

А. С. КАРИМОВ, М. М. МИРҲАЙДАРОВ
С. Г. БЛЕЙХМАН, В. А. ПОПОВ

Электротехника ва электроника асослари

(масалалар тўплами ва лаборатория ишлари)

Қайта ишланган ва тўлдирилган иккинчи нашри

Ўзбекистон ССР халқ таълими ва тиббиёт вазирлиги олий техника ўқув юр்தларининг электротехникадан бошқа ихтисослик студентлари учун ўқув қўлланма сифатида тавсия этган

„Электротехника ва электроника асослари“ курси бўйича ёзилган масалалар ва лаборатория ишлари тўплами икки қисмдан иборат

Биринчи қисмда шу курснинг барча бўлимлари юзасидан турлича мураккабликдаги масалалар берилган. Улардан баъзиларини ечиш йўллари кўрсатилган.

Иккинчи қисми лаборатория ишларининг баёнидан иборат бўлиб, студентларнинг бу ишларни бажаришга тайёрланишларини энгиллаштириш мақсадида ҳар қайси ишга доир назарий маълумотлар ҳам берилган

Ўқув қўлланма олий техника ўқув юрглариининг студентлари учун мўлжалланган.

Рецензентлар: профессор С. З. Усмонов,
доцент У. Иброҳимов

Махсус муҳаррир доцент **Ғ. Шоёқубов**

К $\frac{2202010000 - 88}{353(04) - 89}$ 163—89

*SBN5—643—00493—X

© „Ўқитувчи“ нашриёти, қайта иланган ва тўлдирилган, 1989

СУЗ БОШИ

Ушбу „Электротехника ва электроника асосларига оид масалалар тўплами ва лаборатория ишлари“ ўқув қўлланмаси олий техника ўқув юрғларининг электротехникадан бошқа ихтисосликлари учун СССР халқ таълими давлат комитети тасдиқлаган электротехника ва электроника асослари курси программаларига яқин тузилган.

Қўлланма икки қисмдан: биринчи қисми—масалалар тўплами ва иккинчи қисми лаборатория ишларидан иборат.

Қўлланманинг иккинчи нашрини тайёрлашда унинг биринчи нашридаги барча масалалар қайта кўриб чиқилди ва кўпгина янги масалалар киритилди. Шу жумладан график ҳисоблашлар бўйича намуналар ва вариантлар (иловада) берилган.

Электротехника курсининг назарий қисмини масалалар ечиш билан биргаликда ўрганиш студентлар билим доираларининг кенгайтилишига, ишлаб чиқаришнинг электротехникага оид масалаларини ҳал этиш учун зарур билимларни эгаллашларига ёрдам беради.

Электротехника курсини мустақил ўрганувчи сиртқи бўлим студентларига ёрдам бериш мақсадида курснинг барча бўлимлари бўйича ечимлари батафсил баён этилган намуна масалