniyasiga chiqariladi.

Uchburchak ulanganda esa bir chulg'amning oxiri ikkinchisining boshi bilan ulanadi, chulg'amlar boshidan shoxobcha elektr uzatish liniyasiga chiqariladi.



7.2-rasm. Generator chulg'amlarini ulash usullari:
a-yulduzcha ulanish; b-uchburchak ulanish



7.3-rasm. Generator chiqish shiti:

a-yulduzcha ulanish sxemasi; b-uchburchak ulanish sxemasi

Uch fazali generator chulgʻamlarini yulduzcha ulash (nol simli yulduz). Quyida keltirilgan sxemada uch fazali generator statori chulgʻami elektr sxemada 120° ostida joylashtiriladi. Chulgʻamlarni yulduzcha ulashda boshi X, Y, Z 0 nuqtada birlashtiriladi va bu nuqta generator neytrali (N) deb ataladi. Isteʼmolchilarga nol simdan tashqari chulgʻam oxiri A, B, C lardan sim tortiladi. Har bir liniya oʻtkazgichi bir fazani oʻzida aks ettiradi

Generatorlarning yoki isteʼmolchilarni yulduz usulida ulanganda faza chulgʻamlari va isteʼmolchilarning oxirlari bir nuqtaga ulanadi. Bu oxirlarini birlashtiruvchi simga *neytral sim* deyiladi. Faza boshlanishlari bilan isteʼmolchi boshlanishlarini birlashtiruvchi qolgan uchta simga *liniya simlari* deyiladi. Generatorning har bir chulgʻamlari generator fazalari, isteʼmolchining har bir yuklamalari – *yuklama fazalari* deyiladi.

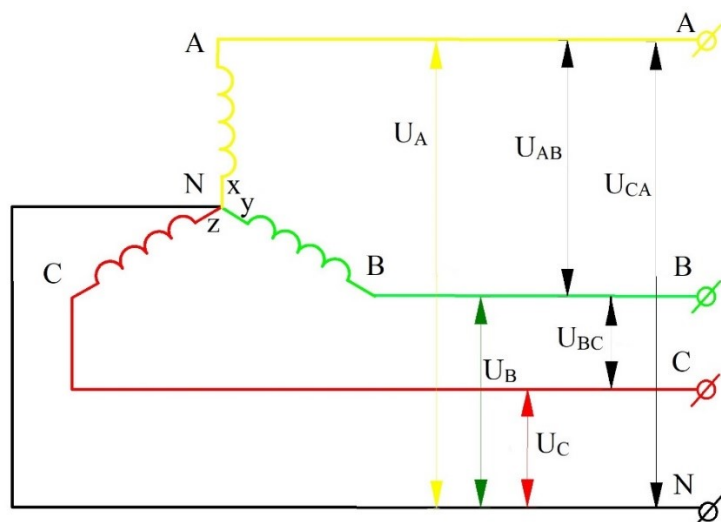
Generatorning chulgʻamlari yoki yuklamalari oxirlari bilan boshlanishlari orasidagi kuchlanishlarga faza kuchlanishlari deyiladi va U_f bilan belgilanadi. Generator fazalari va isteʼmolchi fazalaridagi toklarga *faza toklari* deyiladi va I_f bilan belgilanadi. Generator yoki isteʼmolchi faza boshlanishlari orasidagi yoki liniya simlari orasidagi kuchlanishga *liniya kuchlanishlari* deyiladi va U_L bilan belgilanadi.

Generator yoki isteʼmolchilari yulduz usulida ulaganda liniya kuchlanishi faza kuchlanishidan moduli boʻyicha $\sqrt{3}$ marta katta boʻladi.

$$U_L = U_f \cdot 2 \cdot \cos 30^\circ = \sqrt{3} \cdot U_f \quad (1)$$

Generator yoki isteʼmolchilari yulduz usulida ulaganda liniya toklari faza toklariga teng boʻladi.

$$I_L = I_f \quad (2)$$



7.4-rasm. Nol o'tkazgichli yulduzcha ulanishda liniya va faza kuchlanishlari

Ushbu tarzda olingan tizim – *to'rt simli tizim* deb ataladi. Zanjirda nol sim bo'lmasa uch simli yulduzcha deb ataladi.

Faza kuchlanishi va toklari. Agar chulg'am boshi va oxiridan elektr uzatish liniyasiga o'tilsa, *faza kuchlanishi* deyiladi va bu – liniya o'tkazgichi (faza simi) va nol sim (neytral) orasidagi kuchlanish hisoblanadi. Generator chulg'amining boshi va oxiridagi kuchlanish – faza kuchlanishi deb atalib, U_A , U_B , U_C (umumiy holda U_f) harflari bilan belgilanadi.

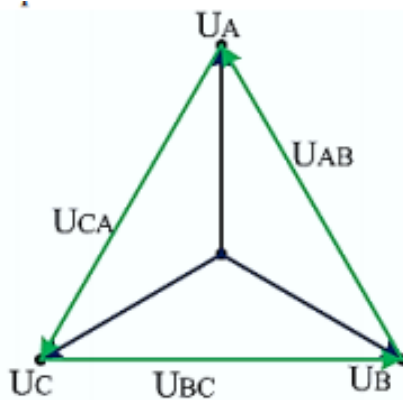
Yuklamadagi faza kuchlanishi EYuK faza kuchlanishidan chulg'amlardagi yo'qotish qiymatiga farq qiladi. Salt yurish rejimidagi faza kuchlanishi EYuK faza kuchlanishiga teng.

Generator faza chulg'amlaridagi toklar *faza toklari* deb ataladi (I_A , I_B , I_C).

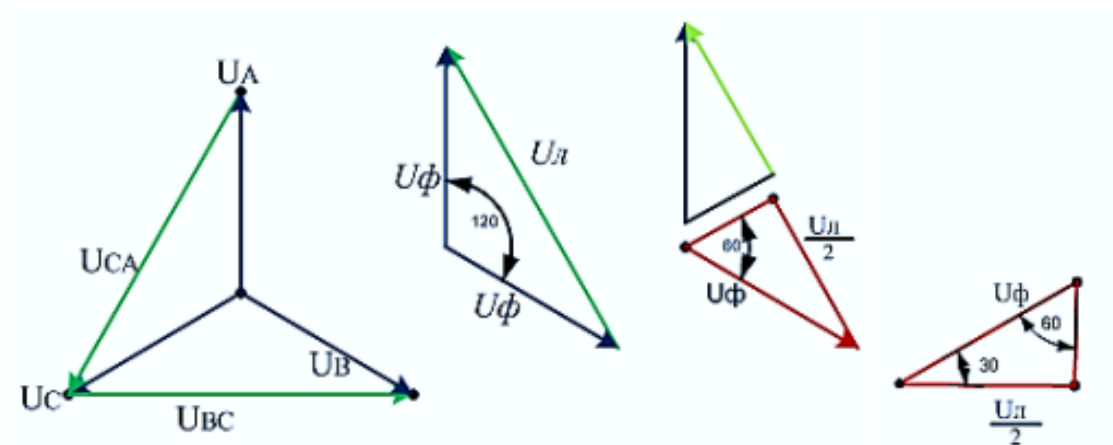
Liniya kuchlanishi va toklari. Liniya o'tkazgichlari orasidagi (ya'ni chulg'amlar boshlanishi orasidagi) kuchlanish *liniya kuchlanishlari* deb ataladi va U_{AB} , U_{BC} , U_{CA} (umumiy holda U_l) deb belgilanadi. Indeksdagi tartib tashqi zanjirda kuchlanish musbat yo'nalishini ko'rsatadi.

Liniya o'tkazgichidagi toklar liniya toklari deb ataladi.

Liniya va faza kuchlanishlari orasidagi aloqa. Quyida faza va liniya kuchlanishi vektor diagrammasi keltirilgan. Ular orasidagi bog'liqlikni aniqlaymiz.



7.5-rasm. Liniya va faza kuchlanishlari vektor diagrammalari



7.6-rasm. Liniya va faza kuchlanishlari orasidagi bog‘liqlikni aniqlash

7.6-rasmdan faza kuchlanishi vektori va liniya kuchlanishi vektori juftligidan hosil bo‘luvchi uchburchakni ajratamiz.

Ajratib olingan o‘tmas burchakli uchburchakli tenglamalarni yecha olmaymiz. Shuning uchun ikki to‘g‘ri burchakli uchburchakni tanlab olamiz. Olingan to‘g‘ri burchakli uchburchaklar bitta faza kuchlanishi va yarimta liniya kuchlanishi vektorini hosil qiladi. Bundan tashqari uning barcha burchaklari ma’lum. Shu orqali liniya va faza kuchlanishi bog‘liqligini qurish juda oson.

To‘g‘ri burchakli uchburchakning ma’lum munosabatidan:

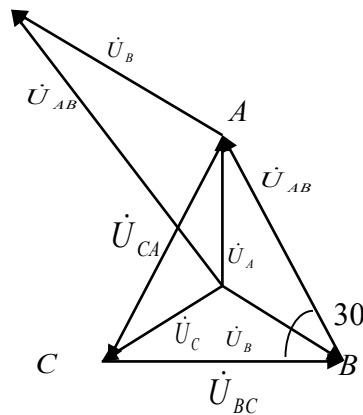
$$\sin 60^\circ = \frac{U_L}{2} \quad \text{yoki} \quad \cos 30^\circ = \frac{U_L}{2}.$$

Shundan: $\sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$, $\cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$ va:

$$\frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{U_L}{2} = \frac{U_L}{2 \cdot U_f}.$$

Tenglikning ikki tomonini 2 ga ko‘paytirilsa:

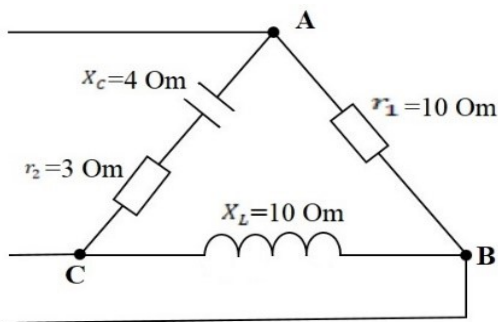
$$\sqrt{3} = \frac{U_L}{U_f} \quad \text{yoki} \quad U_L = \sqrt{3} \cdot U_f.$$



7.7-rasm. Faza va liniy kuchlanishlarining vektor diagrammalari

Masalalar

1-masala.



7.8-rasm

Berilgan:

$$U = 220 \text{ V}, X_C = 4 \text{ Ohm};$$

$$X_L = 10 \text{ Ohm}, r_1 = 10 \text{ Ohm};$$

$$r_2 = 10 \text{ Ohm}.$$

7.8-rasmda ko'rsatilganidek, uch fazali tarmoqning har bir fazasiga qarshiliklar kiritilgan. Qarshilik qiymatlari 7.8-rasmda keltirilgan. Liniya kuchlanishi $U = 220 \text{ V}$ bo'lsa, faza va liniya tokini, faza siljish burchagi hamda uchta fazadagi to'la quvvatni toping.

Topish kerak:

$$I_F = ?, I_L = ?, \varphi = ?$$

Yechish:

1. Fazaning to'la qarshiligini topamiz:

$$Z_{AB} = r_1 = 10 \text{ Ohm}, Z_{BC} = X_L = 10 \text{ Ohm}, Z_{CA} = \sqrt{r_2^2 + X_C^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5 \text{ Ohm}.$$

2. Fazaning siljish burchagi:

$$\cos \varphi_{AB} = 1.0; \varphi_{AB} = 0^\circ; \cos \varphi_{BC} = 0; \varphi = 90^\circ; (\text{ortda qoladi});$$

$$\cos \varphi_{AB} = \frac{r_2}{Z_{CA}} = \frac{3}{5} = 0,6; \varphi_{AB} = 53^\circ; (\text{oldinda}).$$

3. Liniya toklarini topamiz:

$$I_{AB} = \frac{U}{Z_{AB}} = \frac{220}{10} = 22 \text{ A};$$

$$I_{BC} = \frac{U}{Z_{BC}} = \frac{220}{10} = 22 \text{ A};$$

$$I_{CA} = \frac{U}{Z_{CA}} = \frac{220}{5} = 44 \text{ A}.$$

4. Aktiv quvvat faqat aktiv qarshiliklar tomonidan iste'mol qilinadi. Shuning uchun, uch fazaning aktiv quvvati:

$$P = I_{AB}^2 \cdot r_1 + I_{CA}^2 \cdot r_2 = 22^2 \cdot 10 + 44^2 \cdot 3 = 10660 \text{ Vt} = 10,66 \text{ kVt}.$$

5. Reaktiv quvvat faqat reaktiv qarshiliklar tomonidan iste'mol qilinadi. Shuning uchun, uchta fazaning reaktiv quvvati:

$$Q = I_{BC}^2 \cdot X_L - I_{CA}^2 \cdot X_C = 22^2 \cdot 10 - 44^2 \cdot 4 = -2900 \text{ VAr} = -2,9 \text{ kVAr}.$$

6. Uch fazaning to'la quvvati:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{10,66^2 + 2,9^2} = 11 \text{ kVA}.$$

Mustaqil ishlash uchun masalalar

1. Neytral simli uch fazali tarmoqqa nosimmetrik yuklama yulduz usulda ulangan, ularning fazalari quyidagi parametrlarga ega: $R_a = 8 \text{ Om}$ va $X_{La} = 0,4 \text{ Om}$; $R_b = 4 \text{ Om}$ va $X_{cb} = -12 \text{ Om}$; $R_c = 10 \text{ Om}$ va $X_{La} = 1,8 \text{ Om}$. Fazalar va liniyalar toklari, neytral simdagi tok hamda har bir fazaning quvvat koeffitsiyenti aniqlansin. Tarmoqning faza kuchlanishi: $U_f = 220 \text{ V}$.

2. Faza kuchlanishlari 220 V bo'lgan uch fazali tarmoqqa nosimmetrik yuklama uchburchak usulda ulangan. Yuklamaning parametrlari: $R_{ab} = 13 \text{ Om}$ va $X_{c.ab} = -2,5 \text{ Om}$; $R_{bc} = 2,8 \text{ Om}$ va $X_{L.bc} = 3,2 \text{ Om}$; $R_{ca} = 2,3 \text{ Om}$ va $X_{C.ca} = -2,5 \text{ Om}$. Faza va liniya toklari, har bir fazaning quvvat koeffitsiyenti aniqlansin.

3. Faza kuchlanishi 220 V, chastotasi 50 Hz bo'lgan uch fazali tarmoqqa nosimmetrik uch fazali yuklama avval yulduz, keyin esa uchburchak usulda ulangan. Agar $R = 4 \text{ Om}$, $R_L = 15 \text{ Om}$, $L = 6 \text{ mGn}$, $C = 200 \text{ mkF}$ bo'lsa, yuklamaning aktiv va reaktiv quvvati aniqlansin.

4. Liniya kuchlanishi 380 V bo'lgan to'rt simli uch fazali manbaga fazalarning aktiv va induktiv qarshiliklari quyidagicha bo'lgan iste'molchilar yulduz usulda ulangan. $R_a = 14 \text{ Om}$, $X_{L.a} = 2 \text{ Om}$, $R_b = 12 \text{ Om}$, $X_{L.b} = 5 \text{ Om}$, $R_c = 3 \text{ Om}$,

$X_{L.c} = 8 \text{ } \Omega$. Faza nol simdagi toklar, butun tizimning aktiv va reaktiv quvvatlari aniqlansin hamda tok va kuchlanishlar vektor diagrammasi qurilsin.

5. Uch fazali simmetrik tizimda $E = 120 \text{ V}$ va chastotasi $f = 50 \text{ Hz}$ ga teng. Agar zanjirdagi yuklama: $R = 6 \text{ } \Omega$, $L = 2 \text{ Gn}$, $C = 450 \text{ mkF}$ lardan iborat bo'lganda, uch fazali zanjirning to'la qarshiligining kompleks qiymatini aniqlang.

6. Uch fazali asinxron motorning stator chulg'amlari nosimmetrik kuchlanishlar tizimi $\underline{U}_A = 220 \text{ V}$, $\underline{U}_B = -j180 \text{ V}$, $\underline{U}_C = j180 \text{ V}$ ga ulangan. Motor neytrali nuqtasi izolyatsiyalangan. Motor fazalarining to'g'ri va teskari ketma-ketlikli toklarga qarshiliklari $\underline{Z}_1 = 15 + j15 \text{ } \Omega$, $\underline{Z}_2 = 1,5 + j2,5 \text{ } \Omega$. Liniya toklari, motor iste'mol qilayotgan aktiv, reaktiv va to'la quvvatlari topilsin.

7. To'rt simli yulduzcha shaklida ulangan uch fazali tok zanjirining iste'molchi parametrlari: $R_a = 4 \text{ } \Omega$, $L_a = 2,2 \text{ Gn}$, $R_b = 6 \text{ } \Omega$, $R_c = 3 \text{ } \Omega$, $C_c = 25 \text{ mkF}$ bo'lib, chastotasi $f = 50 \text{ Hz}$, liniya kuchlanishi $U_l = 220 \text{ V}$ bo'lgan generatorga ulangan. Toklar va iste'molchilaridagi to'la quvvat aniqlansin.

8. Uch fazali tok generatorning simmetrik tashkil etuvchilari $\dot{E}_1 = 220 \text{ V}$; $\dot{E}_2 = 25 \cdot e^{j120} \text{ V}$; $\dot{E}_0 = 100 \cdot e^{-j\frac{\pi}{6}} \text{ V}$ ga teng bo'lganda nosimmetrik EYuK analitik va vektor ifodalari aniqlansin.

9. To'rt simli yulduzcha shaklida ulangan uch fazali tok zanjirining liniya kuchlanishi $U_l = 100 \text{ V}$, iste'molchining aktiv ekvivalent qarshiligi $R = 10 \text{ } \Omega$. Faza toklari va sarf bo'ladigan quvvat aniqlansin.

10. Uchburchak shaklda ulangan uch fazali Z_{CA} tok zanjiri iste'molchi qarshilik Z_{AB} lari $\underline{Z}_{ab} = (2 - j6) \text{ } \Omega$, $\underline{Z}_{bc} = j5 \text{ } \Omega$, $\underline{Z}_{ca} = 1,2 \text{ } \Omega$ ga teng bo'lib, liniya kuchlanishi $U_L = 100 \text{ V}$ bo'lgan generatorga ulangan. Sxemaga ulangan ampermetr qiymati va sarf bo'ladigan quvvat aniqlansin.

11. To'rt simli yulduzcha sxemaning fazalariga $P_a = 150 \text{ Vt}$, $P_b = 180 \text{ Vt}$, $P_c = 50 \text{ Vt}$ quvvatga ega bo'lgan chiroqlar ulangan. Liniya kuchlanishi $U_L = 200 \text{ V}$ bo'lganda toklar aniqlanib, vektor ifodasi tuzilsin.

12. Liniya kuchlanishi $U_L = 380 \text{ V}$ bo'lgan neytral simsiz yulduzcha shaklida ulangan uch fazali tok zanjirining iste'molchi qarshiliklari: $R_a = 24 \text{ } \Omega$, $R_b = 25 \text{ } \Omega$, $R_c = 22 \text{ } \Omega$. Aktiv quvvatlari $P_a = 160 \text{ Vt}$, $P_b = 170 \text{ Vt}$, $P_c = 220 \text{ Vt}$. Faza toklari va kuchlanishlarini aniqlanib, vektor ifodasi tuzilsin.

13. Uchburchak shaklda ulangan uch fazali Z_{CA} tok zanjiri iste'molchi qarshilik Z_{AB} lari $\underline{Z}_{ab} = (4 - j7) \text{ } \Omega$, $\underline{Z}_{bc} = j1,5 \text{ } \Omega$, $\underline{Z}_{ca} = 10 \text{ } \Omega$ ga teng bo'lib, liniya

kuchlanishi $U_L = 200\text{ V}$ bo'lgan generatorga ulangan. Sxemaga ulangan ampermetr qiymati va sarf bo'ladigan quvvat aniqlansin.

14. Uchburchak shaklida ulangan uch fazali tok zanjiri iste'molchilari: $Z_{ab} = 25 + j20\text{ Om}$; $Z_{bc} = 30\text{ Om}$; $Z_{ca} = -j45\text{ Om}$ ga teng bo'lib, $U_L = 220\text{ V}$ liniya kuchlanishiga ulangan. Liniya toklari va iste'molchilarda sarf bo'ladigan quvvat aniqlansin.

15. Liniya kuchlanishi $U_L = 220\text{ V}$ bo'lgan neytral simsiz yulduzcha shaklida ulangan uch fazali tok zanjirining iste'molchi qarshiliklari: $R_a = 2,4\text{ Om}$, $R_b = 2,5\text{ Om}$, $R_c = 2,2\text{ Om}$. Aktiv quvvatlari $P_a = 16\text{ Vt}$, $P_b = 17\text{ Vt}$, $P_c = 22\text{ Vt}$. Faza toklari va kuchlanishlarini aniqlanib, vektor ifodasi tuzilsin.

16. Uchburchak shaklida ulangan uch fazali tok zanjirining iste'molchilari simmetrik bo'lib, $I = 10\text{ A}$ tok oqib o'tadi. Liniya simi va A faza simi ab uzilgan holda liniya toklari qiyamtini aniqlang.

17. Induktivligi $L_1 = L_2 = L_3 = 110\text{ mGn}$ bo'lgan uch fazali asinxron motor chastotasi $f = 50\text{ Hz}$ faza kuchlanishi $U_A = 380\text{ V}$ simmetrik generatorga ulangan. Faza toklari va to'la quvvat aniqlansin.

18. Uchburchak shaklida ulangan uch fazali Z_{CA} tok zanjiri iste'molchi qarshilik Z_{AB} lari $\underline{Z}_{ab} = (4 - j6)\text{ Om}$, $\underline{Z}_{bc} = j15\text{ Om}$, $\underline{Z}_{ca} = 12\text{ Om}$ ga teng bo'lib, liniya kuchlanishi $U_L = 110\text{ V}$ bo'lgan generatorga ulangan. Sxemaga ulangan ampermetr qiymati va sarf bo'ladigan quvvat aniqlansin.

19. Liniya kuchlanishi $U_L = 200\text{ V}$ bo'lgan neytral simsiz yulduzcha shaklida ulangan uch fazali tok zanjirining iste'molchi qarshiliklari: $R_a = 20\text{ Om}$, $R_b = 15\text{ Om}$, $R_c = 18\text{ Om}$. Aktiv quvvatlari $P_a = 150\text{ Vt}$, $P_b = 120\text{ Vt}$, $P_c = 200\text{ Vt}$. Faza toklari va kuchlanishlarini aniqlanib, vektor ifodasi tuzilsin.

20. Nosimmetrik tizim liniya kuchlanishi $U_L = 380\text{ V}$ va chastotasi $f = 50\text{ Hz}$ bo'lgan uch fazali nosimmetrik yuklama (iste'molchi) yulduz usulida ulangan. Agar fazalardagi yuklamalarning qiymatlari quyidagicha berilgan bo'lsa:

$$\begin{array}{lll} R_A = 35\text{ Om}; & L_A = 0,16\text{ Gn}; & C_A = 0; \\ R_B = 25\text{ Om}; & L_B = 0; & C_B = 125\text{ mkF}; \\ R_C = 0. & L_C = 0,25\text{ Gn}. & C_C = 0. \end{array}$$

Quyidagilarni aniqlang:

1. Har bir fazaning to'liq qarshiliklari;
2. Faza toklari;
3. Har bir fazaning quvvat koeffitsiyentlari: $(\cos\varphi, \sin\varphi)$;

4. Zanjirning aktiv, reaktiv va to'la quvvatlari ;

5. Kuchlanishlarning vektor diagrammasini qurib, ularda nol simdan o'tadigan tok I_0 aniqlansin.

21. Neytral simli uch fazali tarmoqqa nosimmetrik yuklama yulduz usulda ulangan, ularning fazalari quyidagi parametrlarga ega: $R_a = 18 \text{ } \Omega$ va $X_{La} = 1,4 \text{ } \Omega$; $R_b = 24 \text{ } \Omega$ va $X_{cb} = -2 \text{ } \Omega$; $R_c = 15 \text{ } \Omega$ va $X_{La} = 1,8 \text{ } \Omega$. Fazalar va liniyalar toklari, neytral simdagi tok hamda har bir fazaning quvvat koeffitsiyenti aniqlansin. Tarmoqning liniya kuchlanishi: $U_L = 220 \text{ V}$.

22. Liniya kuchlanishlari 380 V bo'lgan uch fazali tarmoqqa nosimmetrik yuklama uchburchak usulda ulangan. Yuklamaning parametrlari: $R_{ab} = 13 \text{ } \Omega$ va $X_{C.ab} = -2,5 \text{ } \Omega$; $R_{bc} = 2,8 \text{ } \Omega$ va $X_{L.bc} = 3,2 \text{ } \Omega$; $R_{ca} = 2,3 \text{ } \Omega$ va $X_{C.ca} = -2,5 \text{ } \Omega$ Faza va liniya toklari, har bir fazaning quvvat koeffitsiyenti aniqlansin.

23. Liniya kuchlanishi 220 V, chastotasi 50 Hz bo'lgan uch fazali tarmoqqa nosimmetrik uch fazali yuklama avval yulduz, keyin esa uchburchak usulda ulangan. Agar $R = 4 \text{ } \Omega$, $R_L = 15 \text{ } \Omega$, $L = 6 \text{ mGn}$, $C = 200 \text{ mkF}$ bo'lsa, yuklamaning aktiv va reaktiv quvvati aniqlansin.

24. Faza kuchlanishi $U_f = 220 \text{ V}$ va chastotasi $f = 50 \text{ Hz}$ bo'lgan uch fazali zanjirga nosimmetrik yuklama (iste'molchi) yulduz usulda ulangan. Agar fazalardagi yuklamalarning qiymatlari quyidagicha bo'lsa: $R_A = 22 \text{ } \Omega$, $R_B = 11 \text{ } \Omega$, $R_C = 5,5 \text{ } \Omega$ quyidagilarni aniqlang:

1. Har bir fazaning to'liq qarshiliklari;

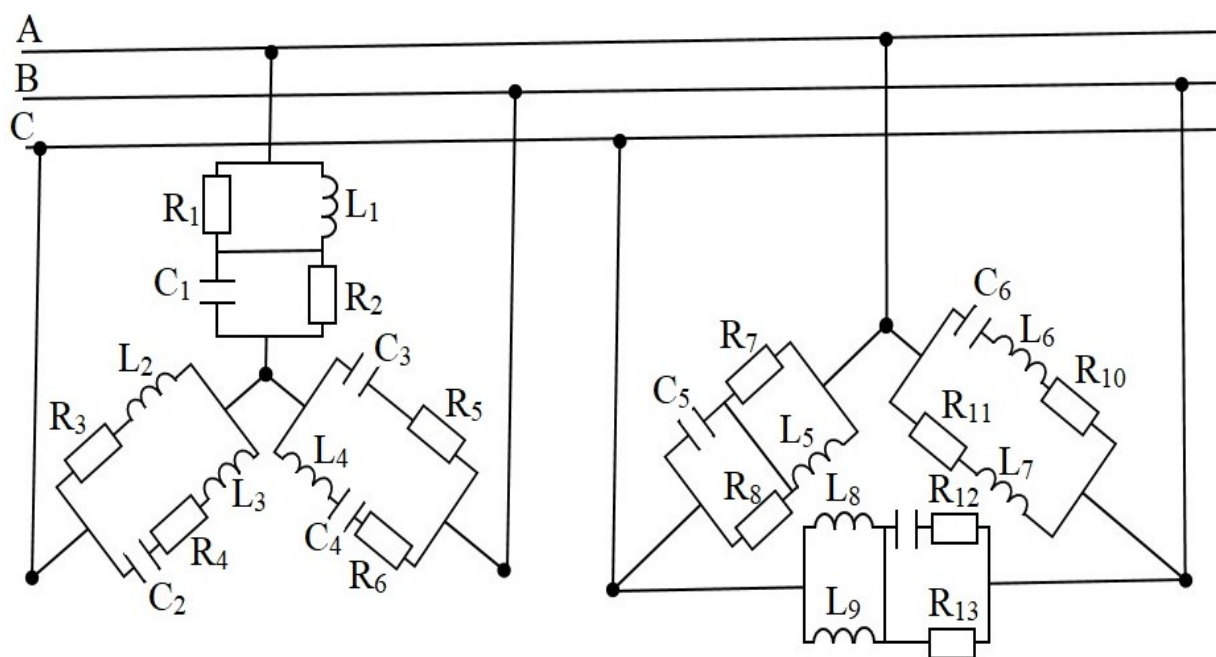
2. Faza toklari;

3. Har bir fazaning quvvat koeffitsiyentlari ($\cos\varphi$, $\sin\varphi$);

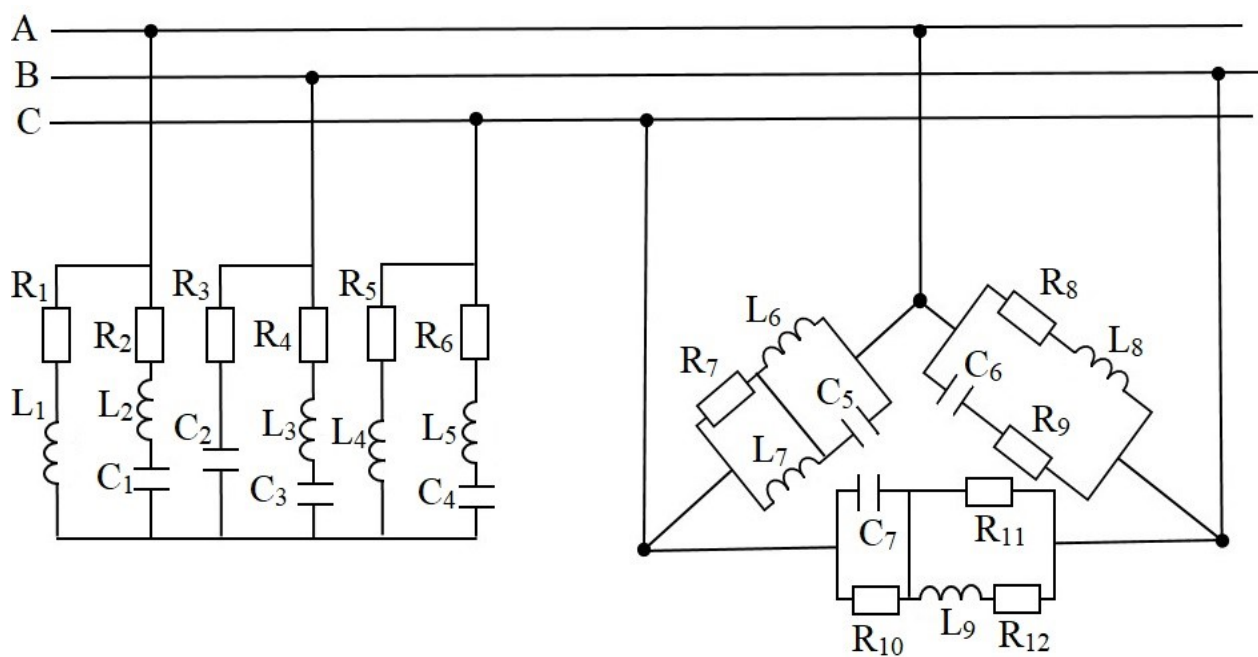
4. Zanjirning aktiv, reaktiv va to'la quvvatlari;

5. Kuchlanishlarning vektor diagrammasini qurib, ularda nol simdan o'tadigan tok I_0 aniqlansin.

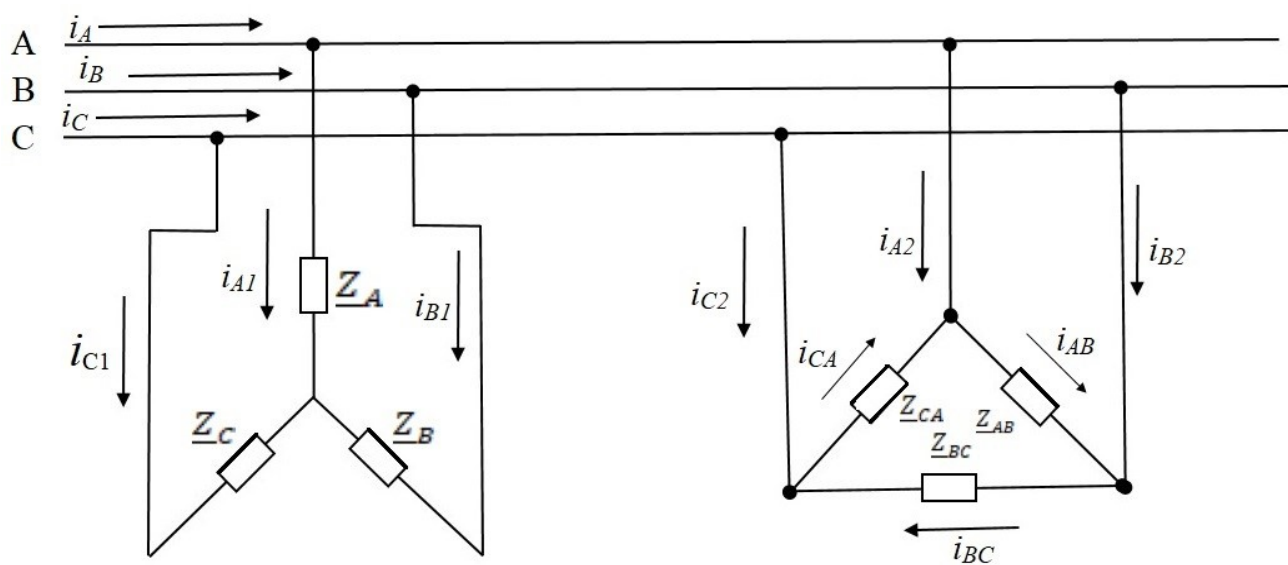
25. Quyidagi zanjir sxemalari hamda 7.1-jadval yordamida elektr zanjirlarda umumiy qarshilik, faza va liniya toklari hamda fazaning siljish burchagi topilsin.



7.9-rasm. Elementlari uchburchak usulda ulangan elektr zanjirlar



7.10-rasm. Elementlari yulduz va uchburchak usulda ulangan elektr zanjirlar



7.11-rasm. Elementlari yulduz va uchburchak usulda ulangan elektr zanjirlar

7.1-jadval

Variant raqami	U, V	R_1 , Om	R_2 , Om	R_3 , Om	R_4 , Om	R_5 , Om	R_6 , Om	R_7 , Om	R_8 , Om	R_9 , Om	R_{10} , Om	R_{11} , Om	R_{12} , Om	X_{L1} , Om	X_{L2} , Om
1	127	∞	8,5	0	6,5	1,3	4,6	8,4	2,8	10,5	0,9	10	∞	23,6	15,8
2	127	0	21,6	6,2	4	10,5	7,5	∞	2,5	4,2	5,6	3,8	4,3	20	11
3	127	5,2	∞	0	12,8	1,2	0	18,5	∞	34,2	0	23,5	28,2	8,4	14,8
4	127	88	66	36,5	14,3	8,5	0	2,4	26,2	28	44,2	∞	10,2	45,6	0
5	127	1,5	2,2	0	0	14	0	3,5	0	50,5	∞	∞	5,6	∞	13,2
6	220	2,7	2,3	4,7	0	0	1,7	0	2,8	4,9	0	6,4	44	66	2,8
7	220	7,4	∞	4,8	5,3	12	8,5	2,5	4,3	0	1,5	∞	3,1	15	20,5
8	220	11,4	0	2,6	4,3	∞	1,8	∞	∞	10	10	0	10,5	5,8	3,8
9	220	3,5	2,8	16,8	14,5	∞	16	∞	12,5	0	0	8,5	7,8	11,4	0
10	220	∞	14,5	0	15,6	0	0	10,5	∞	20	8,4	11,5	∞	24,8	5,5
11	380	28,5	14,5	2,2	0	∞	18,5	4,8	∞	38,5	22	10	41,5	∞	42,2
12	380	∞	80,2	0	52	84	100	0	43,5	∞	10,5	20	20	95,2	55
13	380	23	32	0	6,3	0	7,5	15,5	∞	27	36	7,5	∞	∞	34,5
14	127	38,4	0	∞	15,2	0	0	∞	10,5	54	18	14	∞	40,5	60
15	127	39	6,5	28	15,5	11,5	80	∞	∞	43	24	∞	49,5	51	0

16	127	0	12	22	0	∞	4,5	8,2	14,5	∞	5,8	29	18,2	10,6	48,2
17	127	∞	15	10	7,5	10	30	110	17,5	1,5	35	∞	2,2	15,5	5,7
18	127	8	121	5,5	2,2	18	0	41	36	10	12	20	22	11	23
19	127	∞	11,5	42	2,6	5,5	0	4,5	18	0	20	3,2	130	37	0,5
20	127	2,5	103	0	0	6,5	4,5	25	∞	4	104	∞	3,5	88	14,5
21	220	∞	31,5	28	25	7,5	8,2	∞	24	0,8	44	28	13	64	70
22	220	0	25	31	0	18	4,5	22	8,2	13	0	21	32	60,5	7,4
23	220	17	14	0	21	5,5	0	10,5	13	20	∞	4,2	85	8,2	12
24	220	12	21	26	0	2,5	3,5	28	∞	8,5	11	0,8	38	9,5	0
25	220	5,5	∞	33	29	0	0	22	18	4,5	110	80,6	0	58	21
26	380	10	38	7	9	32	47	∞	54	6,5	7,2	20,5	∞	42	52
27	380	∞	100	28	11	42	45	25	15	40	20	10	27	4,5	80
28	380	24	7,5	14	0	0	9,5	0	65	0	44	20	130	22	6,5
29	380	4,5	66	0	0	8,5	9,5	∞	∞	2,8	5,5	66	58	66	7,5
30	380	∞	76	81	32	60	22	∞	∞	51	44	15	∞	0	10

7.1-jadvalning davomi

Variant raqami	$X_{L3},$ Om	$X_{L4},$ Om	$X_{L5},$ Om	$X_{L6},$ Om	$X_{L7},$ Om	$X_{L8},$ Om	$X_{L9},$ Om	$X_{C1},$ Om	$X_{C2},$ Om	$X_{C3},$ Om	$X_{C4},$ Om	$X_{C5},$ Om	$X_{C6},$ Om	$X_{C7},$ Om
1	0	0	21,6	16,5	3,8	7,6	11,5	34,6	20	1,8	20,5	∞	0	19,5
2	0	8,3	1,6	2,2	2,8	∞	1,8	16,5	2,2	7,3	0	7,3	0	8,6
3	3,5	21,2	14,2	29,5	8,4	0	0	31,5	18,3	0,8	17,8	21,5	15	11
4	0	0	∞	0	12,5	18,4	21,8	21,8	8,6	7,4	42	10,5	11	∞
5	65,2	2,5	12,2	∞	7,2	12,3	14	70,4	80,5	17,2	0	0	∞	28
6	68,5	78,8	12,5	8,4	6,2	5,4	38	78	50,5	10,8	60,9	7,6	0	12,7
7	0	27,5	∞	22,1	14,2	∞	6,4	7,5	6,8	0	30,3	∞	0	∞
8	4,5	70,6	2,5	2,8	6,7	20	19,5	0	0	10	78,4	8,4	20	8,7
9	4,6	20	3,8	0	2,2	19,5	21,3	∞	0	5,3	45	0	3,8	0
10	0	41,5	100	0	38,5	59	55,4	11,5	10	30,6	65,4	22,4	28,4	73,2
11	0	85,2	85	0	35,6	59	0	5,3	35,7	100	71,5	98	20	53
12	0	28	0	58	∞	59	76	110	14,5	20,5	80	48	74	10
13	81	39,5	100	21,5	0	59	63,5	18,5	50,5	42	75,3	21,4	44	41
14	34,5	41	52	94	12	59	52	0	10,5	63	83	∞	66	16,5
15	10,2	16	14,2	80	0	59	5	116	39,5	28,5	0	58,5	21,5	∞

16	41,5	61	23	12	∞	59	0	25	18,5	0	85	16	32	10
17	0	7,1	0	0	20	59	11	33	7,5	8,2	0	17,5	0	∞
18	14	0	4,6	40	7,6	59	48	21	0	17	10	70	3,5	18
19	10,8	8,5	86	0	10,3	59	8	25,6	5,2	19	28	14	7,4	21
20	21	28,5	34	23	12	59	10,5	8,4	7,4	0	35	17	0	72
21	19,5	16,5	66	21	17	59	19,5	42	0	12,5	0	48	0	20,5
22	0	0	22	45	24	59	66	35	4,5	37	39	∞	0	0
23	0	0	7,5	∞	26	59	41	0	9,5	24	27	0	27	21
24	0	10	54	30	18	59	40	64	31	14,5	0	34	12	42
25	0,8	11	8,5	41	43	59	25	35	10	51	63	∞	20,6	32
26	43	0	8,5	61	47	59	28	42	0	18	16,5	31	50,5	12
27	10	8,1	125	38	24	59	7,4	25	33	0	9,4	5,5	0,8	28
28	9,5	15	0	14	35	59	17	180	18	31	48	25	60	27
29	10,5	6,2	41	8,8	28	59	13	24	29	30	43	72	54	5,5
30	28	51	62	8,5	84	59	12	51	46	8	0	21	19	36

8-MAVZU: ELEKTR YURITMAGA MOTOR QUVVATINI TANLASHNI HISOBLASH

O'zgarmas yoki qisman o'zgaruvchi yuklamada ko'p sonli mexanizmlar: kompressor, nasos va boshqa qurilmalar ishlaydi. Elektr motorni tanlashda uning iste'mol qilayotgan quvvatini e'tiborga olish kerak.

Quvvatni tanlashni hisobiy usul bilan bajarish quyida keltirilgan. Elektr motor validagi quvvat quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$P = \frac{P_m}{\eta_u},$$

bu yerda: P_m -Mexanizmlar iste'mol qiladigan quvvat; η_u – uzatma FIK.

Elektromotor nominal quvvatini hisobiy quvvatdan kattaroq tanlash tavsiya etiladi. Nasos elektr motori uchun quvvatni hisoblash formulasi:

$$P = k_{zah} \cdot \frac{g \cdot Q \cdot H \cdot \gamma}{\eta_{nasos} \cdot \eta_{uzatma}} \cdot 10^{-3} = k_{zah} \cdot \frac{Q \cdot p_{nasos}}{\eta_{nasos} \cdot \eta_{uzatma}} \cdot 10^{-3}$$

bu yerda: k_{zah} -zahira koeffitsiyenti, 1,1-1,3 ga teng qabul qilinadi; g – erkin tushish tezlanishi; Q – nasos ishlab chiqaruvchanligi; H – (hisobiy) ko'tarish balandligi; γ – Nasos tortayotgan suyuqlik zichligi; η_{nasos} -nasos FIK; η_{uzatma} – uzatma FIK.

Nasos bosimi:

$$p_{nasos} = g \cdot H \cdot \gamma.$$

Kompressor elektr motori uchun quvvatni hisoblash formulasi quyidagicha bo'ladi. Porshenli kompressor quvvati:

$$P = k_{zah} \cdot \frac{Q \cdot A}{\eta_{komp.} \cdot \eta_{uzatma}} \cdot 10^{-3}.$$

bu yerda: Q – kompressor ishlab chiqaruvchanligi; $\eta_{komp.}$ – Porshenli kompressor indikatorli FIK (0,6-0,8); η_{uzatma} – Uzatma FIK (0,9-0,95); k_{zah} – zahira koeffitsiyenti (1,05-1,15). A qiymati quyidagi formuladan hisoblanadi:

$$A = \frac{A_i - A_A}{2};$$

yoki quyidagi jadvaldan olsa bo'ladi:

8.1-jadval

$p_2, 10^5 \text{ Pa}$	3	4	5	6	7	8	9	10
$A, 10^{-3} \text{ Dj/m}^3$	132	164	190	213	230	245	260	272

Ventilyator elektr motori uchun quvvatni hisoblash formulasi:

$$P = k_{zah} \cdot \frac{Q \cdot H}{\eta_{ventilyator} \cdot \eta_{uzatma}} \cdot 10^{-3};$$

bu yerda: k_{zah} -zahira koeffitsiyenti. Uning qiymati motor quvvatiga bog'liq bo'ladi:

- 1 kVt – 2 koeffitsiyent;
- 1 dan 2 kVtgacha – 1,5 koeffitsiyent;
- 5 kVt va undan katta – 1,1-1,2;

Q – ventilyator ishlab chiqaruvchanligi;

H – chiqishdagi bosim;

$\eta_{ventilyator}$ – ventilyator FIK ;

η_{uzatma} – uzatma FIK.

Keltirilgan formula o'qli va markazdan qochma ventilyatorlar quvvatini hisoblash uchun foydalaniladi. Markazdan qochma modellar FIK 0,4-0,7 ga, o'qli ventilyatorlar uchun – 0,5-0,85 ga teng.

Motor quvvatini hisoblash uchun boshqa texnik tavsiflarni har bir turdagi mexanizmlar uchun ma'lumotnomalardan topish mumkin.

Elektr motor tanlashda quvvat zahirasi biroz bo'lsada bo'lishi kerak. Motor quvvati zahirasi katta olinganda yuritma FIK tushib ketadi. O'zgaruvchan tok elektr motorlarida bu quvvat koeffitsiyenti pasayishiga olib keladi.

Elektr motorni ishga tushirish toki

Elektr motor turi va nominal quvvatini bilgan holda nominal tokni hisoblash mumkin.

O'zgarmas tok elektr motori nominal toki:

$$I_{nom} = \frac{1000 \cdot P_{nom.quvvat}}{\eta_{nom.} \cdot U_{nom.}}$$

O'zgaruvchan tok uch fazali elektr motorlari nominal toki

$$I_{nom} = \frac{1000 \cdot P_{nom.quvvat}}{U_{nom.} \cdot \cos\varphi_{nom} \cdot \sqrt{\eta_{nom.}}};$$

bu yerda: $P_{nom.quvvat}$ – elektr motor nominal quvvati;

$U_{nom.}$ – elektr motor nominal kuchlanishi;

$\eta_{nom.}$ – elektr motor FIK;

$\cos\varphi_{nom}$ – elektr motor quvvat koeffitsiyenti.

Elektr motor aniq modeli uchun quvvat nominal qiymati, kuchlanish va FIK ni texnik hujjatlardan aniqlash mumkin.

Nominal tokni bilgan holda ishga tushirish tokini aniqlash mumkin bo‘ladi. Elektromotor ishga tushirish toki

$$I_{i.t} = I_{nom} \cdot K_{o'zgarmas tok};$$

bu yerda: I_{nom} – nominal tok; $K_{o'zgarmas tok}$ – o‘zgarmas tokning nominal qiymatga karraligi.

Ishga tushurish tokini zanjirdagi har bir motor uchun hisoblash lozim. Ushbu qiymatni bilgan holda zanjirni to‘liq himoya qiluvchi avtomatik uzgich turini tanlash mumkin.

Elektr motor ish rejimlari

Elektromotor yuklamasi ish rejimidan kelib chiqadi. Ba‘zan ish rejimi o‘zgarmas bo‘ladi, ba‘zan esa o‘zgaradi. Motor quvvatini tanlashda yuklama tavsifi e‘tiborga olinadi. Mavjud standartlarda quyidagi ish rejimlari ko‘zda tutilgan:

S1 (davomiy) rejim. Ushbu rejimda motor harorati kerakli qiymatga erishguncha bo‘lgan vaqtda yuklama o‘zgarmas bo‘lib qoladi. Yuritma quvvati yuqorida keltirilgan formuladan aniqlanadi.

S2 (qisqa vaqtli) rejim. Ushbu rejimda elektr motordan foydalanishda uning harorati o‘rnatilgan qiymatga erishmaydi. Elektromotor o‘chirilgan vaqtda uning harorati atrof-muhit harorati bilan tenglashadi. Qisqa vaqtli rejimda motorni o‘ta zo‘riqishga tekshirish lozim.

S3 (davriy-qisqa vaqtli) rejim. Elektr motor davriy o‘chishlar bilan ishlaydi. Ulash va o‘chish vaqtlarida uning harorati berilgan qiymatga erishish yoki atrof-muhit haroratiga erishishga ulgurmaydi. Motor quvvatini hisoblashda pauzalar davomiyligi va o‘tish davri yo‘qotishlari hisobga olinishi kerak. Elektr motorni tanlashda vaqt birligida mumkin bo‘lgan ulashlar soni asosiy parametr hisoblanadi.

S4 (davriy-qisqa vaqtli, tez ishga tushirishlar bilan) va S5 (davriy-qisqa vaqtli elektr tormoz) rejim. Ikki holatda ham ***S3*** rejimdagi parametrlarga ko‘ra motor ishi ko‘riladi.

S6 (davriy-uzluksiz qisqa vaqtli yuklamali) rejim. Ushbu rejimda elektr motor yuklamada ishlashi salt yurish bilan navbatma-navbat amalga oshiriladi.

S7 (davriy-uzluksiz elektr tormoz) rejimi.

S8 (davriy-uzluksiz bir vaqtda yuklama va aylanish chastotasi o‘zgaruvchi) rejim.

S3 (yuklama va aylanish chastotasi nodavriy o‘zgarishli) rejim.

Zamonaviy elektr yuritmalar ko'pchilik modellari yuklama darajasi o'zgarishiga moslashtirilgan.

Elektr motorlar iqlimga moslab ishlab chiqarilishi

Elektromotrlarni tanlashda uning faqat texnik tavsiflari emas, balki atrof-muhit sharoitida ishlashi ham e'tiborga olinadi.

Zamonaviy elektr motorlar turli iqlimiy bajarishli bo'ladi. Toifalar mos keluvchi harf va sonlar bilan belgilanadi:

- U** – mo'tadil iqlimda foydalaniladigan modellar;
- XL**-sovuq iqlimga moslashtirilgan elektr motorlar;
- TS**-quruq tropik iqlim uchun bajarilgan;
- TV**-nam tropik iqlim uchun bajarishli;
- T**-tropik iqlim uchun universal bajarishli;
- O**-Quruq havoda ishlatishga mo'ljallangan;
- M**-dengiz iqlimida ishlash uchun elektr motorlar (sovuq va mo'tadil);
- V**-quruqlik va dengizning ixtiyoriy joyida ishlatishga mo'ljallangan.

Nomenklaturadagi raqamlar uni joylashtirish turini ko'rsatadi:

- 1 – ochiq maydonda foydalanish imkoniyatli;
- 2 – havo erkin kiradigan binoda o'rnatiladi;
- 3 – yopiq sex va binolarda o'rnatiladi;
- 4 – Iqlim sharoitini rostlash (shamollatish va qizitish) imkoniyati bo'lgan ishlab chiqarish va boshqa binolarda foydalaniladigan;
- 5 – Yuqori namlik va kondensat to'planadigan hududlarda foydalanish uchun.

Masalalar.

1-masala.

Ishchi mexanizmning yuklanish diagrammasi $M_{st} = f(t)$ ni 8.2-jadval kattaliklari bo'yicha quriladi.

Ishchi mexanizmining yuklanish diagrammasi

A-variant

8.2-jadval

	1	2	3	4	5	6	7	
$M_{st},$ N·m	600	400	500	200	400	420	200	$\omega_m = 62 \text{ rad/sek}$
$t, \text{ sek}$	200	400	80	100	200	160	75	$J_m = 18 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$

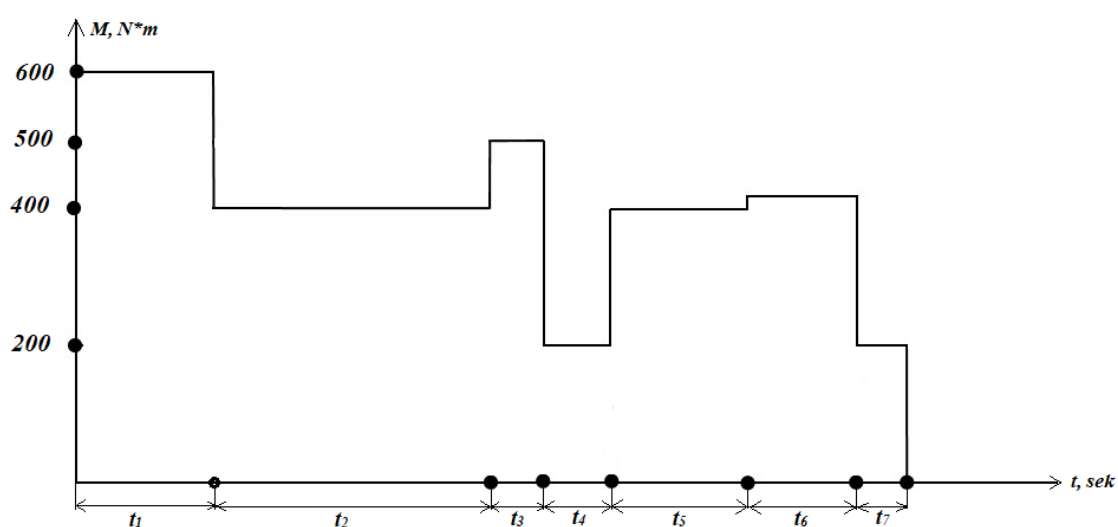
B – variant

	1	2	3	
$M_{st}, N \cdot m$	700	600	550	$\omega_m = 50 \text{ rad/sek}$
t, sek	200	300	400	$J_m = 5 \text{ kg} \cdot m^2$

C – variant

$M_{st}, N \cdot m$	t_p, sek	t_0, sek	$\omega_m, \text{rad/sek}$	$J_m, \text{kg} \cdot m^2$
62	300	200	95	10

A variant uchun:



8.1-rasm: Mexanizmning yuklanish diagrammasi

Motorning quvvatini ekvivalent statik moment bo'yicha quyidagicha aniqlash mumkin:

A variant uchun:

$$M_{ekv.st.A} = k_3 \cdot \sqrt{\frac{M_1^2 \cdot t_1 + M_2^2 \cdot t_2 + M_3^2 \cdot t_3 + M_4^2 \cdot t_4 + M_5^2 \cdot t_5 + M_6^2 \cdot t_6 + M_7^2 \cdot t_7}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7}} =$$

$$= 1,2 \cdot \sqrt{\frac{600^2 \cdot 200 + 400^2 \cdot 400 + 500^2 \cdot 80 + 200^2 \cdot 100 + 400^2 \cdot 200 + 420^2 \cdot 160 + 200^2 \cdot 75}{200 + 400 + 80 + 100 + 200 + 160 + 75}}$$

$$= 514,36 \text{ N} \cdot m.$$

B variant uchun:

$$M_{ekv.st.B} = k_3 \cdot \sqrt{\frac{M_1^2 \cdot t_1 + M_2^2 \cdot t_2 + M_3^2 \cdot t_3}{t_1 + t_2 + t_3}}$$

$$= 1,2 \cdot \sqrt{\frac{700^2 \cdot 200 + 600^2 \cdot 300 + 550^2 \cdot 400}{200 + 300 + 400}} = 723,32 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

C variant uchun:

$$M_{ekv.st.C} = k_3 \cdot \sqrt{\frac{M_{st}^2 \cdot t_p}{t_p + t_0}} = 1,2 \cdot \sqrt{\frac{62^2 \cdot 300}{300 + 200}} = 57,63 \text{ N} \cdot \text{m};$$

bu yerda: $k_3 = 1,1 \div 1,3$ yuklanish diagrammani notekisligini hisobga oluvchi koeffitsiyent.

Ishchi mexanizm validagi quvvat:

$$P_M = M_{ekv.st.A} \cdot \omega_m = 514,36 \cdot 62 = 31890,32 \text{ Vt}.$$

Elektromotor quvvati:

$$P_{el.d} = \frac{P_M}{\eta_{red}};$$

bu yerda: η_{red} - reduktorning FIK i bo'lib, uni quyidagi 8.3-jadval asosida tanlash mumkin:

8.3-jadval

T/r	Reduktor turi	FIK - η_{red}
1	Tezligi 12 m/s gacha bo'lgan silindrik tishli reduktor	0,98 ÷ 0,985
2	Tezligi 12 dan 25 m/s gacha bo'lgan silindrik tishli reduktor	0,99
3	Tezligi 12 m/s gacha bo'lgan konussimon tishli reduktor	0,97 ÷ 0,98
4	Tezligi 12 dan 25 m/s gacha bo'lgan konussimon tishli reduktor	0,98
7	Tishli-vintli uzatmali reduktor	0,38 ÷ 0,92
8	To'liqsimon reduktor	0,85 ÷ 0,9

8.3-jadval asosida biz tezligi 12 m/s gacha bo'lgan silindrik tishli reduktorni tanlaganimiz uchun $\eta_{red} = 0,98$ deb hisoblaymiz

$$P_{el.d} = \frac{P_M}{\eta_{red}} = \frac{31890,32}{0,98} = 32541,14 \text{ Vt.}$$

Chiqqan natijaga yaqin qilib, 8.4-jadval asosida elektr motorini tanlaymiz:

8.4-jadval

Markasi	P_N, kVt	$n_{nom},$ ayl /min	FIK, %	$\cos\varphi$	$I_N,$ $(U = 380 \text{ Vda}),$ A	$\frac{I_{i.t}}{I_N}$	$\frac{M_{max}}{M_N}$	$\frac{M_{i.t}}{M_N}$	Massa, kg
AIR56A2	0,18	2730	65	0,78	-	5	2,2	2,2	3,5
AIR56V2	0,25	2730	66	0,79	-	5	2,2	2,2	3,8
AIR63A2	0,37	2730	72	0,86	-	5	2,2	2,2	5,2
AIR63V2	0,55	2730	75	0,85	-	5	2,2	2,2	6,1
AIR71A2	0,75	2815	74	0,83	1,9	5,3	2,7	2,5	8,7
AIR71V2	1,1	2800	77	0,86	2,5	5,2	2,8	2,6	10,5
AIR80A2	1,5	2835	79	0,87	3,3	6,5	3	2,8	13
AIR80V2	2,2	2820	82	0,87	4,6	6,5	3,4	3,2	15
AIR90L2	3	2835	82	0,86	6,5	6,5	3,2	2,9	17
AIR100S2	4	2820	82	0,84	8,8	6,8	3,2	3	20,5
AIR100L2	5,5	2860	84	0,86	11	5,5	2,2	1,8	28
AIR112M2	7,5	2895	87	0,89	15	7	3,2	2,5	49
AIR132M2	11	2890	88	0,88	22	7,5	3,5	2,8	54
AIR160S2	15	2940	88	0,86	30	7,5	3,2	2	116
AIR160M2	18,5	2940	90	0,88	35	7,5	3,2	2	160
AIR180S2	22	2940	90,5	0,89	42	7,5	3,5	2,1	150
AIR180M2	30	2940	92	0,89	56	7,5	3,5	2,2	170
AIR200M2	37	2950	91,5	0,88	70	7,5	3,2	2,3	230
AIR200L2	45	2940	92,5	0,9	83	7,5	3,3	2,4	255
AIR225M2	55	2955	93,5	0,9	100	7,5	4	2,3	320

Hisobiy quvvat bo'yicha katalogdan tezligi va quvvati yaqin bo'lgan motor olinadi. Bizning hisoblashlarni natijasiga yaqin bo'lgani jadvaldagi *AIR200M2* markali motor hisoblanadi.

Ushbu markali motorning burchak tezligini aniqlaymiz:

$$\omega_N = \frac{n_N}{9,55} = \frac{2950}{9,55} = 308,9 \frac{\text{rad}}{\text{sek}};$$

$$\omega_N > \omega_m \quad P_N > P_{el.d.}$$

$$308,9 \frac{\text{rad}}{\text{sek}} > 62 \frac{\text{rad}}{\text{sek}} \quad 37 \text{ kVt} > 32,54 \text{ kVt.}$$

- Motor tipi: - *AIR200M2*
- Nominal quvvati: $P_N = 37 \text{ kVt}$;
- Nominal aylanish tezligi: $n_N = 2950 \text{ ayl/min}$;
- Nominal toki: $I_N = 70 \text{ A}$;
- Siltash moment $GD^2 = 5,8 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$

2-masala.

Ishchi mexanizmning yuklanish diagrammasi $M_{st} = f(t)$ ni 8.5-jadval kattaliklari bo'yicha quriladi.

Ishchi mexanizmining yuklanish diagrammasi

A-variant

8.5-jadval

	1	2	3	4	5	6	7	
$M_{st}, \text{N}\cdot\text{m}$	650	400	500	300	200	600	100	$\omega_m = 25 \text{ rad/sek}$
t, sek	100	300	200	70	100	60	150	$J_m = 15 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$

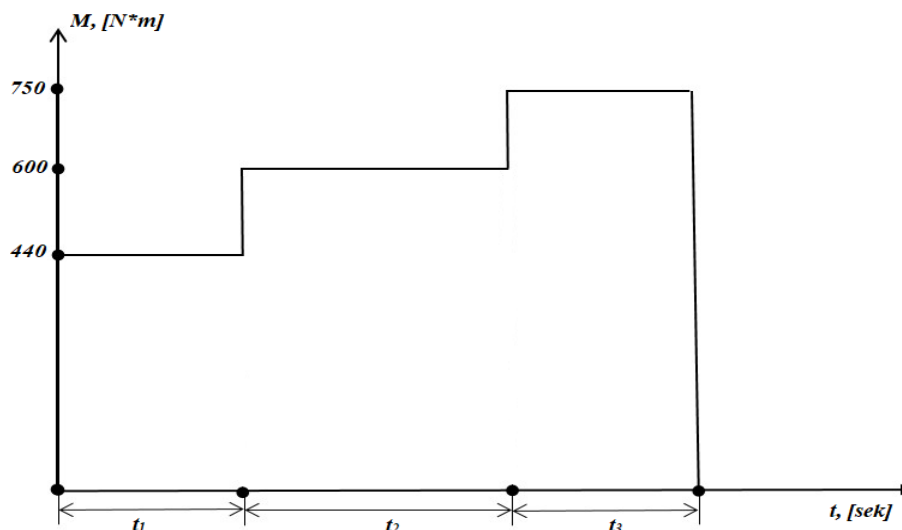
B – variant

	1	2	3	
$M_{st}, \text{N}\cdot\text{m}$	440	600	750	$\omega_m = 60 \text{ rad/sek}$
t, sek	300	450	300	$J_m = 4 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$

C – variant

$M_{st}, \text{N}\cdot\text{m}$	t_p, sek	t_0, sek	$\omega_m, \text{rad/sek}$	$J_m, \text{kg}\cdot\text{m}^2$
87	280	250	107	12

B variant uchun:



8.2-rasm. Mexanizmni yuklanish diagrammasi

Motorning quvvatini ekvivalent statik moment bo'yicha quyidagicha aniqlash mumkin:

A variant uchun:

$$M_{ekv.st.A} = k_3 \cdot \sqrt{\frac{M_1^2 \cdot t_1 + M_2^2 \cdot t_2 + M_3^2 \cdot t_3 + M_4^2 \cdot t_4 + M_5^2 \cdot t_5 + M_6^2 \cdot t_6 + M_7^2 \cdot t_7}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7}} =$$

$$= 1,2 \cdot \sqrt{\frac{650^2 \cdot 100 + 400^2 \cdot 300 + 500^2 \cdot 200 + 300^2 \cdot 70 + 200^2 \cdot 100 + 600^2 \cdot 60 + 100^2 \cdot 150}{100 + 300 + 200 + 70 + 100 + 60 + 150}}$$

$$= 505,13 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

B variant uchun:

$$M_{ekv.st.B} = k_3 \cdot \sqrt{\frac{M_1^2 \cdot t_1 + M_2^2 \cdot t_2 + M_3^2 \cdot t_3}{t_1 + t_2 + t_3}}$$

$$= 1,2 \cdot \sqrt{\frac{880^2 \cdot 300 + 600^2 \cdot 450 + 750^2 \cdot 300}{300 + 540 + 300}} = 843,35 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

C variant uchun:

$$M_{ekv.st.C} = k_3 \cdot \sqrt{\frac{M_{st}^2 \cdot t_p}{t_p + t_0}} = 1,2 \cdot \sqrt{\frac{87^2 \cdot 280}{280 + 250}} = 75,89 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

bu yerda: $k_3 = 1,1 \div 1,3$ yuklanish diagrammani notekisligini hisobga oluvchi koeffitsiyent

Ishchi mexanizm validagi quvvat:

$$P_M = M_{ekv.st.B} \cdot \omega_m = 843,35 \cdot 60 = 50601 \text{ } Vt.$$

Elektromotor quvvati:

$$P_{el.d} = \frac{P_M}{\eta_{red}};$$

bu yerda: η_{red} - reduktorning FIK i bo'lib, uni quyidagi 8.6-jadval asosida tanlash mumkin:

8.6-jadval

T/r	Reduktor turi	FIK - η_{red}
1	Tezligi 12 m/s gacha bo'lgan silindrik tishli reduktor	0,98 ÷ 0,985
2	Tezligi 12 dan 25 m/s gacha bo'lgan silindrik tishli reduktor	0,99
3	Tezligi 12 m/s gacha bo'lgan konussimon tishli reduktor	0,97 ÷ 0,98
4	Tezligi 12 dan 25 m/s gacha bo'lgan konussimon tishli reduktor	0,98
7	Tishli-vintli uzatmali reduktor	0,38 ÷ 0,92
8	To'lqinsimon reduktor	0,85 ÷ 0,9

8.6-jadval asosida biz tezligi 12 m/s gacha bo'lgan silindrik tishli reduktorni tanlaganimiz uchun $\eta_{red} = 0,98$ deb hisoblaymiz

$$P_{el.d} = \frac{P_M}{\eta_{red}} = \frac{50601}{0,982} = 51528,51 \text{ } Vt.$$

Chiqqan natijaga yaqin qilib, 8.7-jadval asosida elektr motorini tanlaymiz:

8.7-jadval

Markasi	P_N, kVt	$n_{nom, ayl/min}$	FIK, %	$\cos\varphi$	I_N, A ($U = 380 \text{ } Vda$),	$\frac{I_{i.t}}{I_N}$	$\frac{M_{max}}{M_N}$	$\frac{M_{i.t}}{M_N}$	Massa, kg
AIR56A2	0,18	2730	65	0,78	-	5	2,2	2,2	3,5
AIR56V2	0,25	2730	66	0,79	-	5	2,2	2,2	3,8
AIR63A2	0,37	2730	72	0,86	-	5	2,2	2,2	5,2
AIR63V2	0,55	2730	75	0,85	-	5	2,2	2,2	6,1
AIR71A2	0,75	2815	74	0,83	1,9	5,3	2,7	2,5	8,7

AIR71V2	1,1	2800	77	0,86	2,5	5,2	2,8	2,6	10,5
AIR80A2	1,5	2835	79	0,87	3,3	6,5	3	2,8	13
AIR80V2	2,2	2820	82	0,87	4,6	6,5	3,4	3,2	15
AIR90L2	3	2835	82	0,86	6,5	6,5	3,2	2,9	17
AIR100S2	4	2820	82	0,84	8,8	6,8	3,2	3	20,5
AIR100L2	5,5	2860	84	0,86	11	5,5	2,2	1,8	28
AIR112M2	7,5	2895	87	0,89	15	7	3,2	2,5	49
AIR132M2	11	2890	88	0,88	22	7,5	3,5	2,8	54
AIR160S2	15	2940	88	0,86	30	7,5	3,2	2	116
AIR160M2	18,5	2940	90	0,88	35	7,5	3,2	2	160
AIR180S2	22	2940	90,5	0,89	42	7,5	3,5	2,1	150
AIR180M2	30	2940	92	0,89	56	7,5	3,5	2,2	170
AIR200M2	37	2950	91,5	0,88	70	7,5	3,2	2,3	230
AIR200L2	45	2940	92,5	0,9	83	7,5	3,3	2,4	255
AIR225M2	55	2955	93,5	0,9	100	7,5	4	2,3	320

Hisobiy quvvat bo'yicha katalogdan tezligi va quvvati yaqin bo'lgan motor olinadi. Bizning hisoblashlarni natijasiga yaqin bo'lgani jadvaldagi *AIR225M2* markali motor hisoblanadi.

Ushbu markali motorning burchak tezligini aniqlaymiz:

$$\omega_N = \frac{n_N}{9,55} = \frac{2955}{9,55} = 309,42 \frac{\text{rad}}{\text{sek}};$$

$$\omega_N > \omega_m \quad P_N > P_{el.d}$$

$$309,42 \frac{\text{rad}}{\text{sek}} > 60 \frac{\text{rad}}{\text{sek}}. \quad 55 \text{ kVt} > 51,53 \text{ kVt}.$$

- Motor tipi: - *AIR200M2*

- Nominal quvvati: $P_N = 55 \text{ kVt}$;

- Nominal aylanish tezligi: $n_N = 2955 \text{ ayl/min}$;

- Nominal toki: $I_N = 100 \text{ A}$;

- Siltash moment $GD^2 = 10 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$.

3-masala.

Ishchi mexanizmning yuklanish diagrammasi $M_{st} = f(t)$ ni 8.8-jadval kattaliklari bo'yicha quriladi.

Ishchi mexanizmining yuklanish diagrammasi

A-variant

8.8-jadval

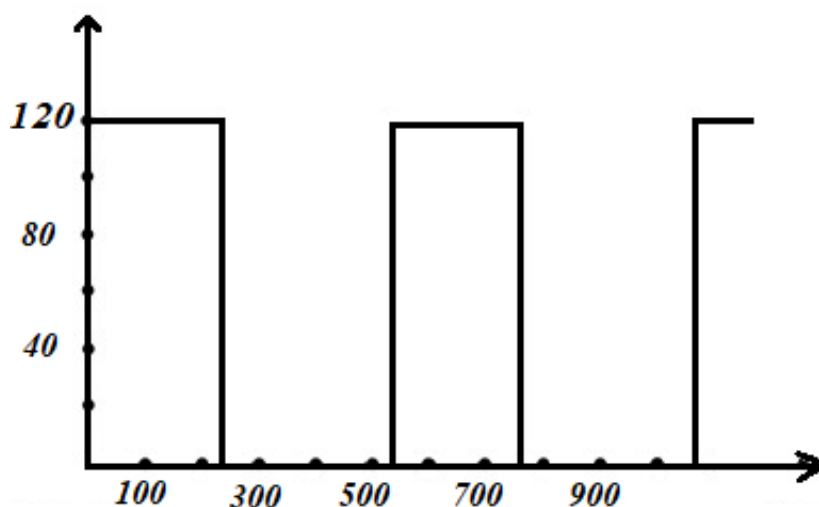
	1	2	3	4	5	6	7	
$M_{st}, N \cdot m$	1200	800	125	360	1000	700	200	$\omega_m = 50 \text{ rad/sek}$
$t, \text{ sek}$	100	200	90	50	65	300	70	$J_m = 12 \text{ kg} \cdot m^2$

B – variant

	1	2	3	
$M_{st}, N \cdot m$	120	100	80	$\omega_m = 50 \text{ rad/sek}$
$t, \text{ sek}$	80	200	150	$J_m = 9 \text{ kg} \cdot m^2$

C – variant

$M_{st}, N \cdot m$	$t_p, \text{ sek}$	$t_0, \text{ sek}$	$\omega_m, \text{ rad/sek}$	$J_m, \text{ kg} \cdot m^2$
120	230	300	90	14

C variant uchun:

8.3-rasm. Mexanizmni yuklanish diagrammasi

Motorning quvvatini ekvivalent statik moment bo'yicha quyidagicha aniqlash mumkin:

A variant uchun:

$$M_{ekv.st.A} = k_3 \cdot \sqrt{\frac{M_1^2 \cdot t_1 + M_2^2 \cdot t_2 + M_3^2 \cdot t_3 + M_4^2 \cdot t_4 + M_5^2 \cdot t_5 + M_6^2 \cdot t_6 + M_7^2 \cdot t_7}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7}} =$$

$$= 1,2 \cdot \sqrt{\frac{1200^2 \cdot 100 + 800^2 \cdot 200 + 125^2 \cdot 90 + 360^2 \cdot 50 + 1000^2 \cdot 65 + 700^2 \cdot 300 + 200^2 \cdot 70}{100 + 200 + 90 + 50 + 65 + 300 + 70}} =$$

$$= 902,28 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

B variant uchun:

$$M_{ekv.st.B} = k_3 \cdot \sqrt{\frac{M_1^2 \cdot t_1 + M_2^2 \cdot t_2 + M_3^2 \cdot t_3}{t_1 + t_2 + t_3}} = 1,2 \cdot \sqrt{\frac{120^2 \cdot 80 + 100^2 \cdot 200 + 80^2 \cdot 150}{80 + 200 + 150}}$$

$$= 117,35 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

C variant uchun:

$$M_{ekv.st.C} = k_3 \cdot \sqrt{\frac{M_{st}^2 \cdot t_p}{t_p + t_0}} = 1,2 \cdot \sqrt{\frac{120^2 \cdot 230}{230 + 300}} = 94,86 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

bu yerda: $k_3 = 1,1 \div 1,3$ yuklanish diagrammani notekisligini hisobga oluvchi koeffitsiyent

Ishchi mexanizm validagi quvvat:

$$P_M = M_{ekv.st.C} \cdot \omega_m = 94,86 \cdot 90 = 8537,4 \text{ Vt}.$$

Elektr motor quvvati:

$$P_{el.d} = \frac{P_M}{\eta_{red}};$$

bu yerda: η_{red} - reduktorning FIK i bo'lib, uni quyidagi 8.9-jadval asosida tanlash mumkin:

8.9-jadval

T/r	Reduktor turi	FIK - η_{red}
1	Tezligi 12 m/s gacha bo'lgan silindrik tishli reduktor	0,98 ÷ 0,985
2	Tezligi 12 dan 25 m/s gacha bo'lgan silindrik tishli reduktor	0,99
3	Tezligi 12 m/s gacha bo'lgan konussimon tishli reduktor	0,97 ÷ 0,98
4	Tezligi 12 dan 25 m/s gacha bo'lgan konussimon tishli reduktor	0,98
7	Tishli-vintli uzatmali reduktor	0,38 ÷ 0,92
8	To'lqinsimon reduktor	0,85 ÷ 0,9

8.9-jadval asosida biz tezligi 12 m/s gacha bo'lgan silindrik tishli reduktorni tanlaganimiz uchun $\eta_{red} = 0,984$ deb hisoblaymiz

$$P_{el.d} = \frac{P_M}{\eta_{red}} = \frac{8537,4}{0,984} = 8676,22 \text{ Vt.}$$

Chiqqan natijaga yaqin qilib, 8.10-jadval asosida elektr motorini tanlaymiz:

8.10-jadval

Markasi	P_N, kVt	$n_{nom},$ ayl /min	FIK, %	cosφ	$I_N,$ A ($U = 380 \text{ Vda}$),	$\frac{I_{i.t}}{I_N}$	$\frac{M_{max}}{M_N}$	$\frac{M_{i.t}}{M_N}$	Massa, kg
AIR56A2	0,18	2730	65	0,78	-	5	2,2	2,2	3,5
AIR56V2	0,25	2730	66	0,79	-	5	2,2	2,2	3,8
AIR63A2	0,37	2730	72	0,86	-	5	2,2	2,2	5,2
AIR63V2	0,55	2730	75	0,85	-	5	2,2	2,2	6,1
AIR71A2	0,75	2815	74	0,83	1,9	5,3	2,7	2,5	8,7
AIR71V2	1,1	2800	77	0,86	2,5	5,2	2,8	2,6	10,5
AIR80A2	1,5	2835	79	0,87	3,3	6,5	3	2,8	13
AIR80V2	2,2	2820	82	0,87	4,6	6,5	3,4	3,2	15
AIR90L2	3	2835	82	0,86	6,5	6,5	3,2	2,9	17
AIR100S2	4	2820	82	0,84	8,8	6,8	3,2	3	20,5
AIR100L2	5,5	2860	84	0,86	11	5,5	2,2	1,8	28
AIR112M2	7,5	2895	87	0,89	15	7	3,2	2,5	49
AIR132M2	11	2890	88	0,88	22	7,5	3,5	2,8	54
AIR160S2	15	2940	88	0,86	30	7,5	3,2	2	116
AIR160M2	18,5	2940	90	0,88	35	7,5	3,2	2	160
AIR180S2	22	2940	90,5	0,89	42	7,5	3,5	2,1	150
AIR180M2	30	2940	92	0,89	56	7,5	3,5	2,2	170
AIR200M2	37	2950	91,5	0,88	70	7,5	3,2	2,3	230
AIR200L2	45	2940	92,5	0,9	83	7,5	3,3	2,4	255
AIR225M2	55	2955	93,5	0,9	100	7,5	4	2,3	320

Hisobiy quvvat bo'yicha katalogdan tezligi va quvvati yaqin bo'lgan motor olinadi. Bizning hisoblashlarni natijasiga yaqin bo'lgani jadvaldagi *AIR132M2* markali motor hisoblanadi.

Ushbu markali motorning burchak tezligini aniqlaymiz:

$$\omega_N = \frac{n_N}{9,55} = \frac{2890}{9,55} = 302,62 \frac{\text{rad}}{\text{sek}};$$

$$\omega_N > \omega_m; \quad P_N > P_{el.d};$$

$$302,62 \frac{\text{rad}}{\text{sek}} > 90 \frac{\text{rad}}{\text{sek}}. \quad 11 \text{ kVt} > 8,68 \text{ kVt}.$$

- Motor tipi: - *AIR200M2*

- Nominal quvvati: $P_N = 55 \text{ kVt}$;

- Nominal aylanish tezligi: $n_N = 2955 \text{ ayl/min}$;

- Nominal toki: $I_N = 100 \text{ A}$;

- Siltash moment $GD^2 = 0,9 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$.

Mustaqil ishlash uchun masalalar

1. Quyidagi jadvaldagi yuritmaga elektr motor tanlang. Hisoblashlar A variant bo'yicha hisoblansin

	1	2	3	4	5	6	7	
$M_{st},$ N·m	600	500	200	600	400	650	150	$\omega_m = 125$ rad/sek
t, sek	50	150	100	200	200	250	100	$J_m = 7 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$

2. Quyidagi jadvaldagi yuritmaga elektr motor tanlang. Hisoblashlar A variant bo'yicha hisoblansin

	1	2	3	4	5	6	7	
$M_{st},$ N·m	900	400	300	600	450	725	350	$\omega_m = 65$ rad/sek
t, sek	45	125	70	100	250	200	506	$J_m = 5 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$

3. Quyidagi jadvaldagi yuritmaga elektr motor tanlang. Hisoblashlar A variant bo'yicha hisoblansin

	1	2	3	4	5	6	7	
$M_{st},$ N·m	990	600	640	550	400	750	250	$\omega_m = 100$ rad/sek
t, sek	49	200	190	250	125	120	60	$J_m = 22 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$

4. Quyidagi jadvaldagi yuritmaga elektr motor tanlang. Hisoblashlar A variant bo'yicha hisoblansin

	1	2	3	4	5	6	7	
$M_{st},$ N·m	990	600	640	550	400	750	250	$\omega_m = 100$ rad/sek
t, sek	49	200	190	250	125	120	60	$J_m = 22$ kg·m ²

5. Quyidagi jadvaldagi yuritmaga elektr motor tanlang. Hisoblashlar A variant bo'yicha hisoblansin

	1	2	3	4	5	6	7	
$M_{st},$ N·m	500	300	250	150	226	250	200	$\omega_m = 50$ rad/sek
t, sek	60	240	125	50	200	140	200	$J_m = 12$ kg·m ²

6. Quyidagi jadvaldagi yuritmaga elektr motor tanlang. Hisoblashlar A variant bo'yicha hisoblansin

	1	2	3	4	5	6	7	
$M_{st},$ N·m	1300	800	700	1200	400	1200	900	$\omega_m = 65$ rad/sek
t, sek	100	200	1000	100	120	100	60	$J_m = 25$ kg·m ²

7. Quyidagi 8.11-jadvaldagi yuritmaga elektr motor tanlang. Hisoblashlar A variant bo'yicha hisoblansin

8.11-jadval

Variant	M_1 N·m	t_1 sek	M_2 N·m	t_2 sek	M_3 N·m	t_3 sek	M_4 N·m	t_4 sek	M_5 N·m	t_5 sek	M_6 N·m	t_6 sek	M_7 N·m	t_7 sek	ω rad/s	J kg·m ²
1	600	200	400	400	500	20	200	100	400	200	420	160	200	45	62	18
2	650	100	400	300	500	200	300	40	200	100	600	20	100	200	25	15
3	300	60	170	120	220	100	250	200	100	200	350	50	80	250	110	12
4	420	600	230	300	400	150	200	60	200	150	300	200	100	60	90	6
5	600	50	500	150	200	100	600	200	400	200	650	250	150	100	125	7

6	900	45	400	125	300	70	600	100	450	250	725	200	350	500	65	5
7	990	49	600	200	640	190	550	250	400	125	750	120	250	60	100	22
8	500	60	300	240	250	125	150	50	226	200	250	140	200	200	50	12
9	400	60	300	150	160	150	220	220	250	180	380	240	150	70	40	15
10	600	30	170	60	440	220	34	50	240	170	200	100	150	200	60	10
11	1200	100	800	200	125	40	360	40	1000	20	700	300	200	50	50	12
12	1300	100	800	200	700	1000	120	100	400	120	1200	100	900	60	65	25
13	820	40	500	125	600	140	660	210	900	100	700	100	300	140	60	22
14	1600	60	900	150	1000	190	120	30	700	250	1000	190	400	60	63	19
15	1100	50	600	140	900	200	500	200	1000	40	1200	160	370	60	25	16
16	1200	60	700	160	850	220	120	60	750	190	1000	200	340	50	100	12
17	300	19	220	60	170	15	85	100	90	10	120	50	80	40	75	8
18	880	100	500	190	850	130	250	30	420	80	300	40	150	120	100	5
19	1100	50	500	120	850	130	700	120	950	170	600	150	400	60	60	20
20	890	125	500	320	750	300	375	85	500	80	350	30	240	55	60	12
21	1800	200	140	60	600	20	130	200	800	90	1000	50	700	80	75	20
22	1700	150	120	70	1300	180	900	50	1200	35	853	50	750	85	85	24
23	1450	120	100	65	960	200	750	40	1200	40	700	35	600	70	70	15
24	600	60	100	100	650	220	500	35	750	40	620	25	450	40	60	19
25	650	60	100	120	600	200	500	30	700	45	600	20	400	45	64	20
26	700	90	600	200	460	45	620	40	520	45	760	20	320	20	70	10
27	550	75	450	100	350	20	480	80	370	15	450	50	280	40	90	9
28	750	60	660	60	715	40	750	65	600	20	500	50	350	20	63	30
29	740	50	700	40	600	30	700	60	450	25	710	50	340	60	30	9
30	420	80	350	85	390	70	300	30	400	70	500	10	200	25	120	12

8. Quyidagi jadvaldagi yuritmaga elektr motor tanlang. Hisoblashlar B variant bo'yicha hisoblansin

	1	2	3	
$M_{st},$ N·m	55	48	50	$\omega_m = 75$ rad/sek
t, sek	120	160	60	$J_m = 7 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$

9. Quyidagi jadvaldagi yuritmaga elektr motor tanlang. Hisoblashlar B variant bo'yicha hisoblansin

	1	2	3	
$M_{st},$ N·m	290	420	26	$\omega_m = 100$ rad/sek
t, sek	20	30	60	$J_m = 8 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$

10. Quyidagi jadvaldagi yuritmaga elektr motor tanlang. Hisoblashlar B variant bo'yicha hisoblansin

	1	2	3	
$M_{st},$ N·m	460	350	440	$\omega_m = 110$ rad/sek
t, sek	15	35	50	$J_m = 7 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$

11. Quyidagi jadvaldagi yuritmaga elektr motor tanlang. Hisoblashlar B variant bo'yicha hisoblansin

	1	2	3	
$M_{st}, \text{N}\cdot\text{m}$	1430	1600	1700	$\omega_m = 47$ rad/sek
t, sek	25	50	20	$J_m = 11 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$

12. Quyidagi jadvaldagi yuritmaga elektr motor tanlang. Hisoblashlar B variant bo'yicha hisoblansin.

	1	2	3	
$M_{st},$ N·m	780	800	780	$\omega_m = 120$ rad/sek
t, sek	35	20	40	$J_m = 16 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$

13. Quyidagi jadvaldagi yuritmaga elektr motor tanlang. Hisoblashlar B variant bo'yicha hisoblansin

	1	2	3	
$M_{st},$ N·m	1250	1040	1120	$\omega_m = 67$ rad/sek
t, sek	20	40	50	$J_m = 14$ $\text{kg}\cdot\text{m}^2$

14. Quyidagi jadvaldagi yuritmaga elektr motor tanlang. Hisoblashlar B variant bo'yicha hisoblansin

	1	2	3	
$M_{st},$ N·m	400	300	360	$\omega_m = 90$ rad/sek
t, sek	10	30	40	$J_m = 8 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$

15. Quyidagi jadvaldagi yuritmaga elektr motor tanlang. Hisoblashlar B variant bo'yicha hisoblansin.

Variant	M_1 N·m	t_1 sek	M_2 N·m	t_2 sek	M_3 N·m	t_3 sek	ω rad/s	J kg·m ²
1	700	200	600	300	550	400	50	5
2	880	300	600	450	750	300	60	4
3	70	200	60	300	55	400	65	6
4	40	25	30	200	25	100	70	8
5	55	100	48	160	50	60	75	7
6	120	80	100	200	80	150	50	9
7	90	40	120	20	70	30	80	11
8	140	30	120	40	110	30	100	10
9	150	35	140	20	120	25	115	7
10	165	40	160	30	158	30	120	8
11	260	25	240	35	250	40	100	12
12	500	60	480	80	490	25	56	13
13	400	80	350	50	390	30	95	15
14	620	20	590	15	600	90	60	14
15	1280	25	1100	40	1200	35	50	12
16	850	24	600	30	700	40	95	15
17	1250	20	1100	50	1200	30	80	15
18	1400	40	1300	30	1280	30	70	17
19	380	50	400	25	250	25	50	5,8
20	550	40	520	15	480	50	48	10

21	290	20	420	30	26	60	100	8
22	460	15	350	35	440	50	110	7
23	640	20	550	55	500	30	110	8
24	1430	25	1600	50	1700	20	47	11
25	780	35	800	20	780	40	120	16
26	1700	30	1750	45	1680	40	70	18
27	1750	20	1700	15	1450	30	58	12
28	260	25	240	50	250	20	48	9
29	140	30	70	30	300	50	118	7
30	55	25	100	20	45	60	88	5
31	1250	20	1040	40	1120	50	67	14
32	400	10	300	30	360	40	90	8

16. Quyidagi jadvaldagi yuritmaga elektr motor tanlang. Hisoblashlar C variant bo'yicha hisoblansin.

$M_{st},$ N·m	$t_p,$ sek	$t_0,$ sek	$\omega_m,$ rad/sek	$J_m,$ kg·m ²
130	200	350	98	15

17. Quyidagi jadvaldagi yuritmaga elektr motor tanlang. Hisoblashlar C variant bo'yicha hisoblansin.

$M_{st},$ N·m	$t_p,$ sek	$t_0,$ sek	$\omega_m,$ rad/sek	$J_m,$ kg·m ²
380	120	200	100	20

18. Quyidagi jadvaldagi yuritmaga elektr motor tanlang. Hisoblashlar C variant bo'yicha hisoblansin.

$M_{st},$ N·m	$t_p,$ sek	$t_0,$ sek	$\omega_m,$ rad/sek	$J_m,$ kg·m ²
500	280	120	95	16

19. Quyidagi jadvaldagi yuritmaga elektr motor tanlang. Hisoblashlar C variant bo'yicha hisoblansin.

$M_{st},$ N·m	$t_p,$ sek	$t_0,$ sek	$\omega_m,$ rad/sek	$J_m,$ kg·m ²
600	300	100	80	23

20. Quyidagi jadvaldagi yuritmaga elektr motor tanlang. Hisoblashlar C variant bo'yicha hisoblansin.

$M_{st},$ N·m	$t_p,$ sek	$t_0,$ sek	$\omega_m,$ rad/sek	$J_m,$ kg·m ²
1100	250	140	85	29

21. Quyidagi jadvaldagi yuritmaga elektr motor tanlang. Hisoblashlar C variant bo'yicha hisoblansin.

$M_{st},$ N·m	$t_p,$ sek	$t_0,$ sek	$\omega_m,$ rad/sek	$J_m,$ kg·m ²
520	200	360	48	33

22. Quyidagi jadvaldagi yuritmaga elektr motor tanlang. Hisoblashlar C variant bo'yicha hisoblansin.

$M_{st},$ N·m	$t_p,$ sek	$t_0,$ sek	$\omega_m,$ rad/sek	$J_m,$ kg·m ²
250	300	200	58	15

23. Quyidagi jadvaldagi yuritmaga elektr motor tanlang. Hisoblashlar C variant bo'yicha hisoblansin.

$M_{st},$ N·m	$t_p,$ sek	$t_0,$ sek	$\omega_m,$ rad/sek	$J_m,$ kg·m ²
320	200	230	64	17

24. Quyidagi jadvaldagi yuritmaga elektr motor tanlang. Hisoblashlar C variant bo'yicha hisoblansin.

$M_{st},$ N·m	$t_p,$ sek	$t_0,$ sek	$\omega_m,$ rad/sek	$J_m,$ kg·m ²
370	180	260	68	28

25. Quyidagi jadvaldagi yuritmaga elektr motor tanlang. Hisoblashlar C variant bo'yicha hisoblansin

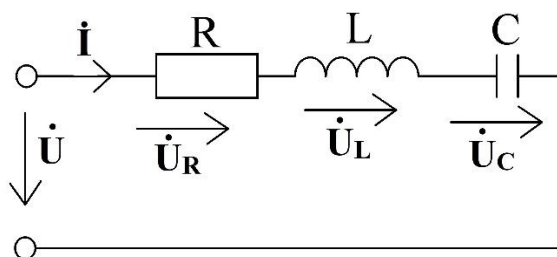
Variant	M N·m	t_r sek	t_0 sek	ω rad/s	J kg·m ²
1	62	300	200	95	10
2	87	280	250	107	12
3	98	250	150	97	13
4	120	230	300	96	14
5	130	200	350	98	15
6	138	330	120	115	16
7	145	240	340	120	18
8	160	180	300	135	17
9	180	225	280	104	19
10	240	300	150	100	21
11	300	120	72	80	22
12	500	90	58	68	19
13	380	120	200	100	20
14	420	140	68	60	15
15	600	300	100	80	23
16	500	280	120	95	16
17	640	270	180	97	25
18	720	230	150	86	23
19	890	300	200	95	26
20	920	270	220	107	19
21	1100	250	140	85	29
22	1000	230	160	87	22
23	520	200	360	48	33
24	370	180	260	68	28
25	250	300	200	58	15
26	960	250	220	86	18

27	1050	200	280	42	32
28	860	200	250	58	11
29	1200	220	160	97	16
30	120	100	250	104	12
31	1000	200	120	65	24
32	860	220	150	93	18
33	480	180	320	53	26
34	320	200	230	64	17
35	240	280	320	112	10

9-MAVZU: ELEKTR ZANJIRLARIDAGI TOKLAR REZONANSI

Rezonans deb induktiv va sig‘im elementlari mavjud zanjirning shunday ish rejimiga aytiladiki, unda kirish qarshiligi muhim ahamiyat kasb etadi. Natijada zanjir kirishida tok va kuchlanish faza bo‘yicha mos keladi.

Ketma-ket ulangan elementli zanjirda rezonans (kuchlanish rezonansi)



9.1-rasm. Ketma-ket ulangan elementli zanjir

9.1-rasmdagi zanjir uchun:

$$\dot{U} = \dot{U}_R + \dot{U}_L + \dot{U}_C = i \cdot \left[R + j \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right) \right] = i \cdot \underline{Z},$$

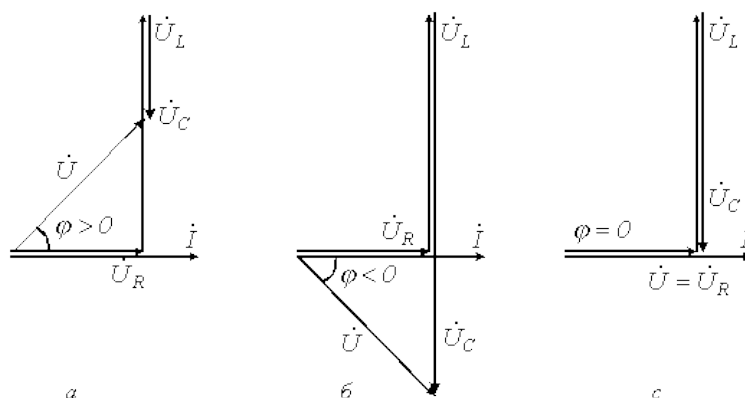
bu yerda:

$$\underline{Z} = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2} \cdot e^{j\varphi};$$

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R};$$

ωL va $\frac{1}{\omega C}$ qiymatlar munosabatiga bog‘liq ravishda uch xil holat bo‘lishi mumkin.

1. Zanjirda induktivlik katta, ya‘ni $\omega L > \frac{1}{\omega C}$, mos ravishda $\dot{U}_L > \dot{U}_C$. Ushbu rejimiga 9.2,a-rasmdagi vektor diagramma mos keladi.



9.2-rasm. Ketma-ket ulangan elementli zanjir vektor diagrammalari:

a-induktivlik katta bo'lgan zanjir uchun; b-sig'im katta bo'lgan zanjir uchun; c- kuchlanish rezonansi

2. Zanjirda sig'im katta, ya'ni $\omega L < \frac{1}{\omega C}$, demak, $\dot{U}_L < \dot{U}_C$ bo'ladi. Ushbu holatni 9.2,b-rasmda ko'ramiz.

3. $\dot{U}_L = \dot{U}_C$ - Kuchlanish rezonansi holati (9.2,c-rasm).

Kuchlanish rezonansi yuz berish sharoiti uchun $\omega L = \frac{1}{\omega C}$ bo'lishi kerak.

Bunda, yuqorida keltirilgan tenglamalardan $\underline{Z} = R$; $\varphi = 0$ ekanligi ma'lum bo'ladi.

Kuchlanish rezonansida yoki unga yaqin rejimlarda zanjirda tok keskin o'sishi kuzatiladi. Nazariy jihatdan $R=0$ da tokning qiymati cheksizlikka intiladi. Tok o'sishiga mos ravishda induktiv va sig'im elementlarda kuchlanish oshadi. Bu esa ta'minot manbasi kuchlanishi qiymatidan ko'p marta yuqori bo'lishi mumkin.

Aytaylik, 1-rasmdagi zanjir uchun $U = 10\text{ V}$; $R = 1\text{ Om}$; $X_L = X_C = 1000\text{ Om}$ bo'lsin. Unda $I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{R} = 10\text{ A}$ va mos ravishda $U_L = U_C = I \cdot X_L = I \cdot X_C = 10^4\text{ V}$ bo'ladi.

Rezonans hodisasidan amalda, xususan radiotexnikada keng foydalaniladi. Biroq, u o'z-o'zidan paydo bo'lsa o'ta kuchlanish va katta tok payda bo'lishi natijasida avariya rejimini hosil qilishi mumkin.

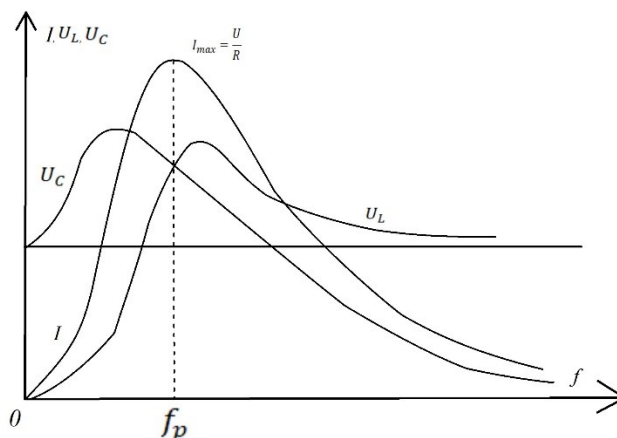
Rezonans hodisasi fizik mohiyati shundaki, g'altak induktivligi magnit maydoni va sig'im elektr maydoni orasida energiyaning davriy almashinishi va ulardagi energiya yig'indisi o'zgarmas qolishidadir.

Agar zanjirda bir necha induktiv va sig'im elementlar bo'lsa ham shu xodisa yuz beradi. Xaqiqatan, ushbu holatda $L_E = \sum_{k=1}^n L_k$; $\frac{1}{C_E} = \sum_{k=1}^n \frac{1}{C_k}$; va mos ravishda L_E va C_E ekvivalent qiymat uchun yuqorida keltirilgan munosabat bajariladi.

$\omega L = \frac{1}{\omega C}$ tenglama taxlili shuni ko'rsatadiki, rezonans rejimini L va C va chastotani o'zgartirish orqali amalga oshirish mumkin. Uning asosida rezonans chastota uchun:

$$f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}};$$

Rezonans egri chizig‘i deb tok va kuchlanishning chastotaga bog‘liqligiga aytiladi. Namuna sifatida 9.1-rasmdagi zanjirda $U = \text{const}$ holat uchun $I(f)$; $U_L(f)$ va $U_C(f)$ egri chiziqlarni keltiramiz.



9.3-rasm. $U = \text{const}$ holat uchun $I(f)$; $U_L(f)$ va $f_p(f)$ egri chiziqlari

Rezonans konturi uchun muhim parametr sifat omili Q bo‘lib, induktiv (sig‘im) elementdagi kuchlanishning kirish kuchlanishiga munosabatidan aniqlanadi:

$$Q = \frac{U_L}{U} = \frac{U_C}{U} = \frac{\omega_p \cdot L}{R} = \frac{1}{\omega_p \cdot C \cdot R},$$

- va rezonans konturi “tanlovchanligi” ni, xususan uning o‘tkazish kengligi $\Delta\omega = \omega_p/Q$ ni tavsiflaydi.

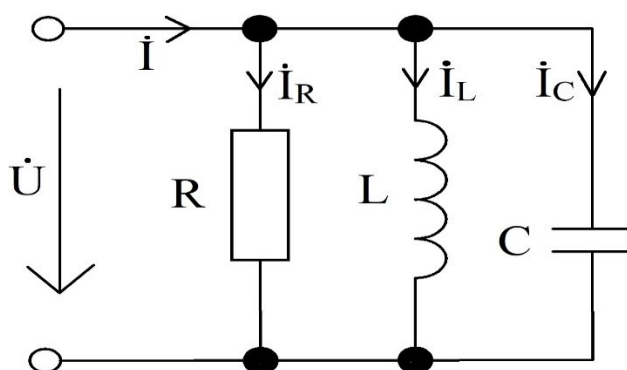
Rezonans konturining boshqa parametri tavsif qarshiligi bo‘lib, u sifat omili bilan bog‘liqdir

$$\rho = Q \cdot R,$$

yoki yuqoridagi tenglamalarni hisobga olib

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

Parallel ulangan elementli zanjirda rezonans (toklar rezonansi)



9.4-rasm. Parallel ulangan elementli zanjir

9.4-rasmdagi zanjir uchun

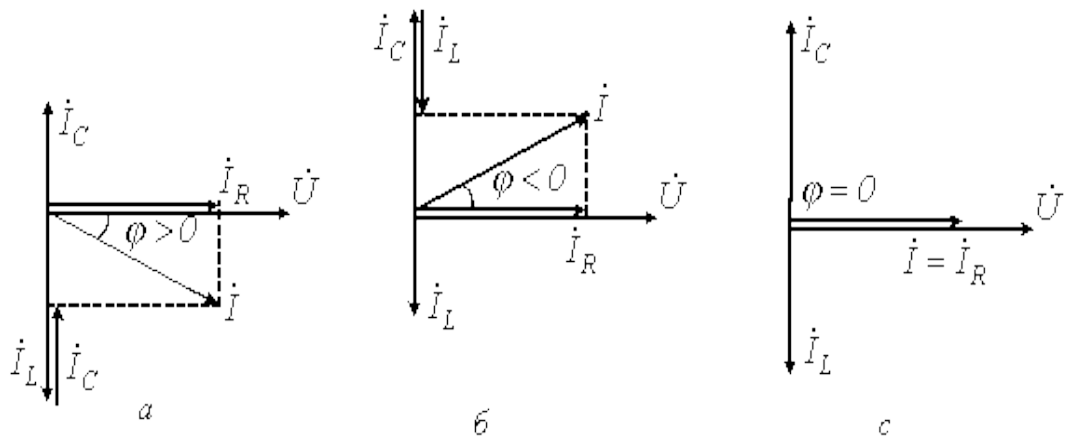
$$\dot{I} = \dot{I}_R + \dot{I}_L + \dot{I}_C = \dot{U} \cdot \left[\frac{1}{R} + \frac{1}{j(\omega L)} + j\omega C \right] = \dot{U}[g + j(b_C - b_L)] = \dot{U} \cdot \underline{Y},$$

bu yerda:

$$\underline{Y} = \sqrt{g^2 + (b_C - b_L)^2} \cdot e^{-j\varphi};$$

$$\varphi = \arctg \frac{b_L - b_C}{g}.$$

Yuqorida ko‘rilgan holatdagidek b_L va b_C qiymatlar munosabatiga bog‘liq ravishda uch holat bo‘lishi mumkin.



9.5-rasm. Parallel ulangan elementli zanjir vektor diagrammalari:

a-induktivlik katta bo‘lgan zanjir uchun; b-sig‘im katta bo‘lgan zanjir uchun; v-kuchlanish rezonansi

1. Zanjirda induktivlik katta, ya‘ni $b_L > b_C$, mos ravishda $I_L > I_C$. Ushbu rejimga 10.5,a-rasmdagi vektor diagramma mos keladi.

2. Zanjirda sig‘im katta, ya‘ni $b_L < b_C$, demak, $I_L < I_C$ bo‘ladi. Ushbu holatni 10.5,b-rasm tasvirlaydi.

3. $I_L = I_C$ - Toklar rezonansi holati (10.5,v-rasm).

Toklar rezonansi sharti $b_L = b_C$ yoki:

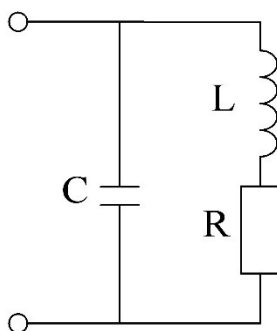
$$\frac{1}{\omega L} = \omega C.$$

Yuqoridagi mulohazalardan kelib chiqib, $\underline{Y} = g = 1/R$; $\varphi = 0$. Shu turzda, toklar rezonansida kirish o‘tkazuvchanligi minimal, kirish qarshiligi esa aksincha maksimal bo‘ladi. Xususiyl holda 9.4-rasmdagi zanjirda R rezistor yo‘qligida uning kirish qarshiligi rezonans rejimida cheksizlikka intiladi, ya‘ni toklar rezonansida zanjir kirishida tok qiymati minimal bo‘ladi.

$$\omega L = \frac{1}{\omega C} \text{ va } Q = \frac{U_L}{U} = \frac{U_C}{U} = \frac{\omega_p \cdot L}{R} = \frac{1}{\omega_p \cdot C \cdot R} \quad \text{munosabatlar bir xilligi ikkala}$$

holatda ham rezonans chastotasi $f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ bilan aniqlanishini ko'rsatadi. Biroq ushbu tenglamadan ixtiyoriy rezonans zanjiri uchun qo'llab bo'lmaydi. Ushbu tenglama induktiv va sig'im elementlari ketma-ket yoki parallel ulangan sodda sxemalar uchun qo'llash maqsadga muvofiqdir.

Ixtiyoriy konfiguratsiyali zanjir rezonans chastotasini aniqlash yoki umumiy holatda sxema munosabat parametrlarini rezonans rejimida ko'rib chiqishda zanjir kirish qarshiligini muhimlik shartidan kelib chiqish kerak.



9.6-rasm. Elementlari aralash ulangan zanjir

9.6-rasmdagi zanjir uchun:

$$\underline{Y} = j\omega C + \frac{1}{R + j\omega L} = j\omega C + \frac{R - j\omega L}{R^2 + \omega^2 L^2} = \frac{R}{R^2 + \omega^2 L^2} + j\left(\omega C - \frac{\omega L}{R^2 + \omega^2 L^2}\right).$$

Rezonans rejimida $\underline{Y}$ bir qismi nolga teng bo'lganligi sababli

$$C = \frac{L}{R^2 + \omega_p^2 L^2}.$$

Ushbu formuladan rezonans chastotasini topamiz.

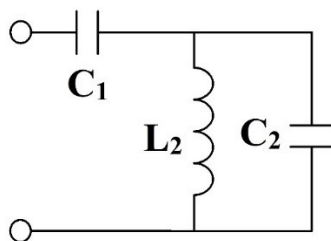
Murakkab zanjirlarda rezonans

Bir necha induktiv va sig'im elementlarning aralash ulangan murakkab zanjir uchun rezonans sharti zanjir kirish qarshiligi ($X(\omega) = 0$) yoki kirish o'tkazuvchanligi qismi nolga tengligi ushbu shartga mos keluvchi ω ning bir necha ildizi borligi ya'ni bir necha rezonans chastotasi mos kelishini bildiradi.

Reaktiv ikki qutblilik uchun rezonans chastotasini aniqlashda uning kirish reaktiv qarshiligi analitik ifodasi $X(\omega)$ yoki kirish reaktiv o'tkazuvchanligi $b(\omega)$ ni ω darajalari ikki polinomi munosabati shaklida tasavvur qilinadi, ya'ni $X(\omega) = P(\omega)/Q(\omega)$ yoki $b(\omega) = Q(\omega)/P(\omega)$. Ushbu holatda $P(\omega) = 0$ tenglama kuchlanish chastotasiga mos keluvchi chastotani, $Q(\omega) = 0$ tenglama ildizi toklar rezonansi chastotasiga mos keladi. Zanjirdagi rezonans chastotalar umumiy soni

sxemadagi induktiv va sig‘im elementlar umumiy sonidan bittaga kam bo‘ladi. Bunda tok va kuchlanish chastotalari navbatma-navbat kelishi xarakterlidir.

Namuna uchun 9.7-rasmdagi rezonans chastotalarini aniqlaymiz.



9.7-rasm. Induktivlik va sig‘imdan iborat murakkab zanjir

Ushbu zanjir uchun kirish qarshiligi ifodasi:

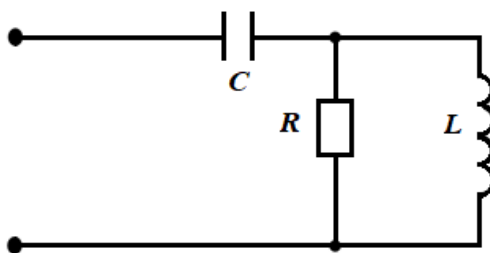
$$X(\omega) = \frac{1}{j\omega C_1} + \frac{j\omega L_2 \cdot \frac{1}{j\omega C_3}}{j\omega L_2 - \frac{1}{j\omega C_3}} = \frac{1}{j\omega C_1} + \frac{j\omega L_2}{1 - \omega^2 L_2 C_3} = \frac{1 - \omega^2 (L_2 C_3 + L_2 C_1)}{j\omega C_1 (1 - \omega^2 L_2 C_3)} = \frac{P(\omega)}{Q(\omega)}.$$

$P(\omega) = 0$ tenglama yechishidan kuchlanishlar rezonansiga mos keluvchi $\omega_1 = 1/\sqrt{L_2(C_1 + C_3)}$ chastotani olamiz, $Q(\omega) = 0$ tenglama yechishidan esa toklar rezonansiga mos keluvchi $\omega_1 = 1/\sqrt{L_2 \cdot C_3}$ chastotani olamiz.

Masalalar.

1-masala.

Berilgan zanjir (9.8-rasm) uchun parametrlar: $R = 6 \text{ } \Omega$, $C = 4 \text{ mF}$, $L = 0,1 \text{ Gn}$ bo‘lsa, rezonans chastotasining ifodasi topilsin.



9.8-rasm.

Yechish:

Rezonans shartiga ko‘ra: $\varphi = \varphi_u - \varphi_i = 0$, $x_{kir} = 0$, ya’ni kuchlanish va tok orasidagi faza siljish burchagi, binobarin, zanjirning kirish qarshiligi nolga teng bo‘lishi keak. Zanjirning kompleks qarshiligi: $\underline{Z}_{kir} = \frac{1}{j\omega C} + \frac{R \cdot j\omega L}{R + j\omega L}$. Uning reaktiv tashkil etuvchisini topamiz:

$$x_{kir} = \frac{-R^2 - \omega^2 \cdot L^2 + R^2 \cdot LC}{\omega C \cdot (R^2 + \omega^2 \cdot L^2)};$$

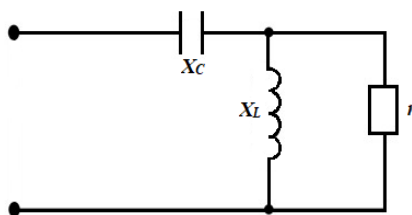
$x_{kir} = 0$ shartga ko‘ra, rezonans chastotasi quyidagiga teng:

$$\omega = \frac{R}{\sqrt{L \cdot (R^2 C - L)}} = \frac{6}{\sqrt{0,4 \cdot (6^2 \cdot 4 \cdot 10^{-3} - 0,1)}} = 45,23 \frac{rad}{sek}.$$

Javob: $\omega = 45,23 \text{ rad/sek.}$

2-masala.

Agar kuchlanish rezonansi rejimida ishlayotgan ikki qutblikning to'la kirish qarshiligi $z_{kir} = 18 \Omega$ va sig'im qarshiligi $x_c = 36 \Omega$ bo'lsa, u holda uning induktiv x_L va aktiv r qarshiliklari qiymatlarini aniqlang (9.9-rasm).



9.9-rasm.

Yechish:

Ikki qutblikning kirish kompleks qarshiligi quyidagiga teng:

$$\underline{Z}_{kir} = -jx_c + \frac{jx_L \cdot r}{r + jx_L} = \frac{x_L^2 \cdot r}{r^2 + x_L^2} + j \cdot \left(-x_c + \frac{x_L \cdot r^2}{r^2 + x_L^2} \right).$$

Kuchlanish rezonansi shartiga ko'ra zanjirning reaktiv qarshiligi nolga teng. Bu shartdan foydalanib quyidagi tenglamalar tizimini tuzishimiz mumkin:

$$\left. \begin{aligned} \underline{Z}_{kir} &= \frac{x_L^2 \cdot r}{r^2 + x_L^2} = 20, \\ x &= -x_c + \frac{x_L \cdot r^2}{r^2 + x_L^2} = 0. \end{aligned} \right\}$$

$$r^2 + x_L^2 = \frac{x_L^2 \cdot r}{20};$$

$$x_c = \frac{x_L \cdot r^2}{r^2 + x_L^2} = \frac{x_L \cdot r^2}{\frac{x_L^2 \cdot r}{20}} = \frac{20 \cdot r}{x_L} = 40;$$

$$r = 2 \cdot x_L;$$

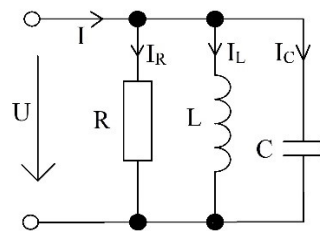
$$r^2 + x_L^2 = \frac{x_L^2 \cdot r}{20}, \quad \rightarrow \rightarrow (2 \cdot x_L)^2 + x_L^2 = \frac{x_L^2 \cdot 2 \cdot x_L}{20};$$

$$5x_L^2 = \frac{x_L^2 \cdot 2 \cdot x_L}{20} \rightarrow \rightarrow x_L = 50 \Omega \rightarrow \rightarrow r = 2 \cdot x_L = 2 \cdot 50 = 100 \Omega.$$

Javob: $x_L = 50 \Omega; r = 100 \Omega.$

Mustaqil ishlash uchun masalalar

1. Qarshiliklari $r = x_L = x_C = 15 \text{ Om}$ li parallel ulangan iste'molchilar kuchlanishi $U = 220 \text{ V}$ o'zgaruvchan tok tarmog'iga ulangan. Qarshiliklardan o'tuvchi toklar, umumiy tok va zanjirning quvvat koeffitsiyenti aniqlansin



2. Kuchlanishi $U = 200 \text{ V}$ bo'lgan o'zgaruvchan tok tarmog'iga aktiv qarshilik, induktivlik va sig'im elementlari parallel ulangan. Zanjirning shoxobchalaridagi oqib o'tayotgan toklar tegishlicha $I_r=30 \text{ A}$, $I_L=I_C=10 \text{ A}$ ni tashkil etadi. Zanjirning umumiy toki, quvvat koeffitsiyenti, aktiv, reaktiv va to'la quvvatlari aniqlansin. Masshtabda kuchlanish va toklarning vektor diagrammasi qurilsin.

3. Sig'imi $C = 2 \cdot 10^{-6} \text{ F}$ bo'lgan real kondensatorning $\omega = 4 \cdot 10^4 \text{ rad/sek}$ chastotada aslligi $Q = \frac{\omega C}{g} = 1500$. (g – aktiv o'tkazuvchanligi). Rezistor va ideal kondensatordan iborat parallel va ketma-ket ulangan zanjir parametrlarini toping.

4. Aktiv qarshiligi $r = 10 \text{ Om}$ va induktiv qarshiligi $X_L = 50 \text{ Om}$ bo'lgan g'altak chastotasi $f=50 \text{ Hz}$ va kuchlanishi $U=220 \text{ V}$ o'zgaruvchan tok tarmog'iga ketma-ket ulangan. Zanjirda kuchlanish rezonansini hosil qilish uchun, g'altak bilan ketma-ket ulash kerak bo'lgan kondensatorning sig'imi aniqlansin.

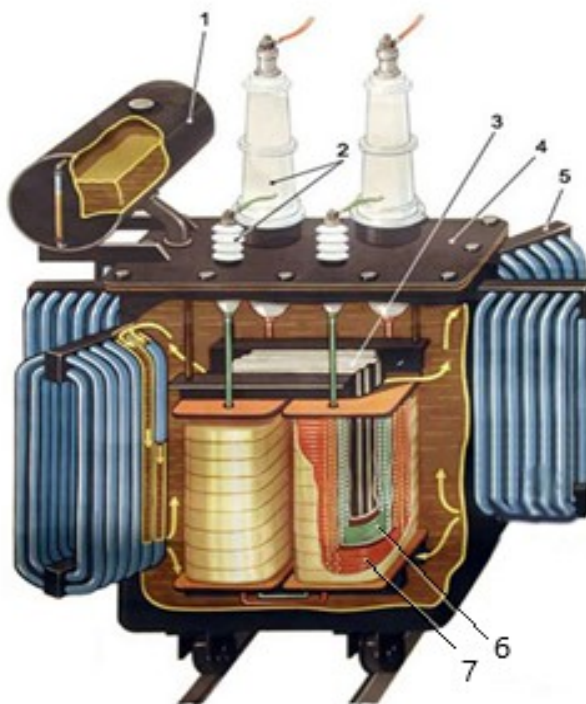
5. Aktiv qarshiligi $r = 10 \text{ Om}$ va sig'im qarshiligi $X_C = 50 \text{ Om}$ chastotasi $f=50 \text{ Hz}$ va kuchlanishi $U=220 \text{ V}$ o'zgaruvchan tok tarmog'iga ketma-ket ulangan. Zanjirda kuchlanish rezonansini hosil qilish uchun, kondensator bilan ketma-ket ulash kerak bo'lgan g'altakning induktivligi aniqlansin.

6. Aktiv qarshiligi $r = 20 \text{ Om}$ va induktiv va sig'im qarshiliklari $X_L=X_C=50 \text{ Om}$, chastotasi $f=50 \text{ Hz}$ va kuchlanishi $U=220 \text{ V}$ o'zgaruvchan tok tarmog'iga ketma-ket ulangan. Zanjirda kuchlanish rezonansi paytidagi g'altakning induktivligi, kondensator sig'imini va vektor diagrammasini quring.

10-MAVZU: BIR FAZALI TRANSFORMATORLARNI HISOBLASH

BIR FAZALI TRANSFORMATORLARNI HISOBLASH

Transformator - bu ikkita (yoki undan ko‘p) induktiv bog‘langan chulg‘amga ega bo‘lgan va elektromagnit induksiya qonuni orqali bir kattalikdagi o‘zgaruvchan kuchlanishni boshqa kattalikdagi kuchlanishga aylantirish uchun mo‘ljallangan statik elektromagnit qurilma.



10.1-rasm. Transformator konstruksiyasi umumiy ko‘rinishi:

1-kengaytiruvchi bak, 2-izolyatorlar, 3-transformator o‘zagi, 4-transformator bakining qopqog‘i, 5-radiatorlar, 6-past kuchlanishi chulg‘ami, 7-yuqori kuchlanish chulg‘ami

Bir fazali ikki chulg‘amli transformator ishlash jarayonida uning magnit o‘tkazgichiga o‘zgaruvchan magnit oqim yo‘naltiradi (10.2-rasm). Ushbu oqimning asosiy qismi Φ_{max} (maksimal qiymat) transformator chulg‘amida o‘zgaruvchan EYuK induksiyalaydi, EYuK amaldagi qiymati:

$$E_1 = 4,44 \cdot \Phi_{max} \cdot f \cdot W_1 .$$

Ikkilamchi EYuK

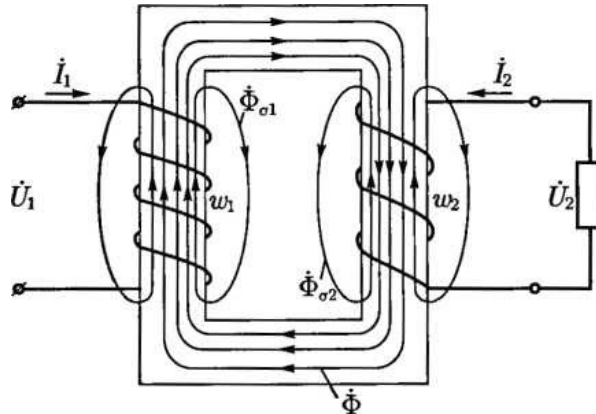
$$E_2 = 4,44 \cdot \Phi_{max} \cdot f \cdot W_2 ,$$

bu yerda f – o‘zgaruvchan tok chastotasi, [Hz]; W_1 va W_2 – transformator birlamchi va ikkilamchi chulg‘amidagi o‘ramlar soni.

Asosiy magnit oqimi maksimal qiymati, [Vb],

$$\Phi_{max} = B_{max} \cdot Q_{st} \cdot k_{to'l};$$

bu yerda: B_{max} – magnit o'tkazgich sterjenidagi magnit induksiya maksimal qiymati, [Tl]; Q_{st} – transformator sterjeni ko'ndalang kesim yuzasi, m²; $k_{to'l}$ – to'ldirish koeffitsiyenti, plastinalar qalinligi 0,5 mm bo'lganda $k_{to'l} = 0,95$ ga teng deb qabul qilinadi.



10.2-rasm. Bir fazali ikki chulg'amli transformator

E_1 va E_2 EYuK turli qiymati transformator birlamchi (W_1) va ikkilamchi (W_2) chulg'amlarida o'ramlar soni teng emasligidan kelib chiqadi.

Transformator yuqori kuchlanish chulg'ami EYuK past kuchlanish chulg'ami EYuK ga nisbati ushbu chulg'am o'ramlari soni nisbatiga teng va bu transformatsiya koeffitsiyenti deb ataladi:

$$k = \frac{E_1}{E_2} = \frac{W_1}{W_2}.$$

Transformatorlar quyidagi parametrlar bilan xarakterlanadi:

1. Birlamchi chulg'am to'la quvvati, [VA]:

$$S_1 = I_1 \cdot U_1,$$

bu yerda: U_1 –birlamchi kuchlanish, I_1 – mos ravishda, birlamchi tok;

2. Ikkilamchi chulg'am to'la quvvati, [VA]:

$$S_2 = I_2 \cdot U_2,$$

bu yerda: U_2 –ikkilamchi kuchlanish, I_2 – ikkilamchi tok;

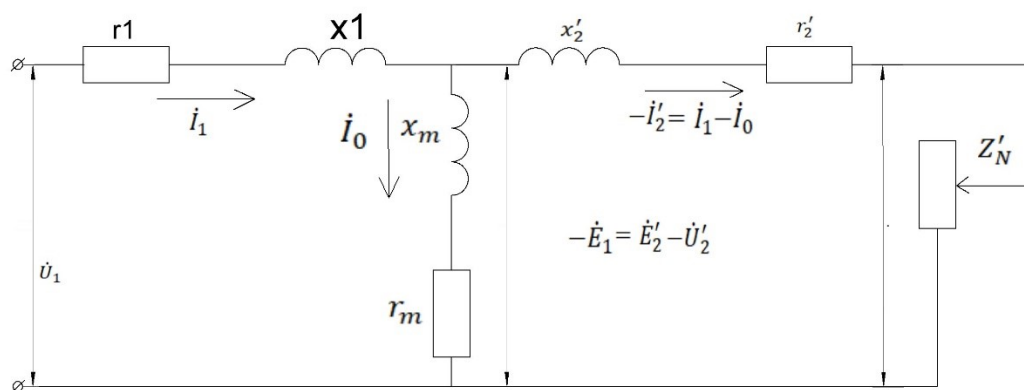
Transformatorlarda yo'qotish kichikligi sababli transformator nominal to'la quvvati:

$$S_{nom} = I_{1nom} \cdot U_{1nom} \approx I_{2nom} \cdot U_{2nom}.$$

Ikkilamchi zanjir parametrlari birlamchi chulg'am o'ramlar soniga keltirilgan transformatorni keltirilgan transformator deb ataladi va almashtirish sxemasiga (10.3-rasm) asosiy tenglamalari:

$$\begin{aligned}\dot{U}_1 &= (-\dot{E}_1) + \dot{I}_1 Z_1 = (-\dot{E}_1) + j\dot{I}_1 x_1 + \dot{I}_1 r_1; \\ \dot{U}_2' &= \dot{E}_2' - \dot{I}_2' Z_N' = \dot{E}_2' - j\dot{I}_2' x_2' - \dot{I}_2' r_2'; \\ \dot{I}_1 &= \dot{I}_0 + (-\dot{I}_2').\end{aligned}$$

Birlamchi va ikkilamchi chulg'am induktiv qarshiligi x_1 va x_2 sochilish oqimlari $\Phi_{\sigma 1}$ va $\Phi_{\sigma 2}$ bilan izohlanadi.



10.3-rasm. Transformatorning almashtirish sxemasi

Salt yurish rejimida birlamchi chulg'am toki I_{10} odatda ushbu tokning nominal qiymatining kichik ulushini tashkil etadi va shu sababli uni hisobga olmasa ham bo'ladi:

$$U_1 \approx (-E_1).$$

Masalalar

1-masala. Bir fazali transformator TS-180/10 pasaytiruvchi transformator sifatida ishlaydi. Uning 1-jadvalda keltirilgan texnik ma'lumotlaridan foydalanib quyidagilarni hisoblang: transformatsiya ko'effitsiyenti; birlamchi ikkilamchi chulg'amlarning nominal toklarini; $\cos\varphi_2=0,8$ va nominalning 50%i ($\beta=0,5$) ni tashkil etuvchi aktiv-induktiv yuklamada ikkilamchi chulg'amdagi U_2 kuchlanish; $\cos\varphi_2=0,9$ va nominaldan 75% ($\beta=0,75$) yuklamada F.I.K ni hisoblang

Transformator turi	S_n , kVA	U_{1n} , kV	U_{2n} , kV	R_0 , kVt	$R_{q.t}$, kV	$U_{q.t}$, %	I_{salt} , %
OM-6667/35	6667	35	10	17	53,5	8	3
TS-180/10	180	10	0,525	1,6	3	5,5	4

Yechish:

Transformatsiya ko'effitsiyenti transformatorning kuchaytiruvchi yoki pasaytiruvchi ekanligidan qat'iy nazar, salt ishlash rejimidagi eng yuqori kuchlanishning eng past kuchlanishga nisbati:

$$k = \frac{U_{1n}}{U_{2n}} = \frac{10}{0,525} = 19,04;$$

Birlamchi va ikkilamchi chulgʻamlarning nominal toklari transformatorning nominal quvvati formulasidan aniqlanadi:

$$\begin{aligned} S_n &= U_{2n} \cdot I_{2n} \approx U_{1n} \cdot I_{1n}; \\ I_{1n} &= \frac{S_n}{U_{1n}} = \frac{180}{10} = 18 \text{ A}; \\ I_{2n} &= \frac{S_n}{U_{2n}} = \frac{180}{0,525} = 342,86 \text{ A}. \end{aligned}$$

Transformatorning aktiv-induktiv yuklamasi uning ikkilamchi chulgʻamidagi U_2 kuchlanishining pasayishiga olib keladi, bu kuchlanishning foiz oʻzgarishi formulasidan topish mumkin.

$$\begin{aligned} \Delta U &= \left[\frac{U_{2n} - U_2}{U_{2n}} \right] \cdot 100\% \approx \beta (U_a \cos \varphi_2 + U_r \cos \varphi_2) = 0,5(1,67 \cdot 0,8 + 5,24 \cdot 0,8) \\ &= 2,764 \%; \end{aligned}$$

bu yerda: ΔU – kuchlanishning foiz oʻzgarishi (ΔU transformatorlarda $1 \div 6 \%$ dan oshmaydi); $\beta = \frac{I}{I_n} = \frac{S}{S_n}$ yuklanish koeffitsiyenti, U_a va U_r qisqa tutashuv kuchlanishining aktiv va reaktiv tashkil etuvchilari, qiymati foiz (%) larda oʻlchanadi.

$$\begin{aligned} (U_a &= \left(\frac{P_{q.t}}{S_n} \right) \cdot 100\% = \frac{3}{180} \cdot 100\% = 1,67 \%), \\ (U_r &= \sqrt{U_{q.t}^2 - U_a^2} = \sqrt{5,5^2 - 1,67^2} = 5,24\%). \end{aligned}$$

Demak,

$$U_2 = U_{2n} \left[1 - \frac{\Delta U}{100\%} \right] = 0,525 \cdot \left[1 - \frac{2,764\%}{100\%} \right] = 0,51 \text{ V}.$$

Transformatorning F.I.K:

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_B}{P_1} \cdot 100\% = \frac{P_1(P_0 + \beta^2 P_{q.t})}{P_1} = 1 - \frac{P_0 + \beta^2 P_{q.t}}{P_1} \\ &= \frac{\beta S_n \cos \varphi_2}{\beta S_n \cos \varphi_2 + P_0 + \beta^2 P_{q.t}} \cdot 100\% \\ &= \left(1 - \frac{P_0 + \beta^2 P_{q.t}}{\beta S_n \cos \varphi_2 + P_0 + \beta^2 P_{q.t}} \right) \cdot 100\% = \\ &= \left(1 - \frac{1,6 + 0,75^2 \cdot 3}{0,75 \cdot 180 \cdot 0,9 + 1,6 + 0,75^2 \cdot 3} \right) \cdot 100\% = 97,4\%. \end{aligned}$$

2-masala.

Nominal parametrlari: $S_n = 20000 \text{ kVA}$, $U_{2n} = 38,5 \text{ kV}$, $U_{1n} = 121 \text{ kV}$; salt ishlashda quvvat isrofi: $P_{salt} = 47 \text{ kVt}$, nominal qisqa tutashuv quvvat isrofi: $P_{q.t} = 129 \text{ kVt}$, qisqa tutashuv kuchlanishi: $U_{q.t} = 5 \%$ bo'lgan bir fazali transformatorning yuklamasi induktiv xarakterdaligi va nominaldan 50% ni tashkil qilganda hamda $\cos\varphi_2=0,8$ bo'lgandagi transformatorning F.I.K η ni hamda ikkilamchi chulg'am qisqichlaridagi kuchlanish U_2 ni aniqlang.

Yechish:

Transformatsiya koeffitsiyenti transformatorning kuchaytiruvchi yoki pasaytiruvchi ekanligidan qat'iy nazar, salt ishlash rejimidagi eng yuqori kuchlanishning eng past kuchlanishga nisbati:

$$k = \frac{U_{1n}}{U_{2n}} = \frac{121000}{38500} = 3,143.$$

Birlamchi va ikkilamchi chulg'amlarning nominal toklari transformatorning nominal quvvati formulasidan aniqlanadi:

$$\begin{aligned} S_n &= U_{2n} \cdot I_{2n} \approx U_{1n} \cdot I_{1n}; \\ I_{1n} &= \frac{S_n}{U_{1n}} = \frac{20000}{121} = 165,3 \text{ A}; \\ I_{2n} &= \frac{S_n}{U_{2n}} = \frac{20000}{38,5} = 519,48 \text{ A}. \end{aligned}$$

Transformatorning aktiv-induktiv yuklamasi uning ikkilamchi chulg'amidagi U_2 kuchlanishining pasayishiga olib keladi, bu kuchlanishning foiz o'zgarishi formulasidan topish mumkin.

$$\begin{aligned} \Delta U &= \left[\frac{U_{2n} - U_2}{U_{2n}} \right] \cdot 100\% \approx \beta(U_a \cos\varphi_2 + U_r \cos\varphi_2) = \\ &= 0,5(0,645 \cdot 0,8 + 4,96 \cdot 0,8) = 2,24 \%; \end{aligned}$$

bu yerda: ΔU – kuchlanishning foiz o'zgarishi (ΔU transformatorlarda $1 \div 6 \%$ dan oshmaydi). $\beta = \frac{I}{I_n} = \frac{S}{S_n}$ yuklanish koeffitsiyenti, U_a va U_r qisqa tutashuv kuchlanishining aktiv va reaktiv tashkil etuvchilari, qiymati foiz (%) larda o'lchanadi.

$$\begin{aligned} (U_a &= \left(\frac{P_{q.t}}{S_n} \right) \cdot 100\% = \frac{129}{20000} \cdot 100\% = 0,645 \%), \\ (U_r &= \sqrt{U_{q.t}^2 - U_a^2} = \sqrt{5^2 - 0,645^2} = 4,96 \%). \end{aligned}$$

Demak,

$$U_2 = U_{2n} \left[1 - \frac{\Delta U}{100\%} \right] = 38500 \cdot \left[1 - \frac{2,24\%}{100\%} \right] = 37636,83 \text{ V}.$$

Transformatorning F.I.K:

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_B}{P_1} \cdot 100\% = \frac{P_1(P_0 + \beta^2 P_{q.t})}{P_1} = 1 - \frac{P_0 + \beta^2 P_{q.t}}{P_1} = \\ &= \frac{\beta S_n \cos \varphi_2}{\beta S_n \cos \varphi_2 + P_0 + \beta^2 P_{q.t}} \cdot 100\% = \\ &= \left(1 - \frac{P_0 + \beta^2 P_{q.t}}{\beta S_n \cos \varphi_2 + P_0 + \beta^2 P_{q.t}} \right) \cdot 100\% = \\ &= \left(1 - \frac{47 + 0,5^2 \cdot 129}{0,5 \cdot 2 \cdot 10^4 \cdot 0,8 + 47 + 0,5^2 \cdot 129} \right) \cdot 100\% = 99,01 \%. \end{aligned}$$

3-masala.

Nominal parametrlari: $S_n = 250 \text{ kVA}$, $U_{2n} = 0,4 \text{ kV}$, $U_{1n} = 10 \text{ kV}$; salt ishlash quvvat isrofi: $P_{salt} = 0,74 \text{ kVt}$, nominal qisqa tutashuv quvvat isrofi: $P_{q.t} = 3,7 \text{ kVt}$, qisqa tutashuv kuchlanishi: $U_{q.t} = 4,5 \%$ bo'lgan bir fazali transformatorning yuklamasi induktiv xarakterdaligi va nominaldan 50 % ni tashkil qilganda hamda $\cos \varphi_2 = 0,8$ bo'lgandagi transformatorning F.I.K η ni hamda ikkilamchi chulg'am qisqichlaridagi kuchlanish U_2 ni aniqlang.

Yechish:

Transformatsiya koeffitsiyenti transformatorning kuchaytiruvchi yoki pasaytiruvchi ekanligidan qat'iy nazar, salt ishlash rejimidagi eng yuqori kuchlanishning eng past kuchlanishga nisbati:

$$k = \frac{U_{1n}}{U_{2n}} = \frac{10000}{0,4} = 2500.$$

Birlamchi va ikkilamchi chulg'amlarning nominal toklari transformatorning nominal quvvati formulasidan aniqlanadi:

$$S_n = U_{2n} \cdot I_{2n} \approx U_{1n} \cdot I_{1n};$$

$$I_{1n} = \frac{S_n}{U_{1n}} = \frac{250}{10} = 25 \text{ A};$$

$$I_{2n} = \frac{S_n}{U_{2n}} = \frac{250}{0,4} = 625 \text{ A}.$$

Transformatorning aktiv-induktiv yuklamasi uning ikkilamchi chulg'amidagi U_2 kuchlanishining pasayishiga olib keladi, bu kuchlanishning foiz o'zgarishi formulasidan topish mumkin.

$$\Delta U = \left[\frac{U_{2n} - U_2}{U_{2n}} \right] \cdot 100\% \approx \beta(U_a \cos \varphi_2 + U_r \cos \varphi_2) =$$

$$= 0,5 \cdot (0,296 \cdot 0,8 + 4,49 \cdot 0,8) = 1,91 \%,$$

bu yerda: ΔU – kuchlanishning foiz o‘zgarishi (ΔU transformatorlarda $1 \div 6 \%$ dan oshmaydi). $\beta = \frac{I}{I_n} = \frac{S}{S_n}$ yuklanish koeffitsiyenti, U_a va U_r qisqa tutashuv kuchlanishining aktiv va reaktiv tashkil etuvchilari, qiymati foiz (%) larda o‘lchanadi.

$$\left(U_a = \left(\frac{P_{q.t}}{S_n} \right) \cdot 100\% = \frac{0,74}{250} \cdot 100\% = 0,296 \%, \right.$$

$$\left. \left(U_r = \sqrt{U_{q.t}^2 - U_a^2} = \sqrt{4,5^2 - 0,296^2} = 4,49 \%, \right) \right.$$

Demak,

$$U_2 = U_{2n} \left[1 - \frac{\Delta U}{100\%} \right] = 400 \cdot \left[1 - \frac{1,91\%}{100\%} \right] = 392,36 \text{ V}.$$

Transformatorning F.I.K:

$$\eta = \frac{P_B}{P_1} \cdot 100\% = \frac{P_1(P_0 + \beta^2 P_{q.t})}{P_1} = 1 - \frac{P_0 + \beta^2 P_{q.t}}{P_1} =$$

$$= \frac{\beta S_n \cos \varphi_2}{\beta S_n \cos \varphi_2 + P_0 + \beta^2 P_{q.t}} \cdot 100\%$$

$$= \left(1 - \frac{P_0 + \beta^2 P_{q.t}}{\beta S_n \cos \varphi_2 + P_0 + \beta^2 P_{q.t}} \right) \cdot 100\% =$$

$$= \left(1 - \frac{3,7 + 0,5^2 \cdot 0,74}{0,5 \cdot 250 \cdot 0,8 + 3,7 + 0,5^2 \cdot 0,74} \right) \cdot 100\% = 96,26 \, \% .$$

4-masala

Transformator tarmoqdan $P_1 = 500 \text{ Vt}$ aktiv yuklamani iste’molchiga uzatmoqda. Tarmoq kuchlanishi $U_1 = 100 \text{ V}$. Transformatorning transformatsiya koeffitsiyenti $K = 10$ ga teng. Yuklama toki I_2 ni toping.

Yechish:

Transformatsiya koeffitsiyenti orqali quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$K = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} = 10$$

Shundan,

$$U_2 = \frac{U_1}{10} = \frac{100}{10} = 10 \text{ V}$$

Quvvatlar balansi qonunidan:

$$P_1 = P_2 = U_2 \cdot I_2 = 10 \cdot I_2 = 500 \text{ Vt.}$$

$$I_2 = \frac{500}{10} = 50 \text{ A.}$$

Javob: $I_2 = 50 \text{ A.}$

5-masala.

Quyidagi ishlash xususiyatlariga ega bo'lgan bir fazali *TPP 280-220-50K* transformatorining elektr parametrlarini hisoblashni ko'rib chiqamiz:

- Birlamchi chulg'am nominal kuchlanishi: $U_{1N} = 220 \text{ V.}$
- Transformatorning salt ishlash rejimida ikkilamchi chulg'am nominal kuchlanishi: $U_{2N}(U_{20}) = 21,5 \text{ V;}$
- Nominal to'la quvvati: $S_N = 90 \text{ VA.}$
- Salt ishlash toki (nominal tokka nisbatan foizlarda): $I_{10\%} = 18,5\%.$
- Salt ishlashdagi quvvat koeffitsiyenti: $\cos\varphi_0 = 0,12.$
- Qisqa tutashuv rejimida quvvat koeffitsiyenti: $\cos\varphi_{q.t} = 0,55.$
- Qisqa tutashuv kuchlanishi (foizlarda): $u_{q.t.\%} = 11\%.$

Quyidagi parametrlarni aniqlashimiz kerak:

1. Birlamchi chulg'amning nominal toki I_{1N} ni va transformatorning salt ishlash toki I_{salt} ni;
2. Transformatsiya koeffitsiyenti K ni;
3. Magnitlanish tarmog'ining R_0 va X_0 , birlamchi chulg'amning R_1 va X_1 hamda ikkilamchi chulg'amning R'_2 va X'_2 parametrlarini;
4. Ikkilamchi kuchlanishning o'zgarishi $\Delta U_{\%}$ ni va uning $Z_N = 10 \text{ Om; } \cos\varphi_2 = 1$ yuklamadagi qiymati U_2 ni;
5. Ushbu yuklamdagi transformatorning elektr almashtirish sxemasini;
6. Transformatorning quvvat isroflari P_M va P_E ni;
7. Transformatorning nominal FIK ni.

Yechish:

1. Magnit va elektr isroflarning kichik qiymatlarini hisobga olgan holda, transformatorning kirish va chiqishidagi umumiy quvvatni bir xil deb hisoblashimiz mumkin. Birlamchi chulg'am tokining nominal qiymatini to'liq quvvat orqali topamiz:

$$I_{1N} = \frac{S_N}{U_{1N}} = \frac{90}{220} = 0,41 \text{ A.}$$

Transformatorning salt ishlash tokini aniqlaymiz:

$$I_{10} = \frac{I_{10\%} \cdot I_{1N}}{100\%} = \frac{18,5 \cdot 0,41}{100} = 0,076 \text{ A.}$$

2. Transformatorning salt ishlash rejimida birlamchi chulgʻamlarning U_{10} va U_{20} kuchlanishlari mos ravishda ularning nominal qiymatlari U_{1N} va U_{2N} ga teng. Formula boʻyicha oʻzgartirish nisbati K ni topamiz:

$$K \approx \frac{U_{10}}{U_{20}} = \frac{U_{1N}}{U_{2N}} = \frac{220}{21,5} = 10,23.$$

3. Magnitlanish tarmogʻining R_0 va X_0 qarshiliklarini salt ishlash toki I_{10} ning formulasi boʻyicha aniqlaymiz:

$$Z_0 = \frac{U_{10}}{I_{10}} = \frac{U_{1N}}{I_{10}} = \frac{220}{0,076} = 2894,7 \text{ Om};$$

$$R_0 = Z_0 \cdot \cos\varphi_0 = 2894,7 \cdot 0,12 = 347,36 \text{ Om};$$

$$X_0 = \sqrt{Z_0^2 - R_0^2} = \sqrt{2894,7^2 - 347,36^2} = 2873,8 \text{ Om}.$$

Transformatorning qisqa tutashuv rejimidagi parametrlari $R_{q.t}$, $X_{q.t}$ va $Z_{q.t}$ ni aniqlaymiz:

$$Z_{q.t} = \frac{U_{1N} \cdot u_{q.t.\%}}{I_{1N} \cdot 100\%} = \frac{220 \cdot 11}{0,41 \cdot 100} = 59 \text{ Om};$$

$$R_{q.t} = Z_{q.t} \cdot \cos\varphi_{q.t} = 59 \cdot 0,55 = 32,4 \text{ Om};$$

$$X_{q.t} = \sqrt{Z_{q.t}^2 - R_{q.t}^2} = \sqrt{59^2 - 32,4^2} = 49,3 \text{ Om}.$$

Bu yerdan siz quyidagi formulalar yordamida qisqartirilgan transformatorning chulgʻami ekvivalent almashtirish sxemasi parametrlarini hisoblashimiz mumkin:

$$R_1 = R_2' = \frac{R_{q.t}}{2} = \frac{32,4}{2} = 16,2 \text{ Om};$$

$$X_1 = X_2' = \frac{X_{q.t}}{2} = \frac{49,3}{2} = 24,6 \text{ Om};$$

$$Z_1 = Z_2' = \frac{Z_{q.t}}{2} = \frac{59}{2} = 29,5 \text{ Om}.$$

Ikkilamchi chulgʻam qarshiligining haqiqiy qiymatini hisoblaymiz:

$$R_2 = \frac{R_2'}{K^2} = \frac{16,2}{10,23^2} = 0,155 \text{ Om};$$

$$X_2 = \frac{X_2'}{K^2} = \frac{24,6}{10,23^2} = 0,235 \text{ Om};$$

$$Z_2 = \frac{Z'_2}{K^2} = \frac{29,5}{10,23^2} = 0,282 \text{ Om}.$$

4. Berilgan Z_N yuklamadagi ikkilamchi chulg'am tokini Om qonuni bo'yicha aniqlaymiz:

$$I_2 = \frac{E_2}{Z_2 + Z_N} = \frac{U_{20}}{Z_2 + Z_N} = \frac{21,5}{0,282 + 10} = 2,1 \text{ A}.$$

Transformatsiya koeffitsiyenti orqali ikkilamchi chulg'amning nominal tokini aniqlaymiz:

$$I_{2N} = K \cdot I_{1N} = 10,23 \cdot 0,41 = 4,2 \text{ A}.$$

Berilgan yuklamada transformatorning yuklama koeffitsiyentini aniqlaymiz:

$$\beta = \frac{I_2}{I_{2N}} = \frac{2,1}{4,2} = 0,5.$$

Transformatorning ikkilamchi kuchlanishining o'zgarishi $\Delta U_{\%}$ va uning qiymati U_2 quyidagi formulalar bo'yicha hisoblanadi. $\Delta U_{\%}$ ni aniqlash uchun dastlabki ma'lumotlardan yuklama φ_2 va transformator qisqa tutashuvining fazali burchaklari $\varphi_{q.t}$ ni topish kerak.

Yuklama koeffitsiyenti $\beta = 0,5$ da transformatorning ikkilamchi kuchlanishining o'zgarishi $\Delta U_{\%}$:

$$\Delta U_{\%} = \beta \cdot u_{q.t.\%} \cdot \cos(\varphi_{q.t} - \varphi_2) = 0,5 \cdot 11 \cdot \cos(56,63^\circ - 0^\circ) = 3,0 \% .$$

Yuklama koeffitsiyenti $\beta = 0,5$ da transformatorning ikkilamchi chulg'ami kuchlanishi:

$$U_2 = U_{2N} - \frac{\Delta U_{\%} \cdot U_{2N}}{100\%} = 21,5 - \frac{3 \cdot 21,5}{100} = 20,86 \text{ V}.$$

5. Yuklama bilan qisqartirilgan transformatorning ekvivalent sxemasi 10.4-rasmda ko'rsatilgan. Ikkilamchi chulg'amning pasaytirilgan kuchlanishi, toki va EYuK, shuningdek pasaytirilgan yuklama qarshiligi Z'_N quyidagi formulalar bo'yicha hisoblanadi.

$$I'_2 = \frac{I_2}{K} = \frac{2,1}{10,23} = 0,205 \text{ A};$$

$$E'_2 = E_2 \cdot K = 21,5 \cdot 10,23 = 219,9 \text{ V};$$

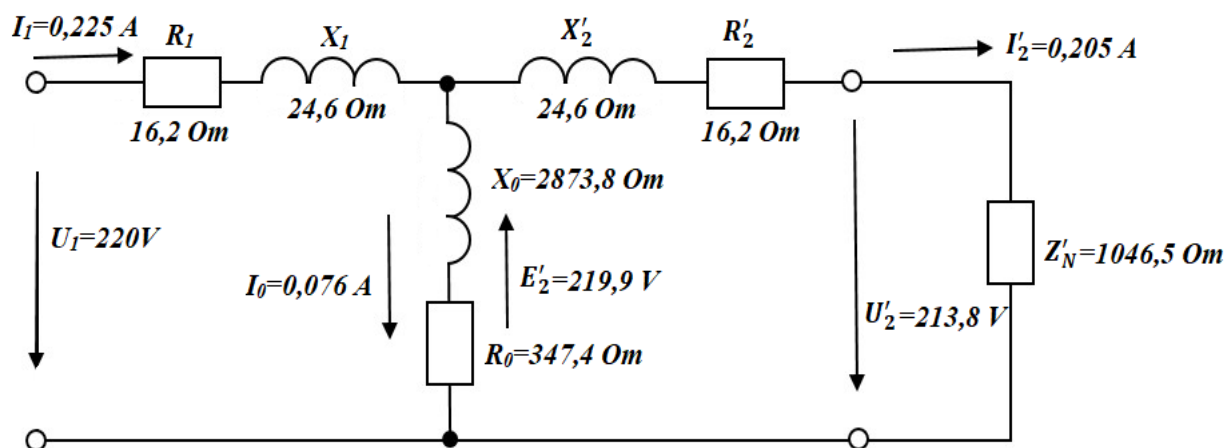
$$U'_2 = U_2 \cdot K = 20,9 \cdot 10,23 = 213,8 \text{ V};$$

$$Z'_N = Z_N \cdot K^2 = 10 \cdot 10,23^2 = 1046,5 \text{ Om}.$$

Berilgan ekvivalent sxema bo'yicha ikkilamchi chulg'amning toki kompleks usulda Om qonuni yordamida aniqlaymiz:

$$I_1 = \frac{\dot{U}_{1N}}{\underline{Z}_1 + \frac{\underline{Z}_0 \cdot (\underline{Z}_2 + \underline{Z}_N)}{\underline{Z}_0 + (\underline{Z}_2 + \underline{Z}_N)}} = \frac{220 \cdot e^{j0^\circ}}{908,57 + j355} = 0,21 - j0,082$$

$$= 0,225 \cdot e^{-j21,3^\circ} \text{ A}.$$



10.4-rasm. Transformatorning berilgan yuklamadagi almashtirish sxemasi

6. Transformator salt ishlash toki I_0 dagi magnit o'tkazgichdagi magnit isrof quvvati P_M :

$$P_M \approx P_{10} = R_0 \cdot I_{10}^2 = 347,4 \cdot 0,076^2 = 2 \text{ Vt}.$$

Elektr isroflarining quvvati P_E , qisqa tutashuv rejimida birlamchi chulg'amning toki nominal qiymati $I_{1q.t} = I_{1N}$ ga teng ekanligini hisobga olib, quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$P_E \approx P_{1q.t} = R_{1q.t} \cdot I_{1q.t}^2 = R_{1q.t} \cdot I_{1N}^2 = 32,4 \cdot 0,41^2 = 5,44 \text{ Vt}.$$

7. $U_2 = f(I_2)$ transformatorning tashqi yuklama xarakteristikasi transformator yuk koeffitsiyenti β 0 dan 1,1 gacha bo'lgan ko'lamida ikkilamchi chulg'am toki qiymatlari uchun ikkilamchi chulg'amning elektr holati tenglamasiga muvofiq hisoblab chiqiladi va chiziladi.

$$U_2 = E_2 - Z_2 \cdot I_2 \approx U_{20} - Z_2 \cdot I_2 = 21,5 - 0,282 \cdot I_2.$$

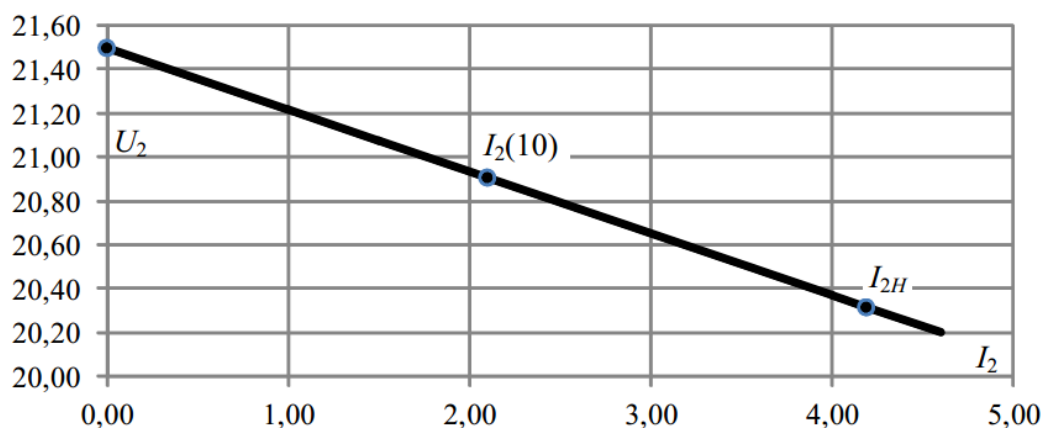
Transformatorning FIK quyidagi formulalar orqali topiladi. $\cos\varphi_2 = 1$ da $\eta = f(I_2)$ xarakteristikasi:

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + \beta^2 \cdot P_E + P_M} \cdot 100\% = \frac{U_2 \cdot I_2 \cdot 1}{U_2 \cdot I_2 \cdot 1 + \beta^2 \cdot 5,44 + 2} \cdot 100\%.$$

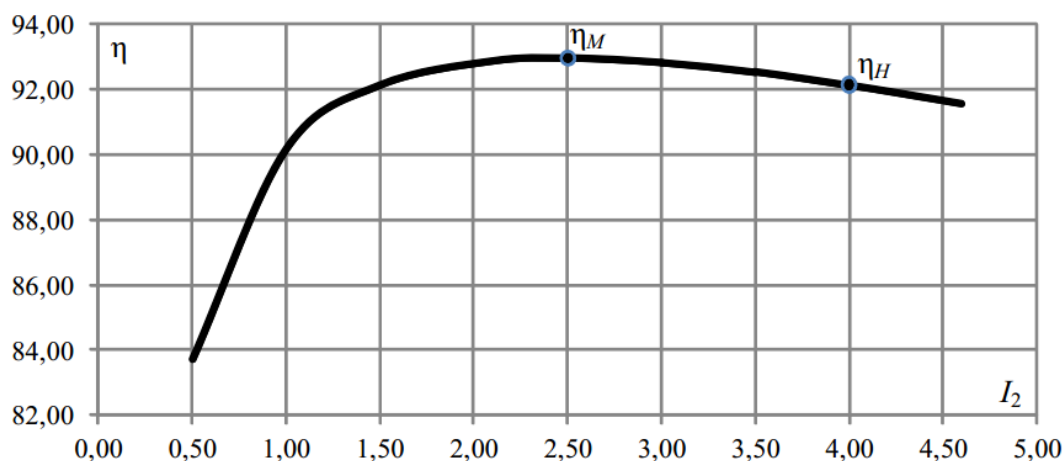
I_2	β	U_2	P_2	η
0,0	0,0	21,5	0,0	0,0
0,5	0,12	21,36	10,68	83,72
1,0	0,24	21,22	21,22	90,18
1,5	0,36	21,08	31,62	92,14
2,1	0,5	20,91	43,91	92,88
2,5	0,6	20,8	51,99	92,96
3,0	0,72	20,65	61,96	92,83
3,5	0,84	20,51	71,8	92,53
4	0,95	20,37	81,49	92,13
4,19	1,0	20,32	85,13	91,96
4,6	1,1	20,2	92,93	91,57

Vizual qulaylik uchun biz I_2 oqim qiymatlari uchun transformator yuk koeffitsiyenti β ko‘lamida mos ravishda 0,12 dan 1,1 gacha, I_2 uchun 0,5 dan 4,6 A gacha bo‘lgan $\eta = f(I_2)$ xarakteristikani quramiz.

$U_2 = f(I_2)$ va $\eta = f(I_2)$ xarakteristikasini quyidagi 10.5-rasmda ko‘rsatilgan



10.5-rasm. TPP 280-220-50K transformatorning tashqi $U_2 = f(I_2)$ xarakteristikasi



10.6-rasm. TPP 280-220-50K transformatorning yuklama $\eta = f(I_2)$ xarakteristikasi

8. Olingan xarakteristikaning parametrlarining raqamli qiymatlariga ko'ra transformatorning maksimal va nominal samaradorligi $\eta = f(I_2)$.

$I_2 = I_{2N} = 4,19 \text{ A}$ va yuklama ko'effitsiyenti $\beta=1$ uchun nominal samaradorlik

$$\eta_N = 91,96 \text{ \%}.$$

Maksimal samaradorlikka joriy $I_2 = 2,5 \text{ A}$ va $\beta=1$ da erishiladi

$$\eta_M = 92,96 \text{ \%}.$$

Mustaqil ishlash uchun masalalar

1. Transformator tarmoqdan $P_1 = 600 \text{ Vt}$ aktiv yuklamani iste'molchiga uzatmoqda. Tarmoq kuchlanishi $U_1 = 60 \text{ V}$. Transformatorning transformatsiya ko'effitsiyenti $K = 5$ ga teng. Yuklama toki I_2 ni toping.
2. Transformator tarmoqdan $P_1 = 800 \text{ Vt}$ aktiv yuklamani iste'molchiga uzatmoqda. Tarmoq kuchlanishi $U_1 = 100 \text{ V}$. Transformatorning transformatsiya ko'effitsiyenti $K = 5$ ga teng. Yuklama toki I_2 ni toping.
3. Motorni boshqarish past kuchlanish bilan quvvatlantirish uchun boshqarish pultida nominal quvvati S_{nom} bir fazali transformator o'rnatilgan. Chulg'amlarining nominal kuchlanishlari $U_{1.nom}$ va $U_{2.nom}$; nominal toklari $I_{1.nom}$ va $I_{2.nom}$. Transformatsiya nisbati K . W_1 va W_2 chulg'amlarining o'ramlari soni. F_M magnit zanjiridagi magnit oqim. Tarmoq tokining chastotasi $f = 50 \text{ Hz}$. Transformator nominal yuklama bilan ishlaydi. Transformatoridagi isroflarni e'tiborsiz qoldirish mumkin. 2-jadvalda ko'rsatilgan transformator ma'lumotlaridan foydalanib, variantlar jadvalida *chiziqcha* bilan belgilangan barcha noma'lum miqdorlarni aniqlang. Bunday transformatorni tarmoqqa kiritish sxemasini chizing. Oddiy

rezistor R_n ko‘rinishidagi yuklamani ikkilamchi chulg‘amga ulang. Yuklamani yoqish va o‘chirish uchun rubilnikni o‘tkazgich bilan ta‘minlang va tarmoqlarni qisqa tutashuv toklaridan himoya qilish uchun ikkala chulg‘amlarga eruvchan saqlagichlar qo‘shing.

10.2-jadval

Variant rangi	S_{nom} , [VA]	$U_{1.nom}$, [V]	$U_{2.nom}$, [V]	$I_{1.nom}$, [A]	$U_{2.nom}$, [A]	W_1	W_2	K	F_M , [Vb]
1	-	380	-	1,43	-	-	-	15,8	0,005
2	-	220	24	-	33,4	198	-	-	-
3	1600	-	12	-	-	770	-	31,6	-
4	-	127	-	4,72	25	-	108	-	-
5	3200	380	36	-	-	-	-	-	0,025
6	-	220	24	3,64	-	-	-	-	0,005
7	500	-	-	1,0	-	750	54	-	-
8	-	220	-	-	20,8	400	22	-	-
9	250	500	-	-	-	-	-	20,8	0,0015
10	-	-	12	3,2	-	3000	-	41,6	-
11	400	-	12	-	-	-	-	18,3	0,02
12	-	-	36	1,0	-	-	-	13,9	0,003
13	-	380	-	4,2	-	-	24,4	-	0,002
14	600	220	-	-	-	4970	-	6,12	-
15	-	-	24	-	25	573	-	-	0,001
16	-	500	-	-	13,9	-	-	13,9	0,003
17	100	-	24	-	-	-	30	15,8	-
18	-	-	24	0,5	10,4	-	-	-	0,0018
19	-	380	-	-	133	770	-	31,6	-
20	800	-	-	3,64	-	-	22	9,18	-
21	-	380	36					15,8	0,005
22	-	220	24	-	33,4	198			
23	250	500	-	-	-	-	-	20,8	0,0015
24	-	127	-	4,72	25	-	108	-	-

25	400	220	-						
26	3200	380	36	-	-	-	-	-	0,025
27	-	220	24	3,64	-	-	-	-	0,005
28	500	-	-	1,0	-	750	54	-	-
29	-	220	-	-	20,8	400	22	-	-
30	250	500	-	-	-	-	-	20,8	0,0015

4. Nominal parametrlari: S_n , U_{2n} , U_{1n} ; salt ishlash quvvat isrofi: P_{salt} , nominal qisqa tutashuv quvvat isrofi: $P_{q.t}$; qisqa tutashuv kuchlanishi: $U_{q.t}$ bo'lgan bir fazali transformatorning yuklamasi induktiv xarakterdaligi va nominaldan 50 % ni tashkil qilganda hamda $\cos\varphi_2=0,8$ bo'lgandagi transformatorning F.I.K η ni hamda ikkilamchi chulg'am qisqichlaridagi kuchlanish U_2 ni aniqlang.

10.3-jadval

№	Transformator markasi	S_n , kVA	Isroflari		$U_{q.t}$, %	U_{salt} , %	U_{1n} , [V]	U_{2n} , [V]
			$P_{q.t}$, [kVt]	P_{salt} , [kVt]				
1	OM-4/10	4	0,065	0,14	4	8	10	0,4
2	OM-10/10	10	0,09	0,3	4	7	10	0,4
Moyli transformatorlar								
3	TM-25/10	25	0,13	0,6	4,5	3,2	10	0,4
4	TM-40/10	40	0,175	0,88	4,5	3,0	10	0,4
5	TM-63/10	63	0,24	1,28	4,5	2,8	10	0,4
6	TM-100/10	100	0,33	1,97	4,5	2,6	10	0,4
7	TM-160/10	160	0,51	2,65	4,5	2,4	10	0,4
8	TM-250/10	250	0,74	3,70	4,5	2,3	10	0,4
9	TM-400/10	400	0,95	5,5	4,5	2,1	10	0,4
10	TM-630/10	630	1,31	7,6	5,5	2,0	10	0,4
11	TMVM-160/10	160	0,46	2,65	4,5	0,5	10	0,4
12	TMVM-250/10	250	0,66	3,7	4,5	0,5	10	0,4
13	TM-100/35	100	0,46	1,97	6,5	2,6	35	0,4

14	TM-160/35	160	0,7	2,65	6,5	2,4	35	0,4
15	TM-250/35	250	1,0	3,7	6,5	2,3	35	0,4
16	TM-400/35	400	1,35	5,5	6,5	2,1	35	0,4
17	TM-630/35	630	1,9	7,6	6,5	2,0	35	0,4
18	TMZ-1000/6	1000	2,69	12,62	5,5	1,31	6	0,4
19	TM-100/10	100	0,46	1,97	6,5	2,6	10	0,4
20	TM-160/10	160	0,7	2,65	6,5	2,4	10	0,4
21	TM-250/10	250	1,0	3,7	6,5	2,3	10	0,4
22	TM-400/10	400	1,35	5,5	6,5	2,1	10	0,4
23	TM-630/10	630	1,9	7,6	6,5	2,0	10	0,4
24	TM-100/10	100	0,46	1,97	6,5	2,6	10	0,4
25	TM-160/10	160	0,7	2,65	6,5	2,4	10	0,4
	Quruq havoli sovutishga ega transformatorlar							
26	TSZ-160/10	160	0,7	2700	5,5	4	10	0,4
27	TSZ-250/10	250	1,0	3800	5,5	3,5	10	0,4
28	TSZ-400/10	400	1,3	5400	5,5	3	10	0,4
29	TSZ-630/10	630	2,0	7300	5,5	1,5	10	0,4
30	TSZ-1000/10	1000	4,2	16000	5,5	1,5	10	0,4

5. Transformator tarmoqdan $P_1 = 160 \text{ Vt}$ aktiv yuklamani iste'molchiga uzatmoqda. Tarmoq kuchlanishi $U_1 = 100 \text{ V}$. Transformatorning transformatsiya koeffitsiyenti $K = 10$ ga teng. Yuklama toki I_2 ni toping.

6. Quyidagi ishlash xususiyatlariga ega bo'lgan bir fazali *OSMI-0,063-220/12* transformatorining elektr parametrlarini hisoblashni ko'rib chiqing:

- Birlamchi chulg'am nominal kuchlanishi: $U_{1N} = 220 \text{ V}$;
- Transformatorning salt ishlash rejimida ikkilamchi chulg'am nominal kuchlanishi: $U_{2N}(U_{20}) = 12 \text{ V}$;
- Nominal to'la quvvati: $S_N = 63 \text{ VA}$;
- Salt ishlash toki (nominal tokka nisbatan foizlarda): $I_{10\%} = 24,5\%$;
- Salt ishlashdagi quvvat koeffitsiyenti: $\cos\varphi_0 = 0,13$;
- Qisqa tutashuv rejimida quvvat koeffitsiyenti: $\cos\varphi_{q.t} = 0,6$;

- Qisqa tutashuv kuchlanishi (foizlarda): $u_{q.t.\%} = 13,6\%$;

Quyidagi parametrlarni aniqlash kerak:

- 1) Birlamchi chulg'amning nominal toki I_{1N} ni va transformatorning salt ishlash toki I_{salt} ni;
- 2) Transformatsiya koeffitsiyenti K ni;
- 3) Magnitlanish tarmog'ining R_0 va X_0 , birlamchi chulg'amning R_1 va X_1 hamda ikkilamchi chulg'amning R'_2 va X'_2 parametrlarini;
- 4) Ikkilamchi kuchlanishning o'zgarishi $\Delta U_{\%}$ ni va uning $Z_N = 10 \text{ } \Omega$; $\cos\varphi_2 = 1$ yuklamadagi qiymati U_2 ni;
- 5) Ushbu yuklamadagi transformatorning elektr almashtirish sxemasini;
- 6) Transformatorning quvvat isroflari P_M va P_E ni;
- 7) Transformatorning nominal FIK ni;

7. Nominal parametrlari: $S_n = 250 \text{ VA}$, $U_{2n} = 12 \text{ V}$, $U_{1n} = 220 \text{ V}$; salt ishlash quvvat isrofi: $P_{salt} = 0,74 \text{ kVt}$, nominal qisqa tutashuv quvvat isrofi: $P_{q.t} = 3,7 \text{ kVt}$, qisqa tutashuv kuchlanishi: $U_{q.t} = 6,6 \%$ bo'lgan bir fazali transformatorning yuklamasi induktiv xarakterdaligi va nominaldan 50% ni tashkil qilganda hamda $\cos\varphi_2=0,85$ bo'lgandagi transformatorning F.I.K η ni hamda ikkilamchi chulg'am qisqichlaridagi kuchlanish U_2 ni aniqlang.

8. Quyidagi ishlash xususiyatlariga ega bo'lgan bir fazali *OSMI-0,063-220/24* transformatorining elektr parametrlarini hisoblashni ko'rib chiqing:

- Birlamchi chulg'am nominal kuchlanishi: $U_{1N} = 220 \text{ V}$;
- Transformatorning salt ishlash rejimida ikkilamchi chulg'am nominal kuchlanishi: $U_{2N}(U_{20}) = 24 \text{ V}$;
- Nominal to'la quvvati: $S_N = 63 \text{ VA}$;
- Salt ishlash toki (nominal tokka nisbatan foizlarda): $I_{10\%} = 24,5\%$;
- Salt ishlashdagi quvvat koeffitsiyenti: $\cos\varphi_0 = 0,13$;
- Qisqa tutashuv rejimida quvvat koeffitsiyenti: $\cos\varphi_{q.t} = 0,6$;
- Qisqa tutashuv kuchlanishi (foizlarda): $u_{q.t.\%} = 13,6\%$;

Quyidagi parametrlarni aniqlash kerak:

- a) Birlamchi chulg'amning nominal toki I_{1N} ni va transformatorning salt ishlash toki I_{salt} ni;

- b) Transformatsiya koeffitsiyenti K ni;
- c) Magnitlanish tarmog'ining R_0 va X_0 , birlamchi chulg'amning R_1 va X_1 hamda ikkilamchi chulg'amning R'_2 va X'_2 parametrlarini;
- d) Ikkilamchi kuchlanishning o'zgarishi $\Delta U_{\%}$ ni va uning $Z_N = 20 \text{ Om}$; $\cos\varphi_2 = 1$ yuklamadagi qiymati U_2 ni;
- e) Ushbu yuklamdagi transformatorning elektr almashtirish sxemasini;
- f) Transformatorning quvvat isroflari P_M va P_E ni;
- g) Transformatorning nominal FIK ni;

9. Quyidagi ishlash xususiyatlariga ega bo'lgan bir fazali *OSMI-0,16-220/12* transformatorining elektr parametrlarini hisoblashni ko'rib chiqing:

- Birlamchi chulg'am nominal kuchlanishi: $U_{1N} = 220 \text{ V}$;
- Transformatorning salt ishlash rejimida ikkilamchi chulg'am nominal kuchlanishi: $U_{2N}(U_{20}) = 12 \text{ V}$;
- Nominal to'la quvvati: $S_N = 160 \text{ VA}$;
- Salt ishlash toki (nominal tokka nisbatan foizlarda): $I_{10\%} = 23\%$;
- Salt ishlashdagi quvvat koeffitsiyenti: $\cos\varphi_0 = 0,13$;
- Qisqa tutashuv rejimida quvvat koeffitsiyenti: $\cos\varphi_{q.t} = 0,6$;
- Qisqa tutashuv kuchlanishi (foizlarda): $u_{q.t.\%} = 8,6\%$;

Quyidagi parametrlarni aniqlashimiz kerak:

- Birlamchi chulg'amning nominal toki I_{1N} ni va transformatorning salt ishlash toki I_{salt} ni;
- Transformatsiya koeffitsiyenti K ni;
- Magnitlanish tarmog'ining R_0 va X_0 , birlamchi chulg'amning R_1 va X_1 hamda ikkilamchi chulg'amning R'_2 va X'_2 parametrlarini;
- Ikkilamchi kuchlanishning o'zgarishi $\Delta U_{\%}$ ni va uning $Z_N = 4 \text{ Om}$; $\cos\varphi_2 = 1$ yuklamadagi qiymati U_2 ni;
- Ushbu yuklamdagi transformatorning elektr almashtirish sxemasini;
- Transformatorning quvvat isroflari P_M va P_E ni;
- Transformatorning nominal FIK ni;

10. Bir fazali transformatorning birlamchi va ikkilamchi chulg'am kuchlanishlari $U_{1N} = 110 \text{ kV}$, $U_{2N} = 6,3 \text{ kV}$, birlamchi chulg'am nominal toki $I_{1N} = 95,5 \text{ A}$,

transformatorning nominal ikkilamchi chulg'am toki hamda nominal quvvatini toping.

11. Bir fazali transformatorning nominal to'la quvvati $S_N = 100 \text{ kVA}$, birlamchi va ikkilamchi chulg'am kuchlanishlari $U_{1N} = 6 \text{ kV}$, $U_{2N} = 0,4 \text{ kV}$., Magnit o'zakdagi induksiyaning maksimal qiymati $B_{max} = 1,4 \text{ Tl}$. Bitta o'ramdagi EYuK $E_{orram} = 5 \text{ V}$ O'zgaruvchan tok tarmog'ining chastotasi $f = 50 \text{ Hz}$, transformator chulg'amining ulanishi Y/Y. Po'lat sterjenni to'ldirish koeffitsiyenti $k_{porlat} = 0,93$.

Topish kerak: ikkilamchi chulg'amdagi o'ramlar sonini, asosiy magnit oqimining maksimal qiymati F_{max} ni, ikkilamchi zanjirning nominal toki I_{2N} ni, transformatsiya koeffitsiyenti K ni.

12. Quyidagi 10.4-jadvalda berilgan bir fazali transformatorlarning elektr parametrlarini hisoblashni ko'rib chiqing:

Quyidagi parametrlarni aniqlang:

- Birlamchi chulg'amning nominal toki I_{1N} ni va transformatorning salt ishlash toki I_{salt} ni;
- Transformatsiya koeffitsiyenti K ni;
- Magnitlanish tarmog'ining R_0 va X_0 , birlamchi chulg'amning R_1 va X_1 hamda ikkilamchi chulg'amning R'_2 va X'_2 parametrlarini;
- Ikkilamchi kuchlanishning o'zgarishi $\Delta U_{\%}$ ni va uning $Z_N = 4 \text{ Om}$; $\cos\varphi_2 = 1$ yuklamadagi qiymati U_2 ni;
- Ushbu yuklamdagi transformatorning elektr almashtirish sxemasini;
- Transformatorning quvvat isroflari P_M va P_E ni;
- Transformatorning nominal FIK ni;

Bir fazali transformatorlarning elektr parametrlari jadvali

10.4-jadval

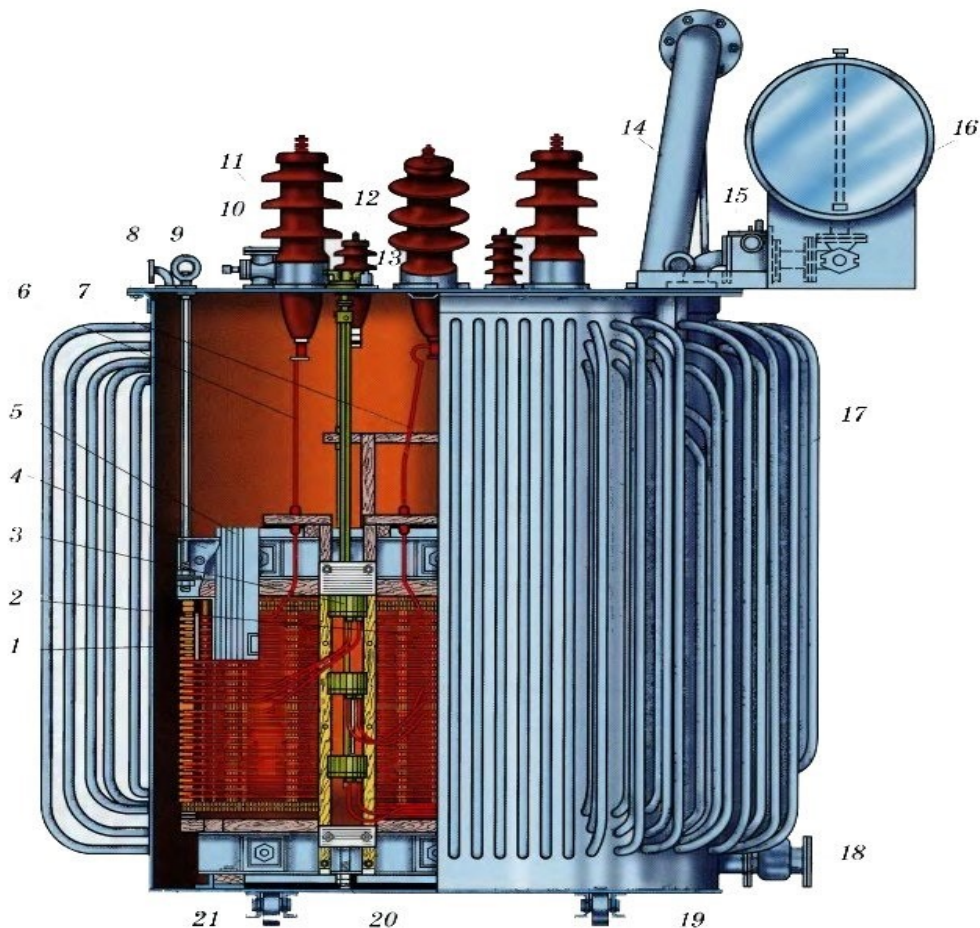
Variant	Markasi	$U_{1N},$ V	$U_{2N},$ V	$S_N,$ VA	$I_{10\%},$ %	$u_{q.t.},$ %	$\cos\varphi_0$	$\cos\varphi_{q.t.}$	Z_N
1.	OSM1-0,063-220/12	220	12	63	24,5	13,6	0,13	0,6	10
2.	OSM1-0,063-220/22	220	24	63	24,5	13,6	0,13	0,6	20
3.	OSM1-0,063-220/42	220	42	63	24,5	13,6	0,13	0,6	40
4.	OSM1-0,063-220/110	220	110	63	24,5	13,6	0,13	0,6	240
5.	OSM1-0,063-380/12	380	12	63	24,5	13,6	0,13	0,6	15
6.	OSM1-0,063-380/24	380	24	63	24,5	13,6	0,13	0,6	25
7.	OSM1-0,063-380/42	380	42	63	24,5	13,6	0,13	0,6	45
8.	OSM1-0,063-380/110	380	110	63	24,5	13,6	0,13	0,6	250
9.	OSM1-0,16-220/12	220	12	160	23,0	8,6	0,13	0,6	4
10.	OSM1-0,16-220/24	220	24	160	23,0	8,6	0,13	0,6	10
11.	OSM1-0,16-220/42	220	42	160	23,0	8,6	0,13	0,6	40
12.	OSM1-0,16-220/110	220	110	160	23,0	8,6	0,13	0,6	120
13.	OSM1-0,16-380/12	380	12	160	23,0	8,6	0,13	0,6	6
14.	OSM1-0,16-380/24	380	24	160	23,0	8,6	0,13	0,6	12
15.	OSM1-0,16-380/42	380	42	160	23,0	8,6	0,13	0,6	20
16.	OSM1-0,16-380/110	380	110	160	23,0	8,6	0,13	0,6	100
17.	OSM1-0,25-220/12	220	12	250	22,6	6,6	0,12	0,55	2
18.	OSM1-0,25-220/24	220	24	250	22,6	6,6	0,12	0,55	5
19.	OSM1-0,25-220/42	220	42	250	22,6	6,6	0,12	0,55	20
20.	OSM1-0,25-220/110	220	110	250	22,6	6,6	0,12	0,55	60
21.	OSM1-0,25-380/12	380	12	250	22,6	6,6	0,12	0,55	1
22.	OSM1-0,25-380/24	380	24	250	22,6	6,6	0,12	0,55	4
23.	OSM1-0,25-380/42	380	42	250	22,6	6,6	0,12	0,55	10
24.	OSM1-0,25-380/110	380	110	250	22,6	6,6	0,12	0,55	50
25.	OSM1-0,4-220/24	220	24	400	20,0	5,4	0,12	0,55	4

26.	OSM1-0,4-220/36	220	36	400	20,0	5,4	0,12	0,55	6
27.	OSM1-0,4-220/56	220	56	400	20,0	5,4	0,12	0,55	10
28.	OSM1-0,4-220/110	220	110	400	20,0	5,4	0,12	0,55	35
29.	OSM1-0,4-380/24	380	24	400	20,0	5,4	0,12	0,55	4
30.	OSM1-0,4-380/36	380	36	400	20,0	5,4	0,12	0,55	7
31.	OSM1-0,4-380/56	380	56	400	20,0	5,4	0,12	0,55	12
32.	OSM1-0,4-380/110	380	110	400	20,0	5,4	0,12	0,55	35
33.	OSM1-0,63-220/24	220	24	630	19,5	4,8	0,1	0,52	4
34.	OSM1-0,63-220/36	220	36	630	19,5	4,8	0,1	0,52	6
35.	OSM1-0,63-220/56	220	56	630	19,5	4,8	0,1	0,52	10
36.	OSM1-0,63-220/110	220	110	630	19,5	4,8	0,1	0,52	35
37.	OSM1-0,63-380/24	380	24	630	19,5	4,8	0,1	0,52	4
38.	OSM1-0,63-380/36	380	36	630	19,5	4,8	0,1	0,52	7
39.	OSM1-0,63-380/56	380	56	630	19,5	4,8	0,1	0,52	12
40.	OSM1-0,63-380/110	380	110	630	19,5	4,8	0,1	0,52	35
41.	OSM1-1,0-220/36	220	36	1000	17,0	4,2	0,1	0,52	6
42.	OSM1-1,0-220/56	220	56	1000	17,0	4,2	0,1	0,52	10
43.	OSM1-1,0-220/110	220	110	1000	17,0	4,2	0,1	0,52	30
44.	OSM1-1,0-220/130	220	130	1000	17,0	4,2	0,1	0,52	33
45.	OSM1-1,0-380/36	380	36	1000	17,0	4,2	0,1	0,52	4
46.	OSM1-1,0-380/56	380	56	1000	17,0	4,2	0,1	0,52	8
47.	OSM1-1,0-380/110	380	110	1000	17,0	4,2	0,1	0,52	25
48.	OSM1-1,0-380/130	380	130	1000	17,0	4,2	0,1	0,52	28
49.	OSM1-1,6-220/36	220	36	1600	13,6	3,6	0,09	0,50	4
50.	OSM1-1,6-220/56	220	56	1600	13,6	3,6	0,09	0,50	8
51.	OSM1-1,6-220/110	220	110	1600	13,6	3,6	0,09	0,50	20
52.	OSM1-1,6-220/130	220	130	1600	13,6	3,6	0,09	0,50	25
53.	OSM1-1,6-380/36	380	36	1600	13,6	3,6	0,09	0,50	3
54.	OSM1-1,6-380/56	380	56	1600	13,6	3,6	0,09	0,50	6

55.	OSM1-1,6-380/110	380	110	1600	13,6	3,6	0,09	0,50	16
56.	OSM1-1,6-380/130	380	130	1600	13,6	3,6	0,09	0,50	18
57.	OSM1-2,5-220/36	220	36	2500	12,0	3,3	0,10	0,50	2
58.	OSM1-2,5-220/56	220	56	2500	12,0	3,3	0,10	0,50	4
59.	OSM1-2,5-220/110	220	110	2500	12,0	3,3	0,10	0,50	8
60.	OSM1-2,5-220/130	220	130	2500	12,0	3,3	0,10	0,50	10
61.	OSM1-2,5-380/36	380	36	2500	12,0	3,3	0,10	0,50	1,5
62.	OSM1-2,5-380/56	380	56	2500	12,0	3,3	0,10	0,50	3
63.	OSM1-2,5-380/110	380	110	2500	12,0	3,3	0,10	0,50	6
64.	OSM1-2,5-380/260	380	260	2500	12,0	3,3	0,10	0,50	30
65.	OSM1-4,0-220/36	220	36	4000	10,4	3,0	0,10	0,48	1
66.	OSM1-4,0-220/56	220	56	4000	10,4	3,0	0,10	0,48	1,5
67.	OSM1-4,0-220/110	220	110	4000	10,4	3,0	0,10	0,48	4
68.	OSM1-4,0-220/130	220	130	4000	10,4	3,0	0,10	0,48	5
69.	OSM1-4,0-380/36	380	36	4000	10,4	3,0	0,10	0,48	1
70.	OSM1-4,0-380/56	380	56	4000	10,4	3,0	0,10	0,48	2
71.	OSM1-4,0-380/110	380	110	4000	10,4	3,0	0,10	0,48	5
72.	OSM1-4,0-380/260	380	260	4000	10,4	3,0	0,10	0,48	20
73.	OSM1-6,3-220/36	220	36	6300	8,6	2,8	0,09	0,48	0,2
74.	OSM1-6,3-220/56	220	56	6300	8,6	2,8	0,09	0,48	0,5
75.	OSM1-6,3-220/110	220	110	6300	8,6	2,8	0,09	0,48	2
76.	OSM1-6,3-220/130	220	130	6300	8,6	2,8	0,09	0,48	2,5
77.	OSM1-6,3-380/36	380	36	6300	8,6	2,8	0,09	0,48	0,1
78.	OSM1-6,3-380/56	380	56	6300	8,6	2,8	0,09	0,48	0,4
79.	OSM1-6,3-380/110	380	110	6300	8,6	2,8	0,09	0,48	2
80.	OSM1-6,3-380/260	380	260	6300	8,6	2,8	0,09	0,48	12

11-MAVZU: UCH FAZALI TRANSFORMATORLARNI HISOBLASH

Uch fazali transformator – elektrostatik apparat bo‘lib, unda elektr energiyani uzoq masofaga uzatish uchun kuchlanishni o‘zgartirishga mo‘ljallangan uch juft chulg‘am mavjud.



11.1-rasm. Uch fazali transformator uch ko‘rinishi

1-Yuqori kuchlanish chulg‘ami; 2-Past kuchlanish chulg‘ami; 3-Yuqori kuchlanish chulg‘amlarining chiqishlarini sozlash uchun qayta ulagich; 4-Tayanch, zichlangan yarmo; 5-Yuqori kuchlanish chiqishi; 6-Past kuchlanish chiqishi

Uzoq masofaga uzatiladigan elektr toki uchta bir fazali transformator bilan o‘zgartirilishi mumkin, biroq bundan apparatlar jamlanmasi katta o‘lcham va massaga ega bo‘ladi. Uch fazali transformatorning yaxshi tomonlaridan biri ushbu jamlanmaga nisbatan kichik o‘lchamlaridadir. Ushbu o‘ziga xos ijobiy xossaga uch chulg‘amni umumiy magnit o‘tkazgichga o‘rnatish orqali erishiladi. Bunday transformatorlar quvvati 60 kVA dan oshmaydigan elektr tarmoqlarida qo‘llanilishi mumkin.

Uch fazali transformator asosiy vazifasi elektr toki parametrlarini o'tkazgichlar qizib ketganda yo'qotish minimal qilib o'zgartirishdir. Ushbu maqsadga erishish uchun tok kuchi kamaytiriladi, kuchlanish esa oshiriladi, bunda quvvat o'zgarmasdan qoladi. Elektr energiya iste'molchiga yetib borgandan so'ng kuchlanish kerakli qiymatgacha pasaytiriladi. Uch fazali transformatorlarning sovitish usuliga ko'ra ikki asosiy turi mavjud:

1. Quruq transformatorlar;
2. Moyli transformatorlar.

Quruq transformatorlarda tok tashuvchi elementlar issiqligi havo oqimi bilan olib ketiladi. Sovutishning bunday tizimi 4000 kVA quvvatli va 35 kV kuchlanishgacha apparatlarda samaralidir. Ular xodimlar xavfsizligiga talab yuqori joylarda qo'llaniladi. Ushbu turdagi transformatorlar asosiy ijobiy xossalari: qurilmani odamlar va uskunalar yaqinida o'rnatish imkoniyati, xavfsizlikning yuqori darajasi, foydalanish soddaligi, ekologik tozaligi. Kamchiliklariga: modellar turi kamligi, atrof-muhit sharoitiga sezgirligini kiritish mumkin.

Moyli transformatorlar quruq transformatorga qaraganda xavfliroq. Ulardan foydalanishda maxsus xizmat ko'rsatish va doimiy nazorat kerak va bu ulardan foydalanish xarajatlarini oshiradi. Yana bir kamchiligi transportirovka qilishda moyni yetkazish uchun maxsus bekatlardan foydalanishdir. Yaxshi tomonlariga: Atrof – muhit sharoitiga kam sezgirligi, o'ramlararo va qoplamlararo qisqa tutashish yo'qligi va boshqalarni kiritish mumkin.

Uch fazali transformatorlar asosiy parametrlariga quyidagilar kiradi:

1. nominal quvvat;
2. birlamchi chulg'am nominal kuchlanishi;
3. ikkilamchi chulg'am qisqichlari nominal kuchlanish;
4. nominal tok.

Transformator nominal quvvati – transformator to'liq xizmat muddati (odatda 20-25 yil) davomida uzluksiz yuklanishi mumkin bo'lgan quvvat. Aytaylik, (yulduz-yulduz usulida ulangan) uch fazali transformatorni tavsiflarini hisoblash lozim bo'lsin. Birlamchi ma'lumotlar: quvvat $S=100$ kVA; birlamchi chulg'am nominal kuchlanishi $U_1=6100$ V; ikkilamchi chulg'am qisqichlarida salt yurish kuchlanishi $U_{salt}=420$ V; qisqa tutashuv kuchlanishi $U_{q,t}=6\%$; qisqa tutashuv quvvati $P_{q,t}=2500$ Vt, salt yurish quvvati $P_{salt}=620$ VA. Oldin birlamchi chulg'am nominal tokini quyidagi formula bilan hisoblaymiz:

$$I_{1nom} = \frac{S_{nom}}{\sqrt{3} \cdot U_{1nom}} = \frac{100 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 6100} = 9,5 \text{ A.}$$

bu yerda, S_{nom} - transformator quvvati; U_{1nom} – transformatorning birlamchi chulg‘amidagi nominal kuchlanish.

Keyin salt yurish toki hisoblanadi:

$$I_{salt} = 0,07 \cdot I_{1nom} = 0,07 \cdot 9,5 = 0,66 \text{ A.}$$

Salt yurishda quvvat koeffitsiyenti formulasi:

$$\cos\varphi_0 = \frac{P_0}{\sqrt{3} \cdot U_{1nom} \cdot I_{salt}} = \frac{620}{\sqrt{3} \cdot 6100 \cdot 0,66} = 0,089;$$

bu yerda, P_0 – salt yurish quvvati.

Endi chulg‘am qarshiligini hisoblaymiz. Qisqa tutashish qarshiligini hisoblash uchun formula:

$$Z_{q.t} = \frac{U_{1q.t}}{I_{1nom}} = \frac{0,06 \cdot 6100}{9,5} = 38,5 \text{ Om};$$

Birlamchi chulg‘am yulduzcha ulanganligi sababli:

$$I_{1q.t} = I_{1nom} = 9,5 \text{ A.}$$

Bundan:

$$R_{q.t} = \frac{P_{q.t}}{3 \cdot I_{1q.t}^2} = \frac{2500}{3 \cdot 9,5^2} = 9,2 \text{ Om};$$

$$X_{q.t} = \sqrt{Z_{q.t}^2 - R_{q.t}^2} = \sqrt{38,5^2 - 9,2^2} = 37,4 \text{ Om.}$$

bu yerda: $P_{q.t}$ — qisqa tutashish quvvati.

Shu tarzda birlamchi chulg‘am qarshiligi quyidagi formuladan hisoblanadi:

$$R_1 = R'_2 = \frac{R_{q.t}}{2} = \frac{9,2}{2} = 4,6 \text{ Om},$$

$$X_1 = X'_2 = \frac{X_{q.t}}{2} = \frac{37,4}{2} = 18,7 \text{ Om.}$$

Ikkilamchi chulg‘am uchun:

$$R_2 = \frac{R'_2}{n_{f(2)}} = \frac{4,6}{256} = 0,017 \text{ Om},$$

$$X_2 = \frac{X'_2}{n_{f(2)}} = \frac{18,7}{256} = 0,073 \text{ Om.}$$

Magnitlovchi tarmoq qarshiligi:

$$Z_0 = \frac{U_{1nom}}{\sqrt{3} \cdot I_{salt}} = \frac{6100}{\sqrt{3} \cdot 0,66} = 5350 \text{ Om};$$

$$R_0 = \frac{P_{salt}}{3 \cdot I_{salt}^2} = \frac{620}{3 \cdot 0,66^2} = 313 \text{ } \Omega;$$

$$X_0 = \sqrt{Z_0^2 - R_0^2} = \sqrt{5350^2 - 313^2} = 5340 \text{ } \Omega.$$

Uch fazali transformatorlar tavsiflarini hisoblash usullari va ketma-ketligi turli holatlarda bir biridan farq qilishi mumkin, chunki ular birlamchi ma'lumotlar tarkibi va hisob-kitoblar vazifasiga bog'liq ravishda o'zgaradi. Masalan, ba'zi holatlarda transformatsiya koeffitsiyentini quyidagicha hisoblash mumkin:

$$k_T = \frac{W_1}{W_2},$$

bu yerda: W_1 va W_2 – bir faza chulg'ami o'ramlari soni.

Qisqa tutashuv toklarini hisoblash formulasi quyidagi ko'rinishda bo'lishi mumkin:

$$I_{q.t} = I_{nom} \cdot (100/u_{q.t}),$$

bu yerda: I_{nom} – transformator nominal toki; $u_{q.t}$ – qisqa tutashuv kuchlanishi.

Uch fazali transformator FIK:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1},$$

bu yerda: P_1 - tarmoqdan transformator iste'mol qiladigan quvvat; P_2 - transformator yuklamaga beradigan quvvat.

Masalalar

1-masala.

Uch fazali transformatorning nominal quvvati: $S_n = 100 \text{ kVA}$, chulg'amlari $\lambda/\lambda - 12$ usulda ulangan. Transformatorning birlamchi chulg'ami qisqichlaridagi nominal kuchlanish $U_{1n} = 6000 \text{ V}$ ikkilamchi chulg'am qisqichlaridagi salt ishlash kuchlanishi $U_{2n} = 400 \text{ V}$, qisqa tutashuv kuchlanishi $U_{q.t} = 5,5 \%$, qisqa tutashuvda quvvat isrofi $P_{q.t} = 2400 \text{ Vt}$, salt ishlash quvvat isrofi $P_{salt} = 600 \text{ Vt}$, salt ishlash toki: $I_{1f} = 0,07 I_{1nom}$.

Topish kerak:

1. Transformator chulg'amlari qarshiliklarini: R_1, X_1 va R_2, X_2
2. Transformator magnit o'zagini o'rnini bosuvchi magnitlanish zanjirining to'la qarshiligi Z_0 va uning tashkil etuvchilari R_0 va X_0 ni
3. Magnit isrof burchagi δ ni

Yechish:

Birlamchi chulg'amning nominal tokini topamiz:

$$I_{1nom} = \frac{S_{nom}}{\sqrt{3} \cdot U_{1nom}} = \frac{100 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 6000} = 9,63 \text{ A.}$$

Salt ish toki I_{salt} ni hamda $\cos\varphi_0$ ni aniqlaymiz:

$$I_{1.salt} = 0,07 \cdot I_{1nom} = 0,07 \cdot 9,63 = 0,67 \text{ A;}$$

$$\cos\varphi_0 = \frac{P_{salt}}{\sqrt{3} \cdot U_{1nom} \cdot I_{1.salt}} = \frac{600}{\sqrt{3} \cdot 6000 \cdot 0,67} = 0,086,$$

bu yerdan: $\cos\varphi_0 = 0,086 \rightarrow \varphi_0 = \arccos 0,086 = 85^\circ$

Magnit isrof burchagini aniqlaymiz:

$$\delta = 90^\circ - \varphi_0 = 90^\circ - 85^\circ = 5^\circ.$$

Chulg'amlar qarshiligini aniqlaymiz:

1) Qisqa tutashuv qarshiligini aniqlaymiz:

$$Z_{q.t} = \frac{U_{1n} \cdot U_{q.t}}{\sqrt{3} \cdot I_{1nom} \cdot 100\%} = \frac{6000 \cdot 5,5\%}{\sqrt{3} \cdot 9,63 \cdot 100\%} = 19,81 \text{ Om},$$

$$R_{q.t} = \frac{P_{q.t}}{3 \cdot I_{1nom}^2} = \frac{2400}{3 \cdot 9,63^2} = 8,63 \text{ Om},$$

$$X_{q.t} = \sqrt{Z_{q.t}^2 - R_{q.t}^2} = \sqrt{19,81^2 - 8,63^2} = 17,83 \text{ Om}.$$

2) Birlamchi chulg'am qarshiligini aniqlaymiz:

$$R_1 = R'_2 = \frac{R_{q.t}}{2} = \frac{8,63}{2} = 4,31 \text{ Om},$$

$$X_1 = X'_2 = \frac{X_{q.t}}{2} = \frac{17,83}{2} = 8,92 \text{ Om}.$$

3) Ikkilamchi chulg'am qarshiligini aniqlaymiz:

$$R_2 = \frac{R'_2}{n^2} = \frac{4,31}{15^2} = \frac{4,31}{225} = 0,0192 \text{ Om},$$

$$X_2 = \frac{X'_2}{n^2} = \frac{8,92}{15^2} = \frac{8,92}{225} = 0,0396 \text{ Om},$$

bu yerda: $n = \frac{U_{1n}}{U_{2n}} = \frac{6000 \cdot \sqrt{3}}{400 \cdot \sqrt{3}} = 15.$

4) Magnit zanjiri qarshiligini aniqlaymiz:

$$Z_0 = \frac{U_{1n}}{I_{1.salt}} = \frac{6000}{\sqrt{3} \cdot 0,67} = 5176,43 \text{ Om},$$

$$R_0 = \frac{P_{salt}}{3 \cdot I_{1.salt}^2} = \frac{600}{3 \cdot 0,67^2} = 445,53 \text{ Om},$$

$$X_0 = \sqrt{Z_0^2 - R_0^2} = \sqrt{5176,43^2 - 445,53^2} = 5157,22 \text{ Om}.$$

2-masala.

Qisqa tutashuv tajribasidan quyidagi ma'lumotlar olindi: $P_{q.t} = 800 \text{ Vt}$, $U_{1q.t} = 20 \text{ V}$, $I_{1q.t} = 100 \text{ A}$ Transformatorning qisqa tutashuv qarshiligining aktiv va reaktiv tashkil etuvchilari $R_{q.t}$, $X_{q.t}$ ni toping.

Yechish:

$$R_{q.t} = \frac{P_{q.t}}{3 \cdot I_{1q.t}^2} = \frac{800}{3 \cdot 100^2} = 0,027 \text{ Om},$$

$$Z_{q.t} = \frac{U_{q.t}}{\sqrt{3} \cdot I_{q.t}} = \frac{20}{\sqrt{3} \cdot 100} = 0,115 \text{ Om},$$

$$X_{q.t} = \sqrt{Z_{q.t}^2 - R_{q.t}^2} = \sqrt{0,115^2 - 0,027^2} = 0,112 \text{ Om}.$$

3-masala.

Transformator markasi: TC-1600/10,5; birlamchi chulg'am nominal kuchlanishi: $U_{1nom} = 10500 \text{ V}$; ikkilamchi chulg'am nominal kuchlanishi: $U_{2nom} = 230 \text{ V}$; qisqa tutashuv kuchlanishi: $U_{q.t} = 5,9 \%$; qisqa tutashuv quvvat isrofi $P_{q.t} = 11500 \text{ Vt}$; chastotasi $f = 50 \text{ Hz}$; chulg'amlar ulanishi: Δ/Δ ; ikkilamchi chulg'am o'ramlar soni $W_2 = 128$. Yarmoning aktiv ko'ndalang kesim yuzasi: $S_{yarmo} = 0,0424 \text{ m}^2$, Sterjenning aktiv ko'ndalang kesim yuzasi: $S_{sterjen} = 0,0414 \text{ m}^2$, sterjenning balandligi: $H_s = 0,96 \text{ m}$, sterjen diametri: $D_s = 0,35 \text{ m}$, sterjen o'qlari orasidagi masofa: $L = 0,71 \text{ m}$, yarmoninig balandligi: $H_Y = 0,33 \text{ m}$.

Yechish:

Yuqori kuchlanish chulg'amining *liniya* kuchlanishi: $U_{1L} = 10500 \text{ V}$.

Past kuchlanish chulg'amining *liniya* kuchlanishi: $U_{2L} = 230 \text{ V}$.

Yuqori kuchlanish chulg'amining *faza* kuchlanishi:

$$U_{1f} = \frac{U_{1n}}{\sqrt{3}} = \frac{10500}{\sqrt{3}} = 6062,18 \text{ V}.$$

Past kuchlanish chulg'amining *faza* kuchlanishi:

$$U_{2f} = \frac{U_{2n}}{\sqrt{3}} = \frac{230}{\sqrt{3}} = 132,79 \text{ V}.$$

Transformatorning transformatsiya koeffitsiyenti:

$$K_T = \frac{U_{1n}}{U_{2n}} = \frac{10500}{230} = 45,65.$$

Birlamchi chulg'amning o'ramlar soni:

$$K_T = \frac{W_1}{W_2};$$

$$W_1 = K_T \cdot W_2 = 45,65 \cdot 128 = 5843.$$

Magnit oqimning maksimal qiymatini topamiz:

$$F_m = \frac{U_{1n}}{4,44 \cdot f \cdot W_1} = \frac{10500}{4,44 \cdot 50 \cdot 5843} = 0,0081 \text{ Vb}.$$

Po'lat sterjen va yarmodagi magnit maydon induksiyasini topamiz:

$$B_s = \frac{U_{1n}}{4,44 \cdot f \cdot W_1 \cdot S_{sterjen}} = \frac{10500}{4,44 \cdot 50 \cdot 5843 \cdot 0,0414} = 0,0191 \text{ Tl};$$

$$B_{yarmo} = \frac{S_{sterjen} \cdot B_s}{S_{yarmo}} = \frac{0,0414 \cdot 0,0191}{0,0424} = 0,0186 \text{ Tl}.$$

Sterjen va yarmoning massasini aniqlaymiz: $\gamma = 7,6 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$
transformator o'zagining ruxsat etilgan zichligi.

$$G_{sterjen} = 3 \cdot S_{sterjen} \cdot H_s \cdot \gamma = 3 \cdot 0,0414 \cdot 0,96 \cdot 7,6 \cdot 10^3 = 906,16 \text{ kg};$$

$$G_{yarmo} = 2 \cdot \gamma \cdot (2 \cdot L \cdot S_{yarmo} + S_{sterjen} \cdot H_Y) =$$

$$= 2 \cdot 7,6 \cdot 10^3 \cdot (2 \cdot 0,71 \cdot 0,0424 + 0,0414 \cdot 0,33) = 9359,28 \text{ kg}.$$

4-masala.

Transformator markasi: TM-250/10; birlamchi chulg'am nominal kuchlanishi: $U_{1nom} = 10000 \text{ V}$; ikkilamchi chulg'am nominal kuchlanishi: $U_{2nom} = 380 \text{ V}$; qisqa tutashuv kuchlanishi: $U_{q.t} = 4,5 \%$; qisqa tutashuv quvvat isrofi $P_{q.t} = 3100 \text{ Vt}$; chastotasi $f = 50 \text{ Hz}$; chulg'amlar ulanishi: $\lambda/\lambda - 0$ ikkilamchi chulg'am o'ramlar soni $W_2 = 120$. Yarmoning aktiv ko'ndalang kesim yuzasi: $S_{yarmo} = 0,02 \text{ m}^2$, Sterjenning aktiv ko'ndalang kesim yuzasi: $S_{sterjen} = 0,024 \text{ m}^2$, sterjenning balandligi: $H_s = 0,75 \text{ m}$, sterjen diametri: $D_s = 0,33 \text{ m}$, sterjen o'qlari orasidagi masofa: $L = 0,6 \text{ m}$, yarmoninig balandligi: $H_Y = 0,28 \text{ m}$.

Yechish:

Yuqori kuchlanish chulg'amining *liniya* kuchlanishi: $U_{1L} = 10000 \text{ V}$;

Past kuchlanish chulg'amining *liniya* kuchlanishi: $U_{2L} = 380 \text{ V}$;

Yuqori kuchlanish chulg'amining *faza* kuchlanishi:

$$U_{1f} = \frac{U_{1n}}{\sqrt{3}} = \frac{10000}{\sqrt{3}} = 5780,35 \text{ V}.$$

Past kuchlanish chulgʻamining *faza* kuchlanishi:

$$U_{2f} = \frac{U_{2n}}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 219,65 \text{ V}.$$

Transformatorning transformatsiya koeffitsiyenti:

$$K_T = \frac{U_{1n}}{U_{2n}} = \frac{10000}{380} = 26,32.$$

Birlamchi chulgʻamning oʻramlar soni:

$$K_T = \frac{W_1}{W_2};$$

$$W_1 = K_T \cdot W_2 = 26,32 \cdot 120 = 3158.$$

Magnit oqimning maksimal qiymatini topamiz:

$$F_m = \frac{U_{1n}}{4,44 \cdot f \cdot W_1} = \frac{10000}{4,44 \cdot 50 \cdot 3158} = 0,01426 \text{ Vb}.$$

Poʻlat sterjen va yarmodagi magnit maydon induksiyasini topamiz:

$$B_s = \frac{U_{1n}}{4,44 \cdot f \cdot W_1 \cdot S_{sterjen}} = \frac{10000}{4,44 \cdot 50 \cdot 3158 \cdot 0,024} = 0,594 \text{ Tl};$$

$$B_{yarmo} = \frac{S_{sterjen} \cdot B_s}{S_{yarmo}} = \frac{0,024 \cdot 0,594}{0,02} = 0,713 \text{ Tl}.$$

Sterjen va yarmoning massasini aniqlaymiz: $\gamma = 7,6 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$
transformator oʻzagining ruxsat etilgan zichligi.

$$G_{sterjen} = 3 \cdot S_{sterjen} \cdot H_s \cdot \gamma = 3 \cdot 0,024 \cdot 0,75 \cdot 7,6 \cdot 10^3 = 410,4 \text{ kg};$$

$$\begin{aligned} G_{yarmo} &= 2 \cdot \gamma \cdot (2 \cdot L \cdot S_{yarmo} + S_{sterjen} \cdot H_Y) = \\ &= 2 \cdot 7,6 \cdot 10^3 \cdot (2 \cdot 0,6 \cdot 0,02 + 0,024 \cdot 0,28) = 466,94 \text{ kg}. \end{aligned}$$

Mustaqil ishlash uchun masalalar

1. Uch fazali transformatorning nominal quvvati: $S_n = 250 \text{ kVA}$, chulgʻamlari $\Lambda/\Lambda - 5$ usulda ulangan. Transformatorning birlamchi chulgʻami qisqichlaridagi nominal kuchlanish $U_{1n} = 10500 \text{ V}$ ikkilamchi chulgʻam qisqichlaridagi salt ishlash kuchlanishi $U_{2n} = 400 \text{ V}$, qisqa tutashuv kuchlanishi $U_{q.t} = 4,5 \%$, qisqa tutashuvda quvvat isrofi $P_{q.t} = 3700 \text{ Vt}$, salt ishlash quvvat isrofi $P_{salt} = 580 \text{ Vt}$, salt ishlash toki: $I_{1f} = 0,019 I_{1nom}$ boʻlsa, transformatorlarning chulgʻamlari qarshiliklarini: R_1, X_1 va R_2, X_2 , Transformator magnit oʻzagini oʻrnini bosuvchi magnitlanish zanjirining toʻla qarshiligi Z_0 va uning tashkil etuvchilari R_0 va X_0 ni toping.

2. Uch fazali transformatorning nominal quvvati: $S_n = 400 \text{ kVA}$, chulgʻamlari $\Delta/\Delta - 11$ usulda ulangan. Transformatorning birlamchi chulgʻami qisqichlaridagi nominal kuchlanish $U_{1n} = 10000 \text{ V}$ ikkilamchi chulgʻam qisqichlaridagi salt ishlash kuchlanishi $U_{2n} = 400 \text{ V}$, qisqa tutashuv kuchlanishi $U_{q.t} = 4,5 \%$, qisqa tutashuvda quvvat isrofi $P_{q.t} = 5900 \text{ Vt}$, salt ishlash quvvat isrofi $P_{salt} = 900 \text{ Vt}$, salt ishlash toki: $I_{1f} = 0,018 I_{1nom}$ boʻlsa, transformatorlarning chulgʻamlari qarshiliklarini: R_1, X_1 va R_2, X_2 , Transformator magnit oʻzagini oʻrnini bosuvchi magnitlanish zanjirining toʻla qarshiligi Z_0 va uning tashkil etuvchilari R_0 va X_0 ni toping.

3. Uch fazali transformatorning nominal quvvati: $S_n = 630 \text{ kVA}$, chulgʻamlari $\Delta/\Delta - 11$ usulda ulangan. Transformatorning birlamchi chulgʻami qisqichlaridagi nominal kuchlanish $U_{1n} = 10000 \text{ V}$ ikkilamchi chulgʻam qisqichlaridagi salt ishlash kuchlanishi $U_{2n} = 400 \text{ V}$, qisqa tutashuv kuchlanishi $U_{q.t} = 5,5 \%$, qisqa tutashuvda quvvat isrofi $P_{q.t} = 7600 \text{ Vt}$, salt ishlash quvvat isrofi $P_{salt} = 940 \text{ Vt}$, salt ishlash toki: $I_{1f} = 0,8 \cdot I_{1nom}$ boʻlsa, transformatorlarning chulgʻamlari qarshiliklarini: R_1, X_1 va R_2, X_2 , Transformator magnit oʻzagini oʻrnini bosuvchi magnitlanish zanjirining toʻla qarshiligi Z_0 va uning tashkil etuvchilari R_0 va X_0 ni toping.

4. Quyidagi jadval boʻyicha transformatorlarning chulgʻamlari qarshiliklarini: R_1, X_1 va R_2, X_2 , Transformator magnit oʻzagini oʻrnini bosuvchi magnitlanish zanjirining toʻla qarshiligi Z_0 va uning tashkil etuvchilari R_0 va X_0 ni toping.

11.1-jadval

Transformator markasi	Qisqa tutashuv isrofi	Salt ishlash quvvat irofi	Salt ishlash toki	Ulanish guruhi	Qisqa tutashuv kuchlanishi
TM-25-10(6)/0,4	600	115	$I_{1f} = 0,25 I_{1nom}$	$\Delta/\Delta - 0$	4,5 %
TM-40-10(6)/0,4	900	150	$I_{1f} = 0,3 I_{1nom}$	$\Delta/\Delta - 0$	4,5 %
TM-63-10(6)/0,4	1270	210	$I_{1f} = 0,5 I_{1nom}$	$\Delta/\Delta - 0$	4,5 %
TM-100-10(6)/0,4	1970	270	$I_{1f} = 0,35 I_{1nom}$	$\Delta/\Delta - 0$	4,5 %
TM-160-10(6)/0,4	2700	400	$I_{1f} = 0,45 I_{1nom}$	$\Delta/\Delta - 0$	4,5 %

5. Transformator markasi: TM-400/10; birlamchi chulg'am nominal kuchlanishi: $U_{1nom} = 10500 V$; ikkilamchi chulg'am nominal kuchlanishi: $U_{2nom} = 400 V$; qisqa tutashuv kuchlanishi: $U_{q.t} = 4,5 \%$; qisqa tutashuv quvvat isrofi $P_{q.t} = 5600 Vt$; chastotasi $f = 50 Hz$; chulg'amlar ulanishi: $\lambda/\lambda - 0$ ikkilamchi chulg'am o'ramlar soni $W_2 = 210$. Yarmoning aktiv ko'ndalang kesim yuzasi: $S_{yarmo} = 0,04 m^2$, Sterjenning aktiv ko'ndalang kesim yuzasi: $S_{sterjen} = 0,044 m^2$, sterjenning balandligi: $H_s = 0,8 m$, sterjen diametri: $D_s = 0,38 m$, sterjen o'qlari orasidagi masofa: $L = 0,75 m$, yarmoninig balandligi: $H_y = 0,35 m$. bo'lsa, transformatorning nominal parametrlarini hisoblang.

6. Quyidagi jadvalga muvofiq transformatorlarning yuqoridagi masalalardagidek nominal parametrlarini aniqlang.

11.2-jadval

Transformator markasi	Nominal quvvati, $S_n, [kVA]$	Nominal kuchlanishi, kV		Chulg'amlar ulanish guruhi	Quvvat isroflari, [Vt]		Qisqa tutashuv kuchlanishi $U_{q.t}, \%$	Salt ishlash toki $I_{salt}, \%$
		YuK	PK		Salt ishlash	Qisqa tutashuv		
TM-25/10	25	6; 10	0,4	$\lambda/\lambda - 0$; $\lambda/Z - 11$	130	600 690	4,5 4,7	3,2
TM-40/10	40	6; 10	0,4	$\lambda/\lambda - 0$; $\lambda/Z - 11$	175	880 1000	4,5 4,7	3
TM-63/10	63	6; 10	0,4	$\lambda/\lambda - 0$; $\lambda/Z - 11$	240	1280 1470	4,5 4,7	2,8
TM-100/10	100	6; 10	0,4	$\lambda/\lambda - 0$; $\lambda/Z - 11$	330	1970 2270	4,5 4,7	2,6
TM-100/35		35	0,4		420	1970 2270	6,5 6,8	
TM-160/10 TMF-160/10	160	6; 10	0,4 0,69 0,4	$\lambda/\lambda - 0$ $\Delta/\lambda - 11$ $\lambda/Z - 11$	510	2650 3100 3100	4,5 4,5 4,7	2,4
TM-160/35		35	0,4 0,69 0,4	$\lambda/\lambda - 0$ $\Delta/\lambda - 11$ $\lambda/Z - 11$	620	2650 3100 3100	6,5 6,5 6,8	
TM-250/10 TMF-250/10	250	6; 10	0,4 0,69 0,4	$\lambda/\lambda - 0$ $\Delta/\lambda - 11$ $\lambda/Z - 11$	740	3700 4200 4200	4,5 4,5 4,7	2,3

TM-250/35		35	0,4 0,69 0,4	$\lambda/\lambda - 0$ $\Delta/\lambda - 11$ $\lambda/Z - 11$	900	3700 4200 4200	6,5 6,5 6,8	
TM-400/10 TMF-400/10 TMH-400/10	400	6; 10	0,4 0,4 0,69	$\lambda/\lambda - 0$ $\Delta/\lambda - 11$ $\Delta/\lambda - 11$	950	5500 5900 5900	4,5	2,1
TM-400/35 TMH-400/35		35	0,4 0,69	$\lambda/\lambda - 0$ $\Delta/\lambda - 11$	1200	5500 5900	6,5	

7. Uch fazali transformator uchun nominal to'la quvvati: $S_N = 1600 \text{ kVA}$, birlamchi chulg'amning nominal kuchlanishi $U_{1N} = 10 \text{ kV}$, ikkilamchi chulg'amning nominal kuchlanishi $U_{2N} = 0,4 \text{ kV}$. Magnit o'zakdagi induksiyaning maksimal qiymati $B_{max} = 1,55 \text{ Tl}$. Bitta o'ramdagi EYuK $E_{orram} = 5 \text{ V}$. O'zgaruvchan tok tarmog'ining chastotasi $f = 50 \text{ Hz}$, transformator chulg'amining ulanishi Y/Y. Po'lat sterjenni to'ldirish ko'effitsiyenti $k_{porlat} = 0,97$. Topish kerak: ikkilamchi chulg'amdagi o'ramlar sonini, asosiy magnit oqimining maksimal qiymati F_{max} ni, ikkilamchi zanjirning nominal tokini, transformatsiya ko'effitsiyenti K ni.

8. Uch fazali transformator uchun nominal birlamchi chulg'amning nominal kuchlanishi $U_{1N} = 127 \text{ V}$, salt ishlash toki $I_{salt} = 20,5 \text{ A}$, salt ishlashdagi quvvat ko'effitsiyenti $\cos\varphi_{0.nom} = 0,08$, transformator chulg'amining ulanishi Y/Y. O'zgaruvchan tok tarmog'ining chastotasi $f = 50 \text{ Hz}$. Topish kerak: magnitlanish konturining parametrlari Z_M , R_M , X_M ni toping.

9. Uch fazali transformatorning nominal to'la quvvati $S_N = 100 \text{ kVA}$, birlamchi chulg'amning nominal kuchlanishi $U_{1N} = 0,5 \text{ kV}$, ikkilamchi chulg'amning nominal kuchlanishi $U_{2N} = 0,23 \text{ kV}$, qisqa tutashuv kuchlanishi $u_{qt\%} = 5,5\%$, salt ishlash kuchlanishi $u_{salt\%} = 6,5\%$, salt ishlash quvvat isrofi $P_{salt} = 0,65 \text{ kVt}$, qisqa tutashuv quvvat isrofi $P_{q.t} = 2 \text{ kVt}$, aktiv quvvat ko'effitsiyenti $\cos\varphi_2 = 0,8$ (reaktiv xarakterli yuklama). Chulg'amlar Y/Y usulda ulangan. O'zgaruvchan tok tarmog'ining chastotasi $f = 50 \text{ Hz}$.

Topish kerak: birlamchi zanjir nominal toki I_{1N} ni, salt ishlash toki I_{salt} ni, salt ishlash va qisqa tutashuv aktiv quvvat ko'effitsiyent $\cos\varphi_{salt}$ va $\cos\varphi_{q.t}$ larini, qisqa

tutashuv kuchlanishi u_{qt} ning qiymatini hamda uning aktiv va reaktiv tashkil etuvchilarini, qisqa tutashuv qarshiliklari $R_{q.t}, X_{q.t}, Z_{q.t}$ ni, nominal yuklamadagi FIK va maksimal FIK larning qiymatlarini toping.

10. Uch fazali transformatorning nominal to'la quvvati $S_N = 25 \text{ kVA}$, birlamchi chulg'amning nominal kuchlanishi $U_{1N} = 10 \text{ kV}$, qisqa tutashuv kuchlanishi $u_{qt\%} = 4,5\%$, salt ishlash toki $i_{salt\%} = 3,2\%$, salt ishlash quvvat isrofi $P_{salt} = 0,13 \text{ kVt}$, qisqa tutashuv quvvat isrofi $P_{q.t} = 0,6 \text{ kVt}$, Chulg'amlar Y/Y usulda ulangan. O'zgaruvchan tok tarmog'ining chastotasi $f = 50 \text{ Hz}$. *Topish kerak:* qisqa tutashuv to'la qarshiligi $Z_{q.t}$ ni hamda uning aktiv va reaktiv tashkil etuvchilari $R_{q.t}, X_{q.t}$ ni, : magnitlanish konturining parametrlari Z_M, R_M, X_M ni toping

11. Uch fazali transformatorning ikkilamchi chulg'amning nominal kuchlanishi $U_{2N} = 0,4 \text{ kV}$, qisqa tutashuv kuchlanishi $u_{qt\%} = 6,5\%$, qisqa tutashuv aktiv quvvat ko'effitsiyenti $\cos\varphi_{q.t} = 0,31$, yuklamali aktiv quvvat ko'effitsiyenti $\cos\varphi_2 = 0,8$, (yuklama sig'im xarakterda), chulg'amlar Y/Y usulda ulangan. O'zgaruvchan tok tarmog'ining chastotasi $f = 50 \text{ Hz}$.

Topish kerak: ikkilamchi chulg'am kuchlanishi o'zgarishining nominal qiymati (%) va nominal sig'im yuklamada ikkilamchi chulg'am kuchlanishi qiymatini toping.

12. Uch fazali transformatorning nominal to'la quvvati $S_N = 100 \text{ kVA}$, salt ishlash quvvat isrofi $P_{salt} = 0,465 \text{ kVt}$, qisqa tutashuv quvvat isrofi $P_{q.t} = 1,97 \text{ kVt}$, yuklamali aktiv quvvat ko'effitsiyenti $\cos\varphi_2 = 0,8$, chulg'amlar Y/Y usulda ulangan. O'zgaruvchan tok tarmog'ining chastotasi $f = 50 \text{ Hz}$.

Topish kerak: nominal yuklamadagi FIK va maksimal FIK larning qiymatlarini toping.

13. Uch fazali transformatorning nominal to'la quvvati $S_N = 160 \text{ kVA}$, ikkilamchi chulg'amning nominal kuchlanishi $U_{2N} = 0,4 \text{ kV}$, qisqa tutashuv kuchlanishi $u_{qt\%} = 4,7\%$, qisqa tutashuv aktiv quvvat ko'effitsiyenti $\cos\varphi_{q.t} = 0,33$, yuklamali aktiv quvvat ko'effitsiyenti $\cos\varphi_2 = 0,85$, (yuklama sig'im xarakterda), chulg'amlar Y/Y usulda ulangan. O'zgaruvchan tok tarmog'ining chastotasi $f = 50 \text{ Hz}$.

Topish kerak: magnitlanish konturining parametrlari Z_M, R_M, X_M , nominal yuklamadagi FIK va maksimal FIK larning qiymatlarini toping.

14. Uch fazali transformatorning nominal to'la quvvati $S_N = 160 \text{ kVA}$, birlamchi chulg'amning nominal kuchlanishi $U_{1N} = 35 \text{ kV}$, ikkilamchi chulg'amning nominal kuchlanishi $U_{2N} = 0,69 \text{ kV}$, qisqa tutashuv kuchlanishi $u_{qt\%} = 6,5\%$, salt ishlash toki $i_{salt\%} = 2,4\%$, salt ishlash quvvat isrofi $P_{salt} = 0,62 \text{ kVt}$, qisqa tutashuv quvvat isrofi $P_{q.t} = 3,1 \text{ kVt}$, Chulg'amlar Y/Y usulda ulangan. O'zgaruvchan tok tarmog'ining chastotasi $f = 50 \text{ Hz}$.

Topish kerak: qisqa tutashuv to'la qarshiligi $Z_{q.t}$ ni hamda uning aktiv va reaktiv tashkil etuvchilari $R_{q.t}, X_{q.t}$ ni, : magnitlanish konturining parametrlari Z_M, R_M, X_M ni, nominal yuklamadagi FIK va maksimal FIK larning qiymatlarini toping.

15. Berilgan liniya kuchlanishi $U_L = 220 \text{ V}$ ga teng. Qarshiliklar: $R_A = 15 \text{ Om}$, $R_B = 5 \text{ Om}$, $R_C = 10 \text{ Om}$, $x_A = 7 \text{ Om}$, $x_B = 8 \text{ Om}$, $x_C = 14 \text{ Om}$. Faza va liniya toklari, nol simdagi tok, fazalarning aktiv, reaktiv va to'la quvvatlari topilsin.

16. TM-100/10 markali moyli transformatorning texnik parametrlari: $S_N = 100 \text{ kVA}$, birlamchi chulg'amning nominal kuchlanishi $U_{1N} = 10 \text{ kV}$, ikkilamchi chulg'amning nominal kuchlanishi $U_{2N} = 6,5 \text{ kV}$, qisqa tutashuv quvvat isrofi $P_{q.t} = 2270 \text{ kVt}$, qisqa tutashuv kuchlanishi $u_{q.t} = 4,7\%$ salt ishlash toki $i_0 = 2,6 \%$, salt ishlash quvvati $P_0 = 365 \text{ Vt}$. Chulg'amlarining ulanihs sxemasi Y/Y bo'lgan transformatorning: qisqa tutashuv kuchlanishi $U_{q.t}$, toki $I_{q.t}$, quvvat koeffitsiyenti $\cos\varphi_{q.t}$, qarshiliklari $r_{q.t}, x_{q.t}, Z_{q.t}$; hamda qisqa tutashuv kuchlanishining aktiv $U_{a.q.t}$ va reaktiv $U_{r.q.t}$ tashkil etuvchilarining qiymati aniqlansin.

17. Quyidagi jadvaldagi transformatorning: qisqa tutashuv kuchlanishi $U_{q.t}$, toki $I_{q.t}$, quvvat koeffitsiyenti $\cos\varphi_{q.t}$, qarshiliklari $r_{q.t}, x_{q.t}, Z_{q.t}$; hamda qisqa tutashuv kuchlanishining aktiv $U_{a.q.t}$ va reaktiv $U_{r.q.t}$ tashkil etuvchilarining qiymati aniqlansin.

11.3-jadval

Variant	Transformator tipi	Nomin al quvvat S_N, kVA	Nominal kuchlanishlari		Ulanish usullari	Salt ishlash quvvati, P_0, kVt	Qisqa tutashu v quvvat isrofi, $P_{q.t}, kVt$	Qisqa tutashuv kuchlanish i $u_{q.t}, \%$	Salti ishlash toki, $i_0, \%$
			U_{1N}, kV	U_{2N}, kV					
1	TM-63/10	63	10	0,4	Y/Y _N -0	1280	240	4,5	2,8
2	TM-100/10	100	10	0,4	Y/Y _N -0	1970	330	4,5	2,6
3	TM-160/10	160	10	0,4	Y/Δ-11	2650	510	4,5	2,4
4	TM-160/10	160	10	6,3	Y/Δ-11	3100	510	4,5	2,4
5	TM-250/10	250	10	0,4	Y/Y _N -0	31700	740	4,5	2,3
6	TM-400/6	400	6	0,4	Y/Y _N -0	5500	1310	4,5	2,1
7	TM-400/10	400	10	0,4	Y/Y _N -0	5500	950	4,5	2,1
8	TM-400/35	400	10	0,6 9	Δ/Y _N -11	5900	1200	65	
9	TM-630/10	630	10	0,4	Y/Y _N -0	7600	1310	5,5	2,0

10	TM-630/10	630	10	0,4	Y/Y _N -0	7650	1350	5,3	2,2
11	TM-630/10	630	10	0,6 9	Δ/Y _N -11	8500	1680	5,5	2,0
12	TM-630/35	630	35	0,4	Δ/Y _N -11	7600	1600	6,5	2
13	TM-630/35	630	35	0,4	Δ/Y _N -11	7650	1650	6,3	2,1
14	TM- 1000/35	1000	35	3,1 5	Y/Δ-11	11600	2000	6,5	1,4
15	TM- 1000/35	1000	35	0,4	Y/Δ-11	12200	2000	6,5	1,4
16	TM- 1000/35	1000	35	0,4	Y/Δ-11	12500	2020	6,3	1,6
17	TM- 1600/35	1600	35	6,3	Y/Δ-11	16500	2750	6,5	1,3
18	TM- 1600/35	1600	35	10, 5	Y/Y _N -0	16500	2750	6,5	1,4
19	TM- 1600/35	1600	35	10, 5	Y/Y _N -0	16400	2780	5,5	1,5
20	TM- 2500/35	1600	35	6,3	Y/Δ-11	22500	4100	6,5	1,0
21	TM- 2500/35	2500	35	3,1 5	Y/Δ-11	23500	3900	6,5	0,6

22	TM- 2500/35	2500	35	4,2 5	Y/Δ-11	23500	2700	5,3	0,9
23	TM- 4000/10	4000	10	0,4	Y/Y _N -0	33500	5200	7,5	0,9
24	TM- 4000/10	4000	10	3,1 5	Y/Y _N -0	33500	5200	7,5	0,9
25	TM- 4000/35	4000	35	3,1 5	Y/Δ-11	33500	5300	7,5	0,9
26	TM- 6300/35	6300	35	3,1 5	Y/Y _N -0	46500	7600	7,5	0,8
27	TM- 6300/10	6300	10	6,3	Y/Y _N -0	46500	7400	7,5	0,8
28	TM- 6300/10	6300	10	6,3	Y/Y _N -0	46900	7600	6,5	0,9

18. Nominal quvvati $S_N = 160 \text{ kVA}$ va $f = 50 \text{ Hz}$ chastotada nominal kuchlanishlari $U_{1N} = 1000 \text{ V}$ va $U_{2N} = 400 \text{ V}$ bo'lgan kuchlanishni pasaytiruvchi uch fazali transformator chulg'amlarining bir o'ramiga ($W=1$) to'g'ri keladigan kuchlanishning ta'sirta'sir etuvchi (effektiv) qiymati $U_{eff} = 5 \text{ V}$.

1. Transformator chulg'amlarining W_1 va W_2 o'ramlar sonini;
2. Agar chulg'amlar simlaridagi tok zichligi $J = 4,0 \text{ A/mm}^2$ bo'lsa, tegishli birlamchi va ikkilamchi chulg'amlar o'ralgan simlarning ko'ndalang kesim yuzalari (F_1) va (F_2) larni aniqlang.

19. Uch fazali transformator uchun nominal to'la quvvati: $S_N = 2500 \text{ kVA}$, birlamchi chulg'amning nominal kuchlanishi $U_{1N} = 35 \text{ kV}$, ikkilamchi chulg'amning nominal kuchlanishi $U_{2N} = 03,15 \text{ kV}$. Magnit o'zakdagi induksiyaning maksimal qiymati $B_{max} = 1,9 \text{ Tl}$. Bitta o'ramdagi EYuK $E_{orram} = 6 \text{ V}$. O'zgaruvchan tok tarmog'ining chastotasi $f = 50 \text{ Hz}$,

transformator chulg' aining ulanishi Y/Δ -11. Po'lat sterjenni to'ldirish ko'effitsiyenti $k_{porlat} = 0,95$. *Topish kerak*: ikkilamchi chulg'amdagi o'ramlar sonini, asosiy magnit oqimining maksimal qiymati F_{max} ni, ikkilamchi zanjirning nominal tokini, transformatsiya ko'effitsiyenti K ni.

20. Uch fazali transformator uchun nominal birlamchi chulg'amning nominal kuchlanishi $U_{1N} = 10 \text{ kV}$, salt ishlash toki $I_{salt} = 0,9 \%$, salt ishlashdagi quvvat ko'effitsiyenti $\cos\varphi_{0.nom} = 0,075$, transformator chulg' aining ulanishi Y/Y_N-0 . O'zgaruvchan tok tarmog'ining chastotasi $f = 50 \text{ Hz}$. Magnitlanish konturining parametrlari Z_M, R_M, X_M ni toping.

21. Uch fazali transformatorning nominal to'la quvvati $S_N = 400 \text{ kVA}$, birlamchi chulg'amning nominal kuchlanishi $U_{1N} = 6 \text{ kV}$, ikkilamchi chulg'amning nominal kuchlanishi $U_{2N} = 0,4 \text{ kV}$, qisqa tutashuv kuchlanishi $u_{qt\%} = 4,5\%$, salt ishlash kuchlanishi $u_{salt\%} = 5,5\%$, salt ishlash quvvat isrofi $P_{salt} = 5,5 \text{ kVt}$, qisqa tutashuv quvvat isrofi $P_{q.t} = 1310 \text{ kVt}$, aktiv quvvat ko'effitsiyenti $\cos\varphi_2 = 0,85$ (reaktiv xarakterli yuklama). Chulg'amlar Y/Y_N-0 usulda ulangan. O'zgaruvchan tok tarmog'ining chastotasi $f = 50 \text{ Hz}$.

Birlamchi zanjir nominal toki I_{1N} ni, salt ishlash toki I_{salt} ni, salt ishlash va qisqa tutashuv aktiv quvvat ko'effitsiyent $\cos\varphi_{salt}$ va $\cos\varphi_{q.t}$ larini, qisqa tutashuv kuchlanishi u_{qt} ning qiymatini hamda uning aktiv va reaktiv tashkil etuvchilarini, qisqa tutashuv qarshiliklari $R_{q.t}, X_{q.t}, Z_{q.t}$ ni, nominal yuklamadagi FIK va maksimal FIK larning qiymatlarini toping.

22. Uch fazali transformatorning nominal to'la quvvati $S_N = 2500 \text{ kVA}$, birlamchi chulg'amning nominal kuchlanishi $U_{1N} = 35 \text{ kV}$, qisqa tutashuv kuchlanishi $u_{qt\%} = 6,5\%$, salt ishlash toki $i_{salt\%} = 1,0\%$, salt ishlash quvvat isrofi $P_{salt} = 22,5 \text{ kVt}$, qisqa tutashuv quvvat isrofi $P_{q.t} = 4,1 \text{ kVt}$, Chulg'amlar Y/Y usulda ulangan. O'zgaruvchan tok tarmog'ining chastotasi $f = 50 \text{ Hz}$. Qisqa tutashuv to'la qarshiligi $Z_{q.t}$ ni hamda uning aktiv va reaktiv tashkil etuvchilari $R_{q.t}, X_{q.t}$ ni, magnitlanish konturining parametrlari Z_M, R_M, X_M ni toping.

23. Uch fazali transformatorning ikkilamchi chulg'amning nominal kuchlanishi $U_{2N} = 0,69 \text{ kV}$, qisqa tutashuv kuchlanishi $u_{qt\%} = 5,5\%$, qisqa tutashuv aktiv quvvat ko'effitsiyenti $\cos\varphi_{q.t} = 0,31$, yuklamali aktiv quvvat ko'effitsiyenti $\cos\varphi_2 = 0,83$, (yuklama sig'im xarakterda), chulg'amlar Δ/Y_N-11 usulda ulangan. O'zgaruvchan tok tarmog'ining chastotasi $f = 50 \text{ Hz}$. Ikkilamchi chulg'am

kuchlanishi o'zgarishining nominal qiymati (%) va nominal sig'im yuklamada ikkilamchi chulg'am kuchlanishi qiymatini toping.

24. Uch fazali transformatorning nominal to'la quvvati $S_N = 1000 \text{ kVA}$, salt ishlash quvvat isrofi $P_{salt} = 12,5 \text{ kVt}$, qisqa tutashuv quvvat isrofi $P_{q.t} = 2,02 \text{ kVt}$, yuklamali aktiv quvvat koeffitsiyenti $\cos\varphi_2 = 0,84$, chulg'amlar Y/ Δ -11 usulda ulangan. O'zgaruvchan tok tarmog'ining chastotasi $f = 50 \text{ Hz}$. Nominal yuklamadagi FIK va maksimal FIK larning qiymatlarini toping.

25. Uch fazali transformatorning nominal to'la quvvati $S_N = 6300 \text{ kVA}$, ikkilamchi chulg'amning nominal kuchlanishi $U_{2N} = 6,3 \text{ kV}$, qisqa tutashuv kuchlanishi $u_{qt\%} = 6,5\%$, qisqa tutashuv aktiv quvvat koeffitsiyenti $\cos\varphi_{q.t} = 0,35$, yuklamali aktiv quvvat koeffitsiyenti $\cos\varphi_2 = 0,85$, (yuklama sig'im xarakterda), chulg'amlar Y/ Y_N -0 usulda ulangan. O'zgaruvchan tok tarmog'ining chastotasi $f = 50 \text{ Hz}$. Salt ishlash quvvat isrofi $P_{salt} = 46,9 \text{ kVt}$, qisqa tutashuv quvvat isrofi $P_{q.t} = 7,6 \text{ kVt}$.

Magnitlanish konturining parametrlari Z_M , R_M , X_M , nominal yuklamadagi FIK va maksimal FIK larning qiymatlarini toping.

26. Uch fazali transformatorning nominal to'la quvvati $S_N = 4000 \text{ kVA}$, birlamchi chulg'amning nominal kuchlanishi $U_{1N} = 35 \text{ kV}$, ikkilamchi chulg'amning nominal kuchlanishi $U_{2N} = 3,15 \text{ kV}$, qisqa tutashuv kuchlanishi $u_{qt\%} = 7,5\%$, salt ishlash toki $i_{salt\%} = 0,9\%$, salt ishlash quvvat isrofi $P_{salt} = 33,5 \text{ kVt}$, qisqa tutashuv quvvat isrofi $P_{q.t} = 5,3 \text{ kVt}$, Chulg'amlar Y/ Δ -11 usulda ulangan. O'zgaruvchan tok tarmog'ining chastotasi $f = 50 \text{ Hz}$. *Topish kerak:* qisqa tutashuv to'la qarshiligi $Z_{q.t}$ ni hamda uning aktiv va reaktiv tashkil etuvchilari $R_{q.t}$, $X_{q.t}$ ni, magnitlanish konturining parametrlari Z_M , R_M , X_M ni, nominal yuklamadagi FIK va maksimal FIK larning qiymatlarini toping.

27. Uch fazali transformator uchun: nominal quvvati S_N ; birlamchi chulg'amning nominal kuchlanishi U_{1N} , ikkilamchi chulg'amning nominal kuchlanishi U_{2N} ; birlamchi chulg'amning nominal toki I_{1N} ; qisqa tutashuv kuchlanishi $U_{q.t}$, $u_{q.t\%}$; uning aktiv $u_{a.q.t}$ va reaktiv $u_{r.q.t}$ tashkil etuvchilari; qisqa tutashuv to'la qarshiligi $Z_{q.t}$, uning aktiv $r_{q.t}$ va reaktiv $x_{q.t}$ tashkil etuvchilari; salt ishlash toki I_0 , $i_0\%$; salt ishlash P_0 va qisqa tutashuv $P_{q.t}$ quvvat isroflari; salt ishlash $\cos\varphi_0$ va qisqa tutashuv $\cos\varphi_{q.t}$ quvvat koeffitsiyentlari; yuklamani yo'qotishda nominal kuchlanishning o'zgarishi ΔU_{nom} ; yuklamali quvvat koeffitsiyenti

$\cos\varphi_2$ (yuklama xarakterli); nominal yuklamada ($\beta=1$) FIK η va maksimal FIK η_{max} . Chulgʻamlar Y/Y usulda ulangan. Oʻzgaruvchan tok tarmogʻining chastotasi $f = 50 \text{ Hz}$.

Berilgan variant uchun transformatorning quyidagi jadvalda koʻrsatilmagan parametrlarini toping.

11.4-jadval

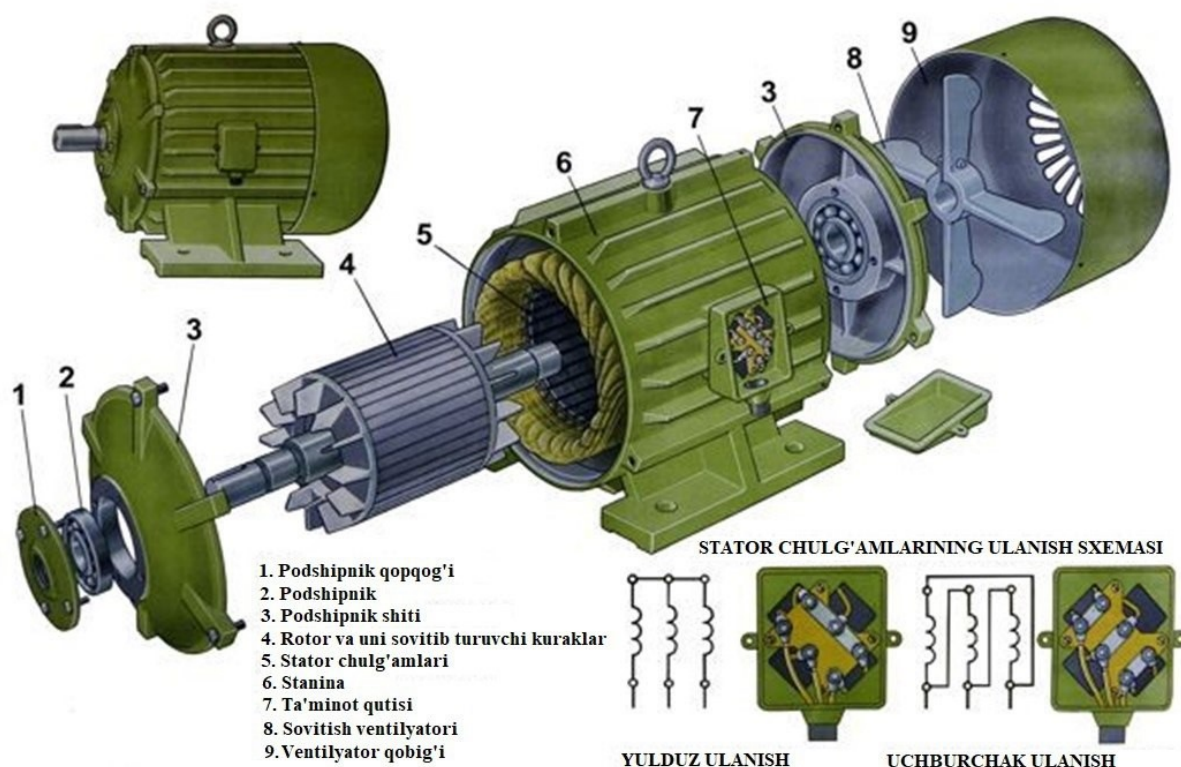
N_0	$S_N,$ [kVA]	$U_{1N},$ [kV]	$U_{2N},$ [kV]	$I_{1N},$ [A]	$P_0,$ [kVt]	$I_0,$ A	$i_0,$ [%]	$\cos\varphi_0$	$P_{q.t},$ [kVt]	$U_{q.t}, V$
1	25	10	0,4	-	0,13	-	3,2	-	0,6	-
2	-	6	0,4	3,87	0,175	0,115	-	-	0,88	280
3	63	10	0,4	-	-	0,1	-	0,15	-	450
4	-	6	0,4	9,6	-	-	2,6	0,13	-	-
5	-	10	0,525	9,2	0,51	-	2,4	-	2,65	-
6	2500	-	0,69	144	-	-	1	0,13	-	-
7	160	-	0,525	9,2	0,46	-	2,4	-	2,65	-
8	-	10	0,69	2,3	0,15	0,072	-	-	0,88	475
9	63	3	0,69	-	-	0,35	-	0,1	-	153
10	-	20	0,69	2,9	-	-	2,8	0,3	-	-
11	-	20	0,4	4,6	0,46	-	2,4	-	2,65	-
12	2500	-	6,3	72,2	-	-	1,3	0,136	-	-
13	4000	35	11	-	5,4	-	1	-	33	-
14	-	20	0,4	1,89	-	-	2,9	0,119	-	-
15	-	3	0,525	4,8	0,105	-	3,2	-	0,6	165
16	40	10	0,525	-	-	-	3	0,125	-	-
17	63	3	0,69	-	0,22	-	2,8	-	1,28	-
18	100	20	0,69	-	-	0,075	-	0,15	-	935
19	1000	35	11	-	2,1	-	1,4	-	-	-
20	2500	20	6,3	-	3,9	-	1	-	25	-
21	-	35	0,525	6,6	-	-	2,1	0,136	-	-
22	25	3	0,525	-	-	0,151	-	0,15	-	143
23	-	10	0,4	5,8	0,31	-	2,6	-	-	-
24	-	20	0,4	11,55	1,2	0,33	-	-	5,5	951
25	40	3	0,69	-	-	-	3,2	0,125	-	-

26	-	6	0,4	9,6	-	-	2,6	0,13	-	-
27	-	10	0,525	9,2	0,51	-	2,4	-	2,65	-
28	2500	-	0,69	144	-	-	1	0,13	-	-
29	160	-	0,525	9,2	0,46	-	2,4	-	2,65	-
30	63	3	0,69	-	-	0,35	-	0,1	-	153

12-MAVZU: ASINXRON MOTORNI MEXANIK XARAKTERISTIKASINI QURISH

Asinxron motor: ishlash prinsipi va tuzilishi. Elektr energiyani mexanik energiya aylantiruvchi eng samarali qurilma 19-asr oxirida rus olim M.O.Dolivo – Dobrovolskiy tomonidan yaratilgan asinxron motordir. Ushbu motorning stanoksozlik, o'zi harakatlanuvchi apparatlar, elektromobillar va boshqalarda qo'llanilishini hisobga olib uning tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntiramiz.

UCH FAZALI ASINXRON DVIGATEL



12.1-rasm. Qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motor

Asinxron motor konstruksiyasiga quyidagi elementlar kiradi:

Elektrotexnik po'latdan yig'ilgan silindr ko'rinishidagi *stator*. Stator o'zagida ariqchalar o'yilgan bo'lib, unga chulg'amlar yotqizilgan. Ularning o'qi bir-biriga nisbatan 120° ga burilgan.

Rotor (qisqa tutashtirilgan yoki faza). Birinchi variant yon halqalarga qisqa tutashtirilgan alyuminiy sterjenlardan tuzilgan bo'lib, uni odatda *olmaxon ini* deb ham atashadi. Ikkinchi variant uch fazali chulg'amdan tashkil topib, odatda yulduzcha ulangan bo'ladi.

Konstruktiv detallari – aylanish, sovutish va himoyalashni amalga oshiruvchi val, podshipniklar, ventilyator parragi va g'ilofi, chiqish qutisi.

Asinxron motor ishlash prinsipi uning nomidan ham ma'lum bo'lib sinxron ishlamaydi. Ya'ni stator va rotor ishlash jarayonida turli chastotada aylanuvchi magnit maydon yaratadi. Bunda rotor aylanuvchi magnit maydoni tezligi har doim stator aylanuvchi magnit maydoni aylanish tezligidan kichik bo'ladi.

Ushbu jarayonni ko'z oldingizga keltirish uchun doimiy magnit olib mis disk oldida o'z o'qi atrofida aylantiring. Disk har doim magnitdan biroz orqada qolib aylanadi. Buning mohiyati shundaki, magnit aylanishida disk strukturasida yopiq doira bo'yicha harakatlanuvchi *Fuko toki* (induksion tok) uyg'onadi. Mohiyatiga ko'ra, ular ham metalni qizdiruvchi qisqa tutashuv toki hisoblanadi. Diskda o'zining magnit maydoni paydo bo'lib magnit maydon bilan o'zaro ta'sirlanadi.

Asinxron motorda aylanuvchi magnit maydon olish uchun stator chulg'amidan foydalaniladi. Ular hosil qilgan magnit oqimi rotor o'tkazgichlarida EYuK hosil qiladi. Stator magnit maydoni va u rotor chulg'amida induksiya qilgan tok o'zaro ta'sirlashishida hosil bo'lgan elektromagnit kuch elektr motor valini aylantiradi.

Jarayon quyidagicha yuz beradi:

1. Motorni ishga tushirganda stator magnit maydoni rotor konturini kesib o'tadi va EYuK induksiya qiladi;
2. Qisqa tutashtirilgan rotorda o'zgaruvchan tok hosil bo'ladi;
3. Ikki (stator va rotor) magnit maydon aylantiruvchi moment hosil qiladi;
4. Aylanayotgan rotor stator maydonini "quvib yetishga" harakat qiladi;
5. Stator va rotor aylanuvchi magnit maydoni chastotasi mos kelganda rotordagi elektromagnit jarayon so'nadi va aylantiruvchi moment nolga teng bo'ladi.
6. Stator magnit maydoni bu vaqtda orqaga qolgan rotor konturini yana uyg'otadi.

Ya'ni, rotor aylanish tezligi stator magnit maydoni aylanish tezligidan har doim sekin va bu asinxronlikni ta'minlaydi.

Rotorda tok kontaktsiz induksiya qilanganligi sababli unga sirpanuvchi kontaktlar o'rnatishga ehtiyoj qolmaydi va asinxron motorlarni nisbatan ishonchli va samarali bo'lishiga sabab bo'ladi. Chulg'amlarning birida tok yo'nalishini o'zgartirib (buning uchun klemmalardagi fazani almashtirish lozim) motorni u yoki bu tomonga aylanishga majbur qiladi.

Elektromagnit kuch yo'nalishini "chap qo'l" qoidasiga ko'ra oson aniqlash mumkin.

Magnit maydon aylanish chastotasiga ta'minlovchi tarmoq chastotasi va juft qutblar soni ta'sir qiladi. Juft qutblar soni motor turiga bog'liq bo'lib o'zgarmas

bo'lganligi sababli maydon aylanish chastotasini o'zgartirmoqchi bo'lsak ta'minot tarmog'i chastotasini o'zgartirish orqali o'zgartirish lozim.

Asinxron motor ijobiy xossalari. Asinxron motor tuzilishi va ishlash prinsipi sodda bo'lganligi sababli xalq xo'jaligi va maishiy hayotning ko'p jabhalarida qo'llaniladi. Ular quyidagilar bilan tavsiflanadi:

Ishonchli va uzoq muddat ishlaydi. Qo'zg'aluvchi va qo'zg'almas detallar orasidagi kontakt deyarli yo'qligi sababli yemirilish va sinish holatlari minimum.

Arzon. Shu sababli dunyoda ishlatilayotgan motorlarning taxminan 90% asinxronidir.

Foydalanishga qulay. Undan foydalanish uchun maxsus bilimga ega bo'lish shart emas.

Universal. Uni deyarli barcha qurilmaga o'rnatish mumkin.

Asinxron motor yaratilishi fan, sanoat va qishloq xo'jaligi rivojlanishi uchun katta turtki berdi.

Asinxron motorlar mexanik xarakteristikalarini. Asinxron motorlar mexanik xarakteristikalarini $n = f(M)$ yoki $n = f(I)$ ko'rinishida ifodalanishi mumkin. Biroq asinxron motor mexanik xarakteristikasini $M = f(s)$ ko'rinishida ifodalanadi, bu yerda s - sirpanish, $s = (n_s - n)/n_s$, bu yerda: n_s – sinxron tezlik.

Amalda asinxron motor mexanik xarakteristikasini grafik shaklda qurish uchun *Kloss formulasi* deb ataladigan soddalashtirilgan formuladan foydalaniladi:

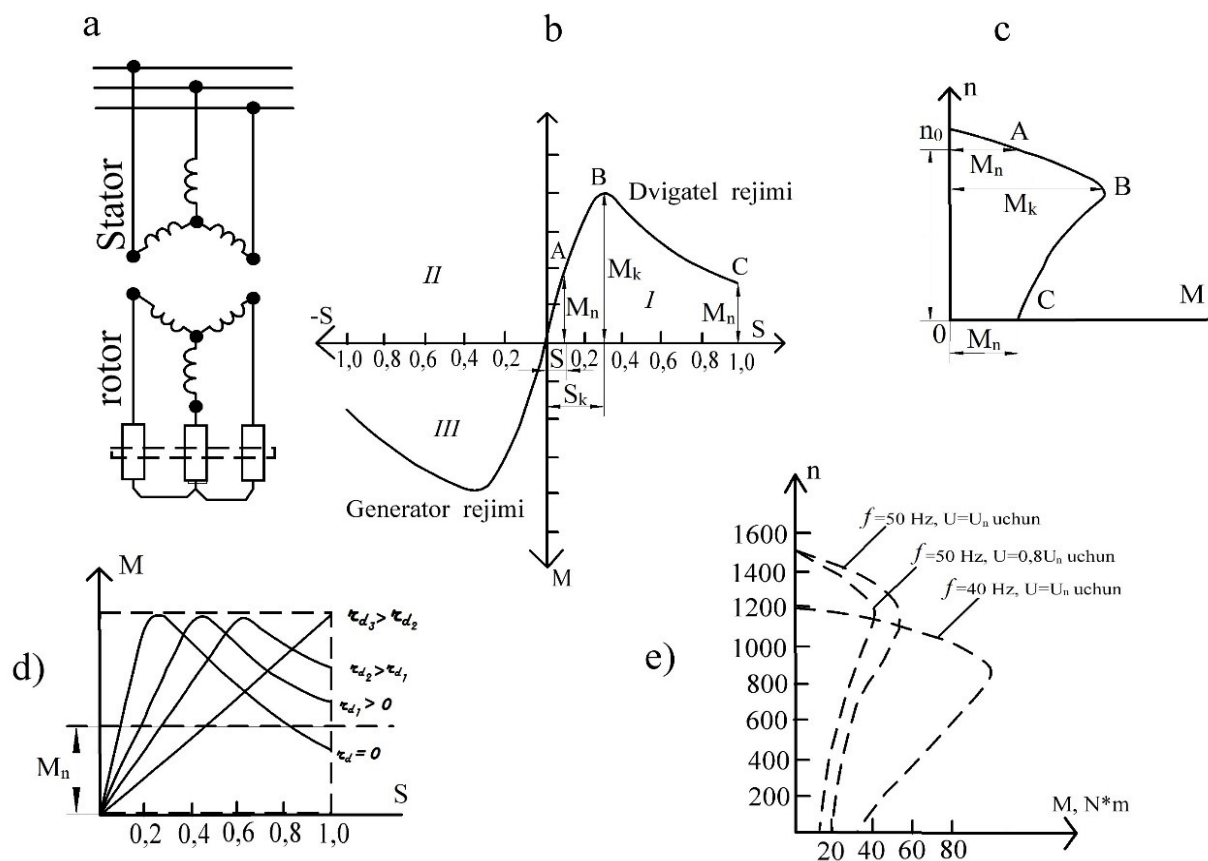
$$M_p = \frac{2 \cdot M_k}{\frac{S_k}{S_p} + \frac{S_p}{S_k}};$$

bu yerda: M_k – moment kritik (maksimal) qiymati. Momentning ushbu qiymatiga kritik sirpanish javob beradi.

$$S_k = S_n \cdot \left[\frac{M_k}{M_n} \pm \sqrt{\left(\frac{M_k}{M_n} \right)^2 - 1} \right] = S_n \cdot \left[\lambda_m \pm \sqrt{\lambda_m^2 - 1} \right],$$

bu yerda: $\lambda_m = M_k/M_n$.

Kloss formulasidan asinxron motor qo'llanilgan elektr yuritmaga bog'liq masalalarni hisoblashda foydalaniladi. Kloss formulasidan foydalanib asinxron motor pasport ma'lumotlariga ko'ra mexanik xarakteristikasini grafik shaklda qurish mumkin. Amaliy hisoblar uchun formulada ildizdan oldingi qiymatni faqat ijobiy olish mumkin.



12.2-rasm. Asinxron motorning xarakteristikalar:

- a) prinsipial sxema; b) $M = f(s)$ – mexanik xarakteristikasi – tabiiy motor va generator rejimlari uchun; c) $n = f(M)$ mexanik xarakteristika motor rejimida; d) sun'iy reostat mexanik xarakteristikasi; e) turli kuchlanish va chastotalar uchun mexanik xarakteristikalar



12.3-rasm. Qisqa tutashtirilgan asinxron motor umumiy ko‘rinishi

12.2-rasmdan ko‘rinib turganidek asinxron motor mexanik xarakteristikasi I va III kvadrantlarda joylashadi. I kvadrantdagi egri chiziqli qismi sirpanishning ijobiy ishorasiga mos keladi va asinxron motorning motor rejimida ishlashini, III kvadrantda esa – generator rejimida ishlashini ko‘rsatadi.

Motor rejimi mexanik xarakteristika grafigi uchta xarakterli nuqtasi A,B,C mavjud bo‘lib, ularni shartli ravishda OB va BC uchastkalarga bo‘lish mumkin (12.2, c-rasm).

A nuqta motor nominal momentiga mos keladi va

$$M_n = 9,55 \cdot 10^3 \cdot \frac{P_n}{n_n};$$

formuladan aniqlanadi.

Ushbu momentga nominal sirpanish mos keladi va umumsanoat motorlarini uchun 1 dan 7 % gacha bo‘lganligi sababli $s=1-7\%$. Bunda kichik motorlar katta sirpanishga, katta motorlar kichik sirpanishga ega bo‘ladi.

Sirpanishi oshirilgan motorlar zarbali yuklama bilan ishlashga mo‘ljallangan va $S_n \sim 15\%$ bo‘ladi. Ularga masalan AC seriyali motorlar kiradi.

Xarakteristikadagi C nuqta motorni ishga tushirishdagi val boshlang‘ich aylantiruvchi momentiga to‘g‘ri keladi. Ushbu $M_{i,t}$ moment boshlang‘ich va ishga tushuruvchi deb nomlanadi. Sirpanish birga, tezlik esa nolga teng. Ishga tushirish momenti qiymatini ma’lumotnomalarda keltirilgan $M_{i,t}/M_n$ topish oson.

Kuchlanish va tok chastotasi o‘zgarmas bo‘lganda ishga tushirish momenti qiymati rotor zanjiridagi aktiv qarshilikka bog‘liq bo‘ladi. Bunda aktiv qarshilik oshishi bilan ishga tushirish momenti o‘sib boradi hamda rotor zanjiri aktiv qarshiligi va motor to‘liq induktiv qarshiligi tengligida o‘z maksimumiga erishadi. Keyinchalik aktiv qarshilik o‘sishi bilan ishga tushirish momenti kamayib borib nolga intiladi.

B nuqta (12.2,b va c-rasm) $n=0$ dan $n=n_t$ gacha tezlik ko‘lamida motor ishlab chiqarishi mumkin bo‘lgan maksimal momentga to‘g‘ri keladi. Ushbu moment kritik moment M_k nomi bilan ataladi. Kritik momentga kritik sirpanish s_k to‘g‘ri keladi. Kritik sirpanish s_k va nominal sirpanish s_n qiymati qancha kichik bo‘lsa, mexanik xarakteristika shunchalik qattiq bo‘ladi.

Ishga tushirish va kritik momentlar nominal orqali aniqlanadi. Standartga ko‘ra qisqa tutashtirilgan motor uchun quyidagi shart bajarilishi lozim.

$$M_p/M_n = 0,9 - 1,2; \quad M_k/M_n = 1,65 - 2,5.$$

Shuni e’tiborga olish kerakki, kritik moment qiymati rotor zanjiri aktiv qarshiligiga bog‘liq emas, shu bilan birgalikda kritik sirpanish ushbu qarshilikka to‘g‘ri proporsional. Bu shuni anglatadiki, rotor zanjiri aktiv qarshiligi o‘sishi bilan

kritik moment qiymati o'zgarasdan qoladi, biroq moment egri chizig'i maksimumi o'sib borayotgan sirpanish tomon ko'chadi (12.2, d – rasm).

Kritik moment qiymati statorga keltirilayotgan kuchlanish kvadratiga to'g'ri proporsional, hamda stator toki va kuchlanishi chastotasi kvadratiga teskari proporsional.

Agar motorga keltirilayotgan kuchlanish nominal qiymatining 85% ni tashkil qilsa, kritik moment bunda $0,852 = 0,7225 = 72,25\%$ bo'ladi.

Chastota o'zgarishida teskari hodisani kuzatish mumkin. Agar motor $f = 60$ Hz chastotali tok bilan ishlashi lozim bo'lsa-yu unga $f = 50$ Hz chastotali tok keltirilsa, kritik moment o'zining chastotali toki kelgandagi qiymatdan $(60/50) \cdot 1,2 = 1,44$ marta ko'p qiymatga ega bo'ladi (12.2, d – rasm).

Kritik moment motorning oniy o'ta zo'riqish qobiliyatini ko'rsatadi, ya'ni motor hech qanday zararlanishsiz bir necha soniya o'ta zo'riqishda ishlay olishi ko'rinadi.

Mexanik xarakteristikaning noldan maksimalgacha bo'lgan uchastkasi (12.2, b va c – rasmlarga qarang) xarakteristikaning *turg'un qismi*, VC uchastka esa (12.2, c-rasm) *noturg'un qismi* deb ataladi.

Motor kritikdan ortiq moment ishlab chiqara olmaydi va tormoz momenti katta bo'lsa motor to'xtashi lozim.

Kuchlanish va tok o'zgaras bo'lgandagi va rotor zanjirida qo'shimcha qarshilik bo'lmagandagi mexanik xarakteristika *tabiiy xarakteristika* deb ataladi. *Sun'iy yoki reostat xarakteristika* deb rotor zanjirida qo'shimcha qarshilik bo'lsa aytiladi.

Masalalar.

1-masala

5A160M2 markali qisqa tutashgan rotorli asinxron motorning parametrlari quyidagicha: $U=380$ V, nominal quvvati $P_n = 18,5$ kVt, aylanish chastotasi: $n_N = 2920$ ayl./min., F.I.K. $\eta = 90,5$ %, $\cos\varphi_N = 0,89$, ishga tushirish tokining nominal tokka karraligi: $\frac{I_{i.t.}}{I_n} = 7$, ishga tushirish momentining karraligi: $\frac{M_{i.t.}}{M_n} = 2,2$., maksimum momentning karraligi: $\frac{M_{max.}}{M_n} = 3$, stator faza chulg'amining aktiv qarshiligi 20°C haroratda $r_a = 0,21$ Om. Ushbu asinxron motorning parametrlarini hisoblab, mexanik xarakteristikasi $n_2 = f(M)$ ni quring. Qisqa tutashuv

rejimida $\cos\varphi_{q.t} = 0,5 \cos\varphi_N$ deb olinsin. Asinxron motorning ishchi harorati $t_{ish} = 70^\circ\text{C}$.

Yechish:

1. Nominal yuklamada asinxron motor iste'mol qilayotgan quvvat:

$$P_N = \frac{P_n}{\eta_N} = \frac{18,5}{0,905} = 20,442 \text{ kVt.}$$

2. Nominal yuklama vaqtida motor iste'mol qilayotgan tok:

$$I_N = \frac{P_N}{3 \cdot U \cdot \cos\varphi_N} = \frac{20442}{3 \cdot 220 \cdot 0,89} = 34,8 \text{ A.}$$

3. Asinxron motorning ishga tushirish toki:

$$I_{i.t.} = I_N \cdot \left(\frac{I_{i.t.}}{I_n} \right) = 34,8 \cdot 7 = 243,6 \text{ A.}$$

4. Asinxron motorning qisqa tutashuv rejimidagi qarshiligi. Qisqa tutashuvni bir faza uchun hisoblaymiz, shu sababli, kuchlanishni $U=220 \text{ V}$ deb olamiz.

$$Z_{q.t.} = \frac{U_1}{I_{i.t.}} = \frac{220}{243,6} = 0,903 \text{ Om.}$$

5. Qisqa tutashuv rejimidagi quvvat koeffitsiyenti:

$$\cos\varphi_{q.t} = 0,5 \cos\varphi_N = 0,5 \cdot 0,89 = 0,445; \sin\varphi = 0,896.$$

6. Qisqa tutashuv qarshiligining aktiv va reaktiv tashkil etuvchilari;

$$x_{q.t.} = Z_{q.t.} \cdot \sin\varphi = 0,903 \cdot 0,896 = 0,809 \text{ Om;}$$

$$r_{q.t.} = Z_{q.t.} \cdot \cos\varphi = 0,903 \cdot 0,445 = 0,401 \text{ Om.}$$

7. Asinxron motorni ishchi harorati t_{ish} da statorning faza chulg'ami qarshiligi;

$$r_1 = r_{20} \cdot (1 + \alpha(t_{ish} - 20^\circ)) = 0,21 \cdot (1 + 0,004(70 - 20)) = 0,252 \text{ Om;}$$

bu yerda: $\alpha \rightarrow$ termik kengayish koeffitsiyenti bo'lib, o'tkazgichlar uchun $\alpha = 0,004$ ga teng.

8. Nominal yuklama vaqtida sirpanish:

$$s_n = \frac{n_1 - n_N}{n_1} = \frac{3000 - 2920}{3000} = 0,027,$$

bu yerda: $n_1 = \frac{60 \cdot f}{p}$ standart aylanishlar soni: ... 500, 600, 750, 1000, 1500, 3000 ayl./min.

9. Rotor faza chulg'amining keltirilgan aktiv qarshiligi:

$$r'_2 = r_{q.t.} - r_1 = 0,401 - 0,252 = 0,149 \text{ Om.}$$

10. Elektromagnit momentning nominal qiymati:

$$M_n = \frac{m_1 \cdot U_1^2 \cdot r_2' \cdot p}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot s_n \left[\left(r_1 + \frac{r_2'}{s_n} \right)^2 + x_{q.t}^2 \right]} =$$

$$= \frac{3 \cdot 220^2 \cdot 0,149 \cdot 2}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,027 \cdot \left[\left(0,252 + \frac{0,149}{0,027} \right)^2 + 0,809^2 \right]} = 150,32 \text{ N} \cdot \text{m};$$

bu yerda: m_1 - fazalar soni, $m_1 = 3$; p - juft qutblar soni $p = 2$; f -chastota, $f = 50 \text{ Hz}$.

11. Maksimal moment:

$$M_{max.} = M_n \cdot 2 = 150,32 \cdot 2 = 300,64 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

Aksariyat motorlarda maksimal moment $M_{max.}$ nominal moment M_n dan 2 barobar katta bo'ladi.

12. Ishga tushirish momenti:

$$M_{i.t} = 2,2 \cdot M_n = 2,2 \cdot 150,32 = 330,7 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

13. Kritik sirpanish:

$$s_{kr} = s_n \cdot \left[\frac{M_{max.}}{M_n} + \sqrt{\left(\frac{M_{max.}}{M_n} \right)^2 - 1} \right] = 0,027 \cdot \left[\frac{300,64}{150,32} + \sqrt{\left(\frac{300,64}{150,32} \right)^2 - 1} \right]$$

$$= 0,027 \cdot [2 + \sqrt{2^2 - 1}] = 0,1.$$

14. $s=0,5$ dagi moment:

$$M = \frac{m_1 \cdot U_1^2 \cdot r_2' \cdot p}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot s_n \left[\left(r_1 + \frac{r_2'}{s_n} \right)^2 + x_{q.t}^2 \right]} = \frac{3 \cdot 220^2 \cdot 0,149 \cdot 2}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,5 \cdot \left[\left(0,252 + \frac{0,149}{0,5} \right)^2 + 0,809^2 \right]}$$

$$= 287,99 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

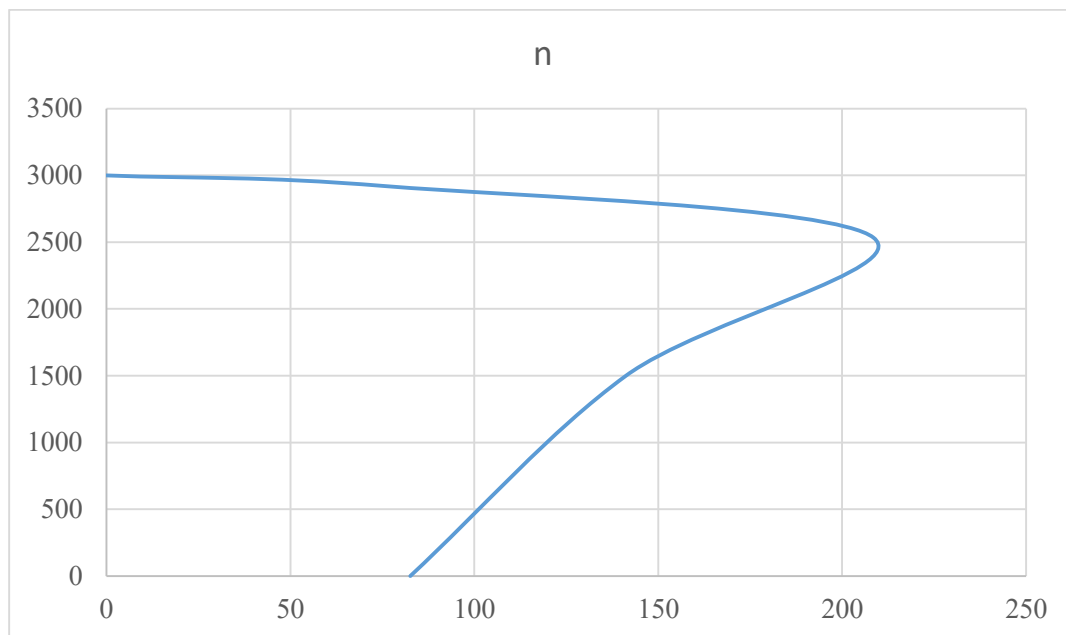
15. Aylanish chastotasini formula bo'yicha hisoblab, $n_2 = n_1(1 - s)$ formuladan asinxron motorning mexanik xarakteristikasini olish uchun ma'lumotlarning natijalarini olamiz (12.1-jadval).

16. 12.1-jadvaldagi olingan qiymatlar bo'yicha mexanik xarakteristikasini quramiz (12.1-rasm).

12.1.-jadval

s	0	0,027	0,155	0,5	1
M	0	75,718	208,53	141,24	82,6
n	3000	2920	2534	1500	0

$$\frac{M_{i.t.}}{M_n}$$



12.4-rasm. Asinxron motorning mexanik xarakteristikasi

2-masala

AIRM132M4 markali qisqa tutashgan rotorli asinxron motorning parametrlari quyidagicha: $U=380$ V, nominal quvvati $P_n = 11$ kVt, aylanish chastotasi: $n_N = 1455$ ayl./min., F.I.K. $\eta = 89\%$, $\cos\varphi_N = 0,85$, ishga tushirish tokining nominal tokka karraligi: $\frac{I_{i.t.}}{I_n} = 7,3$, ishga tushirish momentining karraligi: $= 2,2$., maksimum momentning karraligi: $\frac{M_{max.}}{M_n} = 3$, stator faza chulg'aming aktiv qarshiligi 20°C haroratda $r_a = 0,25$ Om. Ushbu asinxron motorning parametrlarini hisoblab, mexanik xarakteristikasi $n_2 = f(M)$ ni quring. Qisqa tutashuv rejimida $\cos\varphi_{q.t} = 0,6 \cos\varphi_N$ deb olinsin. Asinxron motorning ishchi harorati $t_{ish} = 72^\circ\text{C}$.

Yechish:

1. Nominal yuklamada asinxron motor iste'mol qilayotgan quvvat:

$$P_N = \frac{P_n}{\eta_N} = \frac{11}{0,89} = 12,36 \text{ kVt.}$$

2. Nominal yuklama vaqtida motor iste'mol qilayotgan tok:

$$I_N = \frac{P_N}{3 \cdot U \cdot \cos\varphi_N} = \frac{12360}{3 \cdot 220 \cdot 0,89} = 21,04 \text{ A.}$$

3. Asinxron motorning ishga tushirish toki:

$$I_{i.t.} = I_N \cdot \left(\frac{I_{i.t.}}{I_N} \right) = 21,04 \cdot 7,3 = 153,59 \text{ A.}$$

4. Asinxron motorning qisqa tutashuv rejimidagi qarshiligi. Qisqa tutashuvni bir faza uchun hisoblaymiz, shu sababli, kuchlanishni $U=220 \text{ V}$ deb olamiz.

$$Z_{q.t.} = \frac{U_1}{I_{i.t.}} = \frac{220}{153,59} = 1,43 \text{ Om.}$$

5. Qisqa tutashuv rejimidagi quvvat ko'effitsiyenti:

$$\cos\varphi_{q.t} = 0,6 \quad \cos\varphi_N = 0,6 \cdot 0,85 = 0,51; \quad \sin\varphi_{q.t} = 0,86.$$

6. Qisqa tutashuv qarshiligining aktiv va reaktiv tashkil etuvchilari:

$$x_{q.t} = Z_{q.t.} \cdot \sin\varphi_{q.t} = 1,43 \cdot 0,86 = 1,23 \text{ Om};$$

$$r_{q.t} = Z_{q.t.} \cdot \cos\varphi_{q.t} = 1,43 \cdot 0,51 = 0,729 \text{ Om.}$$

7. Asinxron motorni ishchi harorati t_{ish} da statorning faza chulg'ami qarshiligi;

$$r_1 = r_{20} \cdot (1 + \alpha(t_{ish} - 20^\circ)) = 0,25 \cdot (1 + 0,004(72 - 20)) \\ = 0,302 \text{ Om};$$

bu yerda: $\alpha \rightarrow$ termik kengayish ko'effitsiyenti bo'lib, o'tkazgichlar uchun $\alpha = 0,004$ ga teng.

8. Nominal yuklama vaqtida sirpanish:

$$s_n = \frac{n_1 - n_N}{n_1} = \frac{1500 - 1455}{1500} = 0,03.$$

bu yerda: $n_1 = \frac{60 \cdot f}{p}$ standart aylanishlar soni: ... 500, 600, 750, 1000, 1500, 3000 *ayl./min.*

9. Rotor faza chulg'amining keltirilgan aktiv qarshiligi:

$$r'_2 = r_{q.t} - r_1 = 0,729 - 0,302 = 0,427 \text{ Om.}$$

10. Elektromagnit momentning nominal qiymati:

$$M_n = \frac{m_1 \cdot U_1^2 \cdot r'_2 \cdot p}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot s_n \left[\left(r_1 + \frac{r'_2}{s_n} \right)^2 + x_{q.t}^2 \right]} \\ = \frac{3 \cdot 220^2 \cdot 0,427 \cdot 2}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,03 \cdot \left[\left(0,302 + \frac{0,427}{0,03} \right)^2 + 1,23^2 \right]} = 61,86 \text{ N} \cdot \text{m.}$$

bu yerda: m_1 - fazalar soni, $m_1 = 3$; p - juft qutblar soni $p = 2$; f -chastota, $f = 50 \text{ Hz}$;

11. Maksimal moment:

$$M_{max.} = M_n \cdot 3 = 61,86 \cdot 2 = 185,58 \text{ N} \cdot \text{m.}$$

Aksariyat motorlarda maksimal moment M_{max} , nominal moment M_n dan 3 barobar katta bo'ladi.

12. Ishga tushirish momenti:

$$M_{i.t} = 2,2 \cdot M_n = 2,2 \cdot 61,86 = 136,09 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

13. Kritik sirpanish:

$$s_{kr} = s_n \cdot \left[\frac{M_{max.}}{M_n} + \sqrt{\left(\frac{M_{max.}}{M_n} \right)^2 - 1} \right] = 0,03 \cdot \left[\frac{185,58}{61,86} + \sqrt{\left(\frac{185,58}{61,86} \right)^2 - 1} \right] =$$

$$= 0,03 \cdot [3 + \sqrt{3^2 - 1}] = 0,175.$$

14. $s=0,5$ dagi moment:

$$M = \frac{m_1 \cdot U_1^2 \cdot r_2' \cdot p}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot s_n \left[\left(r_1 + \frac{r_2'}{s_n} \right)^2 + x_{q.t}^2 \right]}$$

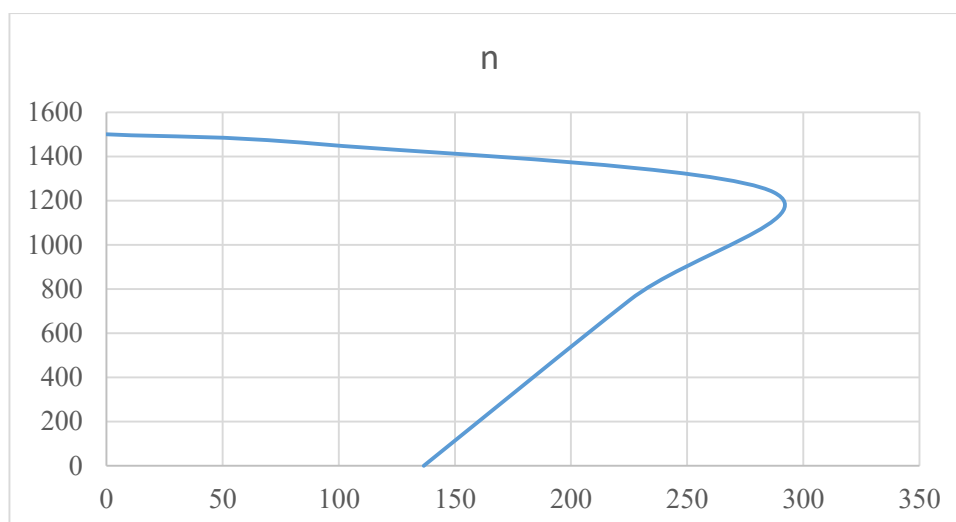
$$= \frac{3 \cdot 220^2 \cdot 0,427 \cdot 2}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,5 \cdot \left[\left(0,302 + \frac{0,427}{0,5} \right)^2 + 1,23^2 \right]} = 277,2 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

15. Aylanish chastotasini formula bo'yicha hisoblab, $n_2 = n_1(1 - s)$ formuladan asinxron motorning mexanik xarakteristikasini olish uchun ma'lumotlarning natijalarini olamiz (12.2-jadval).

16. 12.2-jadvaldagi olingan qiymatlar bo'yicha mexanik xarakteristikasini quramiz (12.2-rasm).

12.2-jadval

s	0	0,515	3	0,5	1
M	0	92,5	287,27	225,3	136,59
n	1500	1455	1238	750	0



12.5-rasm. Asinxron motorning mexanik xarakteristikasi

3-masala.

Uch fazali asinxron motorning nominal quvvati $P_{2N} = 75 \text{ kVt}$, chastotasi $f = 50 \text{ Hz}$, kuchlanishi $U = 380 \text{ V}$ li tarmoqqa ulangan stator chulg‘ami “yulduz” ulangan. Nominal aylanish chastotasi $n_N = 960 \frac{\text{ayl}}{\text{min}}$ da aylanib, $I_{1N} = 140 \text{ A}$ tok iste’mol qiladi, bu paytda quvvat koeffitsiyentining qiymati $\cos\varphi_1 = 0,88$. Yuklarnasiz holatda motor tarmoqdan $I_{1(0)} = 31 \text{ A}$ tokda, $P_{1(0)} = 1270 \text{ Vt}$ quvvat iste’mol qiladi. Ishchi haroratda stator faza chulg‘amlarining aktiv qarshiligining qiymati $r_{1a} = 0,036 \text{ Om}$ ga teng. Nominal yuklamada asinxron motorning barcha quvvat isroflarini aniqlang. , $P_{mex.} = 250 \text{ kVt}$ ga teng.

$P_{2N},$ kVt	$I_{1N},$ A	$n_N,$ ayl/min	$r_{1a},$ Om	$\cos\varphi_1$	$P_{1(0)},$ kVt	$I_{1(0)},$ A	$P_{mex.}$ kVt
75	140	960	0,036	0,88	1270	31	250

Yechish:

1. Yuklarnasiz rejimdagi stator chulg‘amlarining elektr isrofi:

$$P_{el.salt} = m \cdot I_{1(0)}^2 \cdot r_{1a} = 3 \cdot 31^2 \cdot 0,036 = 103,79 \text{ Vt}.$$

2. O‘zgarmas isroflar (magnit va mexanik isroflar yig‘indisi):

$$P_{o'z} = P_{1(0)} - P_{el.salt} = 1270 - 103,79 = 1166,21 \text{ Vt}.$$

3. Magnit isroflar:

$$P_m = P_{o'z} - P_{mex.} = 1166,21 - 250 = 916,21 \text{ Vt}.$$

4. Nominal yuklamada tarmoqdan iste'mol qilinayotgan quvvat:

$$P_{1N} = m_1 \cdot U \cdot I_{1N} \cdot \cos\varphi_1 = 3 \cdot 220 \cdot 140 \cdot 0,88 = 81312 \text{ Vt}.$$

5. Yig'indi isroflar:

$$\sum P = P_{1N} - P_{2N} = 81312 - 75000 = 6312 \text{ Vt}.$$

6. Nominal yuklamada motorning F.I.K.:

$$\eta_N = \frac{75000}{81312} = 0,92.$$

7. Nominal rejimdagi o'zgaruvchan isroflar (qo'shimcha, stator va rotor chulg'amlaridagi elektr isroflar):

$$P_{o'zg.N} = \sum P - P_{o'z} = 6312 - 1166,21 = 5145,79 \text{ Vt}.$$

8. Nominal rejimdagi qo'shimcha isroflar:

$$P_{qo'sh.N} = 0,005 \cdot P_{1N} = 0,005 \cdot 81312 = 406,56 \text{ Vt}.$$

9. Nominal rejimda stator chulg'aming elektr isroflari:

$$P_{el.1N} = m_1 \cdot I_{1N}^2 \cdot r_{1a} = 3 \cdot 140^2 \cdot 0,036 = 2116,8 \text{ Vt}.$$

10. Nominal rejimda rotor chulg'aming elektr isroflari:

$$P_{el.2N} = P_{o'zg.N} - P_{el.1N} - P_{qo'sh.N} = 5145,79 - 2116,8 - 406,56 = 2622,43 \text{ Vt}.$$

4-masala.

$P_{2N},$ kVt	$I_{1N},$ A	$n_N,$ ayl/min	$r_{1a},$ Om	$\cos\varphi_1$	$P_{1(0)},$ kVt	$I_{1(0)},$ A	$P_{mex.}$ kVt
60	109	730	0,102	0,9	2393	23,4	200

Uch fazali asinxron motorning nominal quvvati $P_{2N} = 60 \text{ kVt}$, chastotasi $f = 50 \text{ Hz}$, kuchlanishi $U = 380 \text{ V}$ li tarmoqqa ulanuvchi stator chulg'ami "yulduz" ulangan. Nominal aylanish chastotasi $n_N = 730 \frac{\text{ayl}}{\text{min}}$ da aylanib, $I_{1N} = 109 \text{ A}$ tok iste'mol qiladi, bu paytda quvvat koeffitsiyentining qiymati $\cos\varphi_1 = 0,9$. Yuklamasiz holatda ya'ni salt ishlashda motor tarmoqdan $I_{1(0)} = 23,4 \text{ A}$ tok kuchi, $P_{1(0)} = 2393 \text{ Vt}$ quvvat iste'mol qiladi. Ishchi haroratda stator faza chulg'amlarining aktiv qarshiligining qiymati $r_{1a} = 0,102 \text{ Om}$ ga teng. Nominal yuklamada asinxron motorning barcha quvvat isroflarini aniqlang. $P_{mex.} = 200 \text{ kVt}$ ga teng.

Yechish:

11. Yuklamasiz rejimdagi stator chulgʻamlarining elektr isrofi:

$$P_{el.salt} = m \cdot I_{1(0)}^2 \cdot r_{1a} = 3 \cdot 23,4^2 \cdot 0,102 = 167,55 \text{ Vt.}$$

12. Oʻzgaras isroflar (magnit va mexanik isroflar yigʻindisi):

$$P_{o'z} = P_{1(0)} - P_{el.salt} = 2393 - 167,55 = 2245,45 \text{ Vt.}$$

13. Magnit isroflar:

$$P_m = P_{o'z} - P_{mex.} = 2245,45 - 200 = 2025,45 \text{ Vt.}$$

14. Nominal yuklamada tarmoqdan iste'mol qilinayotgan quvvat:

$$P_{1N} = m_1 \cdot U \cdot I_{1N} \cdot \cos\varphi_1 = 3 \cdot 220 \cdot 109 \cdot 0,9 = 64746 \text{ Vt.}$$

15. Yigʻindi isroflar:

$$\sum P = P_{1N} - P_{2N} = 64746 - 60000 = 4746 \text{ Vt.}$$

16. Nominal yuklamada motorning F.I.K.:

$$\eta_N = \frac{60000}{64746} = 0,93.$$

17. Nominal rejimdagi oʻzgaruvchan isroflar (qoʻshimcha, stator va rotor chulgʻamlaridagi elektr isroflar):

$$P_{o'zg.N} = \sum P - P_{o'z} = 4746 - 2245,45 = 2500,55 \text{ Vt.}$$

18. Nominal rejimdagi qoʻshimcha isroflar:

$$P_{qo'sh.N} = 0,005 \cdot P_{1N} = 0,005 \cdot 64746 = 323,73 \text{ Vt.}$$

19. Nominal rejimda stator chulgʻaming elektr isroflari:

$$P_{el.1N} = m_1 \cdot I_{1N}^2 \cdot r_{1a} = 3 \cdot 109^2 \cdot 0,102 = 3635,59 \text{ Vt.}$$

20. Nominal rejimda rotor chulgʻaming elektr isroflari:

$$P_{el.2N} = P_{o'zg.N} - P_{el.1N} - P_{qo'sh.N} = 2500,55 - 3635,59 - 323,79 = -1458,83 \text{ Vt.}$$

Mustaqil ishlash uchun masalalar

1. Quyida berilgan ma'lumotlar asosida asinxron motorning mexanik xarakteristikalarini quring

Motor markasi	P_n , kVt	n_N , ayl./min	U_N , [V]	η , %	$\cos\varphi_N$	$\frac{M_{i.t.}}{M_n}$	$\frac{M_{ma}}{M_n}$	$\frac{I_{i.t.}}{I_n}$
AIR90L4	2,2	1500	380	83	0,84	1,9	2,5	7
AIR100L4U3	4	1500	380	84,5	0,86	1,8	2,5	7
A132S4	7,5	1455	380	86	0,86	2	2,8	7
A132M4	11	1455	380	87,5	0,87	1,9	2,4	7

4AM160M8/6/4	10	965	380	87	0,86	1,2	1,8	7
4AM160M8	10	725	380	87	0,8	1,2	1,7	7
4AM160M6/4	13	1450	380	89,5	0,88	1,3	2	7
4AMC160M6E	13	965	380	89,5	0,86	1,2	1,8	7
4AM160M8/6	13	725	380	88	0,82	1,1	1,7	7
AIS160L2	18	2900	380	88	0,89	1,2	2,2	7
2DMSHMH	18	1450	380	89,5	0,88	1,3	2	7
A180M6	18	965	380	89	0,87	1,2	1,8	7
A200M8	18	725	380	87,5	0,82	1,1	1,7	7
4AMH160M4	20	1460	380	88	0,82	1,9	2,8	7
4AMH160S2	22	2900	380	89	0,88	1,1	2,2	7
4AMH180M4	22	965	380	89,5	0,87	1,2	1,8	7
5A225M8K	22	725	380	89	0,82	1,1	1,7	7
4AMH160M2	28	1460	380	89	0,82	1,9	2,8	7
4AMC160M2	30	2900	380	90	0,9	1,1	2,2	7
4AMH180MC4	30	1450	380	90,5	0,88	1,2	2	7

2. Quyida berrilgan ma'lumotlar asosida asinxron motordagi barcha isroflarni toping.

Variantlar	P_{2N} , kVt	I_{1N} , A	n_N , ayl/min	r_{1a} , Om	$\cos\varphi_1$	$P_{1(0)}$, kVt	$I_{1(0)}$, A	$P_{mex.}$, kVt
1	15	32	1455	0,25	0,85	820	7	160
2	7	14	2910	0,58	0,9	400	4	170
3	75	140	960	0,036	0,88	1270	31	250
4	100	180	1460	0,015	0,91	2000	43	450
5	7	11	1450	0,52	0,86	300	4,5	120
6	10	19	2920	0,33	0,91	330	5	220
7	82	140	1460	0,076	0,9	2342	28,1	250
8	31	54	1450	0,262	0,88	528	12,3	210
9	6,5	106	980	0,114	0,9	1419	25,2	270

10	30	42,5	730	0,432	0,86	720	14,9	150
11	110	185	1460	0,052	0,91	1736	39,8	450
12	5,1	11	730	0,29	0,9	259	4,9	130
13	45	81	730	0,17	0,89	972	2,8	130
14	44	76	1460	0,154	0,89	1109	7,1	260
15	16	30	730	0,356	0,86	553	10,2	180
16	23	41,3	970	0,448	0,87	497	12,2	180
17	60	109	730	0,102	0,9	2393	23,4	200
18	12	21,5	970	0,948	0,91	263	7,52	160
19	81	141	980	0,074	0,9	1483	30,5	200
20	82	12	730	2,41	0,88	308	5	160

3. 4A160S2UZ markali asinxron motor uch fazali tok tarmog'iga ulangan. Rotorning sirpanishi 2% va 6% ga teng bo'lganda, rotorning aylanish burchak tezligi ω_2 aniqlansin.

4. Ko'p tezlikli asinxron motorning stator chulg'amlarini qayta ulangan, uning juft qutblar soni 2 martaga ortadi. Aylanuvchi magnit maydonning va rotorning aylanish chastotasi qanday o'zgaradi?

5. 4AMH180MC4 markali qisqa tutashgan rotorli asinxron motorning parametrlari quyidagicha: $U=380\text{ V}$, nominal quvvati $P_n = 30\text{ kVt}$, aylanish chastotasi: $n_N = 1450\text{ ayl./min.}$, F.I.K. $\eta = 90,5\%$, $\cos\varphi_N = 0,88$, ishga tushirish tokining nominal tokka karraligi: $\frac{I_{i.t.}}{I_n} = 7$, ishga tushirish momentining karraligi: $\frac{M_{i.t.}}{M_n} = 1,9$, maksimum momentning karraligi: $\frac{M_{max.}}{M_n} = 2$, stator faza chulg'amining aktiv qarshiligi 20°C haroratda $r_a = 0,3\text{ Om}$. Ushbu asinxron motorning parametrlarini hisoblab, mexanik xarakteristikasi $n_2 = f(M)$ ni quring. Qisqa tutashuv rejimida $\cos\varphi_{q.t} = 0,6\cos\varphi_N$ deb olinsin. Asinxron motorning ishchi harorati $t_{ish} = 75^\circ\text{C}$.

6. Nominal quvvatlari $P'_{2N} = 0,5\text{ kVt}$, $P'_{2N} = 1\text{ kVt}$ bo'lgan bir fazali asinxron motorlar chastotasi $f=50\text{ Hz}$, faza kuchlanishi $U_f = 220\text{ V}$ bo'lgan o'zgaruvchan tok tarmog'iga ulangan. Motorlarning quvvat koeffitsiyentlari tegishli

$\cos\varphi'_{2N} = 0,7$; $\cos\varphi'_{2N} = 0,9$. Motorlar chulg'amidan oqayotgan toklar, reaktiv va to'la quvvatlar aniqlansin.

7. *4AMH160M4* markali qisqa tutashgan rotorli asinxron motorning parametrlari quyidagicha: $U=380\text{ V}$, nominal quvvati $P_n = 20\text{ kVt}$, aylanish chastotasi: $n_N = 1460\text{ ayl./min.}$, F.I.K. $\eta = 88\%$, $\cos\varphi_N = 0,82$, ishga tushirish tokining nominal tokka karraligi: $\frac{I_{i.t.}}{I_n} = 7$, ishga tushirish momentining karraligi: $\frac{M_{i.t.}}{M_n} = 1,2$, maksimum momentning karraligi: $\frac{M_{max.}}{M_n} = 2,8$, stator faza chulg'aminging aktiv qarshiligi 20°C haroratda $r_a = 0,35\text{ Om}$. Ushbu asinxron motorning parametrlarini hisoblab, mexanik xarakteristikasi $n_2 = f(M)$ ni quring. Qisqa tutashuv rejimida $\cos\varphi_{q.t} = 0,55\cos\varphi_N$ deb olinsin. Asinxron motorning ishchi harorati $t_{ish} = 70^\circ\text{C}$.

8. Asinxron motor stator chulg'amlaridagi aylanuvchi magnit maydonining aylanish chastotasi $n_1 = 1000\text{ ayl./min.}$ Sirpanishlar qiymati $S=1; 0; -0,5; -1$ bo'lganda rotorning tezligini aniqlang va olingan qiymatlarning fizik ma'nosini tushuntirib bering.

9. Uch fazali qisqa tutashgan rotorli asinxron motorning stator chulg'amidan o'tayotgan tok $10,6\text{ A}$, tarmoqning faza kuchlanishi $U_f = 220\text{ V}$ bo'lganda iste'mol qiladigan quvvati $P_1 = 3,55\text{ kVt}$. Agar motorning foydali quvvati $P_2 = 3\text{ kVt}$ bo'lsa, motorning FIK va quvvat koeffitsiyenti nimaga teng bo'ladi?

10. Uch fazali asinxron motorning nominal kuchlanishi $U_N = 380\text{ V}$, stator chulg'ami uchburchak shaklda ulangandagi nominal tok $I_N = 14,5\text{ A}$. Chulg'am parametrlari: $\omega_1 = 320$ va $\cos\varphi_1 = 0,92$; $I_N = 716\text{ A}$. Salt ishlash tokining reaktiv tashkil etuvchisi nominal tokning necha foizini tashkil qiladi?

11. Rotorning aylanish chastotasi: 294; 1480; 985; 735 va 600 ayl/min. dan bo'lgan uch fazali qisqa tutashgan rotorli asinxron motorlarning nominal aylantiruvchi momentlari mos ravishda: 178,43; 355; 533,7 715; 875,8 N·m. motorlarning quvvatlari aniqlansin.

12. *4A200M6UZ* tipdagi uch fazali qisqa tutashgan rotorli asinxron motorning nominal yuklamada $n_N = 975\text{ ayl./min}$ tezlik bilan aylanmoqda. Manba kuchlanishining chastotasi $f_1 = 50\text{ Hz}$. Motorning juft qutblar soni p , sinxron tezligi n va nominal sirpanish s_N topilsin. Shuningdek, $s=5\%$ bo'lganda motor rotorida hosil bo'lgan EYuK ning chastotasi aniqlansin.

13. Uch fazali asinxron motorning nominal kuchlanishi $U_N = 380 \text{ V}$, stator chulgʻami uchburchak shaklda ulangandagi nominal tok $I_N = 13,5 \text{ A}$. Chulgʻam parametrlari: $\omega_1 = 350$ va $\cos\varphi_1 = 0,9$; $I_N = 700 \text{ A}$. Salt ishlash tokining reaktiv tashkil etuvchisi nominal tokning necha foizini tashkil qiladi?

14. 4AMH180M4 markali qisqa tutashgan rotorli asinxron motorning parametrlari quyidagicha: $U=380 \text{ V}$, nominal quvvati $P_n = 22 \text{ kVt}$, aylanish chastotasi: $n_N = 965 \text{ ayl./min.}$, F.I.K. $\eta = 89,5 \%$, $\cos\varphi_N = 0,87$, ishga tushirish tokining nominal tokka karraligi: $\frac{I_{i.t.}}{I_n} = 7$, ishga tushirish momentining karraligi: $\frac{M_{i.t.}}{M_n} = 1,2$, maksimum momentning karraligi: $\frac{M_{max.}}{M_n} = 1,8$, stator faza chulgʻaming aktiv qarshiligi 20°C haroratda $r_a = 0,28 \text{ Om}$. Ushbu asinxron motorning parametrlarini hisoblab, mexanik xarakteristikasi $n_2 = f(M)$ ni quring. Qisqa tutashuv rejimida $\cos\varphi_{q.t} = 0,57 \cos\varphi_N$ deb olinsin. Asinxron motorning ishchi harorati $t_{ish} = 72^\circ\text{C}$.

15. Rotorning aylanish chastotasi: 294; 1480; 985; 735 va 600 ayl/min. dan boʻlgan uch fazali qisqa tutashgan rotorli asinxron motorlarning nominal aylantiruvchi momentlari mos ravishda: 178,43; 355; 533,7 715; 875,8 N·m. motorlarning quvvatlari aniqlansin.

16. 4A200M6UZ tipdagi uch fazali qisqa tutashgan rotorli asinxron motorning nominal yuklamada $n_N = 975 \text{ ayl/min}$ tezlik bilan aylanmoqda. Manba kuchlanishining chastotasi $f_1 = 50 \text{ Hz}$. Motorning juft qutblar soni p , sinxron tezligi n va nominal sirpanish s_N topilsin. Shuningdek, $s=5\%$ boʻlganda motor rotorida hosil boʻlgan EYuK ning chastotasi aniqlansin.

17. 5A225M8K markali qisqa tutashgan rotorli asinxron motorning parametrlari quyidagicha: $U=380 \text{ V}$, nominal quvvati $P_n = 22 \text{ kVt}$, aylanish chastotasi: $n_N = 725 \text{ ayl./min.}$, F.I.K. $\eta = 89 \%$, $\cos\varphi_N = 0,82$, ishga tushirish tokining nominal tokka karraligi: $\frac{I_{i.t.}}{I_n} = 7$, ishga tushirish momentining karraligi: $\frac{M_{i.t.}}{M_n} = 1,1$, maksimum momentning karraligi: $\frac{M_{max.}}{M_n} = 1,7$, stator faza chulgʻaming aktiv qarshiligi 20°C haroratda $r_a = 0,31 \text{ Om}$. Ushbu asinxron motorning parametrlarini hisoblab, mexanik xarakteristikasi $n_2 = f(M)$ ni quring. Qisqa tutashuv rejimida $\cos\varphi_{q.t} = 0,56 \cos\varphi_N$ deb olinsin. Asinxron motorning ishchi harorati $t_{ish} = 70^\circ\text{C}$.

18. *4AM160M8/6/4* markali qisqa tutashgan rotorli asinxron motorning parametrlari quyidagicha: $U=380\text{ V}$, nominal quvvati $P_n = 10\text{ kVt}$, aylanish chastotasi: $n_N = 960\text{ ayl./min.}$, F.I.K. $\eta = 87\%$, $\cos\varphi_N = 0,86$, ishga tushirish tokining nominal tokka karraligi: $\frac{I_{i.t.}}{I_n} = 7$, ishga tushirish momentining karraligi: $\frac{M_{i.t.}}{M_n} = 1,2$, maksimum momentning karraligi: $\frac{M_{max.}}{M_n} = 1,8$, stator faza chulgʻa-mining aktiv qarshiligi 20°C haroratda $r_a = 0,3\text{ Om}$. Ushbu asinxron motorning parametrlarini hisoblab, mexanik xarakteristikasi $n_2 = f(M)$ ni quring. Qisqa tutashuv rejimida $\cos\varphi_{q.t} = 0,52 \cos\varphi_N$ deb olinsin. Asinxron motorning ishchi harorati $t_{ish} = 65^\circ\text{C}$.

19. *A180M6* markali qisqa tutashgan rotorli asinxron motorning parametrlari quyidagicha: $U=380\text{ V}$, nominal quvvati $P_n = 18\text{ kVt}$, aylanish chastotasi: $n_N = 965\text{ ayl./min.}$, F.I.K. $\eta = 89\%$, $\cos\varphi_N = 0,87$, ishga tushirish tokining nominal tokka karraligi: $\frac{I_{i.t.}}{I_n} = 7$, ishga tushirish momentining karraligi: $\frac{M_{i.t.}}{M_n} = 1,2$, maksimum momentning karraligi: $\frac{M_{max.}}{M_n} = 1,8$, stator faza chulgʻa-mining aktiv qarshiligi 20°C haroratda $r_a = 0,33\text{ Om}$. Ushbu asinxron motorning parametrlarini hisoblab, mexanik xarakteristikasi $n_2 = f(M)$ ni quring. Qisqa tutashuv rejimida $\cos\varphi_{q.t} = 0,5 \cos\varphi_N$ deb olinsin. Asinxron motorning ishchi harorati $t_{ish} = 71^\circ\text{C}$.

20. *AIS160L2* markali qisqa tutashgan rotorli asinxron motorning parametrlari quyidagicha: $U=380\text{ V}$, nominal quvvati $P_n = 18\text{ kVt}$, aylanish chastotasi: $n_N = 2900\text{ ayl./min.}$, F.I.K. $\eta = 88\%$, $\cos\varphi_N = 0,89$, ishga tushirish tokining nominal tokka karraligi: $\frac{I_{i.t.}}{I_n} = 7$, ishga tushirish momentining karraligi: $\frac{M_{i.t.}}{M_n} = 1,2$, maksimum momentning karraligi: $\frac{M_{max.}}{M_n} = 2,2$, stator faza chulgʻa-mining aktiv qarshiligi 20°C haroratda $r_a = 0,3\text{ Om}$. Ushbu asinxron motorning parametrlarini hisoblab, mexanik xarakteristikasi $n_2 = f(M)$ ni quring. Qisqa tutashuv rejimida $\cos\varphi_{q.t} = 0,6 \cos\varphi_N$ deb olinsin. Asinxron motorning ishchi harorati $t_{ish} = 75^\circ\text{C}$.

21. Asinxron motor stator chulgʻamlaridagi aylanuvchi magnit maydonining aylanish chastotasi $n_1 = 1500\text{ ayl./min.}$ Sirpanishlar qiymati $S=1; 0; -0,5; -1$ boʻlganda rotorning tezligini aniqlang va olingan qiymatlarning fizik maʼnosini tushuntirib bering.

22. Uch fazali qisqa tutashgan rotorli asinxron motorning stator chulgʻamidan oʻtayorgan tok $10,6\text{ A}$, tarmoqning faza kuchlanishi $U_f = 220\text{ V}$ boʻlganda isteʼmol

qiladigan quvvati $P_1 = 5,55 \text{ kVt}$. Agar motorning foydali quvvati $P_2 = 5 \text{ kVt}$ bo'lsa, motorning FIK va quvvat koeffitsiyenti nimaga teng bo'ladi?

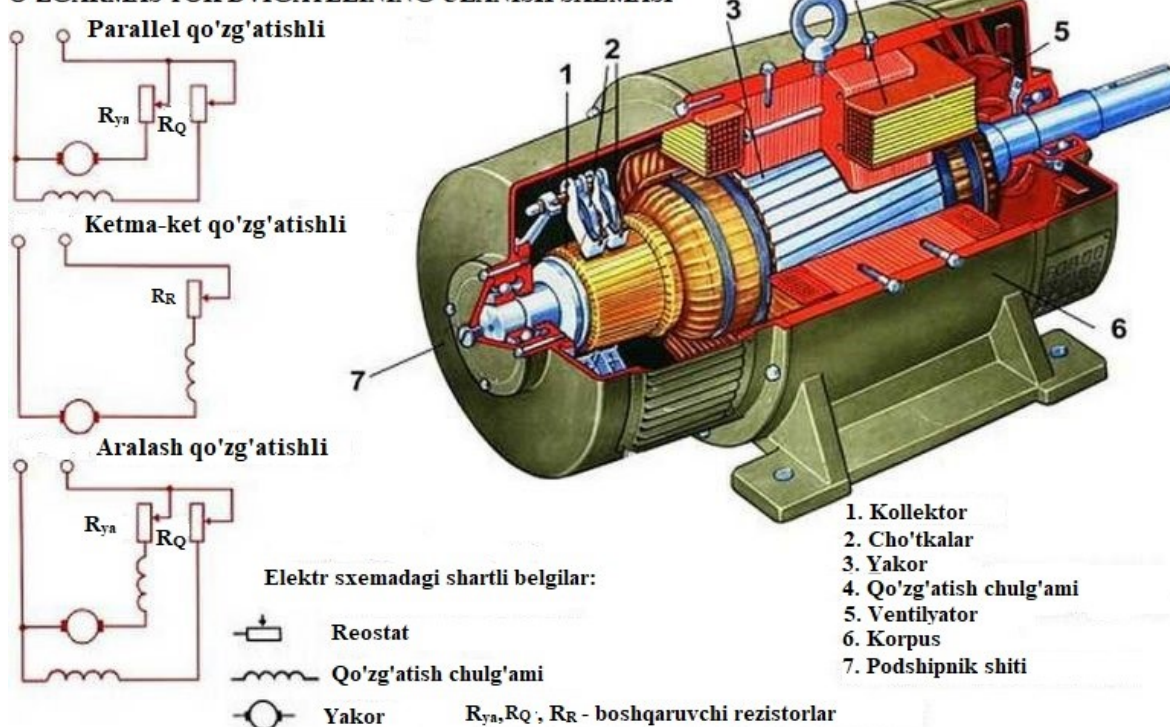
23. Uch fazali asinxron motorning nominal kuchlanishi $U_N = 380 \text{ V}$, stator chulg'ami uchburchak shaklda ulangandagi nominal tok $I_N = 12,5 \text{ A}$. Chulg'am parametrlari: $\omega_1 = 360$ va $\cos\varphi_1 = 0,91$; $I_N = 71,6 \text{ A}$. Salt ishlash tokining reaktiv tashkil etuvchisi nominal tokning necha foizini tashkil qiladi?

24. Rotorning aylanish chastotasi: 650; 1450; 965; 745 va 300 ayl/min. dan bo'lgan uch fazali qisqa tutashgan rotorli asinxron motorlarning nominal aylantiruvchi momentlari mos ravishda: 188,43; 365; 523,7; 755; 865,8 N·m. motorlarning quvvatlari aniqlansin.

13-MAVZU: O'ZGARMAS TOK ELEKTR MOTORINING MEXANIK XARAKTERISTIKASINI QURISH

O'ZGARMAS TOK ELEKTR DVIGATELI

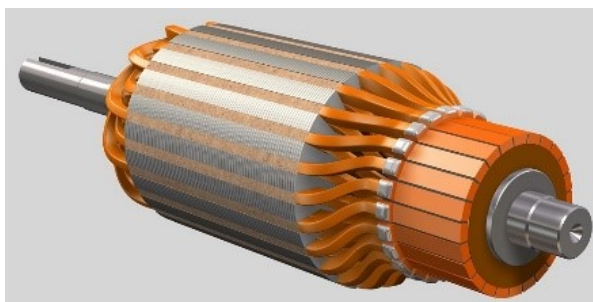
O'ZGARMAS TOK DVIGATELINING ULANISH SXEMASI



13.1-rasm. O'zgarmas tok mashinasi, uning tuzilishi va ulanish sxemasi

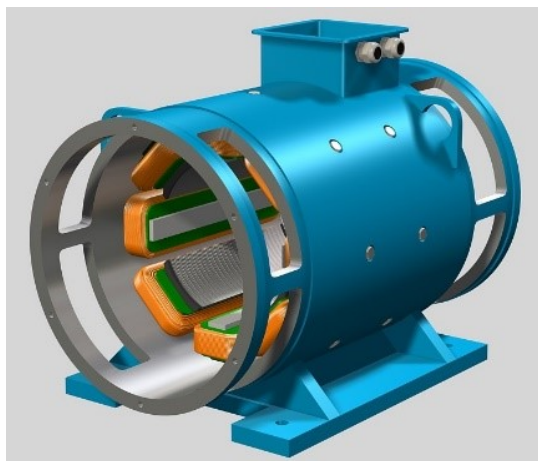
O'zgarmas tok motori tuzilishi. O'zgarmas tok motori quyidagi elementlardan tashkil topadi:

1. *Elektromotor vali*, unga boshqa barcha detallar o'rnatiladi.
2. *Motor yakori*, uning tarkibida quyidagilar kiradi:
 - 2.1. Yakor o'zagi, maxsus elektrotexnik po'latdan plastinka shaklida;
 - 2.2. Yakor chulg'ami;
 - 2.3. Kollektor;
 - 2.4. Bosh qutb, elektrotexnik po'latdan plastinka shaklida. Kichik o'lchamli motorlar uchun qutblar doimiy magnitdan tayyorlanadi;
 - 2.5. Uyg'otish chulg'ami;
 - 2.6. Monolit qo'shimcha qutblar (kichik o'lchamli motorlarda qo'llanilmaydi), kommutatsiyani yaxshilash uchun mo'ljallangan va bosh qutblar orasida joylashadi;
 - 2.7. Qo'shimcha qutb emallangan o'tkazgichidan chulg'am;



13.2-rasm. O'zgarmas tok motori yakori

3. *Elektromotor korpusi*, odatda cho'yandan tayyorlanadi, chunki ushbu material tajovuzkor muhitda elektromotordan foydalanish imkonini beradi va yemirilishga yuqori chidamli bo'ladi. Bundan tashqari, motor korpusi xossalarini yaxshilash maqsadida uning harorat balansini ta'minlovchi maxsus qovurg'alar ko'rinishida tayyorlanishi mumkin. Induktorni tashkil etuvchi qutblar va yakor motorning korpusiga o'rnatiladi.



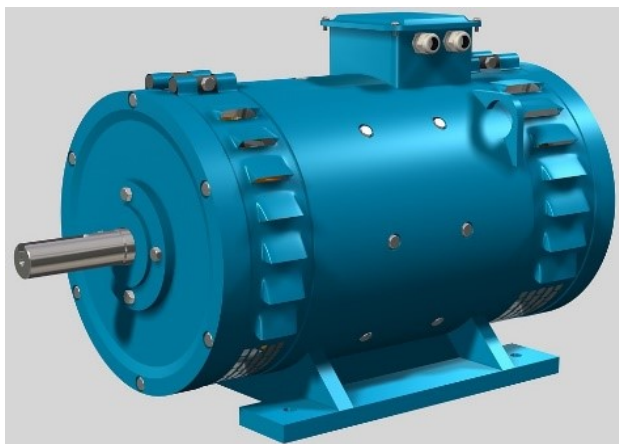
13.3-rasm. O'zgarmas tok motori korpusi

4. *Klemmalar qutisi*. Motor qutblari chulg'amlari uchi klemmalar qutisiga chiqariladi, unda chulg'amlar uchiga o'rnatilgan induktor va yakor cho'tkasini ulash uchun klemmalar bo'ladi. Ta'minot kabelini ulash uchun bir-ikki teshiklarga salnik o'rnatiladi. Kichik quvvatli mashinalarda chulg'amlar chiqishi klemmalar qutisiga o'rnatiladi, bunda qo'shimcha qutblardan biri qisqichi va yakor qisqichlaridan biri korpus ichida ulangan bo'ladi, klemmalar qutisiga esa chulg'am va yakor qisqichining ikkinchilari chiqariladi. Yirik mashinalarda klemma qutisi bo'lmaydi, chiqish uchlari staninaga o'rnatiladi. Bunda parallel zanjir chiqish uchlari kabel tomirlari ko'rinishida, ketma-ket zanjirda esa shina ko'rinishida tayyorlanadi.

Bundan tashqari o'zgarmas tok konstruksiyasida quyidagi elementlar bo'ladi:

- oldingi va orqa podshipniklari shiti, hamda podshipnik shitlariga qotirilgan ichki podshipniklar qopqoqlari;

- *cho'tka qismi* - kronshteyn, cho'tka ushlagich va (grafit yoki metal-grafit) cho'tkalardan tashkil topadi. Ushbu qism orqa podshipnik shiti qopqog'i qavariq tomoniga mahkamlanadi. U aylanuvchi rotor chulg'amlariga ta'minotni amalga oshirish va yakor chulg'amlarida tokni qayta ulash uchun xizmat qiladi;



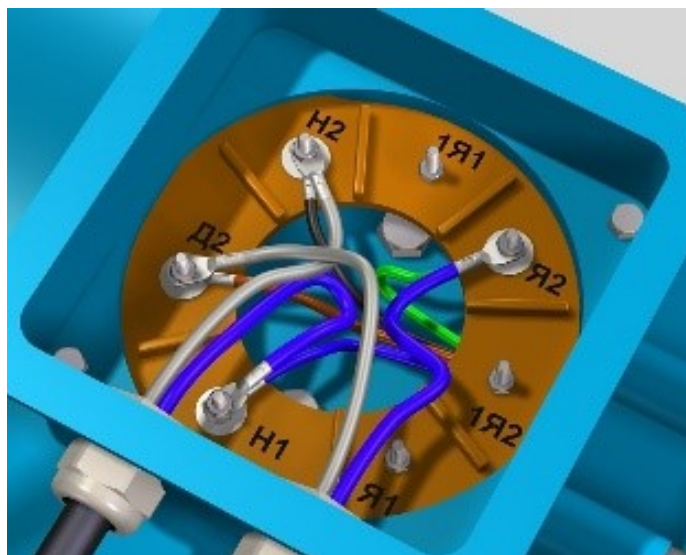
13.4-rasm. O'zgarmas tok motori tashqi ko'rinishi

- motorda past haroratni ta'minlovchi sovutish ventilyatori;
- podshipnik shitalari;
- podshipniklar;
- podshipniklarni yopuvchi tashqi podshipnik qopqoqlari;
- ortish-tushirish ishlarini va montajni yengillashtirish uchun quloqchalar yoki rimboltlar;
- motor ishlaganda tebranishni kamaytirishga xizmat qiluvchi panjalar;
- ventilyator himoyalash va puflash havosi chiqish g'iloflari;
- motor texnik parametrlari ko'rsatilgan pasport (shildik).

O'zgarmas tok motorini ulash usullari

O'zgarmas tok motorlari parallel, ketma-ket va mustaqil turdagi qo'zg'atishlarga ega bo'ladi. Qo'zg'atish usuliga ko'ra kontaktlarini markalash va klemma qutilari farq qiladi. Qo'zg'atish turiga ko'ra ta'minot kabeli turlicha bajariladi.

Avval mustaqil qo'zg'atishli motor ta'minot kabelini ulashni ko'rib chiqaylik.



13.5-rasm. Mustaqil qo‘zg‘atishli motor klemmlar qutisidagi ulanish
Kirish kabeli sifatida kulrang va ko‘k tomirli kabelni olamiz. Kabel tomirlarini tayyorlab kabel uchliklarini o‘rnatamiz.

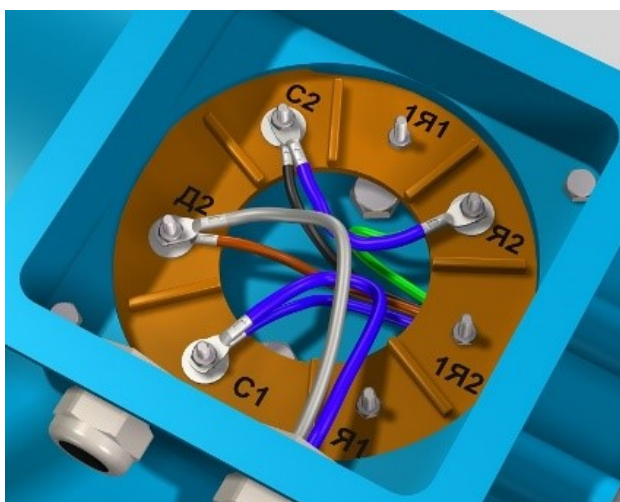
Kabel uchliklarini o‘rnatgandan so‘ng 13.5-rasmda ko‘rsatilgan usulda ulashni amalga oshiramiz.

Kabel tomirlarini quyidagi sxema asosida ulaymiz:

- birinchi kabel ko‘k rangli tomirini H1 klemmaga;
- birinchi kabel kulrang tomirini – H2 klemmaga;
- ikkinchi kabel kulrang tomirini – D2 klemmaga;

Ikkinchi kabel ko‘k tomirini – Я2 klemmaga ulaymiz.

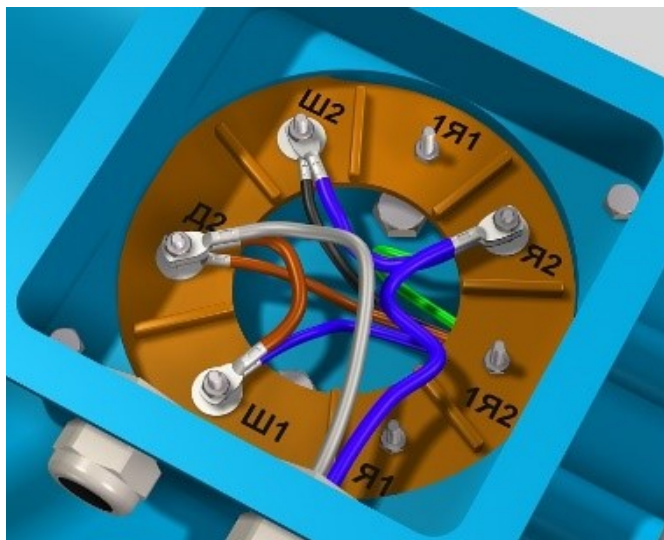
Endi parallel va ketma-ket qo‘zg‘atishli motor ulanishini ko‘raylik. Buning uchun kulrang va ko‘k rang tomirli kabel tomirlarini tayyorlaymiz.



13.6-rasm. Ketma-ket qo‘zg‘atishli o‘zgarmas tok motori ulanishi

Ketma-ket qo‘zg‘atishli ulash uchun C2 va Я2 klemmlar orasiga egiluvchi tutashtirgich o‘rnatiladi. Ta‘minot kabeli quyidagicha ulanadi:

- birinchi kabel kulrang tomiri – Д2 klemmaga;
- birinchi kabel ko‘k rangli tomiri C1 klemmaga ulanadi.



13.7-rasm. Parallel qo‘zg‘atishli o‘zgaras tok motori ulanishi

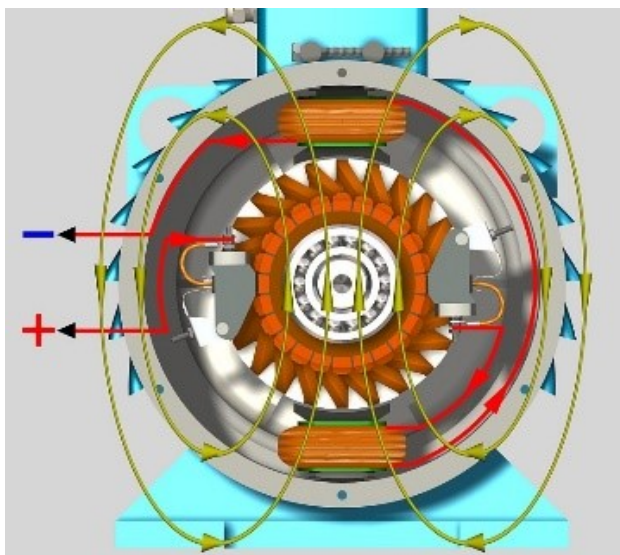
Parallel qo‘zg‘atishli ulanishni amalga oshirish uchun Д2 va Ш1 kontaktlar hamda Я2 va Ш2 kontaktlar orasiga tutashtirgich o‘rnatamiz. Ta‘minot kabeli quyidagicha ulanadi:

- kulrang tomir – Д2 yoki Ш1 klemmaga;
- ko‘k rangli tomir – Я2 yoki Ш2 klemmaga ulanadi.

Kollektorli o‘zgaras tok motori ishlash prinsipi

Ta‘minot kuchlanishi berilganda tok qo‘zg‘atish chulg‘ami orqali o‘tadi. Aralash qutblarda qarama-qarshi qutb paydo bo‘ladi va o‘ziga xos magnit maydon hosil bo‘ladi. Motor yakoriga kollektor orqali o‘zgaras tok beriladi va unga stator magnit maydoni tomonidan *elektromagnit induksiya* ta‘sir qiladi. Natijada rotorni 90° ga buruvchi aylantiruvchi moment hosil bo‘ladi. Keyin cho‘tko-kollektor qismi rotor chulg‘amini kommutatsiyalaydi va aylanish davom etadi.

Kollektorli motor sxemasi motor yakori aylanish yo‘nalishini o‘zgartirish imkonini beradi. Buning uchun qo‘zg‘atish yoki yakor chulg‘ami toki yo‘nalishini almashtirish lozim.



13.8-rasm. Kollektorli o'zgaras tok motori ishlash prinsipi

Qo'zg'atish va yakor chulg'amlaridagi tok yo'nalishini birdan almashtirish rotor aylanish yo'nalishi o'zgarishiga sabab bo'lmaydi.

Parallel qo'zg'atishli motorni reverslashni yakor chulg'ami toki yo'nalishini almashtirish orqali amalga oshirish maqsadga muvofiq. Chunki qo'zg'atish chulg'amida o'tkazgich uzilishi yuz bersa EYuK qiymati mumkin bo'lmagan qiymatgacha oshib ketadi va o'tkazgichlar izolyatsiyasi teshilishi yuz beradi.

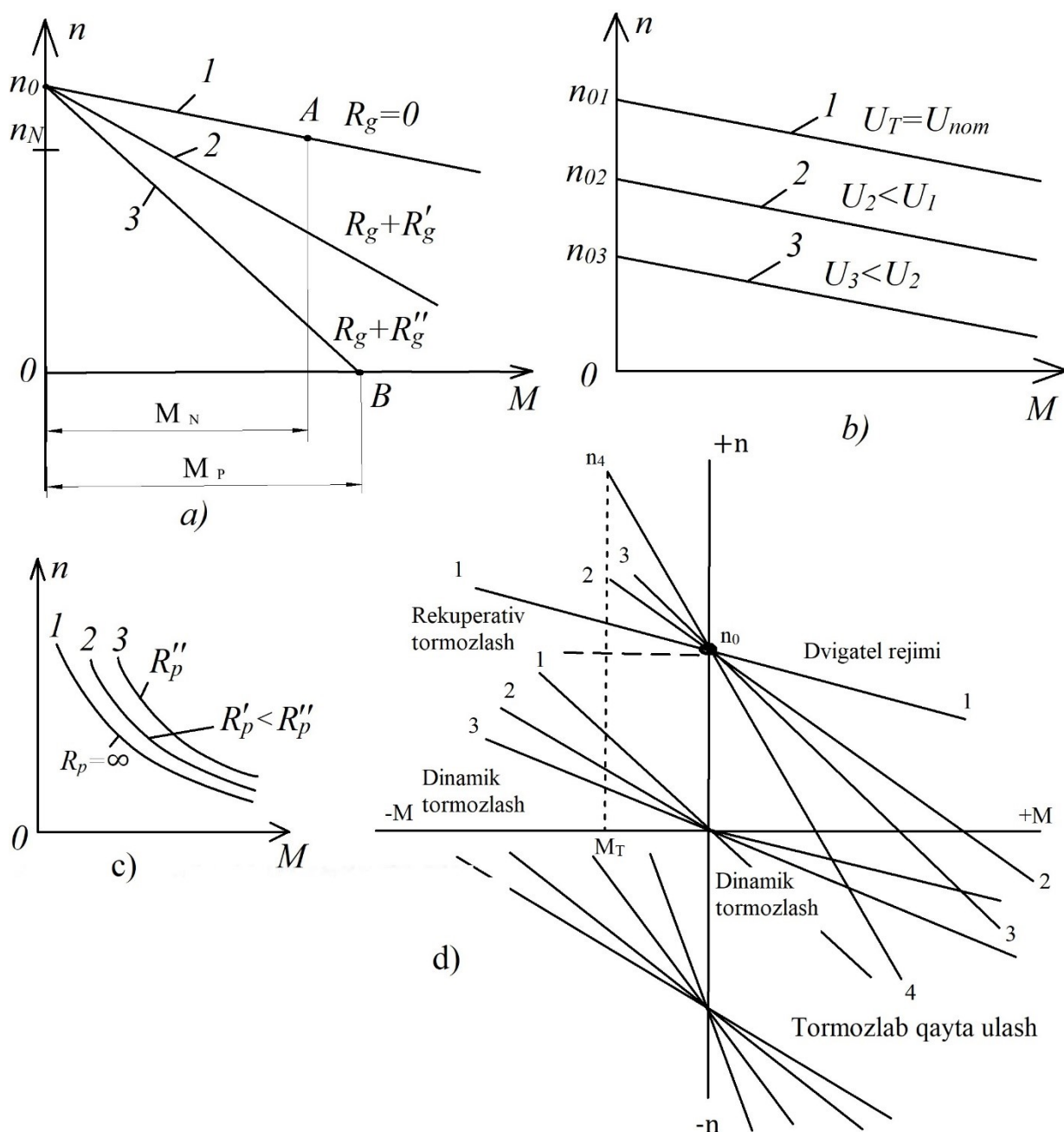
Aylanish chastotasi silliq o'zgartiriladigan o'zgaras tok mashinalari turli mashina, stanok va qurilmalar yuritmalarida qo'llaniladi. Ushbu mashinalar aylanish chastotasini silliq rostlashdan tashqari turli qattqlikdagi mexanik tavsiflarni olish imkonini beradi.

Mexanik tavsif tenglamasi [$n = f(M)$]:

$$n = \frac{U}{C_e \cdot \Phi} - \frac{R}{C_e \cdot C_M \cdot \Phi^2} \cdot M,$$

bu yerda: C_e va C_M koeffitsiyentlar motor konstruktiv tuzilishidan kelib chiqadi; U – tarmoq kuchlanishi; Φ – motor magnit oqimi; R – yakor zanjiri qarshiligi.

Formulaga ko'ra agar U , R va Φ qiymati o'zgaras bo'lsa, parallel qo'zg'atishli motor mexanik tavsifi to'g'ri chiziqli bo'ladi. Agar yakor zanjirida qarshilik bo'lmasa 13.9-rasmdagi 1 to'g'ri chiziq mexanik tavsifni beradi. A nuqta aylanish nominal chastotasi n_n ni beradi, va bu holatni ideal salt ishlash chastotasi deb ataladi. Tavsif qattqligi yakor chulg'ami, qo'shimcha qutblar, kompensatsiya chulg'ami va cho'tkalar qarshiligidan tashkil topuvchi motor qarshiligi R' dan aniqlanadi. Yakor zanjiri qarshiligi tavsifga ta'siri 2 va 3 to'g'ri chiziqlarda ko'rinadi.



13.9-rasm. O'zgarmas tok motori mexanik tavsiflari: a-rotor zanjiri qarshiligi o'zgarishida; b-mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok motori yakor zanjirida kuchlanishi o'zgarishida; c-ketma-ket qo'zg'atishli motor qo'zg'atish chulg'ami shuntlanganda aylanish chastotasini rostlashda; d – turli tormozlash rejimlarida $n=0$ da

$$0 = \frac{U}{C_e \cdot \Phi} - \frac{R}{C_e \cdot C_M \cdot \Phi^2} \cdot M.$$

$$M_n = \frac{U \cdot C_M \cdot \Phi}{R},$$

ya'ni ishga tushirish momenti oqimga proporsional.

Shu tarzda motor aylanish chastotasini magnit oqimini, yakor chulg'amiga keltiriladigan kuchlanishni, yakor zanjiriga kiritiladigan qarshilik qiymatini o'zgartirish orqali amalga oshirish mumkin.

Motor aylanish chastotasini o'zgartirishni magnit oqimini o'zgartirish orqali rostlash usulidan keng foydalaniladi, chunki rostlash silliq kechadi, katta yo'qotishlar bo'lmaydi, avtomatlashtirish imkonini beradi. Rostlash ko'lami chastota o'sishi tomonga 1:4 dan oshmaydi, lekin uni ketma-ket qo'zg'atish chulg'amiga turg'unlashtirish chulg'ami kiritish orqali ko'paytirish mumkin.

Masalalar.

1-masala.

Parallel qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorining mexanik xarakteristikasini quring. O'zgarmas tok motorining parametrlari quyidagicha: $P_n = 0,7 \text{ kVt} = 700 \text{ Vt}$, $n_N = 3000 \frac{\text{ayl}}{\text{min}}$, $U_n = 220 \text{ V}$, $I_n = 4,3 \text{ A}$, $\eta_N = 0,735$, qo'shimcha qarshilik: $R_q = 10 \text{ Om}$.

Yechish:

Parallel qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorining mexanik xarakteristikasini 2 ta holat uchun quriladi: nominal yuklama va salt ishlash holati uchun topiladi.

1. Nominal burchak tezligi:

$$\omega_n = \frac{\pi \cdot n_N}{30} = \frac{\pi \cdot 3000}{30} = 0,105 \cdot 3000 = 315 \frac{\text{rad}}{\text{sek}}.$$

2. Nominal momenti:

$$M_n = \frac{P_n}{\omega_n} = \frac{700}{315} = 2,22 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

3. Yakor qarshiligini aniqlaymiz:

$$R_{ya} = 0,5 \cdot (1 - \eta_N) \cdot \frac{U_n}{I_n} = 0,5 \cdot (1 - 0,735) \cdot \frac{220}{4,3} = 6,78 \text{ Om}.$$

4. Ideal salt ishlashdagi burchak tezligi:

$$\omega_0 = \omega_n \cdot \frac{U_n}{U_n - I_n \cdot R_{ya}} = 315 \cdot \frac{220}{220 - 4,3 \cdot 6,78} = 363,1 \frac{\text{rad}}{\text{sek}}.$$

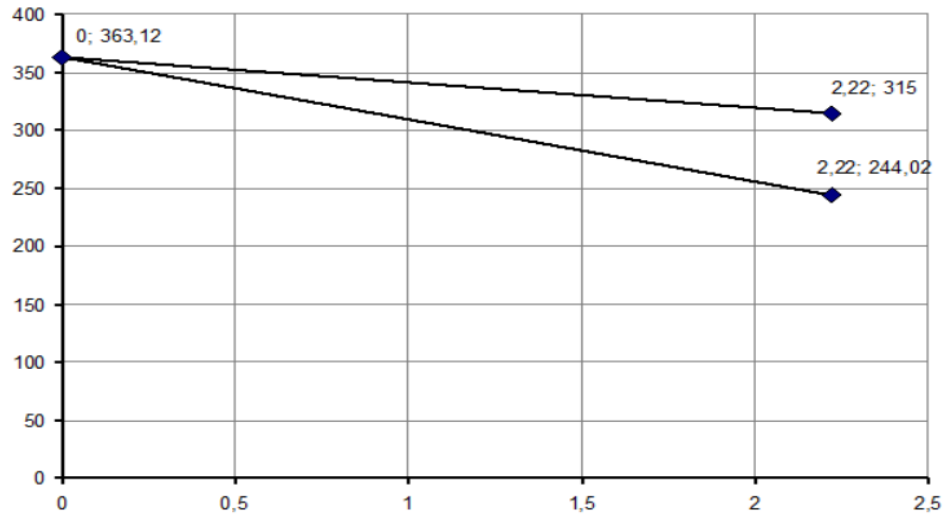
5. Sun'iy reostatik xarakteristikaning koordinatalarini aniqlash uchun biz $\omega_{N.\text{sun'iy}}$ ni nominal momentda va yakor zanjirida $R_q = 10 \text{ Om}$ qarshilikda aniqlaymiz.

$$\omega_{N.\text{sun'iy}} = \omega_n \cdot \frac{U_n - I_n \cdot (R_{ya} + R_q)}{U_n - I_n \cdot R_{ya}} = 315 \cdot \frac{220 - 4,3 \cdot (6,78 + 10)}{220 - 4,3 \cdot 6,78} = 244,03 \frac{\text{rad}}{\text{sek}}.$$

6. Mexanik xarakteristikalarining qattqlik koeffitsiyenti:

$$\beta_{tabiiy m.x.} = \frac{\omega_0}{\omega_0 - \omega_n} = \frac{363,1}{363,1 - 315} = 7,55;$$

$$\beta_{sun'iy m.x.} = \frac{\omega_0}{\omega_0 - \omega_{\omega_{N.sun'iy}}} = \frac{363,1}{363,1 - 244,03} = 3,05.$$



13.10-rasm. Parallel qo'zg'atishli o'zgaras tok motorining mexanik xarakteristikasi

2-masala.

Parallel qo'zg'atishli o'zgaras tok motorining nominal parametrlari quyidagicha: $P_n = 15 \text{ kVt}$, $U_n = 220 \text{ V}$, $n_N = 750 \frac{\text{ayl}}{\text{min}}$, yakor zanjiridagi qarshiliklar: $\sum r_{ya} = 0,209 \text{ Om}$, $r_q = 63 \text{ Om}$, cho'tka kontaktlaridagi kuchlanish pasayishi: $\Delta U_{ch} = 2 \text{ V}$, $\eta = 80,5 \%$ bo'lsa, nominal yuklamadagi toki I_n ni, ishga tushirish qarshiligi $R_{i.t}$ ni, bunda yakorning ishga tushirish toki $I_{ya.i.t} = 2,2 \cdot I_{ya}$ ga teng bo'lishi kerak. Boshlang'ich ishga tushirish momenti $M_{i.t}$ va salt ishlashdagi aylanish chastotasi n_0 , salt ishlash toki I_0 ni, yuklama ulangandagi nominal aylanish chastotasi n_N ni topish kerak. Yakor reaksiyasining ta'siri hisobga olinmaydi.

Yechish:

1. Nominal yuklamada motor iste'mol qilayotgan quvvat:

$$P_{1N} = \frac{P_n}{\eta_n} = \frac{15}{0,805} = 18,63 \text{ kVt}.$$

2. Nominal yuklamada motor iste'mol qilayotgan tok:

$$I_N = \frac{P_{1N}}{U_N} = \frac{18630}{220} = 84,68 \text{ A}.$$

3. Qo'zg'atish chulg'ami zanjiridagi tok:

$$I_q = \frac{U_N}{r_q} = \frac{220}{63} = 3,49 \text{ A.}$$

4. Yakor chulgʻamidagi tok:

$$I_{ya.} = I_N - I_q = 84,68 - 3,49 = 81,19 \text{ A.}$$

5. Yakorning 2,2 karrali ishga tushirish toki:

$$I_{ya.i.t} = 2,2 \cdot I_{ya.} = 2,2 \cdot 81,19 = 178,618 \text{ A.}$$

6. Berilgan 2,2 karrali tok uchun yakor zanjirining qarshiligi:

$$R_{ya.} = R_{i.t.reos} + \sum r_{ya} = \frac{U_N}{I_{ya.}} = \frac{220}{81,19} = 2,71 \text{ Om.}$$

7. Ishga tushirish qarshiligi:

$$R_{i.t.reos} = R_{ya.} - \sum r_{ya} = 2,71 - 0,209 = 2,501 \text{ Om.}$$

8. Nominal yuklama rejimida yakordagi EYuK:

$$E_{ya.} = U_N - I_{ya.} \cdot \sum r_{ya} - \Delta U_{ch} = 220 - 81,19 \cdot 0,209 - 2 = 205,03 \text{ V.}$$

9. $E_{ya.} = C_E \cdot F \cdot n_N$ ifodadan quyidagilarni aniqlaymiz:

$$a) C_E \cdot F = \frac{E_{ya.}}{n_N} = \frac{205,03}{750} = 0,27.$$

b) Elektromagnit moment $M_{e.m}$ va EYuK $E_{ya.}$ tenglamalaridagi oʻzgarma koeffitsiyentlar nisbati:

$$\frac{C_M}{C_E} = \frac{\left[\frac{pN}{2\pi a} \right]}{\left[\frac{pN}{60a} \right]} = \frac{60}{2\pi} = \frac{60}{2 \cdot 3,14} = 9,55.$$

Demak, bu holda:

$$C_M F = 9,55 \cdot C_E F = 9,55 \cdot 0,27 = 2,58.$$

10. Berilgan 2,2 karrali ishga tushirish toki uchun boshlangʻich ishga tushirish momentini aniqlaymiz:

$$M_{i.t} = C_M \cdot F \cdot I_{ya.i.t} = 2,58 \cdot 178,618 = 460,83 \text{ N} \cdot \text{m.}$$

11. Nominal yuklamada motor validagi moment:

$$M_{2N} = 9,55 \cdot \frac{P_n}{n_N} = 9,55 \cdot \frac{15000}{750} = 191 \text{ N} \cdot \text{m.}$$

12. Nominal yuklamadagi elektromagnit moment:

$$M_N = 9,55 \cdot \frac{P_{e.m.N}}{n_N} = 9,55 \cdot \frac{16646,39}{750} = 211,96 \text{ N} \cdot \text{m,}$$

bu yerda: $P_{e.m.N}$ nominal yuklamadagi elektromagnit quvvat:

$$P_{e.m.N} = E_{ya.} \cdot I_{ya.} = 205,03 \cdot 81,19 = 16646,39 \text{ Vt.}$$

13. Salt ishlash momenti:

$$M_0 = M_N - M_{2N} = 211,96 - 191 = 20 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

14. Salt ishlash rejimida yakordagi tok:

$$I_{0.ya.} = \frac{M_0}{C_E \cdot F} = \frac{20}{0,27} = 74,07 \text{ A}.$$

15. Salt ishlash rejimida yakor EYuK ($\Delta U = 0$ deb olamiz):

$$E_{0.ya.} = U_N - I_{0.ya.} \cdot \sum r_{ya} = 220 - 74,07 \cdot 0,209 = 204,52 \text{ V}.$$

16. Salt ishlash rejimida yakorning aylanish chastotasi:

$$n_0 = \frac{E_{0.ya.}}{C_E \cdot F} = \frac{204,52}{0,27} = 757 \text{ ayl/min}.$$

17. Nominal yuklama birdaniga ajratilgan rejimdagi motor aylanish chastotasining o'zgarishi:

$$\Delta n = \left[\frac{757 - 750}{750} \right] \cdot 100\% = 0,93 \text{ \%}.$$

3-masala.

Motor turi	P_n , kVt	U_n , V	n_N , ayl/min	η_{nom} , %	R_{ya} , Om	R_V , Om	$\frac{M_{qarshilik}}{M_n}$
2PN90LUXL4	0,55	110	1500	67,5	1,3	112	0,9

Yuqoridagi jadvalda berilgan o'zgarmas tok motori uchun quyidagilarni hisoblang va grafigini quring:

1) Ishga tushirish momenti qiymatlar a) $1,5M_n$; b) $2M_n$ ga teng bo'lganda ishga tushirish reostatining qarshiligi $R_{i.t}$ ni aniqlang.

2) Yakor zanjiriga ketma-ket ulangan ishga tushirish reostat qarshiligi $R_{i.t}$ ning quyidagi qiymatlari uchun tabiiy va reostatik mexanik xususiyatlarning grafiklarini hisoblang va chizing: $0,5R_{ya}$, R_{ya} , $1,5R_{ya}$, $2R_{ya}$.

0 dan $2M_n$ gacha bo'lgan ikkita moment qiymati uchun har bir mexanik xarakteristikani hisoblang.

3) $M_{qarshilik}$ ish mexanizmining qarshiligining berilgan momentida motorning aylanish tezligi va isroflarini aniqlang.

Yechish:

1) Mexanik xarakteristikaning tenglamasini ko'rib chiqamiz:

$$n = \frac{U}{C_E \Phi} - \frac{R'_{ya}}{9,57(C_E \Phi)^2} M,$$

bu yerda: R'_{ya} - reostatga ketma-ket ulangan yakor zanjirining to'la qarshiligi.

$$R'_{ya} = R_{ya} + R_{i.t},$$

bu yerda: R_{ya} - yakor zanjirining qarshiligi; $R_{i.t}$ - ishga tushirish momentdagi reostat qarshiligi.

$R_{i.t}$ reostatning qarshilik qiymatini $n=0$ uchun mexanik xarakteristikalar tenglamasidan topish mumkin:

$$n = \frac{U}{C_E \Phi} - \frac{R'_{ya}}{9,57(C_E \Phi)^2} M = \frac{U}{C_E \Phi} - \frac{(R_{ya} + R_{i.t})}{9,57(C_E \Phi)^2} M = 0;$$
$$R_{i.t} = \frac{9,57 C_E \Phi \cdot U}{M} - R_{ya}.$$

Endi bizda uchta noma'lum bor: F va C_E , aniqrog'i ularning hosilasi va nominal momenti M_n . $C_E F$ yakor chulg'ami EYuK tenglamasidan topish mumkin:

$$E_{ya} = C_E n F.$$

EYuK o'z navbatida, quyidagi tenglamadan topilishi mumkin:

$$E_{ya} = U_n - R_{ya} I_{ya} = 110 - 1,3 \cdot 4,018 = 104,77 \text{ V};$$

$$C_E F = \frac{E_{ya}}{n_N} = \frac{104,77}{1500} = 0,0698.$$

Nominal momentni quyidagi formuladan topamiz:

$$M_n = \frac{M_n}{\omega_n} = \frac{30 \cdot P_n}{\pi \cdot n_N} = \frac{550 \cdot 30}{3,14 \cdot 1500} = 3,5 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

Ishga tushirish momentdagi reostatning qiymati $R_{i.t}$ ni quyidagicha aniqlanadi:

a) $1,5 \cdot M_N$

$$R_{i.t} = \frac{9,57 \cdot C_E F \cdot U}{1,5 \cdot M_N} - R_{ya} = \frac{9,57 \cdot 0,0698 \cdot 110}{1,5 \cdot 3,5} - 1,3 = 12,69 \text{ Om}.$$

b) $2 \cdot M_N$

$$R_{i.t} = \frac{9,57 \cdot C_E F \cdot U}{2 \cdot M_N} - R_{ya} = \frac{9,57 \cdot 0,0698 \cdot 110}{2 \cdot 3,5} - 1,3 = 9,19 \text{ Om}.$$

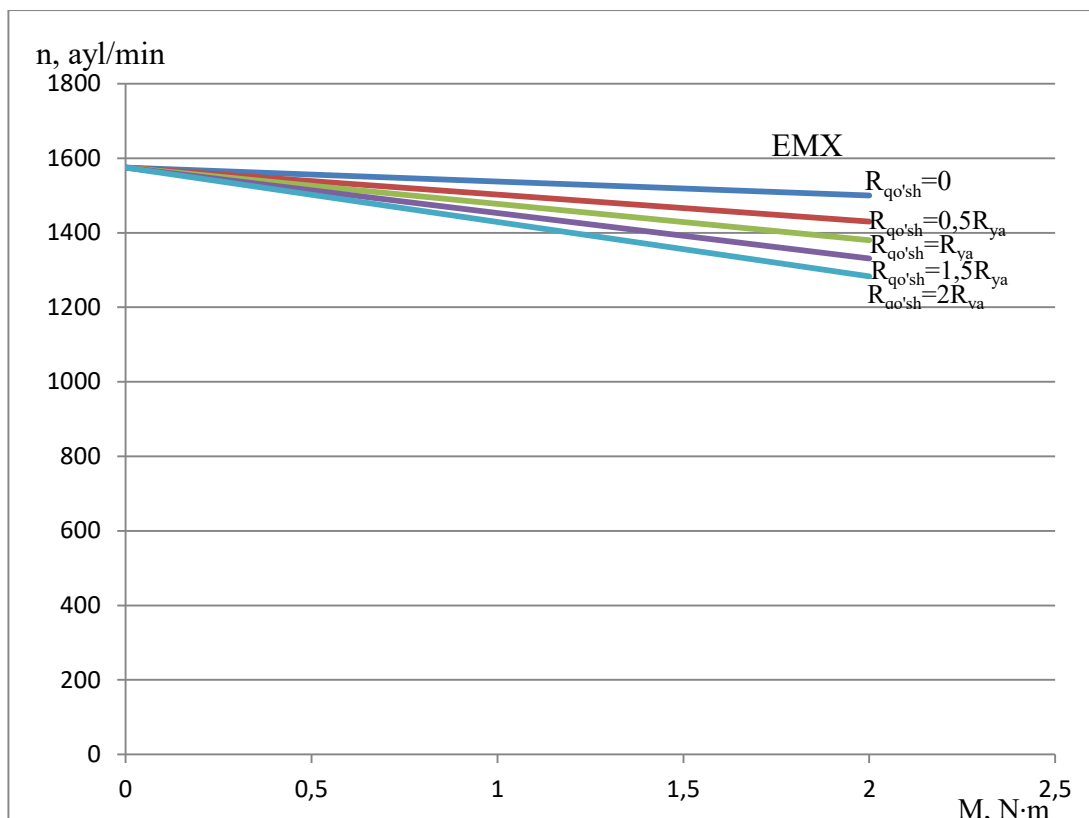
2) Qo'shimcha qarshilikning $R_{qo'sh} = 0,5R_{ya}$, R_{ya} , $1,5R_{ya}$, $2R_{ya}$ qiymatlarida va nominal momentning M_n va $2M_n$ qiymatlarida aylanish chastotasi, ayl/min:

$$\begin{aligned}
 n_M^1 &= \frac{U}{C_E F} - \frac{R_{ya} + 0,5R_{ya}}{9,57(C_E F)^2} \cdot M_n = \frac{110}{0,0698} - \frac{1,3 + 0,5 \cdot 1,3}{9,57 \cdot (0,0698)^2} \cdot 3,5 = 1430 \frac{ayl}{min}; \\
 n_{2M}^1 &= \frac{U}{C_E F} - \frac{R_{ya} + 0,5R_{ya}}{9,57(C_E F)^2} \cdot 2M_n = \frac{110}{0,0698} - \frac{1,3 + 0,5 \cdot 1,3}{9,57 \cdot (0,0698)^2} \cdot 2 \cdot 3,5 = 1283 \frac{ayl}{min}; \\
 n_M^2 &= \frac{U}{C_E F} - \frac{R_{ya} + R_{ya}}{9,57(C_E F)^2} \cdot M_n = \frac{110}{0,0698} - \frac{1,3 + 1,3}{9,57 \cdot (0,0698)^2} \cdot 3,5 = 1380 \frac{ayl}{min}; \\
 n_{2M}^2 &= \frac{U}{C_E F} - \frac{R_{ya} + 0,5R_{ya}}{9,57(C_E F)^2} \cdot 2M_n = \frac{110}{0,0698} - \frac{1,3 + 0,5 \cdot 1,3}{9,57 \cdot (0,0698)^2} \cdot 2 \cdot 3,5 = 1185 \frac{ayl}{min}; \\
 n_M^3 &= \frac{U}{C_E F} - \frac{R_{ya} + 1,5R_{ya}}{9,57(C_E F)^2} \cdot M_n = \frac{110}{0,0698} - \frac{1,3 + 1,5 \cdot 1,3}{9,57 \cdot (0,0698)^2} \cdot 3,5 = 1331,83 \frac{ayl}{min}; \\
 n_{2M}^3 &= \frac{U}{C_E F} - \frac{R_{ya} + 1,5R_{ya}}{9,57(C_E F)^2} \cdot 2M_n = \frac{110}{0,0698} - \frac{1,3 + 1,5 \cdot 1,3}{9,57 \cdot (0,0698)^2} \cdot 2 \cdot 3,5 \\
 &= 1087,73 \frac{ayl}{min}; \\
 n_M^4 &= \frac{U}{C_E F} - \frac{R_{ya} + 2R_{ya}}{9,57(C_E F)^2} \cdot M_n = \frac{110}{0,0698} - \frac{1,3 + 2 \cdot 1,3}{9,57 \cdot (0,0698)^2} \cdot 3,5 = 1283 \frac{ayl}{min}; \\
 n_{2M}^4 &= \frac{U}{C_E F} - \frac{R_{ya} + 2R_{ya}}{9,57(C_E F)^2} \cdot 2M_n = \frac{110}{0,0698} - \frac{1,3 + 2 \cdot 1,3}{9,57 \cdot (0,0698)^2} \cdot 2 \cdot 3,5 = 982,45 \frac{ayl}{min}.
 \end{aligned}$$

Salt ishlash rejimidagi aylanish chastotasi quyidagiga teng:

$$n_{salt} = \frac{U}{C_E F} = \frac{110}{0,0698} = 1575,93 \frac{ayl}{min}.$$

Motorning mexanik xarakteristikasi $n(M)$ to'g'ri chiziqli bo'lib, u ikki nuqtada qurilishi mumkin: bo'sh turgan nuqta, koordinatalari n_{salt} , $M=0$ va nominal rejim nuqtasi n_N , M_n koordinatalari bilan - tabiiy xarakteristikalar uchun; salt ishlash rejimi nuqtasi va koordinatalari n' , M_n bo'lgan nuqta – sun'iy xarakteristikalar uchun:



13.11-rasm. Mexanik xarakteristika

3) O'zgarmas tok motorining yakori aylanayotganda aylanishga xususiy qarshilik momentini M_n (salt ishlash moment) va tashqi yuklama qarshiligining statik momenti $M_{qarshilik}$ ni yengib chiqadi.

M_0 moment quyidagilarni qoplashga sarflanadi:

- mexanik isrof (podshipnikda, havo oralig'ida va elektr mashinaning kollektoridagi ishqalanishda);
- yakor o'zagidagi gisterezis va uyurmaviy toklar uchun sarf bo'ladi.

Shunday qilib, motorning elektromagnit momenti valga (yuklamagacha) yetkazib beriladi, hisoblanadigan M_0 momenti quyidagicha:

$$M_V = M - M_n$$

Aylanuvchi jismga nisbatan Nyutonning birinchi qonuniga ko'ra, bu jismga ta'sir qiluvchi harakatlantiruvchi va tormoz momentlari bir-birini muvozanatlashtiradi. Shuning uchun, barqaror holatda ishlaydigan o'zgarmas tok motorida (motor doimiy tezlikda aylanganda), elektromagnit moment:

$$M_V = M_{qarshilik};$$

$$M = M_{qarshilik} + M_n.$$

Shuningdek, $M_{qarshilik} = 0,7 \cdot M_n$,

$$M = 3,5 + 0,7 \cdot 3,5 = 1,7 \cdot 3,5 = 5,95 \text{ N} \cdot \text{m};$$

$$n = \frac{U}{C_E F} - \frac{R_{ya} + R_{ya}}{9,57(C_E F)^2} \cdot M = \frac{110}{0,0698} - \frac{1,3}{9,57 \cdot (0,0698)^2} \cdot 5,95 = 1409,94 \frac{\text{ayl}}{\text{min}};$$

$$P_2 = M \cdot \frac{n}{9,55} = 5,95 \cdot \frac{1409,94}{9,55} = 878,44 \text{ Vt.}$$

Tarmoqdan iste'mol qilinadigan quvvat:

$$P_1 = \frac{P_n}{\eta} = \frac{550}{0,675} = 814,81 \text{ Vt};$$

$$P_1^* = \frac{P_2}{\eta} = \frac{878,44}{0,675} = 1301,4 \text{ Vt.}$$

$\bar{P}_1 = P_1^* - P_1 = 1301,4 - 814,81 = 486,58 \text{ Vt}$ - ish mexanizmning qarshilik momentini yengish uchun zarur bo'lgan quvvat.

Motorning tarmoqdan iste'mol qiladigan toki:

$$I_n = \frac{P_1}{U_n} = \frac{814,81}{110} = 7,4 \text{ A};$$

$$I_n^* = \frac{P_1^*}{U_n} = \frac{1301,4}{110} = 11,83 \text{ A.}$$

Nominal yuklama rejimida qo'zg'atish zanjiridagi tok:

$$I_{n.q.z.} = \frac{U_n}{R_V} = \frac{110}{112} = 0,982 \text{ A.}$$

Nominal yuklama rejimida yakor zanjiridagi tok:

$$I_{N.ya} = I_n - I_{n.q.z.} = 7,4 - 0,982 = 6,417 \text{ A};$$

$$I_{N.ya}^* = I_n^* - I_{n.q.z.} = 11,83 - 0,982 = 10,848 \text{ A.}$$

Ishchi mexanizmning ma'lum bir qarshilik momentidagi isroflar yig'indisi:

$$\sum \Delta P = (P_1^* - P_1) - (P_2 - P_n) = (1301,4 - 814,81) - (878,44 - 550) = 158,15 \text{ Vt.}$$

Qo'zg'atish chulg'ami va yakor zanjiridagi elektr isroflar:

$$\Delta P_{el} = (\Delta P_{el.ya}^* + \Delta P_{el.V}^*) - (\Delta P_{el.ya} + \Delta P_{el.V}) =$$

$$= \left((I_{ya}^*)^2 R_{ya} + (I_V^*)^2 R_V \right) - \left(I_{ya}^2 R_{ya} + I_V^2 R_V \right) =$$

$$= (10,848^2 \cdot 1,3 + 0,982^2 \cdot 112) - (6,417^2 \cdot 1,3 + 0,982^2 \cdot 112) = 260,98 - 161,53$$

$$= 99,44 \text{ Vt.}$$

Qo'shimcha isroflar nominal quvvatning 1% ni tashkil qiladi:

$$\Delta P_{qo'sh} = 0,01 \cdot (P_1^* - P_n) = 0,01 \cdot (878,44 - 550) = 3,28 \text{ Vt.}$$

Mexanik va magnit isroflar:

$$\Delta P_{mex} + \Delta P_{magnit} = \sum \Delta P - (\Delta P_{el} + \Delta P_{qo'sh}) = 158,15 - (99,44 + 3,28)$$

$$= 55,43 \text{ Vt.}$$

Mustaqil ishlash uchun masalalar

1. Quyidagi jadval asosida berilgan o'zgarmas tok motorining mexanik xarakteristikasini 2 ta holat uchun quriladi: nominal yuklama va salt ishlash holati uchun topiladi

Motor turi	P_n , kVt	U_n , V	n_N , ayl/min	η_{nom} , %	R_{ya} , Om	R_V , Om
2PN225MUXL4	11	220	600	79,5	0,202	62,25

2. Parallel qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorining mexanik xarakteristikasini quring. O'zgarmas tok motorining parametrlari quyidagi jadvaldagidek. Qo'shimcha qarshilikning qiymati: $R_q = 20 \text{ Om}$. Parallel qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorining mexanik xarakteristikasini 2 ta holat uchun quriladi: nominal yuklama va salt ishlash holati uchun topiladi.

Quvvati, kVt	Valning aylanish chastotasi, ayl/min	Kuchlanishi, V	Tok, A
1,73	750/1000	110	23
1,73	750/1500	220	11,3
2,6	1000/2000	110	32,7
2,6	1000/2000	220	16,1
4,6	1500/3000	110	53,3
4,6	1500/3000	220	26,3
11	3400/3500	110	116,3
11	3400/3500	220	59

3. Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok motori MP2-450-122-2U3 ning nominal parametrlari: $P_n = 110 \text{ kVt}$, kuchlanishi $U_n = 440 \text{ V}$, $n_N = 1500 \frac{\text{ayl}}{\text{min}}$, yakor zanjiridagi qarshiliklar: $\sum r_{ya} = 1,55 \text{ Om}$, $r_q = 80 \text{ Om}$, cho'tka kontaktlaridagi kuchlanish pasayishi: $\Delta U_{ch} = 2 \text{ V}$, $\eta = 87,5 \%$ bo'lsa, nominal yuklamadagi toki I_n ni, ishga tushirish qarshiligi $R_{i.t}$ ni, bunda yakorning ishga tushirish toki

$I_{ya.i.t} = 3 \cdot I_{ya.}$ ga teng bo'lishi kerak. Boshlang'ich ishga tushirish momenti $M_{i.t}$ va salt ishlashdagi aylanish chastotasi n_0 , salt ishlash toki I_0 ni, yuklama ulangandagi nominal aylanish chastotasi n_N ni topish kerak. Yakor reaksiyasining ta'siri hisobga olinmaydi.

4. Ketma-ket qo'zg'atishli o'zgarmas tok motori D12-U2 IM ning nominal parametrlaridan: quvvati $P_n = 2,5 \text{ kVt}$, kuchlanishi $U_n = 220 \text{ V}$, $n_N = 1100/3600 \frac{\text{ayl}}{\text{min}}$, yakor zanjiridagi qarshiliklar: $\sum r_{ya} = 0,25 \text{ Om}$, $r_q = 50 \text{ Om}$, cho'tkalardagi kuchlanish pasayishi: $\Delta U_{ch} = 2 \text{ V}$, F.I.K: $\eta = 85,5 \%$ bo'lsa, nominal yuklamadagi toki I_n ni, ishga tushirish qarshiligi $R_{i.t}$ ni, bunda yakorning ishga tushirish toki $I_{ya.i.t} = 2,1 \cdot I_{ya.}$ ga teng bo'lishi kerak. Boshlang'ich ishga tushirish momenti $M_{i.t}$ va salt ishlashdagi aylanish chastotasi n_0 , salt ishlash toki I_0 ni, yuklama ulangandagi nominal aylanish chastotasi n_N ni topish kerak. Yakor reaksiyasining ta'siri hisobga olinmaydi.

5. Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok motorining nominal parametrlari quyidagi jadvaldagidek, yakor zanjiridagi qarshiliklar: $\sum r_{ya} = 0,3 \text{ Om}$, $r_q = 60 \text{ Om}$, cho'tkalardagi kuchlanish pasayishi: $\Delta U_{ch} = 4 \text{ V}$ bo'lsa, nominal yuklamadagi toki I_n ni, ishga tushirish qarshiligi $R_{i.t}$ ni, bunda yakorning ishga tushirish toki $I_{ya.i.t} = 2 \cdot I_{ya.}$ ga teng bo'lishi kerak. Boshlang'ich ishga tushirish momenti $M_{i.t}$ va salt ishlashdagi aylanish chastotasi n_0 , salt ishlash toki I_0 ni, yuklama ulangandagi nominal aylanish chastotasi n_N ni topish kerak. Yakor reaksiyasining ta'siri hisobga olinmaydi.

Motor turi	Quvvati, kVt	Kuchla nishi, V	Aylanish chastotasi ayl/min	F.I.K, %
4P-355-13-110-UZ	110	440	400/1400	85,5
4P-355-23-110-UZ			315/1200	84,1
4P-355-33-110-UZ			250/1000	82,6
4P-355-43-110-UZ			200/750	80,3
4P 355-13-132-U3	132	440	450/2000	85,9
4P-355 -23-132-U3			355/2000	84,6
4P-355-33-132-U3			280/1800	82,7
4P-355-43-132-UZ			224/1500	80,9

4P-355-15-200-UZ	200	440	630/2000	89
4P-355-25-200-UZ			500/2000	87,8
4P-355-35-200-UZ			400/J800	86,9
4S 355-45 200-UZ			315/1500	85,4
4P-355-15-250-UZ	250	440	800/2000	90,8
4P-355-25-250- UZ			630/2000	90,1
4P-E55-E5-250-UZ			500/1800	89,2
4P-355-45-250-UE			400/1500	88,1
4P-355-15-E55-UZ	355	440	1120/2000	92,2
4P-355-25-355-UZ			900/2000	91,6
4P-355-35-355-U3			750/1800	91,2
4P-355-45-355-UE			600/1500	90,5
4P-450-16-500-UZ	500	600	800/1800	92,8
4P-450-26-500-UZ			500/1400	91.8
4P-450-36-500-UZ			315/1000	90,1
4P-450-16-6ZO-UZ	630	600	1000/1800	93,8
4P-450-26-630-UZ			630/1400	93,1
4P-450-36-630-UE			400/1000	91,7
4P-450- 18-800-UZ	800	600	1250/1800	94,4
4P-450 28-800-UZ			800/1400	94
4P-450-E8-800-UZ			500/1000	93.1

14-MAVZU: YARIM O‘TKAZGICHLI FILTRLARNING PARAMETRLARINI HISOBLASH

Kuch filtrlari – maqsadi va asosiy parametrlari

Filtrlar quyidagi vazifalarni bajarishga mo‘ljallangan:

Pulsatsiyani silliqlash – energiyani o‘zgartirishning impulsli xarakterida yoki o‘zgaruvchan tokni o‘zgartirishda ta‘minot manbasi chiqishi yoki kirishidagi kuchlanish pulsatsiyasini pasaytirishdir. Bunday filtrlar *silliqlovchi filtrlar* deb ataladi. Ularning asosiy maqsadi energiyani to‘plash va o‘zgartgichdan energiya kelmaganda yuklamani energiya bilan ta‘minlash;

Shovqinni pasaytirish – kalit elementlar qayta ulanish kommutatsiya jarayonida yuzaga keluvchi yuqori chastotali shovqinni pasaytirishdir. Bunday filtrlarni *shovqinni pasaytiruvchi* filtrlar deb ataladi. Ushbu filtrlar maqsadi – maksimal ketma-ket va minimal parallel reaktiv qarshilikni ta‘minlash orqali yuqori chastotali shovqinni pasaytirish;

Silliqlovchi va shovqinni pasaytiruvchi filtrlar konstruksiyasi va topologiyasi o‘xshash bo‘lishiga qaramasdan turli funksiyalarni bajaradi. Bundan tashqari ixtiyoriy silliqlovchi filtr qisman shovqinni pasaytirish, ixtiyoriy shovqin pasaytiruvchi filtr qisman silliqlash funksiyalarini bajaradi.

Filtrlarning asosiy parametrlari:

- *o‘tkazish kengligi* – yoki aniqroq aytsak amplituda-chastotali tavsif – chiqish signali amplitudasining kirish kuchlanishi chastotasiga bog‘liqligi. Pulsatsiya amplitudasini samarali kamaytirish yuz beradigan chastota aniqlanadi;

- *silliqlash koeffitsiyenti* K filtri kirishidagi pulsatsiya koeffitsiyentining chiqishdagi pulsatsiya koeffitsiyentiga munosabatidan aniqlanadi.

- filtr o‘zining shovqinni pasaytirish qobiliyatini saqlab qoladigan maksimal tok. Ushbu parametr tarkibida drossel bo‘lgan filtrlarga tegishli. Drossel magnit o‘tkazgichi to‘yinib qolishi filtrning shovqinni pasaytirish xossasi yomonlashishiga olib keladi;

- o‘zgarmas tokda ketma-ket qarshilik.

Silliqlovchi filtrlar

Silliqlovchi filtrlarning asosiy parametri filtr kirishida pulsatsiya koeffitsiyenti k_{p_in} ning chiqishdagi pulsatsiya koeffitsiyenti k_{p_out} ga nisbati bilan aniqlanadigan silliqlash koeffitsiyenti bilan aniqlanadi:

$$K = \frac{k_{p_in}}{k_{p_out}},$$

bu yerda k_{p_in} - pulsatsiya koeffitsiyenti:

$$k_{p_in} = \frac{\Delta V_{in}}{V_{in}}; \quad k_{p_out} = \frac{\Delta V_{out}}{V_{out}},$$

bu yerda ΔV_{in} – kirish pulsatsiyasi amplitudasi;

ΔV_{out} – chiqish pulsatsiyasi amplitudasi;

V_{in} – kirish kuchlanishi;

V_{out} – chiqish kuchlanishi.

Ma'lumki, filtr chiqishidagi kuchlanish kirish kuchlanishiga deyarli teng:

$$V_{out} \cong V_{in}.$$

Bundan kelib chiqib silliqlash koeffitsiyenti K uchun ifodani soddalashtirish mumkin:

$$K = \frac{\Delta V_{in}}{\Delta V_{out}}.$$

bu yerda: ΔV_{in} – kirish pulsatsiyasi amplitudasi;

ΔV_{out} – chiqish pulsatsiyasi amplitudasi.

Silliqlovchi filtrlar sxemadagi joyi va maqsadiga ko'ra *kirish* va *chiqish* turlariga bo'linadi. Transformator kirishli ta'minot manbasida kirish silliqlovchi filtrlarni past chastotali (50 Hz) tarmoq kuchlanishini to'g'rilovchi to'g'rilagichdan keyin o'rnatiladi. Impulsli o'zgartgich va stabilizatorlarda tarmoq to'g'rilagichidan so'ng kirish silliqlovchi filtrlari va yuqori chastotali to'g'rilagichdan keyin chiqish filtrlari qo'yiladi.

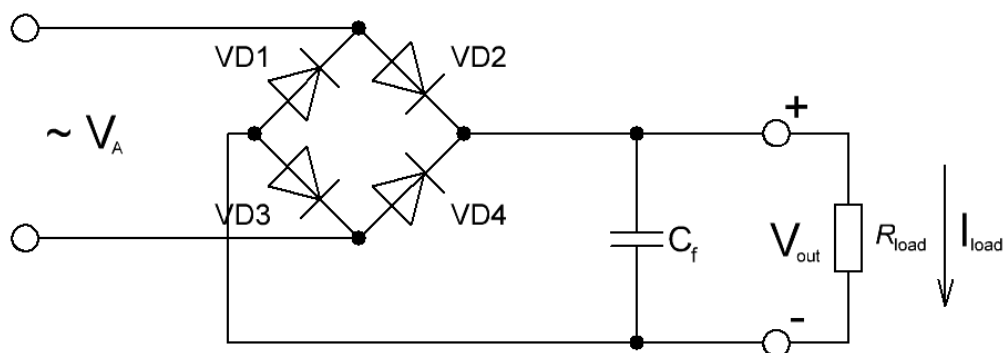
Sig'im filtrlari

Sodda ko'rinishda to'g'rilagich yoki o'zgartgichdan so'ng ulangan kondensator ko'rinishida bo'ladi. Yuklamaga nisbatan parallel ulangan. Sig'im filtrlari hisobi ta'minot manbasi turi va parametrlariga bog'liq bo'ladi. Kirish tarmoq kuchlanishi 50 Hz bo'lsa filtr bitta bo'ladi. Impuls manbasidagi chiqish filtrida boshqacha bo'ladi.

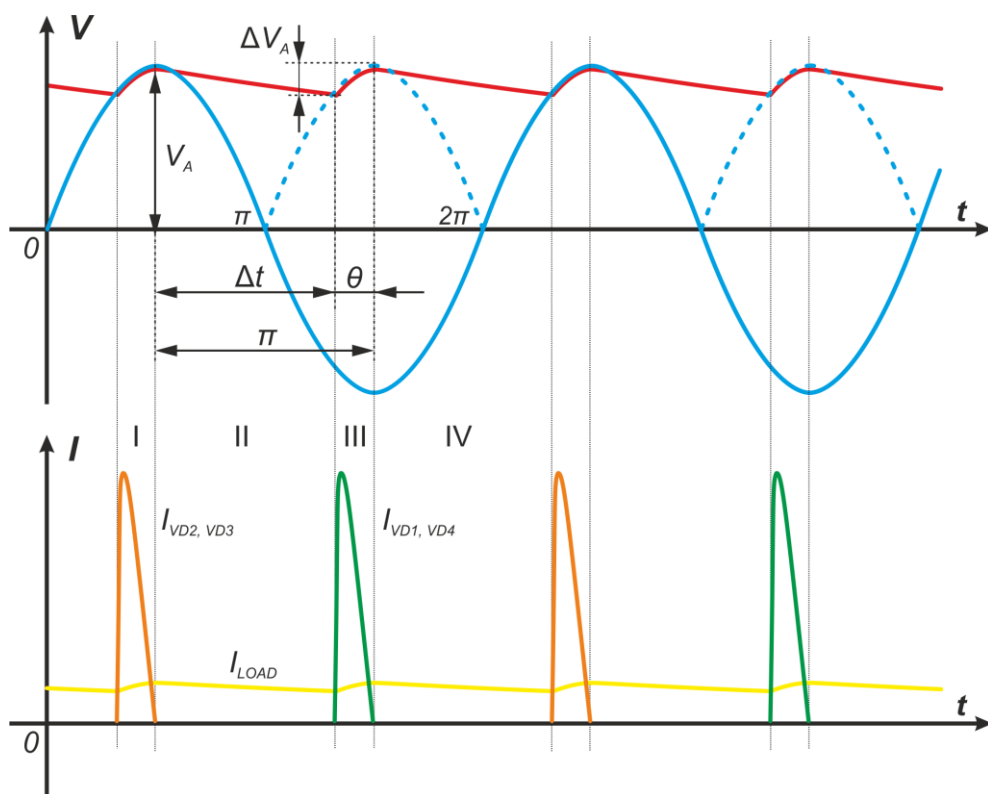
Sig‘im filtrining ikki yarim davrli to‘g‘rilagich bilan birgalikda qo‘llanilgan varianti amalda keng tarqalgan. Shuning uchun ushbu holatni alohida ko‘rib chiqamiz.

Sig‘im filtri+ikki yarim davrli to‘g‘rilagich

Kondensator filtrlı ko‘prik to‘g‘rilagichi elektr sxemasi 14.1-rasmda keltirilgan. To‘g‘rilagich chiqishida kuchlanish bir-birining izidan keluvchi sinusoidal yarim to‘lqin ko‘rinishida bo‘ladi (14.2-rasm). Kuchlanish amplitudasi - V_A . Sig‘im filtri ishida vaqtning ikki xarakterli intervali ajratish lozim: birinchi – razryad intervali (14.2-rasmda II va IV vaqt oraliqlari) da energiyani kondensatordan yuklamaga uzatish yuz beradi. Bunda kuchlanish pulsatsiya amplitudasiga teng bo‘lgan ΔV_C qiymatga pasayadi. Va ikkinchi interval – zaryad intervali (14.2-rasmda I va III vaqt oraliqlari) da kondensatorlarning maksimal qiymat V_{C_max} gacha zaryadlanishi yuz beradi. V_{C_max} qiymat amplituda kuchlanishi V_A dan to‘g‘rilagichda kuchlanish tushishi qiymati V_{rect} ga kichik bo‘ladi.



14.1 – rasm. Kondensator filtrlı ko‘prik to‘g‘rilagichi elektr sxemasi



14.2 – rasm. Kondensator filtrlı ko‘prik to‘g‘rilagichi ishini xarakterlovchi kirish kuchlanishi (ko‘k), kondensatordan chiqish kuchlanishi (qizil), yuklama toki (sariq) hamda VD2, VD3 diodlar orqali (oranj rangli) va VD1, VD4 diodlar orqali (yashil) toklar vaqtinchalik diagramma shakllari

Ikki yarim davrli to‘g‘rilagich bilan birga ishlaydigan sig‘im filtrni hisoblash uslubida quyidagilar mavjud:

- yuklama iste‘mol qiladigan quvvat P va FIK η ni aniqlaymiz;
- kondensatordagi maksimal kuchlanish V_{C_max} ni kirish kuchlanishi amplitudasi V_A va to‘g‘rilagichda kuchlanish tushishi V_{rect} qiymatlariga ko‘ra aniqlaymiz:

$$V_{C_max} = V_A - V_{rect},$$

- yuklamada kuchlanish pulsatsiyasi mumkin bo‘lgan amplitudasi ΔV_C ni beramiz;
- filtr sig‘imi C_f ni hisoblaymiz:

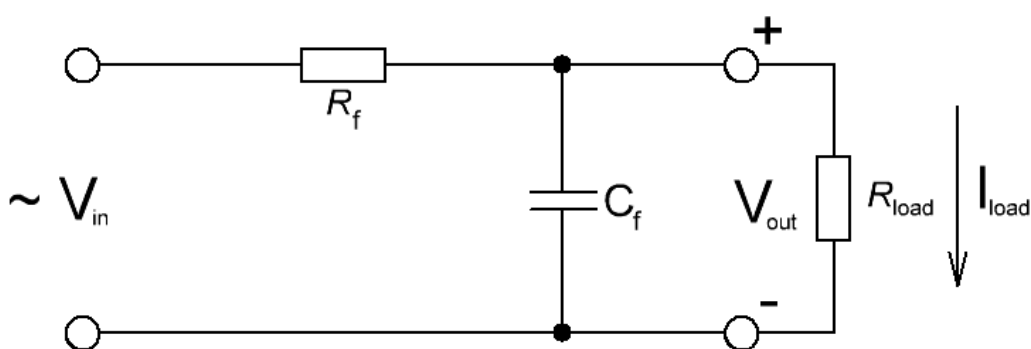
$$C_f = \frac{P}{n} \frac{1}{f \cdot V_{C_max}^2} \cdot \frac{1}{\pi} \frac{\left(\pi - \arccos \frac{V_{C_max} - \Delta V_C}{V_{C_max}} \right)}{1 - \left(\frac{V_{C_max} - \Delta V_C}{V_{C_max}} \right)^2}.$$

Shuni ta‘kidlash lozimki, amalda filtr sig‘imini cheksiz kattalashtirish orqali pulsatsiyani nolgacha tushirish mumkin emas. Sababi filtr sig‘imi kattalashgan sari sig‘im amplituda qiymatigacha zaryadlanish vaqti kamayadi, bu esa o‘z navbatida zaryad toki impulsleri amplitudasi o‘shishiga olib keladi. Pulsatsiya amplitudasini

kamaytirish yo‘li LC-zanjirda Γ -, Π - va T- simon bo‘g‘inlari kiritilgan ko‘p pog‘onali filtrdan foydalanishdir.

Rezistor-sig‘imli filtr (RC-filtr)

RC-filtrlar ta‘minot manbalari sxemasini tuzishda deyarli ishlatilmaydi. Chunki an‘anaviy sig‘im filtri+ikki yarim davrli to‘g‘rilagich sxemasiga rezistor qo‘shish faqat kondensator zaryadlanish intervali rezistor orqali maksimal tok cheklanishi hisobiga cho‘ziladi. Bunda proporsional tarzda to‘g‘rilagich diodlari orqali tok impulslari amplitudasi pasayadi. Lekin yo‘qotish anchagina oshadi. Shunga qaramasdan diod impuls toklarini cheklash uchun RC-filtrlardan kam quvvatli manbalar tayyorlashda foydalaniladi.



14.3 – rasm. Rezistiv-sig‘im RC - filtr elektr sxemasi

Filtr silliqlash koeffitsiyenti:

$$K = \frac{\Delta V_{in}}{V_{in}} \frac{V_{out}}{\Delta V_{out}}.$$

bu yerda:

ΔV_{in} – kirishdagi pulsatsiya amplitudasi;

ΔV_{out} – chiqishdagi pulsatsiya amplitudasi;

V_{in} – kirish kuchlanishi;

V_{out} – chiqish kuchlanishi.

Agar filtr kirishiga kuchlanish to‘g‘rilagichdan kelsa, kirishdagi pulsatsiya amplitudasi ΔV_{in} kirish kuchlanishi V_{in} ga teng bo‘ladi:

$$\Delta V_{in} = V_{in}.$$

Bundan silliqlash koeffitsiyenti:

$$K = \frac{V_{out}}{\Delta V_{out}}.$$

RS-filtr chiqish kuchlanishi V_{out} kirish kuchlanishidan kichik, chunki filtr qarshiligida kuchlanish tushadi. Uning o‘rtacha qiymati quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$V_{out} = V_{in} - I_{load_max} \cdot R_f.$$

bu yerda:

R_f – filtr qarshiligi;

I_{load_max} – yuklama maksimal toki.

Yuqoridagidan filtr qarshiligi qiymatiga qo'yiladigan talab:

$$R_f = \frac{V_{in} - V_{out}}{I_{load_max}}.$$

Rezistiv-sig'imli filtrni hisoblash ketma-ketligi quyida keltirilgan:

- filtr qarshiligi qiymatini aniqlaymiz:

$$R_f = \frac{V_{in} - V_{out}}{I_{load_max}}.$$

bu yerda: $(V_{in} - V_{out})$ – kirish V_{in} va chiqish V_{out} kuchlanishlari o'rtacha qiymatlari farqi. Rezistorda kuchlanish tushuvi ta'minot kuchlanishi qiymatidan 1-5% dan oshmasligi kerak;

I_{load_max} – yuklama maksimal toki.

- yuklama minimal samarali qarshiligini chiqish kuchlanishining yuklama maksimal tokiga nisbati shaklida aniqlaymiz:

$$R_{load} = \frac{V_{out_min}}{I_{load_max}}.$$

- pulsatsiya amplitudasi kerakli qiymatini beramiz va silliqlash koeffitsiyentini aniqlaymiz:

$$K = \frac{V_{out}}{\Delta V_{out}},$$

bu yerda:

ΔV_{out} – chiqishdagi pulsatsiya amplitudasi;

V_{out} – chiqish kuchlanishi.

- filtr kondensatori sig'imi qiymatini quyidagicha aniqlaymiz:

$$C_f = K \cdot \frac{1}{m \cdot 2\pi \cdot f} \cdot \frac{R_f + R_{load}}{R_f \cdot R_{load}},$$

bu yerda:

K – silliqlash koeffitsiyenti;

m – sxema fazaliligi;

f – kirish kuchlanishi pulsatsiyasi chastotasi;

R_f – filtr qarshiligi;

R_{load} – yuklama samarali qarshiligi.

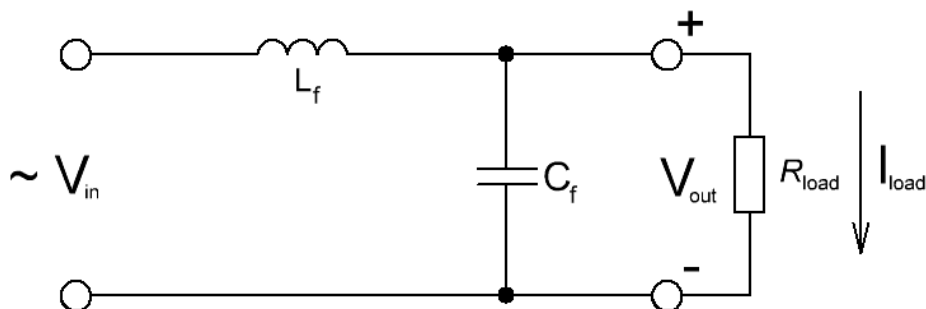
Filtr FIK:

$$\eta \approx \frac{R_{load}}{R_f + R_{load}}.$$

RC-filtrlar kam quvvatli silliqlovchi va shovqin kamaytiruvchi filtr sifatida qo'llanilishi mumkin. RC-filtrlarni katta quvvatli zanjirlarda qo'llash quvvatni ko'p tarqalib ketishi va chiqish kuchlanishi ancha pasayib ketishi bilan cheklangan. Shuning uchun quvvatli zanjirlarda LC filtrlari turli topologiyalaridan foydalaniladi.

Induktiv-sig'im filtr (LC-filtr)

LC-filtrlar RC-filtrlarga nisbatan samarali hisoblanadi. Ushbu filtrda ikki reaktiv element bo'lib, ushbu filtrlarni aniq hisoblash qiyin hisoblanadi. Bundan tashqari L va C larni birlashtirish har doim rezonans va o'ta kuchlanishlar kabi xavfli holatlarni yuzaga keltiradi.



14.4 – rasm. Induktiv-sig'im filtrlar elektr sxemasi

f chastotada pulsatsiyani samarali pasaytirish usuli bo'lib filtr kondensatori sig'im qarshiligi Z_{C_f} kichik bo'lishidir.

$$Z_{C_f} \ll R_{load} \ll Z_{L_f}; \quad \frac{1}{2\pi f C_f} \ll R_{load} \ll 2\pi f L_f.$$

Shu tarzda induktiv va sig'imning reaktiv qarshiligi pulsatsiyaga nisbatan kuchlanish bo'lgich hosil qilib, chiqishda amplitudani keskin kamaytiradi.

Optimal silliqlashning ikkinchi sharti f chastotali pulsatsiyani pasaytirish ko'lamida filtrning induktiv reaksiyasiga asoslangan. Fizik jihatdan bu drossel orqali uzluksiz tok o'tishi va filtr orqali oqib o'tuvchi tokning induktiv tortish orqali muvozanatlashishiga asoslangan. Bu filtr kondensatorini zaryadlovchi tokni impuls xarakterini bartaraf etish va mos ravishda kalit elementlar, diodlar, parazit qarshiliklarda yo'qotishni kamaytirishga xizmat qiladi.

$$L_f > L_{induct_min} = \frac{2V_{out_rms}}{(m^2 - 1)m2\pi f I_{load_rms}} = \frac{2R_{load}}{(m^2 - 1)m2\pi f},$$

bu yerda:

L_{induct_min} – filtr induktiv reaksiyasini ta'minlovchi induktivlik minimal qiymati;

m – sxema fazaliligi;

f – kirish kuchlanishi pulsatsiyasi chastotasi;

R_{load} – yuklama samarali qarshiligi;

V_{out_rms} – yuklama kuchlanishi o'rtacha kvadratik qiymati;

I_{load_rms} – yuklama toki o'rtacha kvadratik qiymati.

Silliqlash koeffitsiyenti:

$$K = (m \cdot 2\pi \cdot f)^2 \cdot L_f \cdot C_f - 1,$$

bu yerda:

m – sxema fazaliligi;

f – kirish kuchlanishi pulsatsiyasi chastotasi;

L_f – filtr drosseli induktivligi;

C_f – filtr kondensatori sig'imi.

LC-filtrlar ikki reaktiv element birlashmasi bo'lganligi sababli filtrning ishdan chiqishiga quyidagilar sabab bo'lishi mumkin:

- rezonans hodisasi;
- yuklama o'chirilganda kondensatorda o'ta kuchlanish;
- ishga tushirilganda kondensatorda o'ta kuchlanish;
- ishga tushirilganda tok sapchishi.

Rezonans hodisalari bo'lmasligi uchun quyidagi shart bajarilishi lozim:

$$K > 3.$$

Yuklama o'chirilganda kondensatorda xavfli o'ta kuchlanish bo'lmasligi uchun ortiqcha energiyani yutish maqsadida yuklama sig'imi katta bo'lishi kerak. Yuklama toki keskin o'zgarganda filtr chiqishida kuchlanish:

$$\Delta V_{load_OFF} = \Delta I_{load} \cdot \frac{\sqrt{L_f \cdot C_f}}{C_f},$$

bu yerda:

ΔI_{load} – yuklama toki o'zgarish qiymati;

L_f – filtr drosseli induktivligi;

C_f – filtr kondensatori sig'imi.

Bu munosabat:

$$\Delta V_{load_OFF} = \Delta I_{load} \cdot \sqrt{\frac{L_f}{C_f}}.$$

Bu ifoda:

$$\sqrt{\frac{L_f}{C_f}},$$

filtr to'liqsimon qarshiligini ko'rsatadi.

Undan filtr sig'imi qiymatiga quyidagi shart qo'yiladi:

$$C_f \geq L_f \cdot \left(\frac{\Delta I_{load}}{\Delta V_{load_max}} \right)^2,$$

bu yerda: ΔV_{load_max} – yuklamaga mumkin bo'lgan maksimal kuchlanish tashlash qiymati.

Kondensatordagi o'ta kuchlanishni hisoblash uchun:

$$\Delta V_{f_com} = V_{in} \left[1 - \exp \left(- \frac{r \cdot \pi}{2 \sqrt{L_f / C_f}} \right) \right],$$

bu yerda:

r – manba aktiv qarshiligi;

V_{in} – filtr kirish kuchlanishi amplitudasi;

L_f – filtr drosseli induktivligi;

C_f – filtr kondensatori sig'imi.

Filtr tarmoqqa kommutatsiyalanganda filtr orqali tok sapchishini hisoblash uchun:

$$I_{f_comm} = I_{load} + \frac{V_{in}}{\sqrt{L_f / C_f}} \exp \left(- \frac{r \cdot \pi}{4 \sqrt{L_f / C_f}} \right),$$

bu yerda:

r – manba aktiv qarshiligi;

V_{in} – filtr kirish kuchlanishi amplitudasi;

I_{load} – yuklama toki;

L_f – filtr drosseli induktivligi;

C_f – filtr kondensatori sig'imi.

Induktiv – sig'imli filtrni hisoblash ketma-ketligi quyida keltirilgan:

- yuklama maksimal samarali qiymatini aniqlaymiz:

$$R_{load} = \frac{V_{out_max}}{I_{load_min}} ;$$

- filtr induktivligi:

$$L_f > L_{induct_min} = \frac{2R_{load}}{(m^2 - 1)m \cdot 2\pi \cdot f},$$

bu yerda:

L_{induct_min} – filtr induktivligi minimal qiymati;

m – sxema fazaliligi;

f – kirish kuchlanishi pulsatsiyasi chastotasi;

R_{load} – yuklama samarali qarshiligi.

- filtr kondensatori sig‘imini hisoblaymiz:

$$C_f = \frac{K + 1}{m^2 \cdot (2\pi \cdot f)^2 \cdot L_f},$$

bu yerda:

m – sxema fazaliligi;

f – kirish kuchlanishi pulsatsiyasi chastotasi;

L_f – filtr drosseli induktivligi;

C_f – filtr kondensatori sig‘imi.

- yuklama to‘liq uzilganda kondensatordagi o‘ta kuchlanish qiymati:

$$\Delta V_{load_OFF} = \Delta I_{load} \cdot \sqrt{\frac{L_f}{C_f}} ;$$

- filtr tarmoqqa kommutatsiyalanganda yuzaga keluvchi o‘ta kuchlanish:

$$\Delta V_{f_com} = V_{in} \left[1 - \exp\left(-\frac{r \cdot \pi}{2\sqrt{L_f/C_f}}\right) \right],$$

bu yerda:

r – manba aktiv qarshiligi;

V_{in} – filtr kirish kuchlanishi amplitudasi;

L_f – filtr drosseli induktivligi;

C_f – filtr kondensatori sig‘imi.

Shovqin pasaytiruvchi filtrlar

Shovqin pasaytiruvchi filtrlar ta’minot tarmog‘i kuchlanishi yuqori chastotali tashkil etuvchisini pasaytirishga mo‘ljallangan. Odatda shovqin pasaytiruvchi filtrlar ta’minot manbasi kirishida turadi va tarmoqdan keluvchi yuqori chastotali

pulsatsiyani va ta'minot blokidan tarmoqqa berilayotgan pulsatsiyani pasaytirishga mo'ljallangan.

Yuqori chastotali shovqinni pasaytirishga quyidagilar sabab bo'ladi:

- mahsulot ichida normal elektromagnit fon yaratish, chunki qo'shimcha yuqori chastotali shovqin boshqaruv zanjirida nosozliklar keltirib chiqarishi mumkin. Bundan tashqari elektromagnit fonni minimallashtirish o'lchov texnikasi, akustik qurilma Hi-Fi va Hi-End lar normal ishlashi uchun muhim;

- ta'minlovchi tarmoq yuqori chastotali tebranishi bo'yicha mavjud me'yor va standartlar talabini bajarish. Bu kirishida impulsli ta'minot manbasi bo'lgan qurilmalar uchun muhim;

- quvvatli ta'minot manbasi va audio kuchaytirgich kabi bir tarmoqqa ulangan turli qurilmalarning normal ishlashi;

- ta'minot manbasiga tashalanayotgan yuqori voltli kuchlanishlarni silliqlash.

Yuqori chastotani pasaytirish bo'yicha tadbirlarni tashkil etishda yuqorida keltirilgan sabablarning qaysisi asosiy hisoblanishini quyida ko'rib chiqamiz.

Qurilma ichida shovqin manbalari:

- aktiv elementlar (tranzistorlar, tiristorlar, elektromagnit rele, yopuvchi diodlar va boshqalar) ni kommutatsiyalash;

- yuklamaning ko'chkisimon o'zgarishi;

- parazit elementlar (parazit LC – kontur va boshqalar) sababli rezonans hodisasi.

Qurilma tashqarisidagi shovqin manbalari:

- yaqin joylashgan qurilmalar, xususan yaqinda ishlayotgan inverterli payvand apparati;

- ta'minot manbasi;

- simsiz tarmoqlar (Wi-Fi va boshqalar);

- mobil texnikasi va boshqalar.

Manbalar quyida keltirilgan yo'llarning biridan yoki ikkalasidan ham tarqalishi mumkin.

Shovqin tarqalish yo'li:

- konduktiv shovqinlar – o'tkazuvchi muhitda tarqaluvchi shovqinlar. Boshqacha aytganda sxema ichida tarqaluvchi shovqinlar;

- fazoda elektromagnit to'lqinlar tarqalishi hisobiga shovqinlar. Ushbu shovqin tarqalish yo'li mavjud sig'im (maydonchalar va antennalar orasida va magnit

aloqalar (konturlar orasida) bo'lishi mumkin. Boshqacha aytganda shovqin tarqalishi fazo orqali elektromagnit qo'zg'alishlar hisobiga yuz beradi.

Ikki turdagi konduktiv shovqin mavjud:

- *differensial shovqinlar* – ta'minot ikki shinasi orasida yuzaga keluvchi kuchlanish pulsatsiyasi shovqini. Ya'ni shovqin toki oqish konturi qurilma ichidagi tok o'tkazuvchi shina bilan cheklangan. Bunday shovqinlarni bartaraf etish oson.

- *sinfaza shovqinlari* – ixtiyoriy ta'minot shinasi va umumiy (yer) o'tkazgichi orasida yuzaga keluvchi kuchlanish pulsatsiyasi shovqini. Ushbu shovqinni bartaraf etish murakkabroq.

Konduktiv shovqinlarni bartaraf etish uchun shovqin pasaytiruvchi filtrlardan foydalaniladi. Elektromagnit to'lqin hisobiga yuzaga keluvchi shovqinlarni bartaraf etish uchun elektromagnit ekranlashdan foydalaniladi.

Shovqin pasaytiruvchi filtrlar asosiy parametrlari:

- ishchi tok;
- chastota ko'lam;
- so'ndirish.

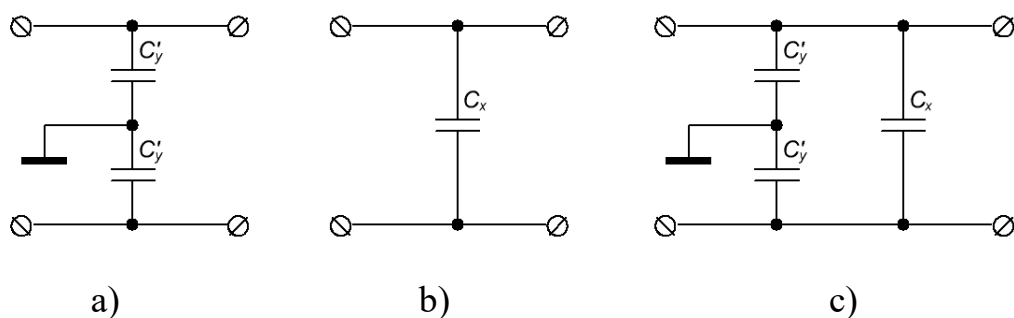
Kirish shovqin pasaytiruvchi passiv filtrlar asosiy turlari

Kirish shovqin pasaytiruvchi passiv filtrlar soddaligi va ishonchliligi bilan turli qurilmalarda keng qo'llaniladi.

Shovqin pasaytiruvchi filtrlar o'zgarmas tok yoki past chastotali toklarni o'tkazishi va yuqori chastotali shovqinlarni bloklashi lozim. Maqsadiga ko'ra:

- sig'imli filtrlar;
- induktiv filtrlar;
- induktiv-sig'imli filtrlar bo'ladi.

14.5-rasmda keltirilgan sig'imli filtrlar elektr sxemasida faqat nosimmetrik (14.5,a-rasm) faqat simmetrik (14.5,b-rasm) va ikkala turdagi shovqinlarni pasaytiruvchi sig'imli filtrlar keltirilgan.



14.5-rasm. Shovqin pasaytiruvchi sig'imli filtrlar

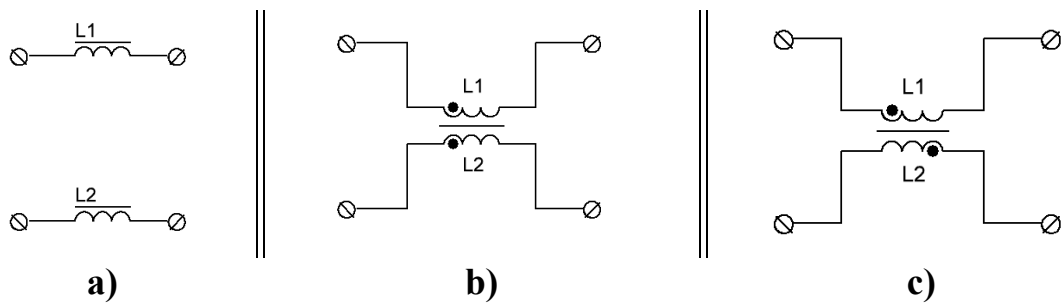
- a – nosimmetrik shovqinlarni pasaytirish (C_y kondensatorlar);
 b - simmetrik shovqinlarni pasaytirish (C_x kondensatorlar);
 c – aralash ulanish – simmetrik va nosimmetrik shovqinlarni pasaytirish.

14.6-rasmda induktiv shovqin pasaytiruvchi filtrlar elektr sxemalari keltirilgan. Tokning to'g'ri va teskari yo'nalishidagi drossellar simmetrik va nosimmetrik shovqinlarni pasaytiradi (14.6, a-rasm).

Chulg'amga sinfazali ulanuvchi ikkilangan drossel chulg'am orqali o'tuvchi (nosimmetrik, tok amplitudasi bir xil bo'lgan) shovqinlarni samarali pasaytiradi; Simmetrik shovqinlar uchun – bu sxemada faqat induktiv tarqatish ko'zda tutilgan. Sxemaning o'ziga xosligi – o'zgaruvchan tok tarmoqlarida ishchi tok bilan magnitlanmaydi.

Chulg'amga teskari fazali ulanuvchi ikkilangan drossel (14.6, c - rasm) chulg'am orqali qarama-qarshi yo'nalishlarda o'tuvchi (simmetrik, tok amplitudasi bir xil) tok shovqinlarini samarali pasaytiradi. Ushbu sxema uchun drossel umumiy induktivligi simmetrik shovqinlarda alohida olingan chulg'am uchun induktivlikni 4 marta oshiradi. Shu tarzda, filtr og'irligi va o'lchamlari keskin kichiklashadi. Kamchiligi sifatida filtrda kuchlanish tushishini keltirsa bo'ladi. Shuning uchun ushbu filtdan kam hollarda foydalaniladi.

Induktiv aloqali filtrlar (14.6, b, c- rasmlar) filtrda kuchlanish tushishini kamaytirishni ta'minlaydi.



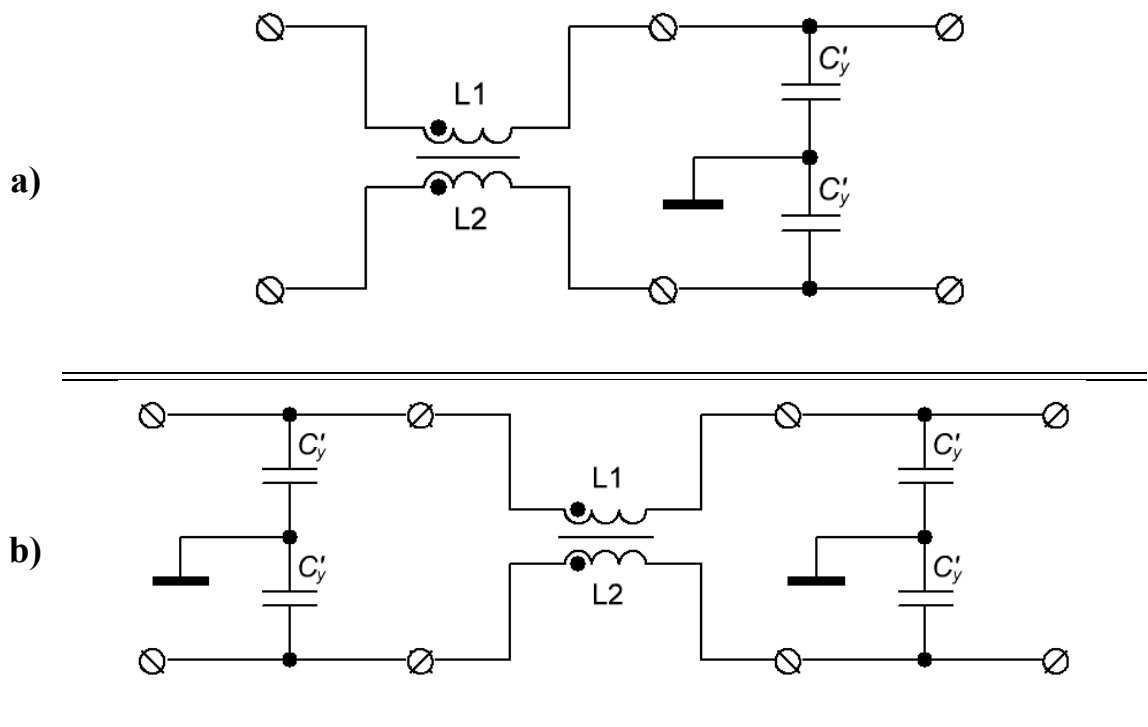
14.6-rasm. Induktiv shovqin pasaytiruvchi filtrlar

- a – to‘g‘ri va teskari tok yo‘lida drosselli;
b – chulg‘amga sinfazali ulanuvchi ikkilangan drossel;
c – chulg‘amga qarama-qarshi ulangan ikkilangan drossel.

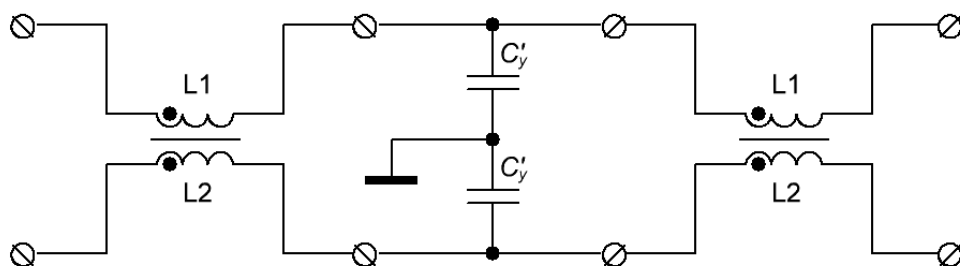
Yuqorida keltirilgan sig‘imli va induktivli filtrlar sxemalari asosida induktiv-sig‘imli filtrlar yoki boshqacha aytsek LC filtrlar quriladi. Bir bo‘g‘inli LC filtrlar:

- Γ -simon filtrlar;
- Π -simon filtrlar;
- T-simon filtrlar.

14.7-rasmda yuqorida keltirilgan 3 turdagi filtrlarning barcha topologiyalari keltirilgan.



c)



14.7-rasm. Bir bo'g'inli LC filtrlar

Bir bo'g'inli LC filtrlar:

a - Γ -simon LC - filtrlar;

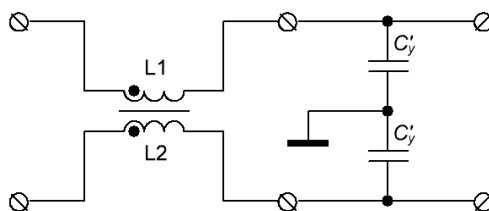
b - Π -simon LC - filtrlar;

c - T-simon LC - filtrlar.

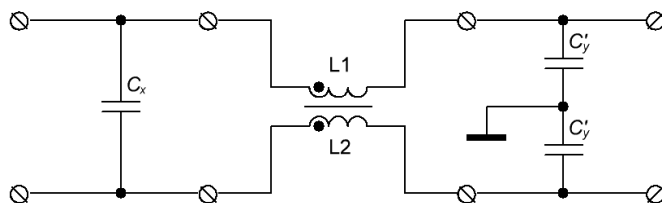
Ko'p bo'g'inli filtrlar

Shovqin pasaytirishni yaxshilash uchun turli filtrlar kombinatsiyalaridan foydalaniladi.

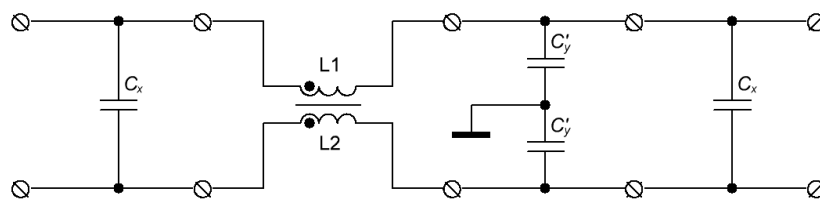
a)



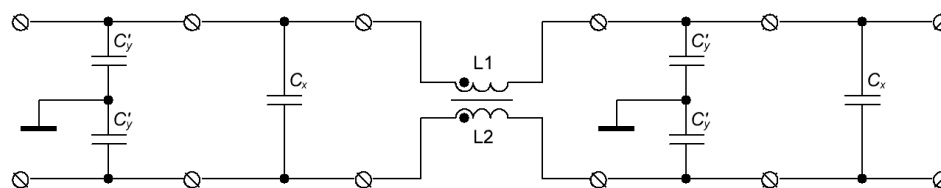
b)



c)



d)



14.8-rasm. Bir bo'g'inli induktiv-sig'imli filtrlar rivojlanishi

a) – Γ -simon LC – filtrlar, nosimmetrik shovqinlarni kondensatorda so'ndirish;

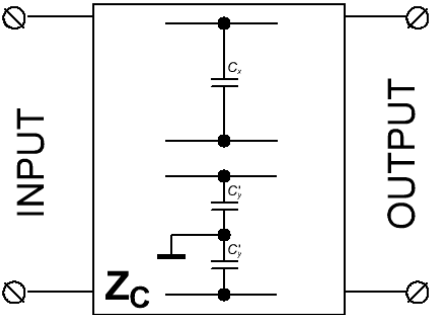
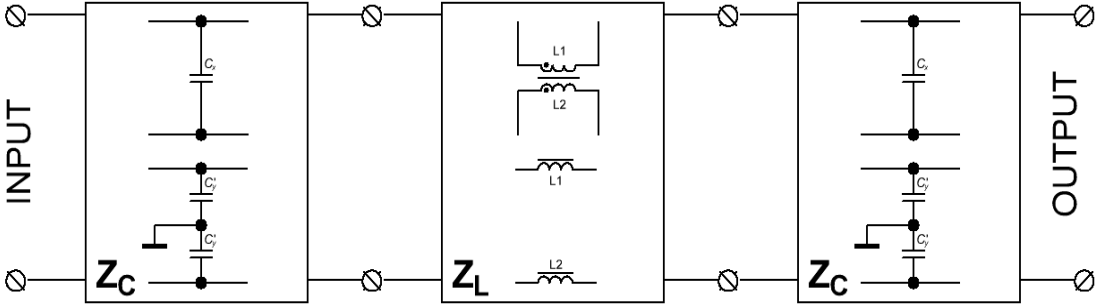
- b) – T-simon LC – filtrlar, nosimmetrik va simmetrik shovqinlarni kondensatorda soʻndirish;
- c) – T-simon LC - filtrlar, nosimmetrik va simmetrik shovqinlarni kondensatorda soʻndirish;
- d) – T-simon LC - filtrlar, nosimmetrik va simmetrik shovqinlarni kondensatorda soʻndirish.

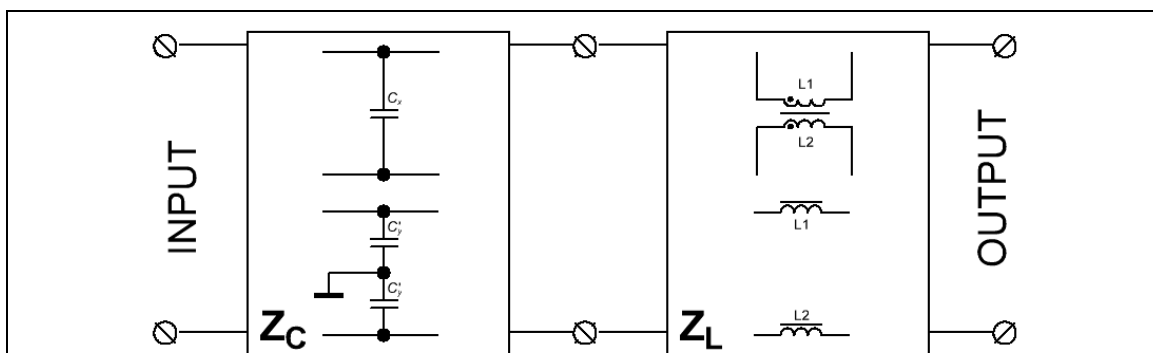
Filtrlar kiritayotgan soʻndirishni hisoblash

Filtrlar kiritayotgan soʻndirish simmetrik va nosimmetrik shovqinlar uchun hisoblash alohida olib boriladi.

Turli xil filtrlarda soʻndirish

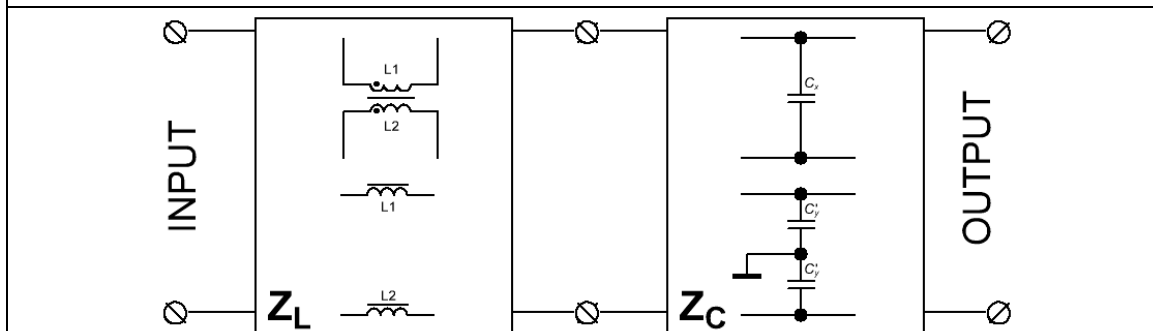
14.1-jadval

Turi, sxema, kiritadigan soʻndirishi (Db da) bu yerda R – shovqin manbasi ichki qarshiligi;	
 14.9-rasm. Sig'imli filtr $A_c = 20 \lg \left[1 + \frac{R}{2 \cdot Z_c} \right]$	
 14.10-rasm. Π-simon filtr $A_c = 20 \lg \left[1 + \frac{Z_L}{2 \cdot R} + \frac{R}{Z_c} + \frac{Z_L}{Z_c} + \frac{R \cdot Z_c}{2 \cdot Z_c^2} \right]$	



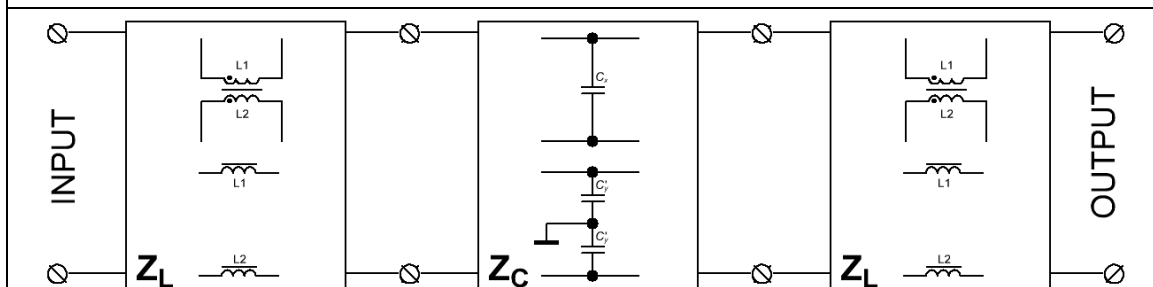
14.11-rasm. Γ-simmon filtr (kirish sig‘im tomonidan)

$$A_c = 20 \lg \left[\frac{1}{2} \cdot \left(1 + \frac{Z_L}{R} \right) \left(1 + \frac{R}{Z_C} + \frac{R}{R + Z_L} \right) \right]$$



14.12-rasm. Γ-simmon filtr (kirish induktivlik tomonidan)

$$A_c = 20 \lg \left[1 + \frac{Z_L}{2R} + \frac{R}{2Z_C} + \frac{Z_L}{2Z_C} \right]$$



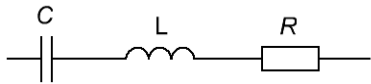
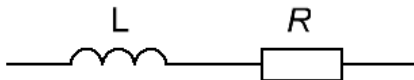
14.13-rasm. T-simmon filtr

$$A_c = 20 \lg \left[1 + \frac{Z_C}{R} + \frac{R}{2 \cdot Z_C} + \frac{Z_L}{Z_C} + \frac{Z_L^2}{2 \cdot Z_C \cdot R} \right]$$

Elektromagnit filtrlar elementlari to‘la qarshiligini hisoblash

14.2-jadval

Element turi, ekvivalent sxemasi, to‘la qarshiligi

14.14-rasm. Drossel Z_L $ Z_L = \frac{\sqrt{R^2 + (\omega \cdot L)^2}}{\omega C \cdot \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}; \quad Z_L = \frac{j\omega L + R}{1 - \omega^2 LC + j\omega CR};$

14.15-rasm. Kondensator Z_C $ Z_L = \sqrt{\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2 + R^2}; \quad Z_L = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right);$
 14.16-rasm. O'tkazgich $Z_L = R + j\omega L$

Filtrlar parametrlarini hisoblash:

14.3-jadval

Quyi chastotali filtrlar	Yuqori chastotali filtrlar	Kesimli filtrlar	To'suvchi filtrlar
$L = \frac{k}{\pi \cdot f_c}$	$L = \frac{k}{4\pi \cdot f_c}$	$L_1 = \frac{k}{\pi \cdot (f_2 - f_1)}$ $L_2 = \frac{k \cdot (f_2 - f_1)}{4\pi \cdot f_1 \cdot f_2}$	$L_2 = \frac{k \cdot (f_2 - f_1)}{\pi \cdot f_1 \cdot f_2}$ $L_1 = \frac{k}{4\pi \cdot (f_2 - f_1)}$
$C = \frac{1}{\pi \cdot f_c \cdot k}$	$C = \frac{1}{4\pi \cdot f_c \cdot k}$	$C_1 = \frac{f_2 - f_1}{4\pi \cdot k \cdot f_1 \cdot f_2}$ $C_2 = \frac{1}{4\pi \cdot k \cdot (f_2 - f_1)}$	$C_1 = \frac{1}{4\pi \cdot k \cdot (f_2 - f_1)}$ $C_2 = \frac{f_2 - f_1}{\pi \cdot k \cdot f_1 \cdot f_2}$

$f_c = \frac{1}{\pi \cdot \sqrt{LC}}$	$f_c = \frac{1}{4\pi \cdot \sqrt{LC}}$	$\begin{aligned} f_{\frac{1}{2}} &= \frac{1}{2\pi} \\ &\cdot \left(\sqrt{\frac{1}{L_1 \cdot C_2} + \frac{1}{L_1 \cdot C_1}} \right. \\ &\quad \left. \mp \sqrt{\frac{1}{L_1 \cdot C_2}} \right) \end{aligned}$	$\begin{aligned} f_{\frac{1}{2}} &= \frac{1}{8\pi} \\ &\cdot \left(\sqrt{\frac{1}{L_2 \cdot C_1} + \frac{16}{L_1 \cdot C_1}} \right. \\ &\quad \left. \mp \sqrt{\frac{1}{L_1 \cdot C_1}} \right) \end{aligned}$
---------------------------------------	--	---	--

Masalalar.

1-masala.

Battervort yuqori chastota filtri uchun quyidagi parametrlar bo'yicha hisoblang: $f_s = 0,3 \text{ kHz}$, $f_1 = 0,6 \text{ kHz}$, $A_s = 15 \text{ dB}$, $\Delta A = 1 \text{ dB}$, $R_1 = R_N = 600 \text{ Om}$. Susayish sxemasini quring.

14.4-jadval

n	$c_1 \text{ yoki } l'_1$	$l_2 \text{ yoki } c'_2$	$c_3 \text{ yoki } l'_3$	$l_4 \text{ yoki } c'_4$	$c_5 \text{ yoki } l'_5$	$l_6 \text{ yoki } c'_6$	$c_7 \text{ yoki } l'_7$
1	2,0000	-	-	-	-	-	-
2	1,4142	1,4142	-	-	-	-	-
3	1,0000	2,0000	1,0000	-	-	-	-
4	0,7654	1,8478	1,8478	0,7654	-	-	-
5	0,6180	1,6180	2,0000	0,6180	0,6180	-	-
6	0,5176	1,4142	1,9319	1,9319	1,4142	0,5176	-
7	0,4450	1,2470	1,8019	2,0000	1,8019	1,2470	0,4450

Yechish:

Filtrning tartibini aniqlaymiz:

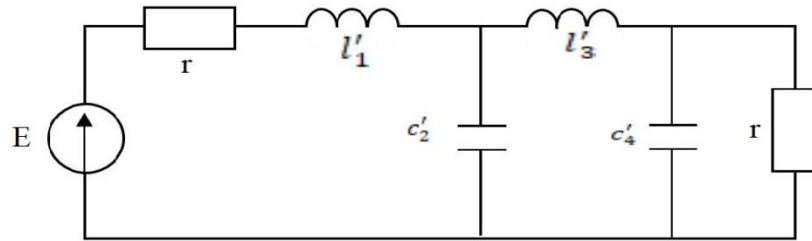
$$\Omega_s = \frac{f_1}{f_s} = \frac{0,6}{0,3} = 2;$$

$$n \geq \frac{A_s - 10 \lg(10^{0,1\Delta A} - 1)}{20 \cdot \lg \Omega_s} = \frac{15 - 10 \lg(10^{0,1} - 1)}{20 \lg 2} = \frac{20,868}{6,02} = 3,466.$$

Chiqqan natijani qiymati katta eng yaqin butun songa yaxlitlaymiz: $n = 4$

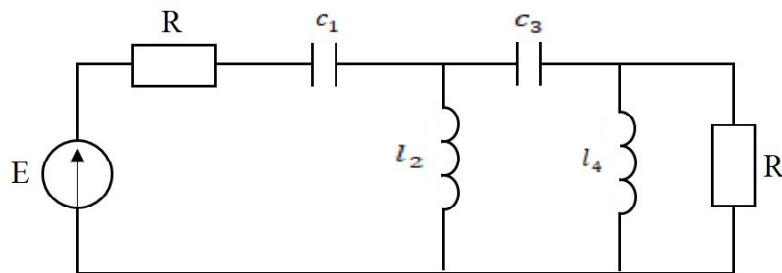
14.4-jadvalga muvofiq: $l'_1 = 0,7654$, $c'_2 = 1,8478$, $l'_3 = 1,8478$, $c'_4 = 0,7654$

Yuqori chastota filtri sxemasi - prototipi 1-rasmda ko'rsatilgan.



14.17-rasm. Yuqori chastota filtring sxemasi

Filtring sxemasini o'zgartiramiz:



14.18-rasm. Yuqori chastota filtring almashtirish sxemasi

Susayish 3 dB bo'lgan chastotani hisoblaymiz:

$$f_c = f_1 \cdot \sqrt[2n]{10^{0,1\Delta A} - 1} = 600 \cdot \sqrt[8]{10^{0,1} - 1} = 530 \text{ Hz.}$$

Denormalizatsiya koeffitsiyentlarini aniqlaymiz:

$$K_L = \frac{R}{2\pi \cdot f_1} = \frac{600}{6,28 \cdot 600} = 0,16 \text{ Gn}$$

$$K_C = \frac{R}{2\pi \cdot f_1 \cdot R} = \frac{600}{6,28 \cdot 600 \cdot 600} = 0,44 \text{ mkF.}$$

Yuqori chastota filtri elementlarining qiymatlarini aniqlaymiz:

$$C_1 = \frac{K_C}{l'_1} = \frac{0,44 \cdot 10^{-6}}{0,7654} = 0,537 \text{ mkF};$$

$$l_2 = \frac{K_L}{c'_2} = \frac{0,16}{1,8478} = 86,6 \text{ mGn};$$

$$C_3 = \frac{K_C}{l'_3} = \frac{0,44 \cdot 10^{-6}}{1,8478} = 0,24 \text{ mkF};$$

$$l_4 = \frac{K_L}{c'_4} = \frac{0,16}{0,7654} = 0,21 \text{ Gn.}$$

$A(f)$ formula bo'yicha susayish xarakteristikasini hisoblaymiz:

$$A = 10 \lg \left[1 + (10^{0,1\Delta A} - 1) \cdot \left(\frac{f_1}{f} \right)^{2n} \right], [dB];$$

bu yerda: $n = 4$, f ning o'rniga quyidagi jadvaldagi qiymatlarni qo'yamiz:

a) $f = 0,2f_s = 0,2 \cdot 0,3 = 0,06 \text{ kHz}$:

$$\begin{aligned} A_1 &= 10 \lg \left[1 + (10^{0,1\Delta A} - 1) \cdot \left(\frac{f_1}{f} \right)^{2n} \right] = 10 \lg \left[1 + (10^{0,1} - 1) \cdot \left(\frac{600}{0,2 \cdot 300} \right)^{2 \cdot 4} \right] \\ &= 10 \lg 25892543,18 = 10 \cdot 7,41 = 74,1 \text{ dB}; \end{aligned}$$

b) $f = 0,5f_s = 0,5 \cdot 0,3 = 0,15 \text{ kHz}$

$$\begin{aligned} A_2 &= 10 \lg \left[1 + (10^{0,1\Delta A} - 1) \cdot \left(\frac{f_1}{f} \right)^{2n} \right] = 10 \lg \left[1 + (10^{0,1} - 1) \cdot \left(\frac{600}{0,5 \cdot 300} \right)^{2 \cdot 4} \right] \\ &= 10 \lg 16970,94 = 10 \cdot 4,23 = 42,3 \text{ dB}; \end{aligned}$$

c) $f = f_s = 0,3 \text{ kHz}$

$$\begin{aligned} A_3 &= 10 \lg \left[1 + (10^{0,1\Delta A} - 1) \cdot \left(\frac{f_1}{f} \right)^{2n} \right] \\ &= 10 \lg \left[1 + (10^{0,1} - 1) \cdot \left(\frac{600}{300} \right)^{2 \cdot 4} \right] = 10 \lg 67,285 \\ &= 10 \cdot 1,828 = 18,28 \text{ dB}; \end{aligned}$$

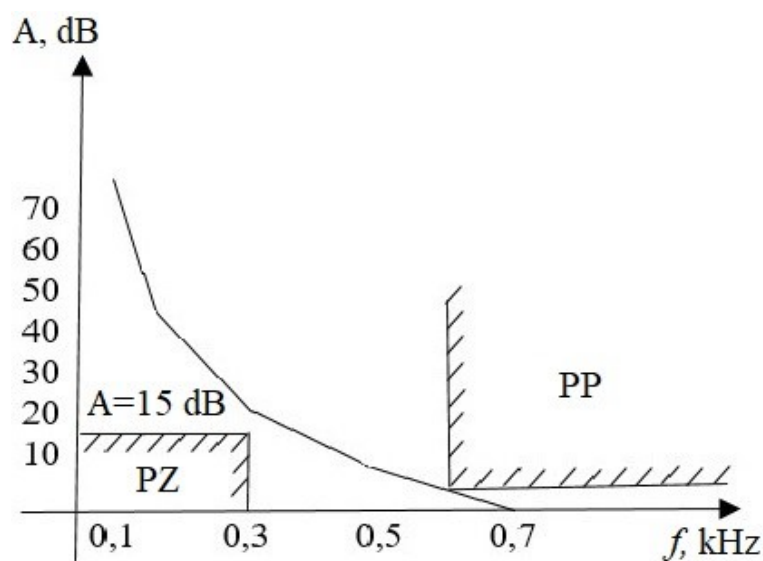
d) $f = f_c = 0,53 \text{ kHz}$

$$\begin{aligned} A_4 &= 10 \lg \left[1 + (10^{0,1\Delta A} - 1) \cdot \left(\frac{f_1}{f} \right)^{2n} \right] \\ &= 10 \lg \left[1 + (10^{0,1} - 1) \cdot \left(\frac{600}{530} \right)^{2 \cdot 4} \right] = 10 \lg 1,6985 \\ &= 10 \cdot 0,23 = 2,3 \text{ dB}; \end{aligned}$$

e) $f = f_1 = 0,6 \text{ kHz}$

$$\begin{aligned} A_5 &= 10 \lg \left[1 + (10^{0,1\Delta A} - 1) \cdot \left(\frac{f_1}{f} \right)^{2n} \right] \\ &= 10 \lg \left[1 + (10^{0,1} - 1) \cdot \left(\frac{600}{600} \right)^{2 \cdot 4} \right] = 10 \lg 1,2589 = 10 \cdot 0,1 \\ &= 1 \text{ dB}. \end{aligned}$$

f	$0,2f_s$	$0,5f_s$	f_s	f_c	f_1
f, kHz	0,06	0,15	0,3	0,53	0,6
$\Omega = \frac{f_1}{f}$	10	4	2	1,13	1
$A, [\text{dB}]$	74,1	42,3	18,28	2,3	1



14.19-rasm. Chastotaning susayish grafigi

14.19-rasmda $n=4$ uchun Battervort yuqori chastota filtring $A(f)$ susayishi chastota reaksiyasining grafigi ko'rsatilgan. Hisoblashdan buni ko'rish mumkin

$M(f_1) = \Delta A = 1 \text{ dB}$, $A(f_s) = 18,3 \text{ dB} > A_s = 15 \text{ dB}$, demak hisoblangan filtr berilgan talablarni qondiradi.

2-masala.

Yuklama qarshiligi $R=1000 \ \Omega$ va siklik chastotasi $f_c = 2000 \text{ Hz}$ bo'lgan k turidagi quyi chastotali filtr elementlari aniqlansin. T va P-simon filtrlar sxemasini tasvirlang.

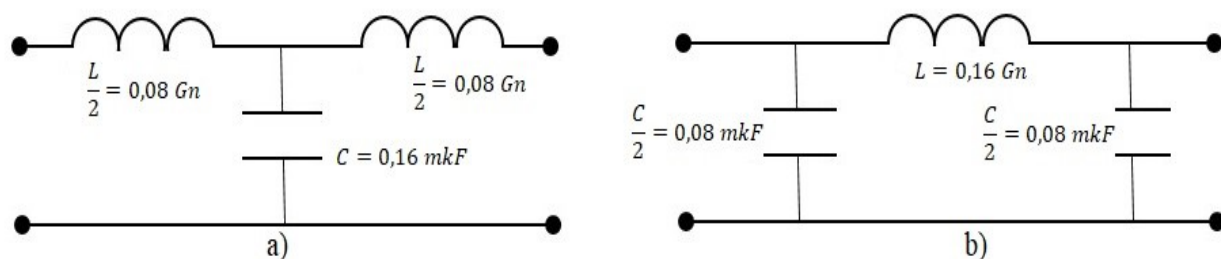
Yechish:

14.3-jadvalda keltirilgan formulalarga muvofiq:

$$L = \frac{k}{\pi \cdot f_c} = \frac{1000}{3,14 \cdot 2000} = 0,16 \text{ Gn};$$

$$C = \frac{1}{\pi \cdot f_c \cdot k} = \frac{1}{3,14 \cdot 2000 \cdot 1000} = 0,16 \cdot 10^{-6} = 0,16 \text{ mkF};$$

T va P-simon filtrlar sxemasi 4-rasm a va b larda tasvirlangan.



14.20-rasm. Filtrlarning T va P-simon almashtirish sxemalari

3-masala.

14.6-jadval

To‘g‘rilagich sxemasi	Tanlash nisbatlari				Pulsatsiyalash koeffitsiyenti
	Diod		Transformator		
	$\frac{U_{max.tesk}}{U_{n.o'rt.}}$	$\frac{I_d}{I_{n.o'rt.}}$	$\frac{U_{2f}}{U_{n.o'rt.}}$	$\frac{P_t}{P_n}$	
Bitta yarim davrli (m=1)	3,14	1	2,22	3,0 3,5	1,57
1 fazali ko‘prik sxema (m=2)	1,57	1/2	1,11	1,23	0,667
Ikkita yarim davrli nol chiqishli transformator (m=2)	3,14	1/2	1,11	1,48	0,667
uch fazali ko‘prik sxema (m=6)	1,045	1/3	0,427	1,045	0,057
uch fazali nol chiqishli transformator (m=3)	2,09	1/3	0,855	1,34	0,25

Yuklama qarshiligining ikkita qiymati $R_n = 10 \text{ Om}$, $R_n = 1 \text{ kOm}$ uchun iste'molchidagi kuchlanishining pulsatsiyalash ko'effitsiyenti $k_{p2} = 0,01$ ni olish uchun to'g'rilagichda oddiy to'g'rilash filtrlari (induktiv yoki sig'imli) hisoblang va tanlang (14.20-rasm). Tarmoqning chastotasi $f = 50 \text{ Hz}$.

Yechish:

To'g'rilangan kuchlanishning talab qilinadigan koeffitsiyenti:

$$k_{to'g'ri..C} = \frac{k_{p1}}{k_{p2}} = \frac{0,667}{0,01} = 66,7 ,$$

bu yerda: k_{p1} -fildrsiz to'liq to'liqinli to'g'rilagichning chiqishidagi pulsatsiyalash koeffitsiyenti (14.6-jadval).

Filtr elementlarini hisoblash uchun nisbatlar 14.7-jadvalda keltirilgan, bu yerda m – to'g'rilangan kuchlanishning pulsatsiyalari (fazalari) soni.

14.7-jadval

Filtr tipi	To'g'rilash koeffitsiyenti
Oddiy sig'imli	$k_{to'g'ri..C} = m\omega C_F R_N$
Oddiy induktivli	$k_{to'g'ri..L} = \frac{m\omega L_F}{R_N}$
Γ -simon LC-filtr	$k_{to'g'ri..G} = m^2\omega^2 L_F C_F$
Γ -simon RC-filtr	$k_{to'g'ri..G(RC)}$ $= (0,5 \dots 0,9)m\omega L_F C_F$

Nominal yuklama $R_n = 10 \text{ Om}$ bo'lganda:

$$C_F = \frac{k_{to'g'ri..C}}{m \cdot \omega \cdot R_N} = \frac{k_{to'g'ri..C}}{m \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot R_N} = \frac{66,7}{2 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 10} = 10621 \cdot 10^{-6} F$$

$$= 10621 \text{ mkF} ;$$

$$L_F = \frac{k_{to'g'ri..L} \cdot R_N}{m \cdot \omega} = \frac{k_{to'g'ri..L} \cdot R_N}{m \cdot 2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{66,7 \cdot 10}{2 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 1,06 \text{ Gn}.$$

Nominal yuklama $R_n = 1000 \text{ Om}$ bo'lganda:

$$C_F = \frac{k_{to'g'ri..C}}{m \cdot \omega \cdot R_N} = \frac{k_{to'g'ri..C}}{m \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot R_N} = \frac{66,7}{2 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 1000} = 106,21 \cdot 10^{-6} F$$

$$= 106,21 \text{ mkF} ;$$

$$L_F = \frac{k_{to'g'ri..L} \cdot R_N}{m \cdot \omega} = \frac{k_{to'g'ri..L} \cdot R_N}{m \cdot 2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{66,7 \cdot 1000}{2 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 106,21 \text{ Gn} .$$

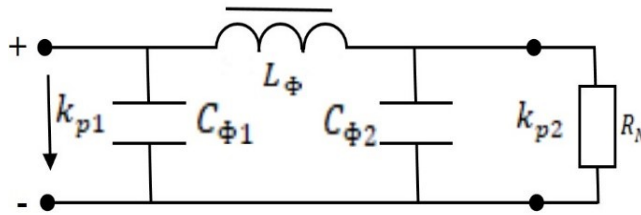
Hisob-kitoblardan ko'rinib turibdiki, past qarshilikli yuklama uchun induktiv filtrni olish kerak, chunki sig'im C_F katta, yuqori qarshilikli yuk uchun ($R_N = 1 \text{ kOm}$) - sig'imli filtr $C_F = 106 \text{ mkF}$.

4-masala.

Tarmoq chastotasi $f = 50 \text{ Hz}$ bo'lsa, chiqish kuchlanishining to'g'rilash koeffitsiyenti $k_{p2} = 0,01$ bo'lishini ta'minlash uchun qarshilik $R_N = 110 \text{ Om}$ bo'lgan bir fazali ko'prik to'g'rilagichiga P-simon LC filtrini hisoblang. $C_{F1} = 100 \text{ mkF}$, $C_{F2} = (1 \dots 2) \cdot C_{F1}$

Yechish:

Biz Π -simon LC filtrini ko'p bo'g'inli filtr deb hisoblaymiz, uning tekislash koeffitsiyenti quyidagicha:



14.21-rasm. Elektr filtr sxemasi

$$k_{to'g'ri..P} = k_{to'g'ri..C} \cdot k_{to'g'ri..G}.$$

Biz sig'imni $C_F = 100 \text{ mkF}$ ni qiymat deb olamiz va sig'im filtring to'g'rilash koeffitsiyentini hisoblaymiz:

$$k_{to'g'ri..C} = m \cdot \omega \cdot C_{F1} \cdot R_N = m \cdot 2\pi \cdot f \cdot C_F \cdot R_N = 2 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 100 \cdot 10^{-6} \cdot 110 = 6,91.$$

bu yerda: $m = 2$. $\omega = 314 \text{ s}^{-1}$.

Kerakli qiymat bo'yicha

$$k_{to'g'ri..P} = \frac{k_{p1}}{k_{p2}} = \frac{0,667}{0,01} = 66,7.$$

Aniqlaymiz:

$$k_{to'g'ri..G} = \frac{k_{to'g'ri..P}}{k_{to'g'ri..C}} = \frac{66,7}{6,91} = 9,65.$$

Γ - simon filtring to'g'rilash koeffitsiyenti $k_{to'g'ri..G} = m^2 \omega^2 L_F C_F$ ni 14.5-jadvaldan olamiz.

$$L_F C_{F2} = \frac{k_{to'g'ri..G}}{m^2 \omega^2} = \frac{9,65}{2^2 \cdot 314^2} = 24,4 \text{ Gn} \cdot \text{mkF}.$$

Biz $C_{F2} = 100 \text{ mkF}$ qiymatini o'rnatamiz (odatda $C_{F2} = (1 \dots 2) C_{F1}$) va drosselning induktivligini topamiz.

$$L_F = \frac{L_F C_{F2}}{C_{F2}} = \frac{24,4}{100} = 0,244 \text{ Gn}.$$

Mustaqil ishlash uchun masalalar

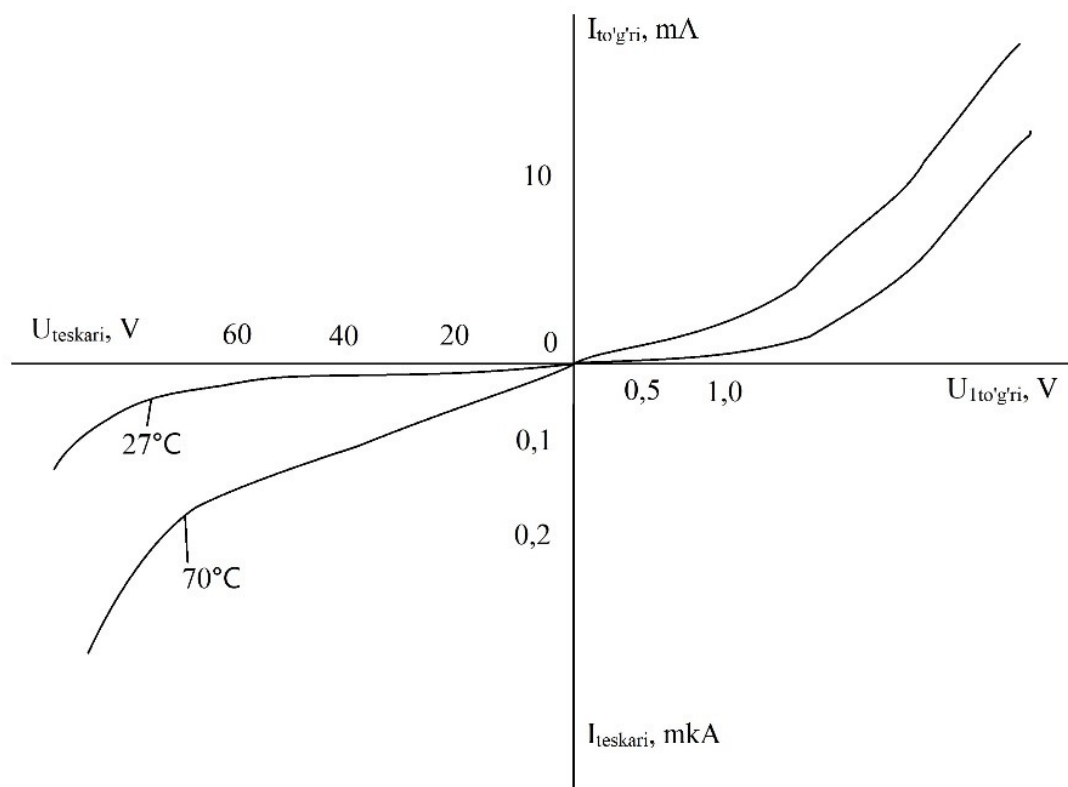
1. Tarmoq chastotasi $f = 50 \text{ Hz}$ bo'lsa, chiqish kuchlanishining to'g'rilash koeffitsiyenti $k_{p2} = 0,01$ bo'lishini ta'minlash uchun qarshilik $R_N = 110 \text{ Om}$ bo'lgan bir fazali ko'priq to'g'rilagichiga II-simon LC filtrini hisoblang (14.5-rasm). $C_{F1} = 100 \text{ mkF}$, $C_{F2} = (1 \dots 2) \cdot C_{F1}$.
2. Tarmoq chastotasi $f = 50 \text{ Hz}$ bo'lsa, chiqish kuchlanishining to'g'rilash koeffitsiyenti $k_{p2} = 0,02$ bo'lishini ta'minlash uchun qarshilik $R_N = 120 \text{ Om}$ bo'lgan bir fazali ko'priq to'g'rilagichiga II-simon LC filtrini hisoblang.
3. Yuklama qarshiligi $R = 100 \Omega$ va siklik chastotasi $f_c = 1000 \text{ Hz}$ bo'lgan k turidagi quyi chastotali filtr elementlari aniqlansin. T va II-simon filtrlar sxemasini tasvirlang.
4. Yuklama qarshiligining ikkita qiymati $R_n = 10 \text{ Om}$, $R_n = 1 \text{ kOm}$ uchun iste'molchidagi kuchlanishining pulsatsiyalash koeffitsiyenti $k_{p2} = 0,01$ ni olish uchun to'g'rilagichda oddiy to'g'rilash filtrini (induktiv yoki sig'imli) hisoblang va tanlang (14.5-rasm). Tarmoqning chastotasi $f = 50 \text{ Hz}$.
5. Battervort yuqori chastota filtri uchun quyidagi 14,4-jadvaldagi parametrlar bo'yicha hisoblang: $f_s = 0,2 \text{ kHz}$, $f_1 = 0,5 \text{ kHz}$, $A_s = 12 \text{ dB}$, $\Delta A = 1 \text{ dB}$, $R_1 = R_N = 500 \text{ Om}$. Susayish sxemasini quring.
6. Tarmoq chastotasi $f = 50 \text{ Hz}$ bo'lsa, chiqish kuchlanishining to'g'rilash koeffitsiyenti $k_{p2} = 0,03$ bo'lishini ta'minlash uchun qarshilik $R_N = 150 \text{ Om}$ bo'lgan bir fazali ko'priq to'g'rilagichiga II-simon LC filtrini hisoblang $C_{F1} = 100 \text{ mkF}$, $C_{F2} = (1 \dots 2) \cdot C_{F1}$.
7. Yuklama qarshiligining ikkita qiymati $R_n = 10 \text{ Om}$, $R_n = 1 \text{ kOm}$ uchun iste'molchidagi kuchlanishining pulsatsiyalash koeffitsiyenti $k_{p2} = 0,01$ ni olish uchun to'g'rilagichda oddiy to'g'rilash filtrini (induktiv yoki sig'imli) hisoblang va tanlang (14.5-rasm). Tarmoqning chastotasi $f = 50 \text{ Hz}$.

15-MAVZU: YARIM O'TKAZGICHLI TO'G'RILAGICHNI HISOBLASH

Yarim o'tkazgichli diodlar deb, bitta $p-n$ o'tishga va ikkita chiqishiga ega bo'lgan yarim o'tkazgichli asbobga aytiladi. Barcha yarim o'tkazgichli diodlar ikkita sinfga bo'linadi: nuqtali va yassi diodlar.

Nuqtali diodda germaniy yoki kremniyning plastinkali elektr o'tkazuvchanligi qo'llaniladi. Uning qalinligi 0,1-0,6 mm va yuzasi esa 0,5-1,5 mm² gacha bo'ladi.

Nuqtali diodning har xil haroratlardagi VAT i quyida keltirilgan:



15.1-rasm. Yarim o'tkazgichli diodlarning tavsiflari

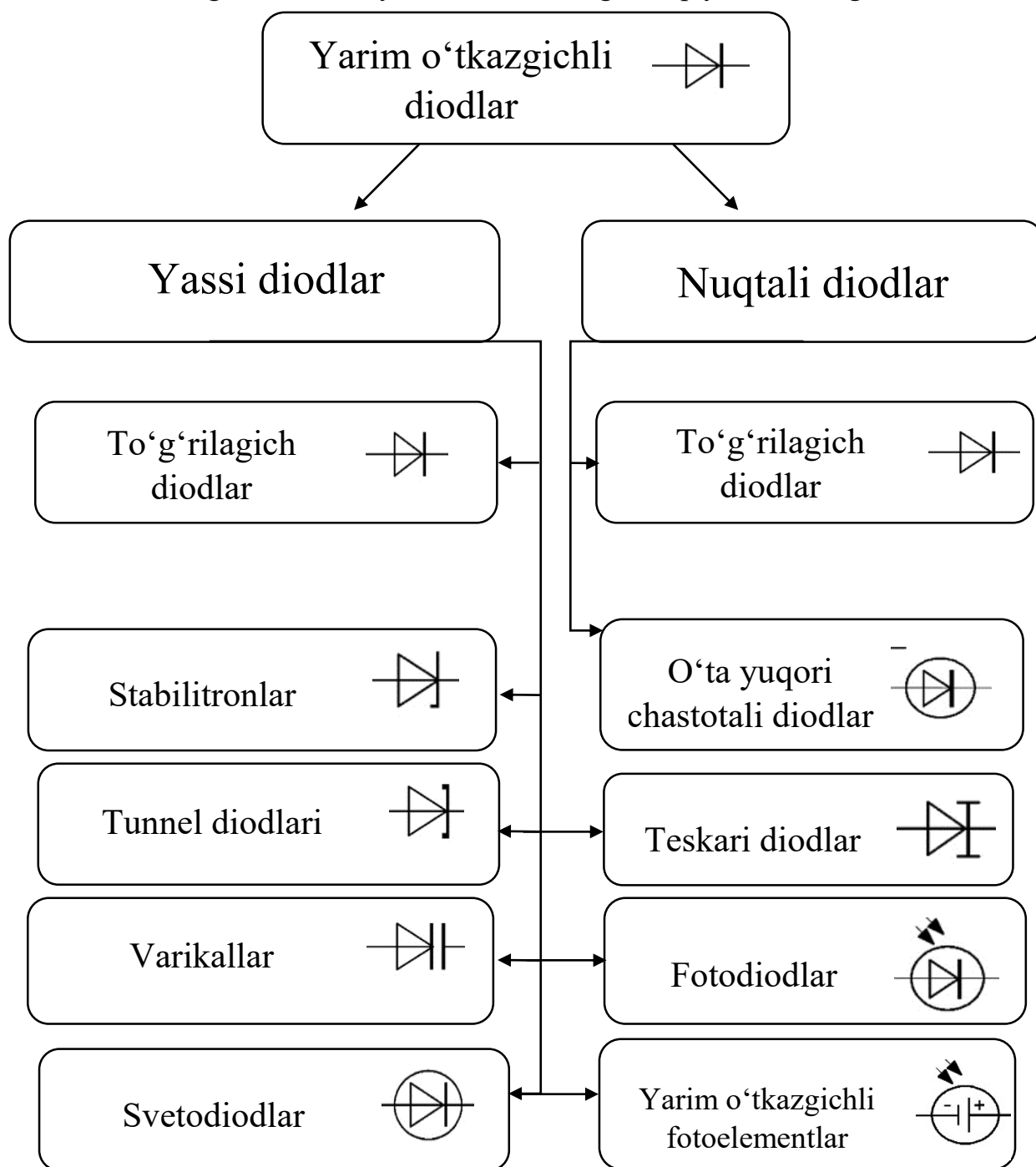
Nuqtali diodlarning konstruksiyasi unchalik ishonchli emas, elektr kontakti ingichka prujina bo'lib uning bosimi katta bo'la olmaydi.

Nuqtali diod yuqori chastotali toklarni to'g'rilashda qo'llaniladi. Boshqa hamma sohada nuqtali diodlar o'rniga yassi diodlar ishlatiladi, chuki bularning konstruksiyasi mustahkam, ko'rsatkichlari yuqori, ishlashi ishonchli. Bu diodlarda o'tkazuvchanligi turlicha bo'lgan yarim o'tkazgichlardan $p-n$ o'tish hosil qilinadi. Yassi diodlarning o'tish maydoni yarim o'tkazgichlarning turiga qarab 0,01 mkm² dan (mikroyuzali yassi diodlar) 10 sm² gacha (kuch diodlari) bo'ladi.

Yassi diodlar elektr tavsifnomalari orqali aniqlanadi. Diodlarni qo'llanishiga qarab $p-n$ o'tishning kerakli tavsiflari qo'llaniladi. Quyidagi yassi diodlarni tavsiflarini ko'rib o'tamiz.

To'g'rilagichli yarim o'tkazgichli diodlar - o'zgaruchan tokni to'g'rilash uchun qo'llaniladigan diodlarga aytiladi.

Diodlarning klassifikatsiyasi va shartli belgilari quyida keltirilgan:



15.2-rasm. Yarim o'tkazgichli diodlarning turlari va shartli belgilanishi.

To'g'rilagich diodlar quyidagi parametrlari bilan tavsiflanadi: to'g'ri tok, maksimal teskari tok, maksimal teskari kuchlanish, to'g'ri o'tishdagi qarshilik, teskari o'tishdagi qarshilik (germaniyli diodlarga nisbatan kremniyli diodlarda bu

qarshilik juda katta bo'lad), ruxsat etilgan ishchi harorat.

Yuqori chastotali va impuls zanjirlarida ishlatiladigan kichik quvvatli to'g'rilagich diodlarini tuzilishi (konstruksiya) nuqtali diodlarning tuzilishiga o'xshab ketadi. O'tish maydoning kattaligi sababli diodning to'g'ri toki 1-1000 ampergacha bo'lishi mumkin. Umuman diodga 1V dan katta bo'lmagan to'g'ri kuchlanish beriladi, bunda yarim o'tkazgichli diodning tok zichligi 1-10 A/mm² gacha ortib ketadi va yarim o'tkazgichli diodlarda harorat ortib ketishi kuzatiladi.

Ish qobiliyatini saqlab turish uchun germaniyli diodning harorati 85°C dan, kremniyli diodlarniki esa 150°C dan oshmasligi kerak.

To'g'rilagichli diodlarning asosiy kattaliklari

1. *Diodni maksimal ruxsat etilgan teskari kuchlanishi.* Diodni uzoq vaqt davomida ish qobiliyati buzilmasdan chiday oladigan teskari kuchlanish qiymati (10 - 1000 V).

2. *Diodning o'rtacha to'g'rilangan toki $I_{o'rta.to'g'ri}$* – to'g'rilagich dioddan oqib o'tuvchi to'g'rilangan doimiy tokning biror davridagi o'rtacha kiymati (100 mA-10 A).

3. *Diodning impuls to'g'ri toki $I_{to'g'ri.imp.}$* - tok impulsining eng yuqori qiymati.

4. *Diodning o'rtacha teskari toki $I_{o'rta.teskari}$* - teskari tokning biror davridagi o'rtacha qiymati (0,1 mA - 5 mA).

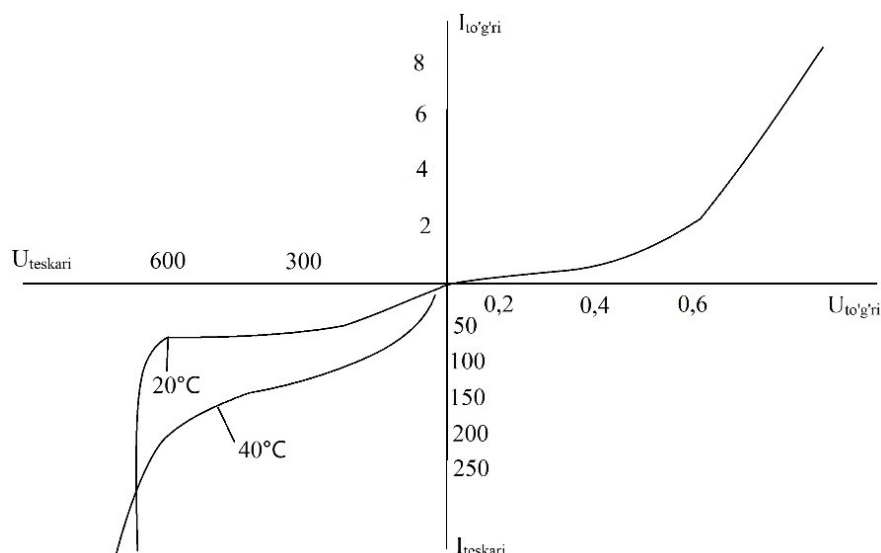
5. *To'g'ri tokning berilgan o'rtacha qiymatidagi diodning o'rtacha to'g'ri kuchlanishi $U_{o'rta.to'g'ri}$* (0,1 V).

Katta quvvatli diodlarni to'g'ri tok bilan qizishini oldini olish maqsadida ularni sovutish uchun maxsus choralar ko'riladi: diodlarni radiatorlarga montaj qilish, havo bilan sovutish va boshqalar.

Agar diodga bir necha 10 V to'g'ri kuchlanish berilsa, juda katta to'g'ri tok hosil bo'lad va diod bir necha sekundlar ichida 800-1000°C gacha qizib ketishi mumkin. Lekin ana shunday kuchlanishni juda qisqa vaqtga berilsa, diod qizib ulgurmaydi va ishdan chiqmaydi. Qoida bo'yicha yarim o'tkazgich diodlarga tok bo'yicha 50-100 marotaba ketgan ortiqcha yuklamani 0,1 sekundgacha berish mumkin.

Diod turi	Kattaliklari			
	Maksimal ruxsat etilgan to'g'ri tok $I_{to'g'ri\ max.}, A$	Maksimal ruxsat etilgan teskari kuchlanish, $U_{tesk.max.}, V$	$I_{tesk.}, mA$	Elektrodlar orasidagi sig'im, pF
Nuqtali diod	0,01-0,1	25-150	0,1-100	0,5-1,0
Kichik quvvatli to'g'rilagichli diod	0,1-1,0	200-1000	10-200	100-10000
Quvvatli to'g'rilagich	1-2000	200-4000	1000-5000	—
Impulsi diod	0,01-0,5	10-100	0,1-50	1,0-20

Diodga teskari kuchlanish berilsa, $p-n$ o'tishdan asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilar harakatlanishidan kichik qiymatdagi teskari tok hosil bo'ladi. Demak, o'tishning harakati oshsa, asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilar soni ko'payadi va diodning teskari toki ortadi. Diodga katta teskari kuchlanish berilsa $p-n$ o'tishni ko'chkili teshilishiga va teskari tokini keskin ortib ketishiga olib keladi, bu esa diodning qizishiga, agar tok yana oshaversa, issiqlikdan teshilishiga olib keladi, $p-n$ o'tishning buzilishi mumkin. Ko'pchilik diodlar 0,7-0,8 teshilish kuchlanish qiymatlaridan oshmagan teskari kuchlanishda mustahkam ishlashi mumkin. Bu qiymatdan qisqa vaqtga oshishi ham $p-n$ o'tishning teshilishiga olib keladi va diodni ishdan chiqishiga olib keladi.



15.3-rasm. O'rta quvvatli yarim o'tkazgich diodning VAT i

Masalalar

1-masala.

Quyidagi markalarda berilgan 4 xil diodlardan bittasini tanlab, ko'prik sxemani yasang. D218, D222, KD202N, D215B. Iste'molchining quvvati $P_n = 300 \text{ Vt}$, kuchlanishi esa $U = 200 \text{ V}$.

Yechish:

1. Mazkur diodlarning qo'llanmalardagi parametrlarini yozamiz:

15.2-jadval

Diod turi	Ruxsat etilgan toki: I_{rux}, A	Teskari kuchlanishi: $U_{tesk.}, V$
D218	$I_{rux} = 0,1 A$	$U_{tesk.} = 1000 V$
D222	$I_{rux} = 0,4 A$	$U_{tesk.} = 600 V$
KD202N	$I_{rux} = 1 A$	$U_{tesk.} = 500 V$
D215B	$I_{rux} = 2 A$	$U_{tesk.} = 200 V$

2. Iste'molchining iste'mol tokini aniqlaymiz:

$$I_n = \frac{P_n}{U_n} = \frac{300}{200} = 1,5 A;$$

3. To'g'rilagich ko'prik sxemasining zanjiri uchun o'tkazmaydigan davrda diodga ta'sir qiluvchi kuchlanishni aniqlaymiz:

$$U_d = 1,57 \cdot U_n = 1,57 \cdot 200 = 314 V;$$

4. Har bir dioddan oqib o'tuvchii tokni aniqlaymiz:

$$I_d = 0,5 \cdot I_n = 0,5 \cdot 1,5 = 0,75 \text{ A};$$

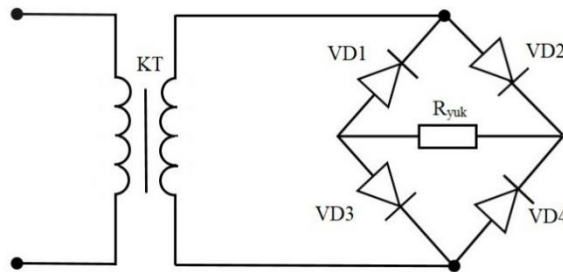
5. Topilgan parametrlar orqali diod tanlaymiz:

$$I_{rux} \geq I_d = 0,75 \text{ A}; U_{tesk.} \geq U_d = 314 \text{ V};$$

Bu shartlarga faqat KD202N markali diod mos keladi.

$$I_{rux} = 1 \text{ A} > 0,75 \text{ A}; \quad U_{tesk.} = 500 \text{ V} > 314 \text{ V};$$

D218, D222 diodlari kuchlanish holatini qondiradi, chunki 1000 V va 600 V 314 V dan yuqori, lekin ruxsat etilgan toki talab etilayotganiga mos emas, chunki 0,1 va 0,4 A tok 0,75A dan kam. D215B diodi, aksincha, ruxsat etilgan tok talab darajasida, chunki $2\text{ A} > 0,75\text{ A}$, lekin teskari kuchlanishi mos emas, chunki $200\text{ V} < 314 \text{ V}$. Shuning uchun bizga eng optimal variant KD202N diod hisoblanadi.



15.4-rasm. Diod ko'prigining sxemasi

2-masala.

O'zgarmas tok bilan ta'minlanayotgan iste'molchining quvvati $P_n = 300 \text{ Vt}$, kuchlanishning qiymati $U = 20 \text{ V}$ qiymatida D142A markali diod orqali bitta yarim davrli to'g'rilagich sxemasini yig'ing.

Yechish:

1. D142A markali diod parametrlarini qo'llanmadan yozib olamiz:

$$I_{rux} = 10 \text{ A}, \quad U_{tesk.} = 100 \text{ V}.$$

2. Iste'molchining iste'mol qilayotgan tokini aniqlaymiz:

$$I_n = \frac{P_n}{U_n} = \frac{300}{20} = 15 \text{ A};$$

3. Bitta yarim davrli to'g'rilagichda diod orqali o'tadigan tok iste'molchi tokiga teng:

$$I_d = I_n = 15 \text{ A};$$

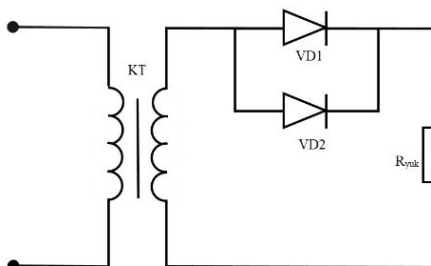
4. O'tkazmaydigan davrda diodga ta'sir qiluvchi kuchlanishni aniqlaymiz:

$$U_d = 3,14 \cdot U_n = 3,14 \cdot 20 = 62,8 \text{ V}$$

5. Diod parametrlarining $I_{rux} \geq I_d$ va $U_{tesk.} \geq U_d$ shartlariga muvofiqligini tekshiramiz. Bunday holda, birinchi shart bajarilmaydi, chunki $10\text{ A} < 15\text{ A}$, ya'ni. $I_{rux} < I_d$ Ikkinchi shart qondiriladi, chunki $100\text{ V} > 63\text{ V}$, ya'ni. $U_{tesk.} > U_d$

6. Biz to'g'rilagich sxemasini tuzamiz. Berilgan shart bajarilishi uchun ikkita ($n=2$) diod parallel ravishda ulanishi kerak, keyin $n \cdot I_{rux} = 2 \cdot 10 = 20\text{ A}$; $20\text{ A} > 15\text{ A}$.

Bitta yarim davrli to'g'rilagichning sxemasi quyidagicha:



15.5-rasm. Bitta yarim davrli to'g'rilagichning sxemasi

3-masala.

Parametrlari 15.3-jadvalda keltirilgan standart diodlar yordamida bitta yarim davrli to'g'rilagich sxemasini tuzing. Iste'molchi quvvati P_0 , V_t , ta'minot kuchlanishi U_0 , V. Berilgan parametrlarga ega diodlar uchun sxemani tuzish tartibini tushuntiring. Ma'lumotlarni 15,3-jadvaldan oling.

15.3-jadval

Variant nomeri	Diod turi	P_0 , Vt	U_0 , V.	I_{rux} , A	U_{tesk} , V
1	D206	25	50	0,1	100
2	D242B	150	30	2	100
3	D7G	80	100	0,3	200
4	KD202A	200	50	3	50
5	MD217	150	500	0,1	800
6	2D216A	300	20	10	100
7	2D217A	600	80	3	100
8	D207	30	100	0,1	200
9	D302	260	160	1	200
10	D233B	500	400	5	500

Yechish:

1. D242B diod uchun parametrlarni hisoblaymiz:

$$P_0 = 150 \text{ Vt}; \quad U_0 = 30 \text{ V}; \quad I_{rux} = 2 \text{ A}; \quad U_{tesk} = 100 \text{ V}.$$

2. Iste'molchidagi tok kuchini aniqlaymiz:

$$I_0 = \frac{P_0}{U_0} = \frac{150}{30} = 5 \text{ A}.$$

3. To'g'rilagich ko'prigi sxemasi uchun o'tkazmaydigan davrda diodga ta'sir qiluvchi kuchlanishni topamiz:

$$U_b = 3,14 \cdot U_0 = 3,14 \cdot 30 = 94,2 \text{ V}.$$

4. Quyidagi shartlarga ko'ra diod tanlaymiz:

a) $I_{rux} > 0,5 \cdot I_0$ shartni qanoatlantirishi zarur:

$$I_{rux} > 0,5 \cdot 5 = 2,5 \text{ A};$$

$$I_{rux} < 2,5 \text{ A}.$$

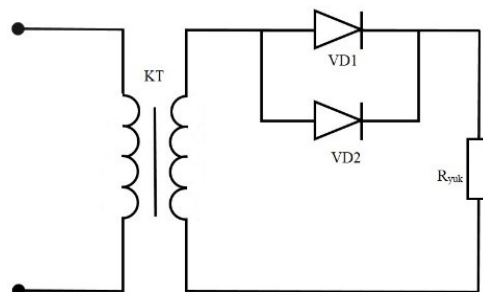
b) $U_{tesk} \geq U_b$ shu shartni qanoatlirishi kerak:

$$U_{tesk} > U_b = 94,2 \text{ V}.$$

5. Ushbu shartlarning natijalaridan ko'rinib turibdiki, mazkur D242B markali diod to'g'rilagich sxemasiga ulangan iste'molchi uchun mos kelmaydi. Sababi, diodning ruxsat etilgan toki I_{rux} iste'molchi tokidan 0,5 barobar katta qiymatda hamda teskari kuchlanish U_{tesk} to'g'rilagich ko'prigi sxemasi uchun tok o'tkazmaydigan davrda diodga ta'sir qiluvchi kuchlanishdan katta yoki teng bo'lishi zarur edi. Diod faqatgina ikkinchi shartni qanoatlantirmoqda. Shu sababli bu diod berilgan shart bajarilishi uchun ikkita ($n=2$) diod parallel ravishda ulanishi kerak, keyin

$$n \cdot I_{rux} = 2 \cdot 2 = 4 \text{ A}; \quad 4 \text{ A} > 2,5 \text{ A}.$$

Bitta yarim davrli to'g'rilagichning sxemasi quyidagicha:



15.6-rasm. Bitta yarim davrli to'g'rilagichning sxemasi

4-masala.

Ko'prik to'g'rilagichi iste'molchini o'zgarmas tok bilan ta'minlashi kerak. Iste'molchi quvvati $P_0 = 400$, V_t , ta'minot kuchlanishi $U_0 = 40$ V. Yarim o'tkazgichli diodlarning uch turidan birini tanlash kerak, ularning parametrlari 15.4-jadvalda keltirilgan, to'g'rilagich sxemasi uchun va qaysi tanlov asosida amalga oshirilganligini tushuntiring. To'g'rilagichning diagrammasini chizing

15.4-jadval

Variant nomeri	Diod turi	I_{rux} , A	U_{tesk} , V	Variant nomeri	Diod turi	I_{rux} , A	U_{tesk} , V
1	D214B	2	100	8	D217	0,1	800
2	KD209B	0,5	600	9	D303	3	150
3	D303	0,3	200	10	D243	10	200
4	D242B	2	100	11	D302	1	200
5	MD226	0,3	400	12	KD217	0,1	800
6	D302	1	200	13	D214B	2	100
7	D211	0,1	600	14	KD202N	1	500

Yechish:

1. Diod uchun parametrlarni:

$$D214B: I_{rux} = 2 \text{ A}; \quad U_{tesk} = 100 \text{ V};$$

$$D303: I_{rux} = 3 \text{ A}; \quad U_{tesk} = 150 \text{ V};$$

$$D243: I_{rux} = 10 \text{ A}; \quad U_{tesk} = 200 \text{ V};$$

2. Iste'molchidagi tok kuchini aniqlaymiz:

$$I_0 = \frac{P_0}{U_0} = \frac{400}{40} = 10 \text{ A};$$

3. To'g'rilagich ko'prigi sxemasi uchun o'tkazmaydigan davrda diodga ta'sir qiluvchi kuchlanishni topamiz:

$$U_b = 1,57 \cdot U_0 = 1,57 \cdot 40 = 62,8 \text{ V};$$

4. Quyidagi shartlarga ko'ra diod tanlaymiz:

c) $I_{rux} > 0,5 \cdot I_0$ shartni qanoatlantirishi zarur:

$$I_{rux} > 0,5 \cdot 10 = 5 \text{ A};$$

$$I_{rux} > 5 \text{ A}$$

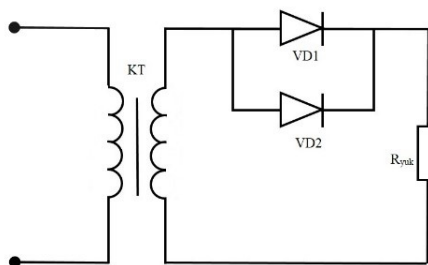
d) $U_{tesk} \geq U_b$ shu shartni qanoatlirishi kerak:

$$U_{tesk} > U_b = 62,8 V$$

5. Ushbu shartlarning natijalaridan ko‘rinib turibdiki, mazkur D303 markali diod to‘g‘rilagich sxemasiga ulangan iste’molchi uchun mos kelmaydi. Sababi, diodning ruxsat etilgan toki I_{rux} iste’molchi tokidan 0,5 barobar katta qiymatda hamda teskari kuchlanish U_{tesk} to‘g‘rilagich ko‘prigi sxemasi uchun tok o‘tkazmaydigan davrda diodga ta’sir qiluvchi kuchlanishdan katta yoki teng bo‘lishi zarur edi. Diod faqatgina ikkinchi shartni qanoatlantirmoqda. Shu sababli bu diod berilgan shart bajarishi uchun ikkita ($n=2$) diod parallel ravishda ulanishi kerak, keyin

$$n \cdot I_{rux} = 2 \cdot 3 = 6 A; 6A > 5A.$$

Bitta yarim davrli to‘g‘rilagichning sxemasi quyidagicha:



15.7-rasm. Bitta yarim davrli to‘g‘rilagichning sxemasi

5-masala.

Uch fazali ko‘prik to‘g‘rilagichi 380/220 V tarmog‘idan $I_l=50 A$ tokni iste’mol qiladi. Bir fazada to‘g‘rilagich tomonidan iste’mol qilinadigan aktiv quvvat $P_l=9 kVt$. Tarmoq kuchlanishining chastotasi $f=50 Hz$. Reaktiv quvvatni to‘liq kompensatsiyalash uchun kosinusli kondensatorlarning kerakli sig‘imini toping (15.8-rasm), oqimlarning vektor diagrammasini tuzing va kondensatorlarning tarmoqqa ulanish sxemasini ko‘rsating.

Yechish:

1. To‘g‘rilagichning bitta fazadan iste’mol qiladigan to‘la quvvat:

$$S_1 = U_1 \cdot I_1 = 220 \cdot 50 = 11000 = 11 kVA.$$

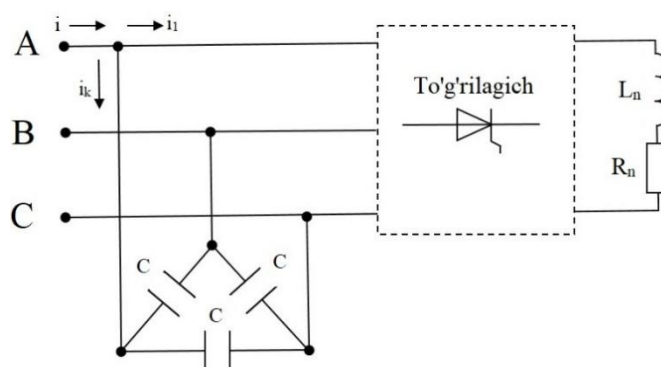
2. To‘g‘rilagichning quvvat koeffitsiyenti:

$$\lambda = \frac{P_1}{S_1} = \frac{9}{11} = 0,818.$$

3. Kuchlanish va tok iste’moli o‘rtasidagi faza siljishi:

$$\cos \varphi = \frac{\lambda}{k} = \frac{0,818}{0,955} = 0,857; \quad \varphi = 31^\circ;$$

bu yerda: k – iste'mol qilinadigan tokning egri shaklini buzish koeffitsiyenti, uch fazali to'g'rilagichlar uchun 0,955 ga teng



15.8-rasm. Uch fazali to'g'rilagichning sxemasi

4. Iste'mol qilinadigan tokning birinchi garmonikasining samarali qiymati:

$$I_{1(1)} = k \cdot I_1 = 0,955 \cdot 50 = 47,75 \text{ A.}$$

5. Keyin kompensatsiya oqimining samarali qiymati teng bo'lishi kerak:

$$I_k = I_{1(1)} \cdot \sin\varphi = 47,75 \cdot 0,515 = 24,59 \text{ A.}$$

6. Kosinus kondensatorlari tarmoqqa ulanganda uchburchak ulanganligi sababli, kondensatorlardagi tok quyidagiga teng bo'ladi:

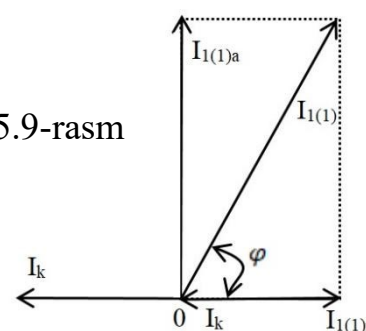
$$I_c = \frac{I_k}{\sqrt{3}} = \frac{24,59}{\sqrt{3}} = 14,21 \text{ A.}$$

7. Keyin kosinus kondensatoridagi kuchlanish ifodasidan biz uning sig'imining kerakli qiymatini topamiz:

$$C = \frac{I_c}{U \cdot \omega} = \frac{I_c}{U \cdot 2\pi \cdot f} = \frac{14,2}{380 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 119 \text{ mkF.}$$

8. Vektor diagrammasini quramiz (15.9-rasm), bu yerda $I_{1(1)}$ – iste'mol qilinadigan tokning birinchi garmonikasining samarali qiymati; $I_{1(1)a}$, $I_{1(1)r}$ – iste'mol qilinadigan tokning birinchi garmonikasining samarali qiymatining aktiv va reaktiv tashkil etuvchilari; I_k – kompensatsion tokning samarali qiymati.

15.9-rasm



Mustaqil ishlash uchun masalalar

1. Parametrlari 15.5-jadvalda keltirilgan standart diodlar yordamida ikki yarim davrli to'g'rilagich sxemasini tuzing. Iste'molchi quvvati P_0 Vt, ta'minot

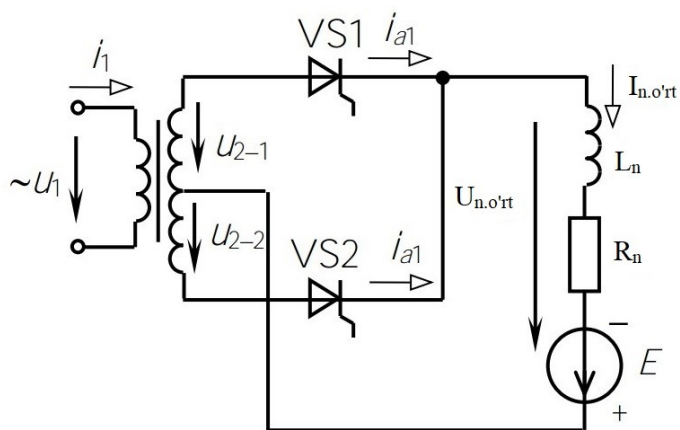
kuchlanishi U_0 V. Berilgan parametrlarga ega diodlar uchun sxemani tuzish tartibini tushuntiring.

15.5-jadval

Variant nomeri	Diod turi	P_0 , Vt	U_0 , V.	Variant nomeri	Diod turi	P_0 , Vt	U_0 , V.
1	D214, D215, D224	25	50	6	D217, D221, D232B	1000	200
2	D207, D217, D302	100	20	7	D222, D215, D305	180	20
3	D243, D211, D226,	120	100	8	D226A, D209, D304	120	100
4	D214, D243, KD202A	600	30	9	D242B, D224, D226	150	30
5	D303, D243B, D224	400	80	10	D215A, D242, D209	30	100

2. Boshqariladigan to'g'rilagich tomonidan iste'mol qilinadigan samarali tok $I_1=40$ A. Tarmoq kuchlanishi va chastotasi $U=380/220$ V, $f=50$ Hz, boshqaruv burchagi $\alpha=30^\circ$, kommutatsiya burchagi $\gamma=0^\circ$. Ko'priqli bir fazali va uch fazali to'g'rilagichlar uchun quyidagilarni aniqlang: iste'mol qilingan aktiv quvvat P_I ; iste'mol qilingan umumiy quvvat S_I ; quvvat koeffitsiyenti λ ; iste'mol qilinadigan tokning birinchi garmonikasining amplitudasi $I_{1(l)m}$.

3. Nol nuqtasida $U_1=220$ V bo'lgan bir fazali ikki qutbli konvertorda; transformatsiya koeffitsiyenti $n=2$; $R_n=10$ Om; $L_n=100$ Gn; $E=200$ V; $\alpha=150^\circ$, $f=50$ Hz. $u_n(t)$, $i_n(t)$, $i_1(t)$ diagrammalarini tuzing. Yuklamadagi kuchlanish va tokning o'rtacha qiymatini hisoblang. Yuklamadagi kuchlanishning o'rtacha qiymati $U_{n.o'rt} = U_{n.o'rt.0} \cdot \cos\varphi$



15.10-rasm.

4. EYuK $E=12\text{ V}$, ichki qarshiligi $R_0=1\text{ Ohm}$ bo'lgan akkumulyator batareyasi ikkilamchi kuchlanish $u_2 = 22\sin\omega t\text{ V}$ bo'lgan transformatorga ulangan bir fazali ko'prik to'g'rilagich orqali zaryadlanadi. Zaryadlovchi qurilmaning elektr sxemasini quring va zaryadlash tokining o'rtacha qiymatini aniqlang

5. Bir fazali ko'prik to'g'rilagichi yuk kuchlanishiga mo'ljallangan - $U_n = 100\text{ V}$, tok - $U_n = 150\text{ mA}$. O'chirish uchun D207 diodlari $I_{chekl.max.} = 100\text{ mA}$ va $U_{tesk.max.} = 200\text{ V}$ cheklash parametrlari bilan tanlangan. Agar diodlardan birining davri buzilgan bo'lsa, to'g'rilagich o'z vazifalarini saqlab qoladimi? Qolgan diodlar ham ishlaydimi?

6. Uch fazali ko'prik to'g'rilagichi 380/220 V tarmog'idan $I_l=60\text{ A}$ tokni iste'mol qiladi. Bir fazada to'g'rilagich tomonidan iste'mol qilinadigan aktiv quvvat $P_l=10\text{ kVt}$. Tarmoq kuchlanishining chastotasi $f=50\text{ Hz}$. Reaktiv quvvatni to'liq kompensatsiyalash uchun kosinusli kondensatorlarning kerakli sig'imini toping (5-rasm), oqimlarning vektor diagrammasini tuzing va kondensatorlarning tarmoqqa ulanish sxemasini ko'rsating.

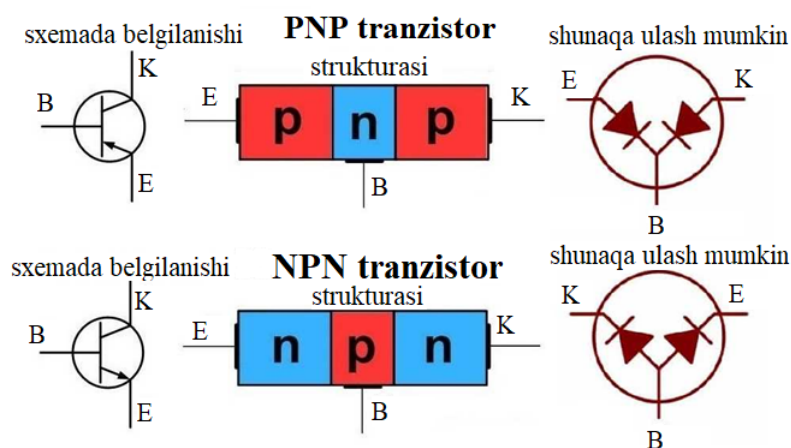
7. Parametrlari 15.2-jadvalda keltirilgan standart diodlar yordamida bitta yarim davrli to'g'rilagich sxemasini tuzing. Iste'molchi quvvati P_0 , V_t , ta'minot kuchlanishi U_0 , V. Berilgan parametrlarga ega diodlar uchun sxemani tuzish tartibini tushuntiring. Ma'lumotlarni 15.2-jadvaldan oling.

16-MAVZU: YARIM O'TKAZGICHLI TRANZISTORLARNI HISOBLASH

Bipolyar tranzistorlar deb, quvvat kuchaytiruvchi uchta elektr o'tkazuvchi zonasiga ega bo'lgan elektr o'tkazuvchi asbobga aytiladi.

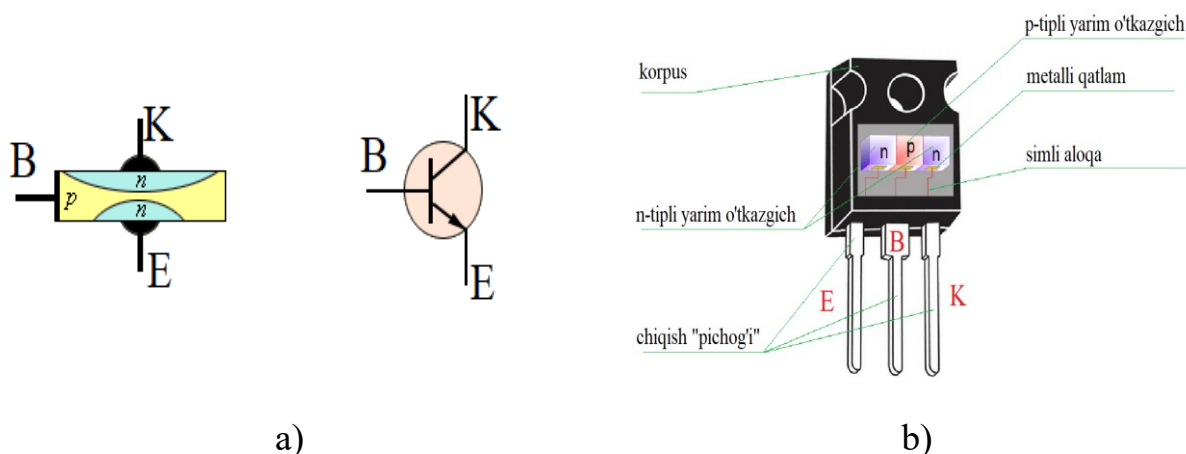
Bipolyar tranzistorlarda tok ikki qutbli zaryad tashuvchilar, ya'ni elektron va kovaklar harakatidan kelib chiqadi. Shuning uchun bu tranzistor nomi bipolyar deyiladi (ikki qutbli). Bu tranzistorlarning $p-n-p$ va $n-p-n$ turlari mavjud.

Tranzistorlarni tayyorlashda germaniyli va kremniyli utkazuvchi elementdan kuprots foydalaniladi.

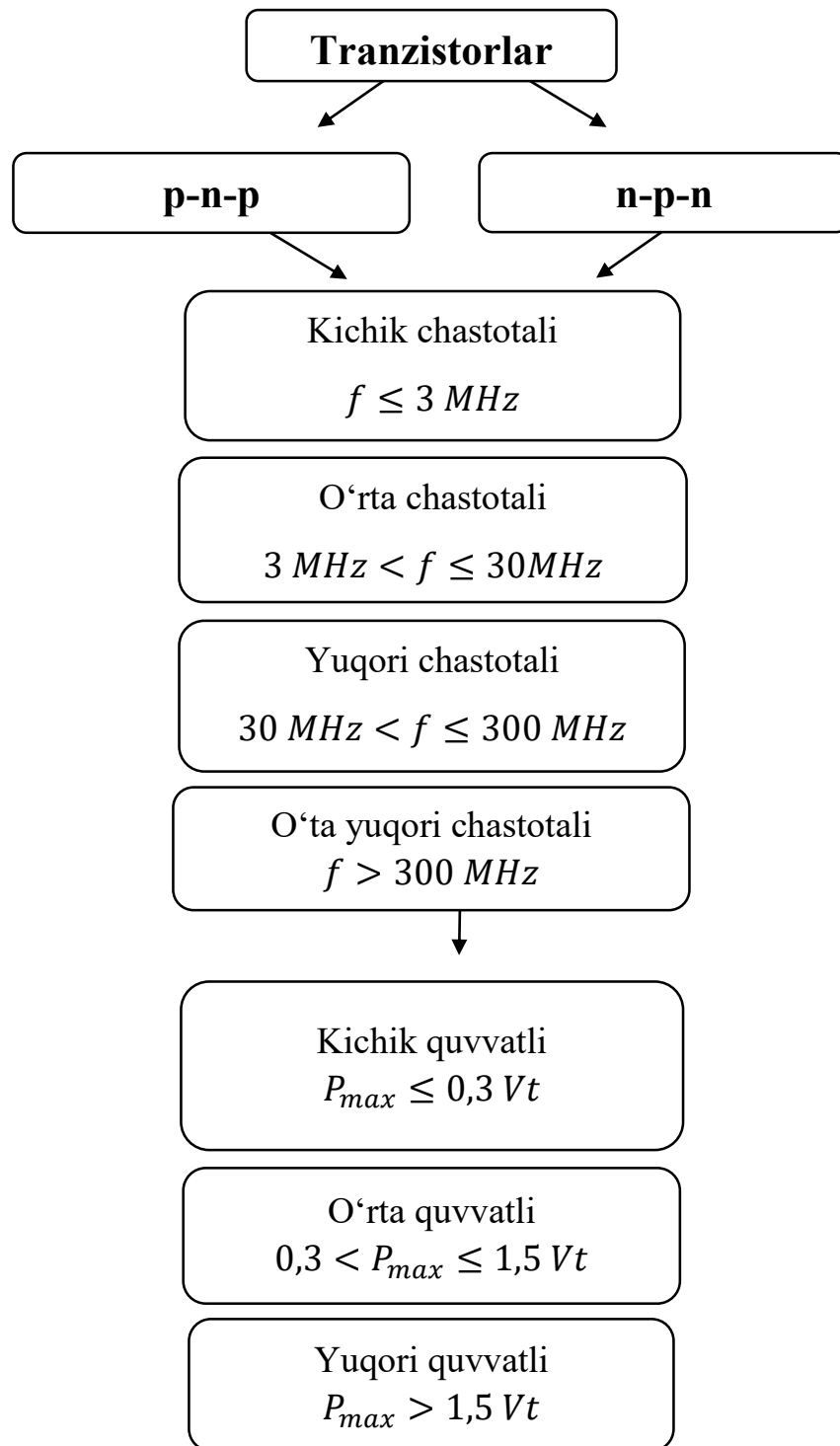


16.1-rasm. $p-n-p$ (a) va $n-p-n$ (b) tipli bipolyar tranzistorlarning strukturasi

Bipolyar tranzistorlarda o'rta qatlami *baza* (B) deyiladi. Elektronlar va kovaklarning, ya'ni zaryad tashuvchilarning manba bo'lgan tashqi qatlamlari *emitter* (E) va *kollektor* (K) deb yuritiladi. Kollektor emitterdan kelayotgan zaryad tashuvchilarni qabul qiladi.



16.2-rasm. Kam quvvatli bipolyar tranzistorning strukturasi (a) va konstruksiyasi (b).



16.3- rasm. Bipolyar tranzistorlarning klassifikatsiyasi va shartli belgilanishi

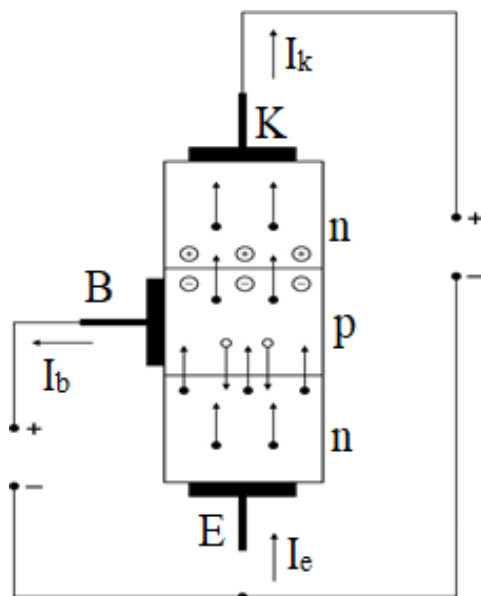
Baza qarshiligi juda yuqori qilib tayyorlanadi. Emitter va kollektor qarshiliklari esa bazanikidan ancha past bo'ladi. Bunda emitterning qarshiligi kollektor qarshiligidan bir necha barobar kam bo'ladi.

Emitter-baza o'tkazishiga U_{e-b} kuchlanish to'g'ri yo'nalishda beriladi, shuning uchun kuchlanishning kichik qiymatida kam unda katta tok hosil bo'ladi. Kollektor baza yunalishiga U_{k-b} kuchlanish teskari yo'nalishda beriladi. Bu

kuchlanish emitter va baza orasidagi kuchlanishdan bir necha barobar katta bo‘ladi.

$n-p-n$ tipidagi tranzistorlarning ishlashini ko‘rib chiqamiz: kollektor va baza orasidagi musbat kuchlanish berilganda emitter toki I_e nolga teng bo‘lganda I_{ko} kollektorning o‘tkazishi tomonidan asosiy bo‘lmagan zaryad tashuvchilar harakatidan hosil bo‘lgan tok oqadi.

Harorat oshganda asosiy bo‘lmagan zaryad tashuvchilar soni ortadi va I_{ko} kollektor toki keskin oshib ketadi.



16.4-rasm. Zaryad tashuvchilarning $n-p-n$ tipli tranzistordagi harakati

Emitterni manbadagi manfiy qismga ulaganda I_e emitter toki paydo buladi. Tashki kuchlanish emitter utishiga to‘g‘ri yo‘nalishda berilganligi uchun elektronlar n -o‘tish tomonidan o‘tib bazaga keladi. Baza p -yarim o‘tkazgichdan tayyorlangan shuning uchun elektronlar u yerda asosiy bo‘lmagan zaryad tashuvchi hisoblanadi.

Bazaga tushgan elektronlarning bir qismgina baza kovaklari bilan rekombinatsiyalanadi, chunki bu yerda baza katta nisbiy qarshilikka ega bo‘lgan yupqa p -tipidagi yarim o‘tkazgichdan tayyorlanganligi sababli kovaklar konsentratsiyasi kichik. Elektronlarning ko‘p qismi esa issiqlik harakati (diffuziya) va kollektor maydoni ta’sirida (dreyf) kollektor tokining asosiy I_k tashkil etib, kollektorga yetib boradi. Emitter va kollektor orasidagi toklar orttirmasining bog‘liqligi tok o‘tkazish koeffitsiyentini xarakterlaydi.

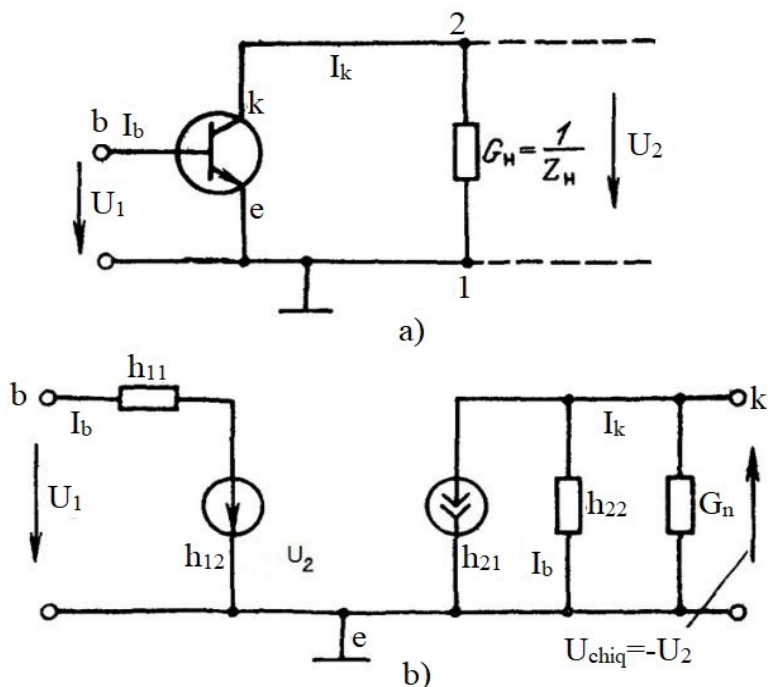
$$\alpha = \frac{\partial I_k}{\partial I_e} \bigg|_{U_{kb}} = \text{const} \approx \left(\frac{\Delta I_k}{\Delta I_e} \right) / U_{kb} = \text{const}.$$

Tok uzatish koeffitsiyenti doim 1 dan kichik bo‘ladi. Zamonaviy bipolyar

tranzistorlarda $\alpha = 0,9 - 0,995$.

Yuqorida ko‘rib chiqilgan sxema baza, emitter va kollektor zanjiri uchun umumiy hisoblanadi. Bunday sxemada bipolyar tranzistor ulanishi *umumiy bazali sxemasi* deyiladi. Bunda emitter zanjiri *kirish*, kollektor zanjiri esa *chiqish zanjiri* deyiladi.

Yuqoridagi ulanish sxemasi juda kam qo‘llaniladi. Ko‘proq esa kirish va chiqish zanjiriga umumiy elektrod bo‘lib emitter hisoblangan sxema, ya’ni umumiy emitterning sxemasi qo‘llaniladi.



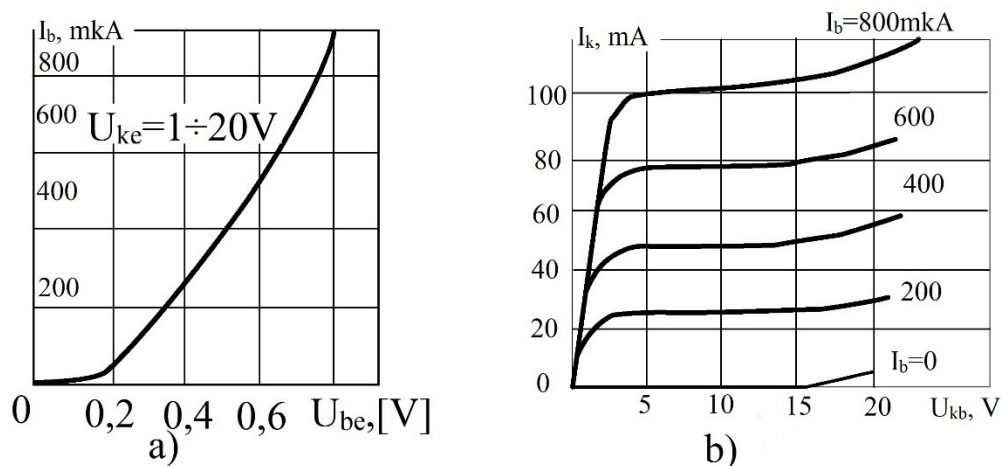
16.5-rasm. *n-p-n* tranzistorning umumiy emitter sxemasi bo‘yicha ulanishi

Bunday sxema uchun kirish konturi baza-emitter orqali o‘tadi va unda baza toki paydo bo‘ladi va u quyidagicha ifodalanadi:

$$I_b = I_e - I_k = (1 - \alpha) \cdot I_e - I_{k0} < I_e \approx I_k.$$

Tranzistorlarning VAT lari

Tranzistorlarnig kirish zanjiridagi tok va kuchlanishlarning bogaikdigi $I_b = f_i$ (i_{be}) tranzistorlarning kirish yoki baza tavsifnomasi deyiladi.



16.6-rasm. Bipolyar tranzistorning VAT i

a) kirish ÷ tavsiflari b) chiqish tavsiflari

Kollektor tokini baza tokini belgilangan qiymatlaridagi kollektor va emitter orasidagi kuchlanishga bog'liqligi $I_k = f_2 \cdot (U_{ke})$, $I_b = const$ tranzistorning chiqish (kollektor) tavsiflari deyiladi.

Bipolyar tranzistorlarning h- kattaliklari

Kollektor o'tishini kizib ketmasligi uchun undan chiqayotgan quvvat biror bir maksimal qiymatdan oshib ketmasligi kerak.

$$P_k = I_k \cdot U_{ke} < P_{k.max}.$$

Agar kollektor va emitter orasida juda katta kuchlanish berilsa kollektor o'tishida elektr teshilishi ro'y beradi. Shuning uchun tranzistorlarning kollektor kuchlanishi ruxsat etilganidan kichik bo'lishi kerak.

$$U_{ke} \leq U_{ke.max};$$

$$\Delta U_{be} = \frac{\partial F_1}{\partial I_b} \cdot \Delta I_b + \frac{\partial F_1}{\partial U_{ke}} \cdot \Delta U_{ke}; \text{ yoki } \Delta U_{be} = h_{11e} \cdot \Delta I_b + h_{12e} \cdot \Delta U_{ke}.$$

Bunday cheklanish kollektor toki bo'yicha ham mavjud

$$I_k \leq I_{k.max};$$

$$\Delta I_k = \frac{\partial F_2}{\partial I_b} \cdot \Delta I_b + \frac{\partial F_2}{\partial U_{ke}} \cdot \Delta U_{ke}; \text{ yoki } \Delta I_k = h_{21e} \cdot \Delta I_b + h_{22e} \cdot \Delta U_{ke}.$$

Agar kollektor toki oshib ketsa emitter o'tishi qizib ketadi. Yuqoridagi uchta cheklangan egri chiziqlar bilan chegaralangan qism tranzistorlar tavsifida *ishchi qism* deyiladi.

Bipolyar tranzistorlar yarim o'tkazgichli kuchaytirgich asbobi hisoblanib, turli xil kuchaytirgichlarda, generatorlarda, logik (mantiqiy) va impuls uskunalarda qo'llaniladi.

$h_{11e} = \frac{\Delta U_{be}}{\Delta I_b}$; $\Delta U_{ke} = const$ ($\Delta U_{ke} = 0$) bipolyar tranzistorning kirish qarshiligi;

$h_{12e} = \frac{\Delta U_{be}}{\Delta U_{ke}}$; $\Delta I_b = const$ ($\Delta I_b = 0$) – kuchlanish bo'yicha ichki qayta bog'lanish koeffitsiyenti;

16.1-jadval

Tranzistor tipi	Tranzistor kattaliklari							
	$U_{ke,max}$ [V]	$P_{k,max}$ [W]	$I_{k,max}$ [A]	f_{ch} [Hz]	C_{kb} [pF]	h_{11e} , [Ω]	h_{12e} , [Ω]	h_{22e} , [Ω]
Kichik quvvatli	5 - 25	0,01 - 0,3	0,01 - 0,1	1 - 8000	1 - 10	1000 - 10000	20-200	10^{-6} – 10^{-7}
O'rta quvvatli	25 - 100	0,3 - 30	0,05 - 0,5	1 - 1000	5 - 100	100 - 1000	20- 200	10^{-5} – 10^{-7}
Katta quvvatli	50-1000	3 - 100	0,5 - 10	0,5 - 300	10 - 1000	50 - 500	20- 200	10^{-3} – 10^{-5}

Maydon tranzistorlari

Maydon tranzistorlari deb, elektr o'zgartiruvchi asbob bo'lib, zatvor va stok orasiga berilgan kuchlanish qo'yilishidan hosil bo'lgan elektr maydon orqali kanal toki boshqariladi. U elektromagnit tebranishlar quvvatini kuchaytirish uchun qo'llaniladi.

Kanal deb, tranzistorning markaziy qismi tushuniladi. Kanalga asosiy zaryad tashuvchilar kiradigan elektrod *istok (kirish) deb*, asosiy zaryad tashuvchilar chiqib ketadigan elektrod *stok (chiqish) deb* ataladi. Kanalning ko'ndalang kesim yuzasini rostlash uchun xizmat qiladigan elektrod esa *zatvor (to'siq)* deyiladi.

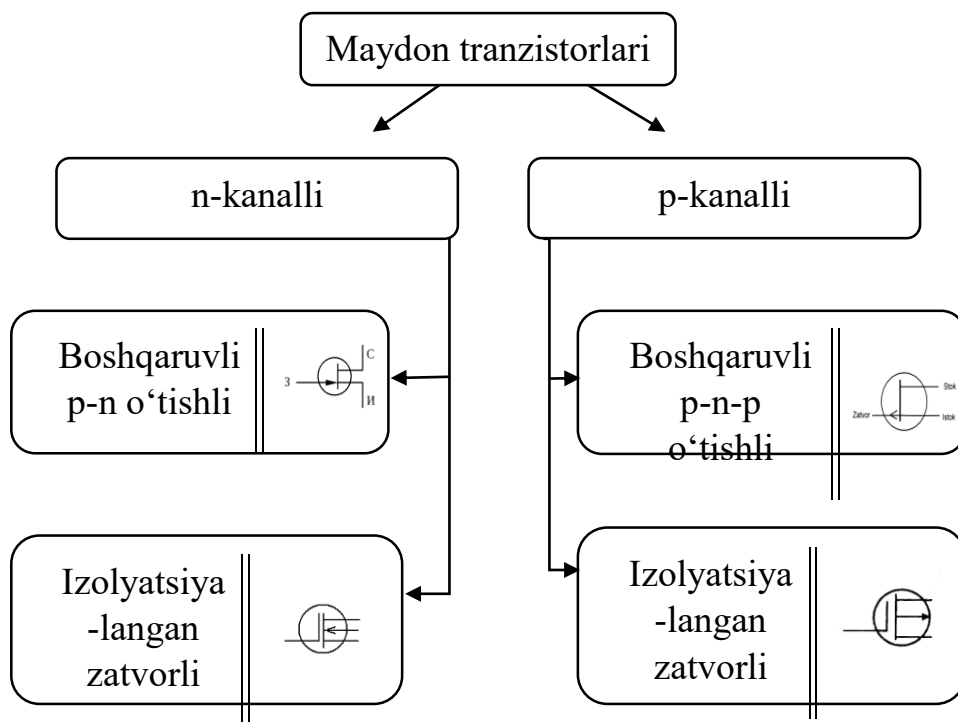
Maydon tranzistorlarida tok faqat bir xil ishorali zaryad tashuvchilar harakati natijasida paydo bo'ladi. Shuning uchun ularni yana unipolyar deb ham ataladi.

Maydon tranzistorlari asosan kremniydan yasaladi va elementni elektr o'tkazuvchanligiga **p** kanalli va **n** kanalli tranzistorlarga bo'linadi.

Maydon tranzistorlarining shartli belgilanishi va turlari quyida keltirilgan.

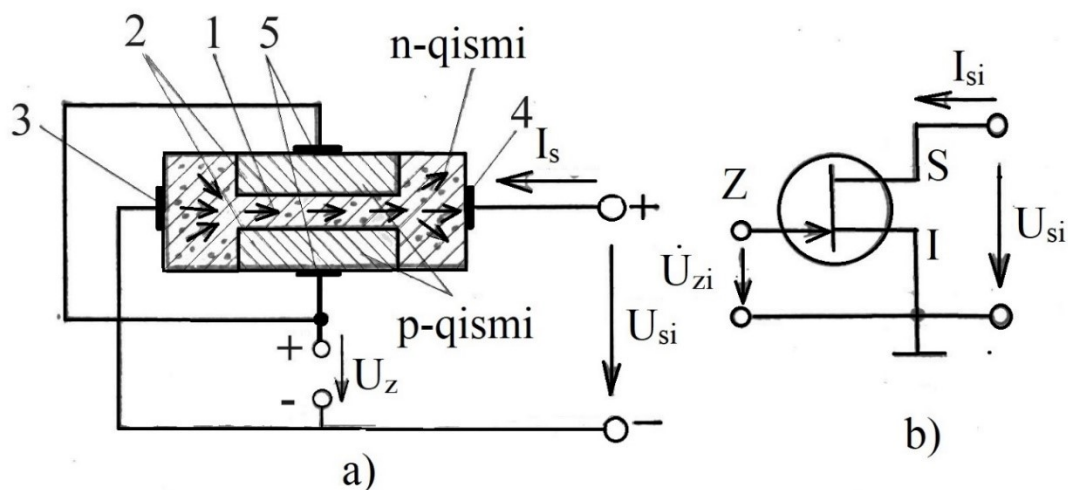
Boshqaruvli p-n o'tishli maydon tranzistori. Bu zatvor (to'siq) kanalda elektr jihatdan yopiq p-n o'tish bilan ajratilgan maydon tranzistoridir.

n kanalli va boshqarishli p-n o'tishli maydon trazistori ulanish sxemasi va struktura sxemasi quyidagi rasmda ko'rsatilgan.



16.7-rasm. Maydon tranzistorlarining klassifikatsiyasi va shartli belgilanishi

p -kanalli tranzistorda asosiy zaryad tashuvchi elektronlar hisoblanadi. Ular kanal bo'ylab kichik potentsialli istok (kirish) dan yuqori potentsialli stok (chiqish)ga tomon I_c stok tokini hosil qilib harakat qiladi.



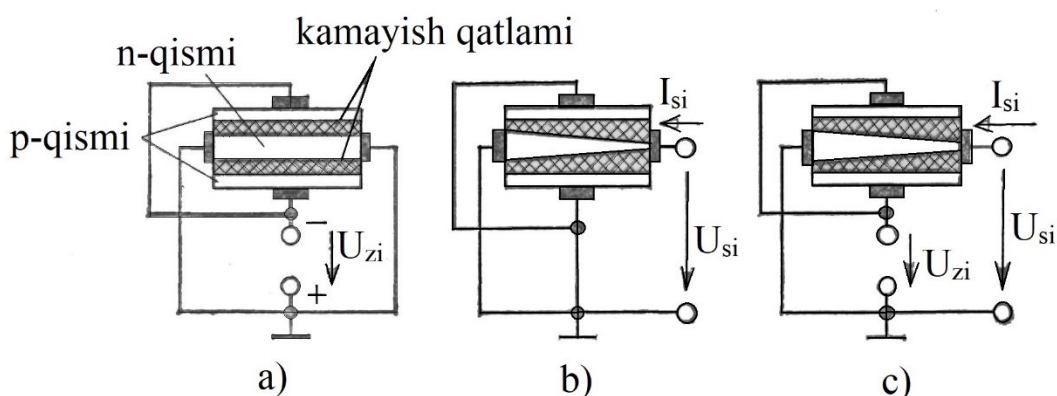
16.8-rasm. Bipolyar tranzistorning $p-n$ ko'rinishdagi zatvorli sxemasi (b) va strukturasi (a).

Zatvor va istok oralig'iga $p-n$ o'tishni yopuvchi kuchlanish berilgan. $p-n$ o'tish kanalining n qismi zatvorning p qismi bilan hosil qilingan.

Shunday qilib p -kanalli maydon tranzistorda berilgan kuchlanishlar qutblanishi quyidagicha: $U_{si} > 0$; $U_{zi} \leq 0$.

p -kanalli maydon tranzistorida asosiy zaryad tashuvchilar kovaklardir. Ular potensial kamayishi yo‘nalishida harakatlanadi. Shuning uchun berilgan kuchlanish qutblanishi boshqacha bo‘lishi mumkin $U_{si} < 0$; $U_{zi} \geq 0$.

p -kanalli tranzistorlarning ishlashini ko‘rib chiqamiz. p -kanalli tranzistorning ishlash prinsipiga o‘xshashdir. 9-rasmda tranzistor elektrodlariga kuchlanish berilganda kanalning quyidagi kesim yuzasi o‘zgarishi qanday ro‘y berishi ko‘rsatilgan.



16.9-rasm. Tranzistor elektrodlariga kuchlanish berilganda kanalning kesim yuzasi o‘zgarishi.

Zatvor va kanal orasidagi p - n o‘tishga yopuvchi kuchlanish berilganda kanal chegarasida zaryad tashuvchilari kamaytirilgan va yuqori nisbiy qarshiligiga ega bo‘lgan tekis qatlam paydo bo‘ladi. Bu kanalning o‘tkazishi kenglikning kamayishiga olib keladi.

Stok va istok orasiga berilgan kuchlanish bir tekis bo‘lmagan zaryad tashuvchilari kamaytirilgan qatlamni hosil bo‘lishiga olib keladi, chunki zatvor va kanal orasidagi farqi istok (kirish) dan stok (chiqish) yo‘nalishiga qarab ortib boradi. Kanalning eng kichik qismi stok yaqinida bo‘ladi.

Agar bir vaqtning o‘zida $U_{si} > 0$; $U_{zi} < 0$ kuchayishi berilsa, qatlam qalinligi va kanal kengligi yuqoridagi ikkita kuchlanish o‘zgarishiga qarab aniqlanadi. Bunda kanal kengligining minimal qiymati ularning yig‘indisi bilan aniqlanadi.

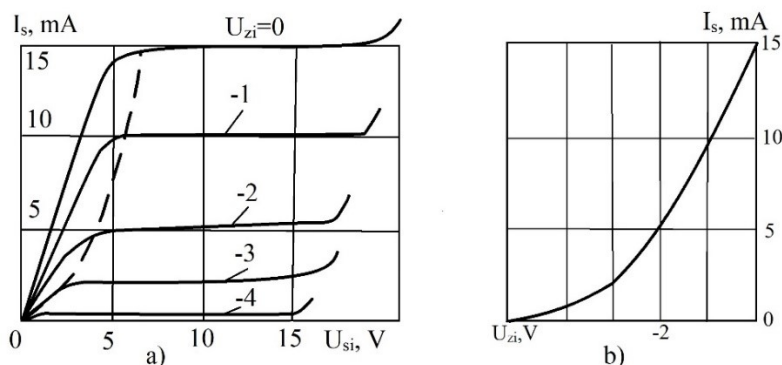
$$U_{si} + |U_{zi}| = U_{yop}.$$

Yig‘indi yopish kuchlanishiga yetganda qatlamlar birlashadi va kanal qarshiligi keskin ortib ketadi.

Maydon tranzistorining VAT i 10-rasmda keltirilgan. Bu yerda I_{si} stok tokini U_s kuchlanishiga U_{zi} kuchlanishning doimiy qiymatidagi bog‘liqligi tranzistor chiqish yoki stok tavsifini ko‘rsatadi. Tavsifning boshlang‘ich qismida ($U_{si} + |U_{zi}| = U_{yop}$) I_{si} stok toki U_s kuchlanishning oshishi bilan ortib boradi. Stok va

istok kuchlanishi $U_{si} = U_{yop} = U_{zi}$ gacha ortganda kanal yopiladi va I_{stok} ortishi to'xtaydi.

Zatvor istok oralig'i i_{zi} manfiy qiymati kanal yopilishi momentini U_s kuchlanish va I_s toklarning kichik qiymati tomon siljitadi. To'yinish bo'lishi maydon tranzistori chiqish tavsiflarining ishchi maydoni hisoblanadi.



16.10-rasm. Maydon tranzistorlarning VAT i.

U_s kuchlanishi ortib borishi zatvor va kanal orasidagi $p-n$ o'tishning teshilishiga va tranzistorning ishdan chiqishiga olib keladi. Chiqish tavsiflaridan $I_s = f(U_z)$ tranzistorning uzatish tavsifini qurish mumkin (10-rasm, b). To'yinish qismida tavsifga U_s kuchlanish hech qanday bog'liqligi bo'lmaydi.

Maydon tranzistorining kirish tavsifi I_z zatvordan oqib chiqayotgan tokni zatvor istok kuchlanishiga bog'liqligi amalda qo'llanilmaydi, chunki $U_z \leq 0$ bo'lganida zatvor va kanal orasidagi $p-n$ o'tishi yopiq va zatvor toki juda kichik ($I_z = 10^{-8} - 10^{-9}$) bo'ladi. Shuning uchun ko'p hollarda uni hisobga olmasa ham bo'ladi.

Izolyatsiyalangan zatvor maydon tranzistorining zatvori kanaldan dielektrik jihatdan ajratiladi. Bu tranzistorlarda I_z zatvorning oqib chiqib ketuvchi tokini kamaytirish uchun metall zatvorlar va yarim o'tkazgich kanal oralig'ida dielektrikning yupqa qatlami joylashgan va $p-n$ o'tish qatlami ishlamaydi. Dielektrik qatlam sifatida asosan oksid kremniy elementi qo'llaniladi. Bunday maydon tranzistorlarini ko'p hollarda MDP (MDYa) metall dielektrik yarim o'tkazgich deb yoki MOP (MOYa) metall oksid yarim o'tkazgich deb ataladi.

Bunday tranzistorlarning VATi asosan $p-n$ o'tish ko'rinishidagi zatvorli tranzistor tavsifiga o'xshash, shu vaqtning o'zida izolyatsiyalangan $U_z > 0$ zatvor (to'siq) va istok (kirish) orasidagi kuchlanishning musbat qiymatlarida ishlash imkoniyatlarini beradi va bu qismda kanal kengayishi va I_s chiqish tokining ortishi

ro'y beradi.

Maydon tranzistorining asosiy kattaligi uzatish tavsifining tengligi $S = dI_s/dU_z$, $U_s = const$ va to'yinish qismidagi chiqishning differensial qarshiliklaridir $R_s = dU_s/dI_s$, $U_z = const$.

Ruxsat etilgan kattaliklari quyidagilar:

- maksimal ruxsat etilgan kuchlanishlar: $U_{s.max}$; $U_{z.max}$;
- chiqish (stok) dagi maksimal ruxsat etilgan quvvat $P_{s.max}$;
- chiqishning maksimal ruxsat etilgan toki $I_{s.max}$;

Maydon tranzistorlarining asosiy kattalik qiymatlari quyidagi jadvalda keltirilgan.

16.2-jadval

Tranzistor tipi	Tranzistor kattaliklari					
	S , [mA/V]	R_s , [kOm]	$U_{s.max}$, [V]	$P_{s.max}$, [Vt]	$I_{s.max}$, [A]	I_z , [A]
p-n o'tishli	1 - 20	0,1 - 0,5	5 - 100	0,1 - 10	10 - 1000	10^{-8} - 10^{-9}
Izolyatsiyalan- gan zatvorli	0,5 - 50	0,1 - 0,5	5 - 1000	0,01 -50	0,1 - 5000	10^{-10} - 10^{-15}

Masalalar.

1-masala.

Umumiy emitter bilan eng oddiy kuchaytiruvchi tranzistor kaskadining rejimini hisoblang, uning sxemasi 16.11-rasmda ko'rsatilgan. Hisoblashda $R_b=910\text{ kOm}$, $R_k=5,1\text{ kOm}$, $E=10\text{ V}$ va $\beta=100$ ekanligini hisobga oling va harorat o'zgarganda $\beta=150$ ga ko'tariladi (bu katta ehtimol).

Yechish:

1. Bazadagi tokni aniqlash uchun quyidagi tenglikdan fodalanamiz:

$$E - U_{be} = I_b \cdot R_b.$$

Tranzistorning emitter birikmasi ochiq va $U_{BE} \approx 0,6\text{ V}$ bo'lgani uchun quyidagi formula orqali bazadagi tokni topamiz:

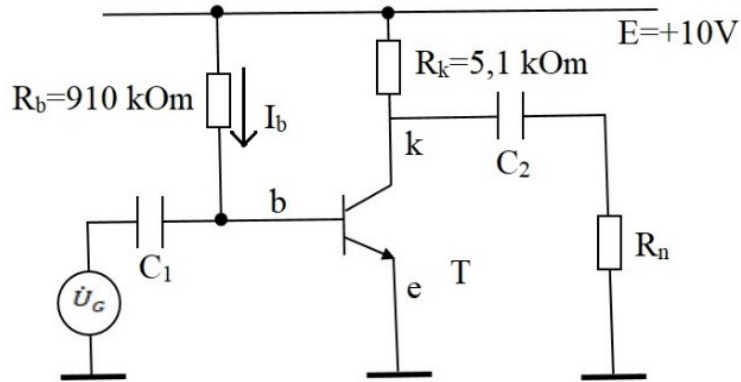
$$I_b = \frac{E - U_{be}}{R_b} = \frac{10 - 0,6}{910 \cdot 10^3} = 10,3\text{ mA}.$$

2. Kollektordagi tokni aniqlaymiz:

$$I_k = \beta \cdot I_b = 100 \cdot 10,3 \cdot 10^{-6} = 1,03 \text{ mA}.$$

3. Kollektordagi kuchlanishni aniqlaymiz:

$$U_k = E - I_k \cdot R_k = 10 - 1,03 \cdot 10^{-3} \cdot 5,1 \cdot 10^3 = 4,747 \text{ V}.$$



16.11-rasm. Umumiy emitterli kuchaytirish kaskadining sxemasi

E'tibor berilsa, generator kuchlanishi $\dot{U}_G$ va R_n kaskad rejimiga ta'sir qilmaydi, chunki C_1 va C_2 orqali o'zgaras tok oqmaydi

4. Xuddi shu tarzda, harorat o'zgarishi bilan $\beta=150$ ga oshsa, rejim qanday o'zgarishini aniqlash mumkin:

$$I_k = \beta \cdot I_b = 150 \cdot 10,3 \cdot 10^{-6} = 1,545 \text{ mA}.$$

Yuqoridagi hisob-kitoblarga asoslanib, biz kuchaytiruvchi kaskadning rejimi haroratning o'zgarishi bilan sezilarli darajada o'zgarishi mumkin degan xulosaga kelishimiz mumkin. Rejimning beqarorligi asosiy kamchiligidir. (16.11-rasm)

2-masala.

Umumiy emitterli o'zgaras tok tranzistorlar kaskadining parametrlarini hisoblang, uning sxemasi 2-rasmda ko'rsatilgan. Qarshilik qiymatlari quyidagicha: $R_1=100 \text{ kOm}$, $R_2=51 \text{ kOm}$, $R_E=4,3 \text{ kOm}$, $R_K=5,1 \text{ kOm}$. Yechishini topish uchun tranzistorning $\beta=100$ ekanligini ham hisobga oling.

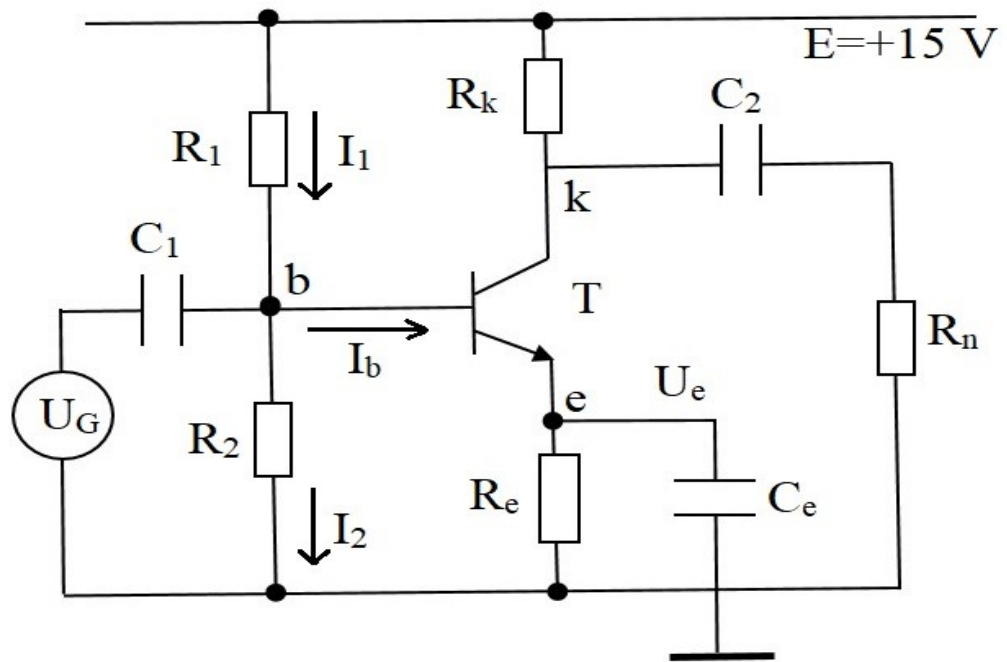
Yechish:

1. Baza zanjirida oqayotgan toklar uchun quyidagi shart bajariladi: $I_1=I_2+I_B$. U_B ni taxminiy hisoblash uchun biz joriy I_B ni e'tiborsiz qoldiramiz, ya'ni. faraz qilaylik, $I_B=0$. Bunday holda, $I_1 \approx I_2$. bu yerdan bazadagi kuchlanishni topamiz:

$$U_B = \frac{E \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{15 \cdot 51 \cdot 10^3}{(100 + 51) \cdot 10^3} = 5,06 \text{ V}.$$

2. Tranzistorning emitter birlashmasida 0,6 V kuchlanish tushishini hisobga olsak, biz emitterdagi kuchlanishni olamiz:

$$U_E = U_B - 0,6 = 5,06 - 0,6 = 5 \text{ V}.$$



16.12-rasm. Umumiy emitterli kuchaytirish kaskadi

3. Emitter tokini aniqlaymiz: $I_e = \frac{U_e}{R_e} = \frac{5}{4,3 \cdot 10^3} = 1,163 \text{ mA}$.

4. Tranzistor kollektoridagi kuchlanishni aniqlaymiz: $U_k = E - I_k \cdot R_k$. Bunda $I_e \approx I_k$ ekanligini hisobga olsak, biz $U_k = E - I_e \cdot R_k = 15 - 1,163 \cdot 10^{-3} \cdot 5,1 \cdot 10^3 \approx 9,1 \text{ V}$ natijani olamiz.

5. Baza tokining tayanchdagi kuchlanish kattaligiga ta'sirini hisobga olamiz. Buning uchun biz baza tokini aniqlashimiz uchun: $I_B \approx \frac{I_e}{\beta} = \frac{1,163 \cdot 10^{-3}}{100} = 11,63 \cdot 10^{-6} \text{ A}$

6. Belgilangan qiymat U_B orqali I_1 va I_2 toklarini ifodalaymiz. Quyidagicha natija olamiz:

$$I_1 = \frac{E - U'_B}{R_1}; \quad I_2 = \frac{U'_B}{R_2}.$$

bu yerda: $\frac{E - U'_B}{R_1} = \frac{U'_B}{R_2} + I_B$ va $U'_B = 4,7 \text{ V}$, $\Delta U_B = U_B - U'_B = 5,06 - 4,7 = 0,36 \text{ V}$

Qarshilik qiymatlarining tarqalishi bilan taqqoslaganda, $U_B = 5 \text{ V}$ ga nisbatan $0,36 \text{ V}$ qiymatini e'tiborsiz qoldirish mumkin.

Bundan tashqari, berilgan R_1 va R_2 bilan β ning o'zgarishi o'zgarmas tokdagi kuchaytiruvchi bosqich rejimida sezilarli o'zgarishlarga olib kelmasligiga ishonch

hosil qilishingiz mumkin. R_1 va R_2 ning katta qiymatlarida β ning ishchi tokiga ta'siri kuchayadi.

3-masala.

Umumiy emitter bilan eng oddiy kuchaytiruvchi tranzistor kaskadining rejimini hisoblang, uning sxemasi 16.13-rasmda ko'rsatilgan. Hisoblashda $R_b=800\text{ k}\Omega$, $R_k=3,2\text{ k}\Omega$, $E=25\text{ V}$ va $\beta=150$ ekanligini hisobga oling va harorat o'zgarganda $\beta=200$ ga ko'tariladi.

Yechish:

1. Bazadagi tokni aniqlash uchun quyidagi tenglikdan fodalanamiz:

$$E - U_{be} = I_b \cdot R_b.$$

Tranzistorning emitter birikmasi ochiq va $U_{BE} \approx 0,8\text{ V}$ bo'lgani uchun quyidagi formula orqali bazadagi tokni topamiz:

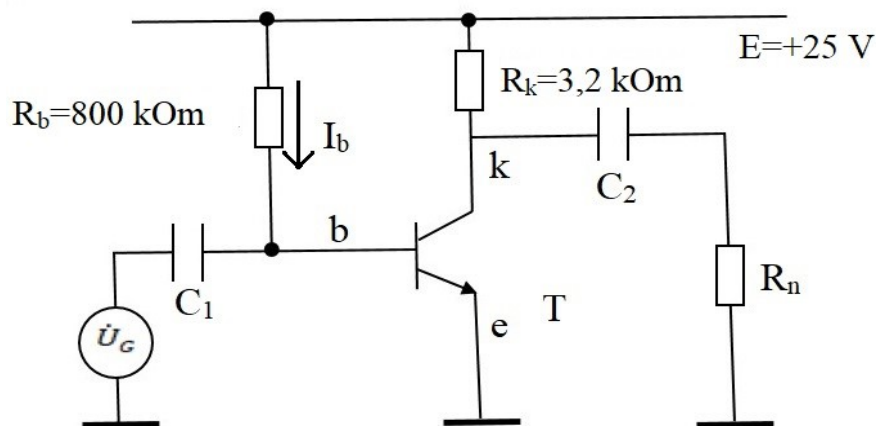
$$I_b = \frac{E - U_{be}}{R_b} = \frac{25 - 0,8}{800 \cdot 10^3} = 30,2\text{ }\mu\text{A}.$$

2. Kollektordagi tokni aniqlaymiz:

$$I_k = \beta \cdot I_b = 150 \cdot 30,2 \cdot 10^{-6} = 4,53\text{ mA}.$$

3. Kollektordagi kuchlanishni aniqlaymiz:

$$U_k = E - I_k \cdot R_k = 25 - 4,53 \cdot 10^{-3} \cdot 3,2 \cdot 10^3 = 10,5\text{ V}.$$



16.13-rasm. Umumiy emitterli kuchaytirish kaskadining sxemasi

E'tibor berilsa, generator kuchlanishi $\dot{U}_G$ va R_n kaskad rejimiga ta'sir qilmaydi, chunki C_1 va C_2 orqali o'zgarmas tok oqmaydi

4. Xuddi shu tarzda, harorat o'zgarishi bilan $\beta=200$ ga oshsa, rejim qanday o'zgarishini aniqlash mumkin:

$$I_k = \beta \cdot I_b = 200 \cdot 30,2 \cdot 10^{-6} = 6,04\text{ mA}.$$

Yuqoridagi hisob-kitoblarga asoslanib, biz kuchaytiruvchi kaskadning rejimi haroratning o'zgarishi bilan sezilarli darajada o'zgarishi mumkin degan xulosaga kelishimiz mumkin. Rejimning beqarorligi asosiy kamchiligidir (16.13-rasm).

4-masala.

Chiqish quvvatini kuchaytirgichni hisoblash

Dastlabki ma'lumotlar:

Tebranish quvvati darajasi $P_{kuch}=57,2 \text{ Vt}$

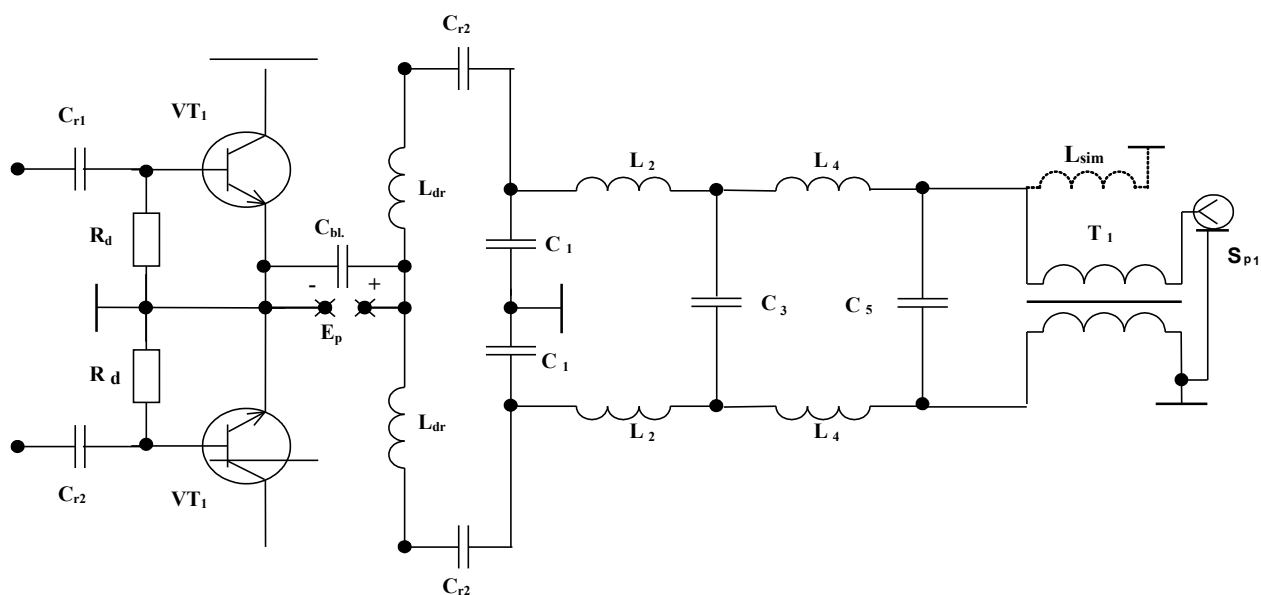
Ishchi chastota diapazoni: $f_{min} - f_{r max} = 141 - 153 \text{ MHz}$

Ishchi chastota diapazonida notekis quvvat chiqishining maksimal ruxsat etilgan darajasi $e_{kuch} = 2 \text{ dB}$

Quvvat kuchaytirgich amalga oshiriladigan aktiv elementlarning o'ziga xos turi - KT930A kremniyli ko'p emitterli tranzistor.

Quvvat kuchaytirgichdagi aktiv elementlari soni - $n=1$

Quvvat kuchaytirgichning sxematik diagrammasini tanlash kerak.



Bizning ishchi chastotalarimizda uzoq liniyalarda transformatorli ikki taktli quvvat kuchaytirgich sxemasi optimal bo'ladi:

KT930A tranzistorning parametrlarini hisoblash:

- Umumiy emitterli sxemada statik kuchaytirish koeffitsiyenti:

$$U_{ke} = 5 \text{ V}, I_k = 0,5 \text{ A da } v_0(h_{21}) = 40.$$

- Teskari aloqa zanjirining vaqt doimiysi

$$U_{kb} = 10 \text{ V}, I_e = 0,5 \text{ A}, f = 5 \text{ MHz da } f_k = 8 \text{ ps}.$$

- Kollektorli o'tishning umumiy sig'imi

$$U_{kb} = 28 \text{ V}, f = 30 \text{ MHz da } C_k \leq 80 \text{ pF}.$$

4. Tranzistor chegara chastotasi

$$f_t = 400 \text{ MHz.}$$

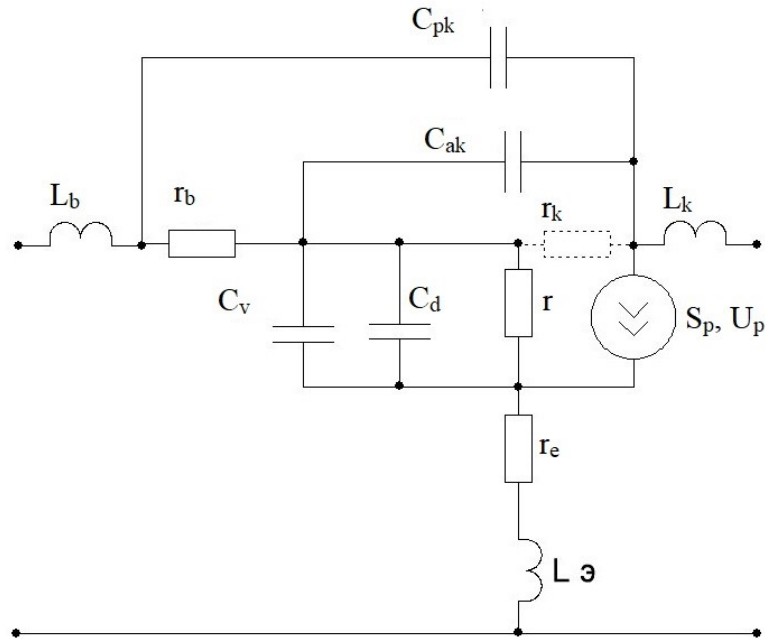
5. Kollektorli quvvat manbaning nominal kuchlanishi:

$$E_k = 28 \text{ V.}$$

6. Tranzistorning kirish induktivligi

$$L_k = 2,03 \text{ nGn, } L_b = 2,05 \text{ nGn, } L_e = 0,54 \text{ nGn.}$$

7. Umumiy emitterli tranzistor uchun fizik ekvivalent sxema



Fizik ekvivalent sxema elementlarining parametrlarini hisoblaymiz:

Baza-Emitter o'tish joyiga ko'ra tranzistorning o'tish xususiyatining tikligini hisoblaymiz:

$$S_{ort} = \frac{42,5 * I_k}{1 + 3,66 * 10^{-3} t_{ort}}.$$

bu yerda: t_{ort} - o'tish harorati, (120 ... 150) °C kremniy tranzistorlar uchun

$$I_k = \frac{I_{mk1}}{\sqrt{2}} = \frac{2P_{\sim}}{0,7 * E_k} = \frac{2 * 57,2}{0,7 * 28} = 4,13 \text{ A.}$$

$$S_{ort} = \frac{42,5 * 4,13}{1 + 3,66 * 10^{-3} * 130} = 119 \left[\frac{\text{A}}{\text{V}} \right].$$

Rekombinatsiya qarshiligini hisoblaymiz:

$$r_{rek.} = \frac{v_{0.tip}}{S_p} = \frac{40}{119} = 0,33 \text{ Om.}$$

To'siq sig'imi C_v va diffuziya sig'implari C_d tomonidan hosil qilingan ochiq emitter birikmasining sig'imini hisoblaymiz:

$$C_e = \frac{S_{ort}}{2rf_T} = \frac{119}{2 * 3,14 * 400 * 10^6} = 47,4 \text{ nF}.$$

C_{ka} , C_{kp} sig'implarini va taqsimlangan asosiy qarshilik r'_b ni hisoblaymiz:

$$C_{ka} = \frac{C_k}{1 + k_s} = \frac{80 * 10^{-12}}{1 + 2} = 26,67 \text{ pF}.$$

bu yerda: k_s koeffitsiyent bo'lib, ko'p emitterli tranzistorlar uchun 2 ... 3 ga teng qabul qilinadi

$$C_{kp} = C_k - C_{ka} = 80 - 26,67 = 53,33 \text{ pF}.$$

$$r'_b = \frac{f_k}{C_{ka}} = \frac{8 * 10^{-12}}{26,67 * 10^{-12}} = 0,29 \text{ Om}.$$

Baza-Emitter qisqichlaridan past chastotada emitter birikmasiga o'tkazish koeffitsiyentini hisoblaymiz:

$$k_{ortish} = \frac{r_{rek.}}{r_{rek.} + r'_b + r'_e(v_{0.tip} + 1)}.$$

ushbu formulada r'_e ko'p emitterli tuzilmalarda qo'llaniladigan stabilizatsiya qarshiligidir. Uning qiymatini quyidagi formula bo'yicha aniqlash mumkin:

$$r'_e \approx \frac{r'_b}{1 + v_{0.tip}} = \frac{0,29}{1 + 40} = 0,0073 = 7,3 \text{ mOm}.$$

keyin:

$$k_{ortish} = \frac{0,33}{0,33 + 0,29 + 7,3 * 10^{-3}(40 + 1)} = 0,36.$$

O'tish xarakteristikalarining tikligini hisoblaymiz:

$$S = S_{ort} * k_{ortish} = 119 * 0,36 = 42,84 \left[\frac{A}{V} \right].$$

Kirish xarakteristikasining keskinligini hisoblaymiz:

$$S_b = \frac{k_{ortish}}{r_v} = \frac{0,36}{0,33} = 1,09 \left[\frac{A}{V} \right].$$

Qarshilik qiymatini hisoblaymiz:

$$r_k = \frac{1}{(w_r C_k)^2 * r'_k} = \frac{1}{(2 * 3,14 * 147 * 10^6 * 80 * 10^{-12})^2 * 0,29} = 0,63 \text{ kOm}.$$

bu yerda r'_k - kollektor tashqi qobig'ining qarshiligi. Qiymati: $r'_k \approx r'_b$

Kollektor maydonining o'tkazuvchanligini hisoblaymiz:

$$D = \frac{1}{S * r_k} = \frac{1}{42,84 * 0,63 * 10^3} = 3,7 * 10^{-5}.$$

Tranzistorning cheklash chastotalarini hisoblaymiz:

$$f_s = \frac{f_T}{S * r_b'} = \frac{400 * 10^6}{42,84 * 0,29} = 32,2 \text{ MHz};$$

$$f_v = \frac{f_T}{v_{0 \text{ tip}}} = \frac{400 * 10^6}{40} = 10 \text{ MHz};$$

$$f_b \approx 1,5 * f_T = 1,5 * 400 * 10^6 = 600 \text{ MHz}.$$

To'yinganlik qarshiligi qiymatini hisoblaymiz:

$$r_{\text{toryinish}} \approx \frac{1}{0,1 * S} = \frac{1}{0,1 * 42,84} = 0,23 \text{ Om}.$$

Mustaqil ishlash uchun masalalar

1. Umumiy emitter bilan eng oddiy kuchaytiruvchi tranzistor kaskadining rejimini hisoblang, uning sxemasini tasvirlang. Hisoblashda $R_b=750 \text{ kOm}$, $R_k=2,1 \text{ kOm}$, $E=12 \text{ V}$ va $\beta_1=120$ ekanligini hisobga oling va harorat o'zgarganda $\beta_2=150$ ga ko'tariladi
2. Umumiy emitter bilan eng oddiy kuchaytiruvchi tranzistor kaskadining rejimini hisoblang, uning sxemasini tasvirlang. Hisoblashda $R_b=510 \text{ kOm}$, $R_k=4,0 \text{ kOm}$, $E=14 \text{ V}$ va $\beta_1=90$ ekanligini hisobga oling va harorat o'zgarganda $\beta_2=120$ ga ko'tariladi.
3. Umumiy emitter bilan eng oddiy kuchaytiruvchi tranzistor kaskadining rejimini hisoblang, uning sxemasini tasvirlang. Uning parametrlari quyidagi jadvalda berilgan:

№	R_b , kOm	R_k , kOm	E, V	β_1	β_2
1	600	2	10	100	120
2	580	2,5	15	120	150
3	550	3	12	150	200
4	620	3,2	14	100	150
5	690	3,1	20	130	160
6	630	2,0	25	100	140
7	720	1,8	20	120	180
8	900	1,5	15	110	170

№	R_b , kOm	R_k , kOm	E, V	β_1	β_2
16	610	2,1	12	90	120
17	590	2,6	13	110	150
18	540	3,0	15	140	200
19	630	3,1	14	120	150
20	680	3,2	22	110	160
21	620	2,5	20	120	140
22	710	1,7	21	100	180
23	890	1,6	14	130	170

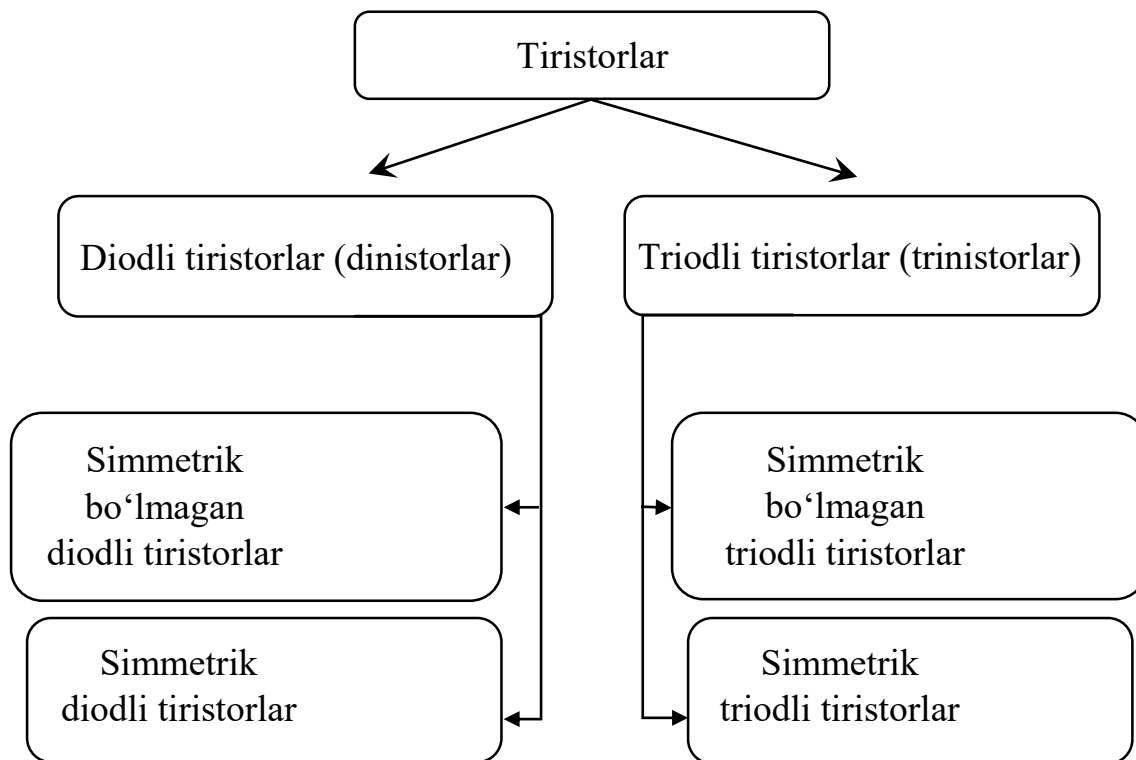
9	640	2,2	10	90	150
10	820	4	12	100	130
11	830	3,3	25	120	160
12	930	3,4	15	110	190
13	840	3,6	16	130	150
14	650	3,7	12	140	160
15	700	2,8	10	100	170

24	650	2,3	13	120	150
25	810	4,1	17	100	130
26	820	3,2	21	100	160
27	910	3,5	15	100	190
28	850	3,7	14	120	150
29	660	3,8	12	110	160
30	770	2,9	13	90	170

17-MAVZU: YARIM O‘TKAZGICHLI TIRISTORLARNI HISOBLASH

Tiristor deb, VAT i manfiy differensial qarshilikli qismiga ega bo‘lgan va qayta qo‘shishda qo‘llanuvchi uchta (yoki undan ko‘p) $p-n$ o‘tishli yarim o‘tkazgichli asbobga aytiladi. Uni tayyorlashda asosan kremniy elementi qo‘llaniladi.

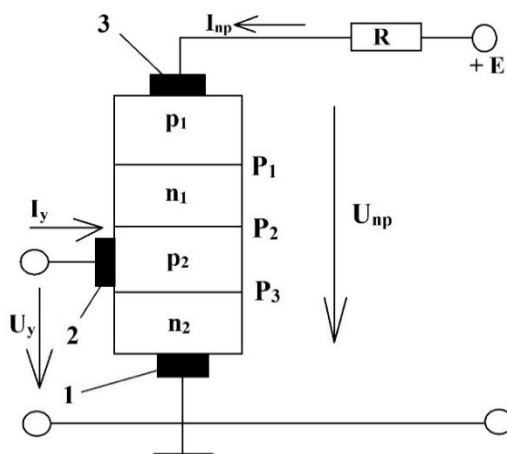
Tiristorlar klassifikatsiyasi va shartli belgilari quyidagi 17.1-rasmda keltirilgan:



17.1-rasm. Tiristorlarning klassifikatsiyasi va shartli belgilanishi.

Ikkita chiqishga ega bo‘lgan oddiy tiristor diodli tiristordir (dinistor), triodli tiristor (trinistor) qo‘shimcha uchinchi (boshqaruvchi) elektrodga ega.

Diodli va triodli tiristorlar uchta $p-n$ o‘tishli P_1 , P_2 , P_3 to‘rt qatlamli strukturaga (tuzilishga) ega.



17.2 – rasm. Triodli tiristorning strukturasi

Manba kuchlanishi tiristorga shunday tartibda beriladiki, bunda P_1 va P_3 o'tishlar ochiq holatda, P_2 o'tish esa yopiq holda bo'ladi. Ochiq o'tishlarning qarshiliklari juda kichik, shuning uchun manba kuchlanishining U_{np} barchasi yuqori qarshilikka ega bo'lgan yopiq o'tish P_2 ga quyilgan bo'ladi.

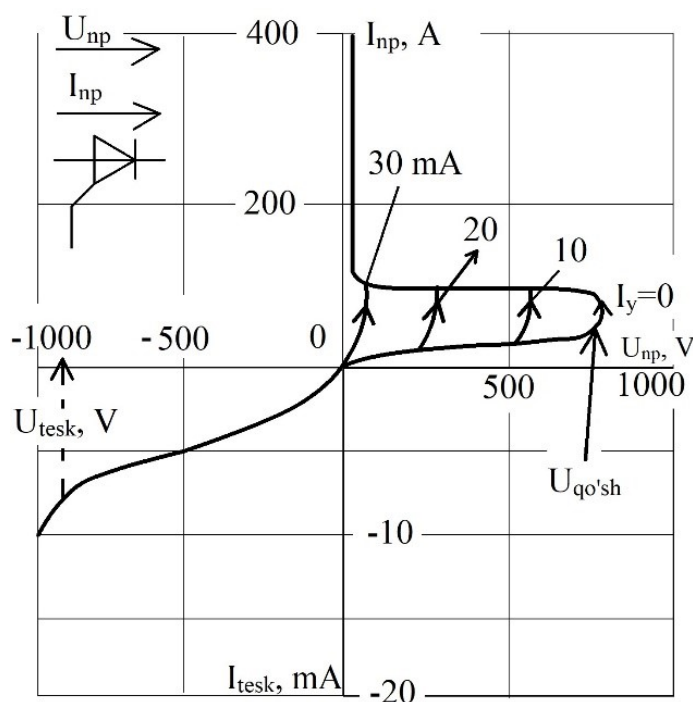
Shundan ko'rinadiki tiristor toki kichik manba kuchlanishi U_{np} ortganda (E_A manba EYuKini orttirish bilan amalga oshiriladi). Tiristor toki U_{vkl} kuchlanishiga teng bo'lgan kritik qiymatlarga yetguncha qadar juda kam miqdorga ortadi.

Kritik qiymatga yetganda (ko'chki-sifat) zaryad tashuvchilar soni $P_2 = p - n$ o'tishda elektron va kovaklarni harakatlari hisobiga keskin oshib ketadi. Zaryad tashuvchilar soni ortishi bilan tok tez ortadi, chunki n_2 qatlamdagi elektronlar va p_1 qatlamdagi kovaklar p_2 va n_1 qatlamlarga qarab harakatlanadi va ularni asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilar bilan to'yintiradi. R qarshilikda kuchlanish ortadi, tiristorda esa kamayadi.

Teshilishdan keyin tiristordagi kuchlanish 0,5-1 V gacha kamayadi. E_a manbaning EYuKni ortish yoki kamayish R qarshiligi kamayishi bilan VAT ni vertikal qismiga asosan qurilmadagi tok ortadi. Bunday teshilish P_2 o'tishning buzilishiga olib kelmaydi. Tokning kamayishi bilan o'tishning yuqori qarshiligi tiklanadi (VATsining pastki qismi).

Manba kuchlanishini olgandan o'tishning qarshiligini tiklanish vaqti 10-30 ms ni tashkil qiladi.

Tokning ko'chkili oshishga olib keluvchi $U_{qo'sh}$ kuchlanishni kamaytirish P_2 o'tishdagi biror qatlamga asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilarni kiritish bilan amalga oishirish mumkin.



17.3-rasm. Triodli tiristorning VAT i

Bu qo'shimcha zaryad tashuvchilar o'tish vaqtini oshiradi, buning oqibatida ($U_{qo'sh}$) qo'shish kuchlanishi kamayadi.

17.3-rasmda ko'rsatilgan tiristorda qo'shimcha zaryad tashuvchilar P_2 qatlamga kiritiladi. Bu zaryadlar mustaqil kuchlanish manbasidan oluvchi yordamchi zanjir yordamida kiritiladi.

Yuqoridagi zanjirdan beriladigan tok *boshqarish toki* deyiladi va uning ta'sirida o'tish kuchlanishi o'zgarishi 17.3-rasmda ko'rsatilgan.

Triodli tiristorning asosiy kattaligi boshqarish ochish toki $I_{b,qo'sh}$ – boshqaruvchi elektrod tokidir. Bu kattalik tiristorni ochiq holatga qayta qo'shishni ta'minlaydi.

17.3-rasmdan ko'rinadiki, tiristorga teskari kuchlanish berilganda unda kichik tok hosil bo'ladi, chunki bu holatda P_1 va P_3 o'tishlar yopiqdir. Teskari yo'nalishda tiristorni teshilishdan saqlash uchun (o'tish issiqlik teshilishidan tiristor ishdan chiqadi) teskari kuchlanish $U_{tes.max}$ dan kichik bo'lishi shart.

Simmetrik diodli va triodli tiristorlarda tavsifnomasi teskari shoxobi to'g'risi bilan mos tushadi. Bunga ikkita 4 qatlamli tiristorni qarama-qarshi parallel qo'shilishi bilan yoki 4 ta p-n o'tishli 5 qatlamli maxsus tiristorlarni qo'llash bilan erishiladi.

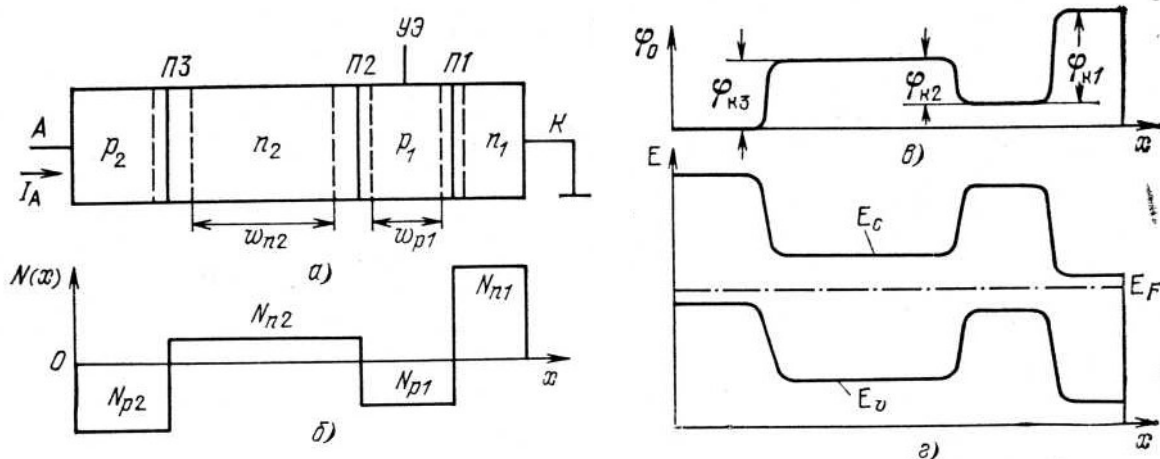
Hozirgi paytda 2000 A gacha toklarni va qo'shish kuchlanishi $U_{qo'sh} = 4000 V$ bo'lgan tiristorlar ishlab chiqarilmoqda. To'g'irlagich xususiyatiga ega

bo'lgan, boshqariladigan qayta ulagich kabi tiristorlar boshqarishli to'g'rilagichlarda, invertorda, kommutatsion qurilmalarda keng qo'llaniladi.

Masalalar.

1-masala.

Tiristorlar parametrlarini hisoblash bipolyar tranzistorlar parametrlarini hisoblashdan ko'ra murakkabroq. Keling, p-n-p-n strukturasining ba'zi geometrik o'lchamlarini, alohida qatlamlarning elektr xususiyatlarini va tiristorning bir qator asosiy elektr parametrlarini aniqlashni o'z ichiga olgan soddalashtirilgan baholash hisobining misolini ko'rib chiqaylik. Biz ko'rib chiqilayotgan qurilmada tayanch va emitent hududlari bir xilda dopinglangan va barcha p-n o'tish joylari teng deb taxmin qilamiz. Uning tuzilishi 1-rasmda ko'rsatilganga o'xshaydi. Har bir hisoblash varianti uchun struktura parametrlari 2-jadvalda keltirilgan.



17.4-rasm. Termodinamik muvozanat holatida tiristor tuzilishi (a), aralashmalar kontsentratsiyasi taqsimoti (b) va potentsial taqsimot (v), energiya diagrammasi (g)

Berilgan:

1. Dastlabki plastinkaning materiali elektr o'tkazuvchanligi n-tipli kremniydir.
2. Tuzilish mintaqalarining elektrofizik xususiyatlari va geometrik o'lchamlari:

17.1-jadval

Parametrlari	r ₁ -baza	r ₂ -emitter	p ₁ -emitter
N, sm ⁻³	$3 \cdot 10^{16}$	$2 \cdot 10^{20}$	$5 \cdot 10^{20}$
ω , mkm	50	100	50
T, mks	1,0	0,03	0,001

3. Elektr parametrlari: ochiq holatdagi o'rtacha tok $I_{teshil.max} = 10 A$; maksimal ruxsat etilgan takroriy kuchlanish $u_{takr} = 600 V$; boshqarish elektrodining oqimi $I_{boshqar} = 0$;

Topish kerak.

1. Baza qismining elektrofizik parametrlari n_2 ; donor aralashmasining konsentratsiyasi N_{n2} ; qarshilik r_{p2} ; zaryad tashuvchining yashash davri T_{n2} .

2. Strukturaning geometrik o'lchamlari: bazaning qalinligi n-tipi sh_{n2} ; maydon p-n-o'tish joylari A

3. Tiristorning elektr parametrlari: yoqish toki I_{yoq} , o'chirish toki $I_{o'chir}$ va qoldiq kuchlanish U_{qold} .

17.2-jadval

Parametr	Variantlar nomeri								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
r1-bazadagi konsentratsiya N, sm^{-3}	1,0 $\cdot 10^{16}$	2,0 $\cdot 10^{16}$	4,0 $\cdot 10^{16}$	3,0 $\cdot 10^{16}$	5,0 $\cdot 10^{16}$	6,0 $\cdot 10^{16}$	7,0 $\cdot 10^{16}$	8,0 $\cdot 10^{16}$	9,0 $\cdot 10^{16}$
r2-emitteridagi konsentratsiya N, sm^{-3}	1,7 $\cdot 10^{20}$	1,8 $\cdot 10^{20}$	1,9 $\cdot 10^{20}$	2,0 $\cdot 10^{20}$	2,1 $\cdot 10^{20}$	2,2 $\cdot 10^{20}$	2,3 $\cdot 10^{20}$	2,4 $\cdot 10^{20}$	2,5 $\cdot 10^{20}$
p1-emitteridagi konsentratsiya N, sm^{-3}	4,7 $\cdot 10^{20}$	4,8 $\cdot 10^{20}$	4,9 $\cdot 10^{20}$	5,0 $\cdot 10^{20}$	5,1 $\cdot 10^{20}$	5,2 $\cdot 10^{20}$	5,3 $\cdot 10^{20}$	5,4 $\cdot 10^{20}$	5,5 $\cdot 10^{20}$
p1-bazada kichik zaryad tashuvchilar yashash vaqti t, mks	1,1	1,2	1,3	1,0	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
p2-emitterida kichik zaryad tashuvchilar yashash vaqti t, mks	0,00 9	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08
p1-emitterida kichik zaryad tashuvchilar yashash vaqti t, mks	0,00 11	0,00 12	0,00 13	0,00 1	0,001 4	0,00 15	0,001 6	0,001 7	0,001 8

p ₁ -bazasi qalinligi <i>sh</i> , mkm	47	48	49	50	51	52	53	54	55
p ₂ -emitteri qalinligi <i>sh</i> , mkm	97	98	99	100	101	102	103	104	105
p ₁ -emitteri qalinligi <i>sh</i> , mkm	47	48	49	50	51	52	53	54	55

Yechish:

1. Hisoblash asosiy n-mintaqaning elektr parametrlarini aniqlashdan boshlanadi. Dastlabki kremniy ruxsat etilgan qarshiligini tanlash uchun zahira shartidan foydalanamiz

$$U_{takr.} = 0,75 \cdot U_{teshil.}; \quad U_{teshil.} = \frac{U_{takr.}}{0,75} = \frac{600}{0,75} = 800 \text{ V}.$$

Ko'chkisimon teshilishi kuchlanishi donor aralashma konsentratsiyasiga bog'liqlik egri chizig'iga ko'ra, n-turdagi bazada donorlarning konsentratsiyasini topamiz $N_{n2} = 3 \cdot 10^{14} \text{ sm}^{-3}$. Birlamchi kremniy plastina solishtirma qarshiligi $\rho_{n2} = 15 \text{ Om} \cdot \text{sm}$ (A.2-rasmga qarang). Bunday kremniy markasi 2A KEF 15/0,1, ya'ni $L_p = 0,01 \text{ sm}$.

$$\tau_p^2 = L_p^2 = \frac{0,01^2}{12} = 8,3 \text{ mks}.$$

2. Biz strukturaning geometrik o'lchamlarini aniqlaymiz. Tiristor asosining qalinligi n odatda $U_{teshil.}$ kuchlanishdagi kollektor birikmasining asosiy zaryad tashuvchilari kengligidan 1,5 baravar ko'p olinadi:

$$\delta_{n2} = \sqrt{\frac{2 \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot U_{teshil.}}{q \cdot N_{n2}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 12 \cdot 8,86 \cdot 10^{-14} \cdot 800}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 3 \cdot 10^{14}}} \approx 60 \text{ mkm}.$$

Keyin $\omega_2 = 1,5$; $\delta_{n2} = 1,5 \cdot 60 \approx 90 \text{ mkm}$. Biz $\omega_{n2} = 100 \text{ mkm}$ deb qabul qilamiz.

Strukturaning maydoni kremniy qurilmalari uchun ruxsat etilgan tok zichligi $j_{max} = 10^2 \text{ A/sm}^2$ asosida aniqlanadi, shunda:

$$F = \frac{I_{teshil.max.}}{j_{max}} = \frac{10}{10^2} = 0,1 \text{ sm}^2.$$

3. Yoqish va o'chirish toklarini aniqlash uchun biz grafik-analitik usuldan foydalanamiz. Tiristorning VAT ni qurishning hojati yo'qligini unutmang, chunki bu parametrlar $F(I) - I \cdot (1 - \alpha_1 - \alpha_2)$ bog'liqligi asosida osongina topiladi.

Biz qurilishni tiristorlarning uzatish ko'effitsiyentlarining joriy bog'liqligini hisoblashdan boshlaymiz.

$$\alpha_1(I) = \gamma_1(I) \cdot \kappa_1; \quad \alpha_2(I) = \gamma_2(I) \cdot \kappa_2.$$

Biz zaryad tashuvchining uzatish ko'effitsiyentlarini baza formulalari orqali bo'yicha aniqlaymiz, ularni emitter tokidan mustaqil deb hisoblaymiz.

$$\kappa_1 = \operatorname{sech} \frac{\omega_{p1}}{L_n} = \frac{2}{\exp\left(\frac{\omega_{p1}}{L_n}\right) + \exp\left(-\frac{\omega_{p1}}{L_n}\right)};$$

$$\kappa_2 = \operatorname{sech} \frac{\omega_{p2}}{L_n} = \frac{2}{\exp\left(\frac{\omega_{p2}}{L_n}\right) + \exp\left(-\frac{\omega_{p2}}{L_n}\right)}.$$

p-bazadagi elektronlarning diffuziya uzunligi:

$$L_n = \sqrt{D_n \cdot \tau_n^{p1}} = \sqrt{36 \cdot 1 \cdot 10^{-6}} = 6 \cdot 10^{-3} = 60 \text{ mkm};$$

n-bazadagi teshiklarning diffuziya uzunligi $L_p = 0,01 \text{ sm} = 100 \text{ mkm}$. p-baza orqali elektron uzatish ko'effitsiyenti

$$\kappa_1 = \operatorname{sech} \frac{\omega_{p1}}{L_n} = \frac{2}{\exp\left(\frac{50}{60}\right) + \exp\left(-\frac{50}{60}\right)} = 0,73;$$

n-baza orqali kovakli o'tkazish ko'effitsiyenti:

$$\kappa_2 = \operatorname{sech} \frac{\omega_{p2}}{L_p} = \frac{2}{\exp\left(\frac{100}{100}\right) + \exp\left(-\frac{100}{100}\right)} = 0,65.$$

In'ektsiya ko'effitsiyentining tiristor orqali o'tadigan tokga bog'liqligi quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$\gamma(I) = \frac{\sqrt{1 + \frac{I}{I_0}} - 1}{\sqrt{1 + \frac{I}{I_0}} + 1};$$

bu yerda: $I_0 = I_{R0}^2 / (4 \cdot I_s)$.

$$I_{R0} = A \cdot \frac{q \cdot n_i \cdot \varphi_T \cdot \delta_0}{\varphi_k \cdot \sqrt{\tau_{n0} \cdot \tau_{p0}}}; \quad \delta_0 = \frac{2 \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot \varphi_k}{q \cdot N};$$

$$\varphi_k = \varphi_T \cdot \ln \frac{N_n \cdot N_p}{n_i^2}.$$

Emitter o'tishining to'yingan kovakli va elektron toklari:

$$I_{ps} = A \cdot \frac{q \cdot D_p \cdot p_{n0}}{L_p \cdot th\left(\frac{\omega_{n2}}{L_p}\right)};$$

$$I_{ns} = A \cdot \frac{q \cdot D_n \cdot p_{p0}}{L_n \cdot th\left(\frac{\omega_{p1}}{L_n}\right)};$$

Hisoblash formulalarida mavjud bo'lgan barcha miqdorlarning qiymatlarini hisoblaylik:

$$th\left(\frac{\omega_{n2}}{L_p}\right) = \frac{\exp\left(\frac{100}{100}\right) - \exp\left(-\frac{100}{100}\right)}{\exp\left(\frac{100}{100}\right) + \exp\left(-\frac{100}{100}\right)} = 0,76;$$

$$th\left(\frac{\omega_{p1}}{L_n}\right) = \frac{\exp\left(\frac{50}{60}\right) - \exp\left(-\frac{50}{60}\right)}{\exp\left(\frac{50}{60}\right) + \exp\left(-\frac{50}{60}\right)} = 0,69;$$

$$p_{n0} = n_i^2 / n_{p0} = n_i^2 / N_{n2} = (1,9 \cdot 10^{10})^2 / 3 \cdot 10^{14} = 1,2 \cdot 10^6 \text{ sm}^{-3};$$

$$n_{p0} = n_i^2 / p_{n0} = n_i^2 / N_{p1} = (1,9 \cdot 10^{10})^2 / 3 \cdot 10^{16} = 1,2 \cdot 10^4 \text{ sm}^{-3};$$

To'yinish toki:

$$I_{ps3} = A \cdot \frac{q \cdot D_p \cdot p_{n0}}{L_p \cdot th\left(\frac{\omega_{n2}}{L_p}\right)} = 0,1 \cdot \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 12 \cdot 1,2 \cdot 10^6}{100 \cdot 10^{-4} \cdot 0,76} = 3 \cdot 10^{-11} \text{ A};$$

$$I_{ns1} = A \cdot \frac{q \cdot D_n \cdot p_{p0}}{L_n \cdot th\left(\frac{\omega_{p1}}{L_n}\right)} = 0,1 \cdot \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 36 \cdot 1,2 \cdot 10^6}{60 \cdot 10^{-4} \cdot 0,69} = 1,7 \cdot 10^{-12} \text{ A}.$$

P1 va P3 o'tishlari uchun kontakt potentsial farqlari:

$$\varphi_{k1} = \varphi_T \cdot \ln \frac{N_{n1} \cdot N_{p1}}{n_i^2} = 2,3 \cdot 0,025 \cdot \lg \frac{5 \cdot 10^{20} \cdot 3 \cdot 10^{16}}{(1,9 \cdot 10^{10})^2} = 0,95 \text{ V};$$

$$\varphi_{k3} = \varphi_T \cdot \ln \frac{N_{n2} \cdot N_{p2}}{n_i^2} = 2,3 \cdot 0,025 \cdot \lg \frac{3 \cdot 10^{14} \cdot 2 \cdot 10^{20}}{(1,9 \cdot 10^{10})^2} = 0,82 \text{ V}.$$

Asosiy zaryad tashuvchilarining emitter o'tishi kengligi:

$$\delta_{01} = \sqrt{\frac{2 \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot \varphi_{k1}}{q \cdot N_{p1}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 12 \cdot 8,86 \cdot 10^{14} \cdot 0,95}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 3 \cdot 10^{14}}} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ sm};$$

$$\delta_{03} = \sqrt{\frac{2 \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot \varphi_{k3}}{q \cdot N_{n2}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 12 \cdot 8,86 \cdot 10^{14} \cdot 0,82}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 3 \cdot 10^{14}}} = 1,9 \cdot 10^{-4} \text{ sm}.$$

Emitter ulanishidagi $\sqrt{\tau_{n0} \cdot \tau_{p0}}$ kattaliklar:

$$\sqrt{\tau_p^{n1} \cdot \tau_n^{p1}} = \sqrt{0,001 \cdot 10^{-6} \cdot 1 \cdot 10^{-6}} = 0,03 \cdot 10^{-6} \text{ s} = 0,03 \text{ mks};$$

$$\sqrt{\tau_p^{n2} \cdot \tau_n^{p2}} = \sqrt{0,03 \cdot 10^{-6} \cdot 8 \cdot 10^{-6}} = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ s} = 0,5 \text{ mks}.$$

Ishlab chiqarilgan-rekombinatsiyalangan tokning xarakteristikalar:

$$I_{R01} = A \cdot \frac{q \cdot n_i \cdot \varphi_T \cdot \delta_{01}}{\varphi_{k1} \cdot \sqrt{\tau_p^{n1} \cdot \tau_n^{p1}}} = 0,1 \cdot \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,9 \cdot 10^{10} \cdot 0,025 \cdot 2 \cdot 10^{-5}}{0,95 \cdot \sqrt{3 \cdot 10^{-8}}}$$

$$= 5,3 \cdot 10^{-9} \text{ A};$$

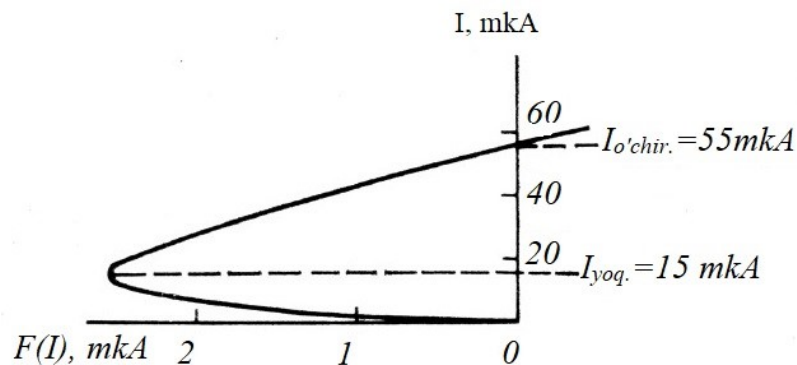
$$I_{R03} = A \cdot \frac{q \cdot n_i \cdot \varphi_T \cdot \delta_{01}}{\varphi_{k3} \cdot \sqrt{\tau_p^{n2} \cdot \tau_n^{p2}}} = 0,1 \cdot \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,9 \cdot 10^{10} \cdot 0,025 \cdot 1,9 \cdot 10^{-5}}{0,82 \cdot \sqrt{5 \cdot 10^{-7}}}$$

$$= 3,5 \cdot 10^{-9} \text{ A};$$

$$I_{01} = \frac{I_{R01}^2}{4 \cdot I_{ns}} = \frac{(5,3 \cdot 10^{-9})^2}{4 \cdot 1,7 \cdot 10^{-12}} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ A} = 4 \text{ mkA};$$

$$I_{03} = \frac{I_{R03}^2}{4 \cdot I_{ps}} = \frac{(3,5 \cdot 10^{-9})^2}{4 \cdot 3 \cdot 10^{-11}} = 1 \cdot 10^{-7} \text{ A} = 0,1 \text{ mkA}.$$

In'eksiya koeffitsiyentlarining joriy bog'liqliklarini hisoblab, biz $F(I)-I \cdot (1-\alpha_1-\alpha_2)$ funksiyasini chizamiz (17.5-rasm).



17.5-rasm. $F(I)-I \cdot (1-\alpha_1-\alpha_2)$ funktsiya grafigi

O'chirish toki $F(I)$ funksiyasining y o'qi bilan kesishgan nuqtasidan topiladi: $I_{o'chir.} = 55 \text{ mA}$. Yoqish toki funksiyaning maksimal qiymatiga to'g'ri keladi: $I_{yoq.} = 15 \text{ mA}$.

$I=10 \text{ A}$ tokdagi tiristorning ochiq holatidagi kuchlanishni aniqlash uchun ochiq holatda tiristorning VAT ni bilish kerak. Anod kuchlanishi $U_A = U_1 - U_2 + U_3$.

Ochiq holatda tiristor orqali o'tadigan umumiy oqim barcha p-n o'tishlari orqali oqimlarga teng: $I=I_1=I_2=I_3$. $U \geq 0,5 V$ uchun ulanish bo'ylab to'g'ridan-to'g'ri kuchlanish bilan asosiy zaryad tashuvchilardagi rekombinatsiya toklarini e'tiborsiz qoldirish mumkin, shuning uchun kollektor birikmasi uchun $I_{s2} = I_{ps2} + I_{ns2}$. $N_{p1} \gg N_{n2}$ bo'lgani uchun $I_{s2}=I_{ps2}=I_{ps3}=3 \cdot 10^{-11} A$;

$$I_2 = I_{ps2} \cdot \exp\left(\frac{U_2}{\varphi_T}\right) = 3 \cdot 10^{-11} \exp\left(\frac{U_2}{\varphi_T}\right);$$

Logarifmlash va toklarning p-n-o'tish joylaridagi kuchlanishlarga bog'liqligini o'zgartirib, quyidagi natijani olamiz:

$$U_1 = 2,3 \cdot \varphi_T \cdot \lg \frac{I_1}{1,7 \cdot 10^{-12}};$$

$$U_2 = 2,3 \cdot \varphi_T \cdot \lg \frac{I_2}{3 \cdot 10^{-11}}; \quad U_3 = 2,3 \cdot \varphi_T \cdot \lg \frac{I_3}{3 \cdot 10^{-11}}.$$

Anod kuchlanishi:

$$U_A = U_1 - U_2 + U_3 = U_1 = 2,3 \cdot \varphi_T \cdot \lg \frac{I_1}{1,7 \cdot 10^{-12}};$$

Ochiq holatdagi tiristordagi kuchlanish:

$$U_{ochiq} = U_1 \cdot (I_1 = 10) = 2,3 \cdot \varphi_T \cdot \lg \frac{I_1}{1,7 \cdot 10^{-12}} = 0,735 V.$$

Mustaqil ishlash uchun masalalar

1. Tiristorlar parametrlarini hisoblash bipolyar tranzistorlar parametrlarini hisoblashdan ko'ra murakkabroq. Keling, p-n-p-n strukturasining ba'zi geometrik o'lchamlarini, alohida qatlamlarning elektr xususiyatlarini va tiristorning bir qator asosiy elektr parametrlarini aniqlashni o'z ichiga olgan soddalashtirilgan baholash hisobining misolini ko'rib chiqaylik. Biz ko'rib chiqilayotgan qurilmada tayanch va emitter hududlari bir xilda dopinglangan va barcha p-n o'tish joylari teng deb taxmin qilamiz. Uning tuzilishi 1-rasmda ko'rsatilganga o'xshaydi. Har bir hisoblash varianti uchun struktura parametrlari 2-jadvalda keltirilgan.

17.3-jadval

Parametr	Variantlar nomeri								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
r1-bazadagi konsentratsiya N, sm^{-3}	1,0 $\cdot 10^{16}$	2,0 $\cdot 10^{16}$	4,0 $\cdot 10^{16}$	3,0 $\cdot 10^{16}$	5,0 $\cdot 10^{16}$	6,0 $\cdot 10^{16}$	7,0 $\cdot 10^{16}$	8,0 $\cdot 10^{16}$	9,0 $\cdot 10^{16}$

r ₂ -emitteridagi konsentratsiya N, sm ⁻³	1,7 · 10 ²⁰	1,8 · 10 ²⁰	1,9 · 10 ²⁰	2,0 · 10 ²⁰	2,1 · 10 ²⁰	2,2 · 10 ²⁰	2,3 · 10 ²⁰	2,4 · 10 ²⁰	2,5 · 10 ²⁰
p ₁ -emitteridagi konsentratsiya N sm ⁻³	4,7 · 10 ²⁰	4,8 · 10 ²⁰	4,9 · 10 ²⁰	5,0 · 10 ²⁰	5,1 · 10 ²⁰	5,2 · 10 ²⁰	5,3 · 10 ²⁰	5,4 · 10 ²⁰	5,5 · 10 ²⁰
p ₁ -bazada kichik zaryad tashuvchilar yashash vaqti t, mks	1,1	1,2	1,3	1,0	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
p ₂ -emitterida kichik zaryad tashuvchilar yashash vaqti t, mks	0,009	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08
p ₁ -emitterida kichik zaryad tashuvchilar yashash vaqti t, mks	0,001 1	0,001 2	0,001 3	0,001	0,001 4	0,001 5	0,001 6	0,001 7	0,00 18
p ₁ -bazasi qalinligi sh, mkm	47	48	49	50	51	52	53	54	55
p ₂ -emitteri qalinligi sh, mkm	97	98	99	100	101	102	103	104	105
p ₁ -emitteri qalinligi sh, mkm	47	48	49	50	51	52	53	54	55

17.3-jadvalni davomi

Parametr	Variantlar nomeri								
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
r ₁ -bazadagi konsentratsiya N, sm ⁻³	10 · 10 ¹⁶	11 · 10 ¹⁶	12 · 10 ¹⁶	13 · 10 ¹⁶	14 · 10 ¹⁶	15 · 10 ¹⁶	16 · 10 ¹⁶	17 · 10 ¹⁶	18 · 10 ¹⁶

r ₂ - emitteridagi konsentratsiy a N, sm ⁻³	2,8 · 10 ²⁰	2,9 · 10 ²⁰	3 · 10 ²⁰	3,1 · 10 ²⁰	3,2 · 10 ²⁰	3,3 · 10 ²⁰	3,4 · 10 ²⁰	3,5 · 10 ²⁰	3,6 · 10 ²⁰
p ₁ - emitteridagi konsentratsiy a N, sm ⁻³	5,6 · 10 ²⁰	5,7 · 10 ²⁰	5,9 · 10 ²⁰	5,8 · 10 ²⁰	6,1 · 10 ²⁰	6,2 · 10 ²⁰	6,3 · 10 ²⁰	6,4 · 10 ²⁰	6,5 · 10 ²⁰
p ₁ -bazada kichik zaryad tashuvchilar yashash vaqti t, mks	1,9	2,1	2,2	2,0	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8
p ₂ -emitterida kichik zaryad tashuvchilar yashash vaqti t, mks	0,019	0,018	0,021	0,032	0,04 5	0,052	0,066	0,075	0,08 8
p ₁ -emitterida kichik zaryad tashuvchilar yashash vaqti t, mks	0,001 9	0,002	0,002 3	0,0021	0,00 24	0,002 5	0,002 6	0,002 7	0,00 28
p ₁ -bazasi qalinligi sh, mkm	56	57	58	59	60	61	62	63	64
p ₂ -emitteri qalinligi sh, mkm	90	91	92	93	94	95	96	97	98
p ₁ -emitteri qalinligi sh, mkm	50	51	52	53	54	56	55	58	57

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Abidov Q.Gʻ., Karimov R.Ch., Omonov F.B., Qodirov J.U., Xalmanov D.X. Nazariy elektrotexnika. 1-qism. Oʻquv qoʻllanma. / - T.: “SHUHRAT MATBUOT-SERVIS”, 2023. – 316 b.
2. Amirov S.F., Yoqubov M.S., Jabborov N.Gʻ. Nazariy elektrotexnika: Oliy oʻquv yurtlari talabalari uchun darslik. – Toshkent: ToshTYMI, 2016. – 481 b.
3. Amirov S.F., Yoqubov M.S., Jabborov N.Gʻ., Sattarov X.A., Balgaev N.E. Elektrotexnikaning nazariy asoslaridan masalalar toʻplami. Toshkent „Adabiyot uchqunlari“ 2015-yil. 420 bet.
4. Амиров С.Ф., Хушбоков Б.Х., Балгаев Н.Е. Многодиапазонные трансформаторы тока // Электротехника. – Москва, 2009. – №2. – С. 61-64.
5. Амиров С.Ф., Хушбоков Б.Х., Шойимов Й.Ю. Дистанционные преобразователи больших токов с многовитковыми сердечниками // Вестник ТашИИТ. – Ташкент, 2006. – №1. – С. 162-169.
6. Амиров С.Ф., Хушбоков Б.Х., Мухсимов Ш.С. Широкодиапазонные трансформаторы тока для систем тягового электроснабжения. Монография. Ташкент-“Фан ва технология” 2018 г. 162 стр.
7. Афонин В.В., Акулинин И.Н., Ткаченко А.А.: Сборник задач по электротехнике: учебное пособие. В 3-х ч. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. унв-та, 2004, 80 ст.
8. Бердиев У.Т., Хушбоков Б.Х., Қаяумов С.Н. Электр транспорти электр ва электрон ускуналари. 5521700 – Электр техникаси, электр механикаси ва электр технологияси (Электр транспорти) таълим йўналиши 4 босқич бакалаврият талабалари учун дарслик (ОЎМТВ грифи билан (11,8 б.т.). 2018 й.
9. Бердиев У.Т., Хушбоков Б.Х., Исроилов У.Ш., Мирсаитов М.М., Туйчиева М.Н. Elektr tortish asoslari. 5310600-Yer usti transport tizimlari va ularning ekspluatatsiyasi (Elektr transporti), 5310700 – Elektr texnikasi, elektr mexanikasi va elektr texnologiyasi (temir yoʻl transporti) taʼlim yoʻnalishlari bakalavriyat talabalari uchun darslik. 2018 (OʻMТВ грифи билан).
10. Berdiyev U.T., Pirmatov N.B. Elektromexanika. Texnika oliy oʻquv yurtlarining “Elektr texnikasi, elektr mexanikasi va elektr texnologiyalari” va “Elektr energetika” yoʻnalishi talabalari uchun darslik. – T.: Shams -Asa. 2014.-386 b.

11. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: Учебник. – Люберцы: Юрайт, 2016. – 701 с.
12. Дайлидко А.А., Дайлидко О.А.: Электрические машины / учебное иллюстрированное пособие. – М.: УМК МПС России, 2002. – 43 ст.
13. Демирчян К.С., Нейман Л.Р., Коровкин Н.В., Чечурин В.Л. Теоретические основы электротехники. Т1, 2, 3. - СПб.: Питер, 2003. – 463, 576, 377 с.
14. Erejegov M.T., Ibadullaev M., Niyozov N.N. Teoriyalik elektrotexnika (I bo‘lim) [Matn]: darslik / Erejegov M.T., Ibadullaev M., Niyozov N.N. – Toshkent: “Yosh avlod matbaa”, 2022. – 232 b.
15. Frank Petruzella. Activities Manual for Electric Motors and Control Systems with Constructor CD – 15 edition. Publisher: McGraw – Hill Publishing Company. 2021.
16. Гейтенко Е.Н. Источники вторичного электропитания. Схемотехника и расчет. Учебное пособие. — М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2008. — 448 с.
17. Giorgio Rizzoni: Fundamentals of electrical engineering / TK146.R4725, 2009.
18. Ibadullayev M., Tovboyev A., Yesenbekov A.: Nazariye elektrotexnika masala va mashqlar to‘plami [Matn] Q.I.: o‘quv qo‘llanma – T.: “O‘zbekiston xalqaro islom akademiyasi” nashriyot-matbaa birlashmasi, 2020. – 328 b.
19. Imomnazarov A.T.: Elektromexanik tizim elementlari – darslik. Toshkent; “Ta’lim” 2009. – 160 b
20. John Bird “Electrical and Electronic Principles and Technology” LONDON AND NEW YORK, 2014. – 455 p.
21. Каримов А.С.: Назарий электротехника: икки томли дарслик. Тошкент Давлат техника университети. «Ўзбекистон». Тошкент, 2002. 422 бет.
22. Karimov R.Ch., Xolixmatov B.B., Omonov F.B. Elektr ta’minoti tizimining ishonchliligi. O‘quv qo‘llanma. Termiz 2022, 178 b.
23. Кацман М.М. Сборник задач по электрическим машинам. Учебн. пособие для вузов.- М.: Изд. центр «Академия». 2012 -154 с.
24. Китаев В.Е., Бокуняев А.А., Колканов М.Ф.: Под ред. Бокуняева А.А. Расчет источников электропитания устройств связи. Учебное пособие для вузов. - М.: Радио и связь 1993. - 232с.
25. Кононенко В.В., Мишкович В.И., Муханов В.В., Планидин В.Ф., Чеголин П.М.; под ред. Кононенко В.В. – Электротехника и электроника. Учебное пособие для вузов:– Изд. 3-е, исправленное и дополненное. – Ростов н/Д: Феникс, 2007. – 784 ст.

25. Котов В.Л., Бурков В.М., Фролов А.Н., Донцов М.Г., Шмуклер М.В.: Электротехника и электроника. Сборник задач по электротехнике: ГОУВПО Иван. гос. хим.-технол. ун-т. Иваново 2007. 40 ст.
26. Leonard L. Grigsby.: The Electric Power Engineering Handbook: "Power Systems" CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group., 711 Third Avenue New York, NY 10017, 2012. 559 p.
27. Levashev Yu.A., Aksenyuk Ye.B. L Elektrotexnika I elektronika [Tekst]: uchebnoe posobie. – Vladivostok: Izd-vo VGUES, 2010. – 192 s.
29. Majidov S., Ibodullayev M., Yo‘ldosheva O., Berdiyev U., To‘xtamishev B., Sattorov X.: "Elektr mashina va elektr yuritmalardan praktikum", Oliy o‘quv yurtlari uchun o‘quv qo‘llanma. T.: "O‘qituvchi" 2005, 176 bet.
30. Макаров А.В., Лебедев В.Д.: Сборник задач по повышенной сложности по теоретической и общей электротехнике: Учебное пособие. / Под ред. Макаров А.В.; ГОУВПО "Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина". – Иваново, 2010 – 84 ст.
31. Макенова Н.А.: Решебник по электротехнике: учебное пособие / Макенова Н.А., Хохлова Т.Е., Томской политехнический университета. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 165 ст.
32. Maxmudov M.I., Qo‘ziyev Z.E. Elektrotexnika va elektronika. O‘quv qo‘llanma (elektron kitob). Buxoro-2020. 149-bet.
33. Mirisayev A.U. Elektrotexnika va elektronika. Darsli. TAQI. – T.: 2022. – 220 bet
34. Mustafaqulova G.N., Toirov O.Z., Bekishev A.Y. Elektr mashinalari. O‘quv qo‘llanma. – T.: "Tafakkur avlodi", 2020.-192 b.
35. Патент РУз. IAP 04185. Преобразователь несимметричности трехфазного тока в напряжение / Амиров С.Ф., Азимов Р.К., Сиддиқов И.Х., Хакимов М.Х., Хушбоқов Б.Х., Саттаров Х.А. // Расмий ахборотнома. – 2011. – №3.
36. Плиско В.Ю. Электротехника. Практикум: учебн. пособие. – Минск.: РИПО, 2020.-83 с.
37. Qodirov J.U., Qurbonazarov S.E. "Tog‘ temir yo‘l uchastkalarida elektr tortish tarmog‘ining o‘tkazuvchanlik qobiliyatini yaxshilash usullari" / monografiya. Termiz.: 2023. 104 b.
38. Ровдо А.А. Полупроводниковые диоды и схемы с диодами. Light.Ltd. 2000. 286 с.

39. Свириденко Э.А. Основы электротехники и электроснабжения. Учебник / Свириденко Э.А., Китунович Ф.Г. – Минск: Техноперспектива, 2008.-435 с.
40. Векслер Г.С., Недочетов В.С. и др. Подавление электромагнитных помех в цепях электропитания. Киев: Техника. 1990. 167 с.
41. Хушбоқов Б.Х., Хушбоқов С.Ш. Электромобиллар. Монография. Термиз-“Сурхон-нашр” МЧЖ босмахонаси, 2020 й. 98 б.
42. Charles K., Alexander Matthew N.O., Sadiku “fundamentals of Electric Circule” New York, 2014. – 458 p.

MUNDARIJA

1-Mavzu: Energiya va uning manbalari.....	5
2-Mavzu: Elektr zanjirlaridagi asosiy shartli belgilar va elektr zanjirlari sxemalarining asosiy turlari. elektr zanjirlarini qurish.....	10
3-Mavzu: O'zgarmas tok manbalari va ularning elektr zanjirlarini hisoblash.....	24
4-Mavzu: Tarmoqlangan va tarmoqlanmagan oddiy elektr zanjirlari, ekvivalent qarshilik, kuchlanishlar va toklar taqsimoti.....	44
5-Mavzu: Bir fazali o'zgaruvchan tok zanjirlarini hisoblash.....	66
6-Mavzu: Uch fazali o'zgaruvchan tok zanjirlarini hisoblash.....	76
7-Mavzu: Iste'molchilari yulduz va uchburchak sxemalarda ulangan uch fazali zanjirlarni hisoblash.....	88
8-Mavzu: Elektr yuritmaga motor quvvatini tanlashni hisoblash.....	99
9-Mavzu: Elektr zanjirlaridagi toklar rezonansi.....	118
10-Mavzu: Bir fazali transformatorlarni hisoblash.....	126
11-Mavzu: Uch fazali transformatorlarni hisoblash.....	144
12-Mavzu: Asinxron motorni mexanik xarakteristikasini qurish.....	159
13-Mavzu: O'zgarmas tok elektr motorining mexanik xarakteristikasini qurish	175
14-Mavzu: Yarim o'tkazgichli filtrlarning parametrlarini hisoblash.....	190
15-Mavzu: Yarim o'tkazgichli to'g'rilagichni hisoblash.....	211
16-Mavzu: Yarim o'tkazgichli tranzistorlarni hisoblash.....	222
17-Mavzu: Yarim o'tkazgichli tiristorlarni hisoblash.....	237
FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.....	248

СОДЕРЖАНИЕ

Тема 1: Энергия и ее источники.....	5
Тема 2: Основные условные обозначение в электрических цепях и основные виды электрических цепей. Построение электрических цепей.....	10
Тема 3: Расчет источников постоянного тока и их электрических цепей..	24
Тема 4: Разветвлённые и неразветвлённые простые электрические цепи, эквивалентные сопротивления, распределение напряжения и тока.....	44
Тема 5: Расчет однофазных цепей переменного тока.....	66
Тема 6: Расчет трехфазных цепей переменного тока.....	76
Тема 7: Расчет трехфазных цепей с потребителями, подключенными по цепи «звезда и треугольник».....	88
Тема 8: Расчет и выбор мощности двигателя для электропривода.....	99
Тема 9: Резонанс токов в электрических цепях.....	118
Тема 10: Расчет однофазных трансформаторов.....	126
Тема 11: Расчет трехфазных трансформаторов.....	144
Тема 12: Построение механических характеристик асинхронного двигателя.....	159
Тема 13: Построение механических характеристик электродвигателя постоянного тока.....	175
Тема 14: Расчет параметров полупроводниковых фильтров.....	190
Тема 15: Расчет полупроводникового выпрямителя.....	211
Тема 16: Расчет полупроводниковых транзисторов.....	222
Тема 17: Расчет полупроводниковых тиристоров.....	237
ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	248

CONTENTS

Topic 1: Energy and its sources.....	5
Topic 2: Basic symbols in electrical circuits and basic types of electrical circuits. construction of electrical circuits.....	10
Topic 3: Calculation of dc sources and their electric circuits.....	24
Topic 4: Branched and unbranched simple electrical circuits, equivalent resistances, voltage and current distribution.....	44
Topic 5: Calculation of single-phase ac circuits.....	66
Topic 6: Calculation of three-phase ac circuits.....	76
Topic 7: Calculation of three-phase circuits with consumers connected through a “star and delta” circuit.....	88
Topic 8: Calculation and selection of engine power for an electric drive.....	99
Topic 9: Resonance of currents in electric circuits.....	118
Topic 10: Calculation of single-phase transformers.....	126
Topic 11: Calculation of three-phase transformers.....	144
Topic 12: Construction of mechanical characteristics of an induction motor...	159
Topic 13: Construction of mechanical characteristics of a DC electric motor...	175
Topic 14: Calculation of parameters of semiconductor filters.....	190
Topic 15: Calculation of semiconductor rectifier.....	211
Topic 16: Calculation of semiconductor transistors.....	222
Topic 17: Calculation of semiconductor thyristors.....	237
REFERENCES	248

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY TA’LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI

B.X.Xushboqov, F.B.Omonov S.E.Qurbonazarov

ELEKTROTEXNIKA VA ELEKTRONIKA ASOSLARI

(amaliy mashg‘ulotlarni bajarish uchun o‘quv qo‘llanma)

*O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligi tomonidan
Oliy ta’lim muassasalari 60812700 – Irrigatsiya tizimlarida gidroenergetika
obyektlari ta’lim yo‘nalishi bakalavrlari uchun o‘quv qo‘llanma sifatida tavsiya
etilgan*

Muharrir: S. T. Xashimov
Musahhah: H. Zakirova
Sahifalovchi: A. Hidoyatov
Dizayner: A. Abdiahodov

Nashriyot litsenziyasi AI № 3676, 24.12.2020 Ofset qog‘ozi.
Bosishga ruxsat etildi 20.06.2024. Format 60x84 1/16.
Garnitura «Times New Roman». Bosma taboq 21.0 Adadi
100 nusxa. Buyurtma №18.

«"MOHIRBEK-ZIYO" »mas’uliyati cheklangan jamiyati.
Toshkent shahri, Uchtepa tumani Farhod ko'chasi 58-uy

ISBN 978-9910-9160-0-7



9 789910 916007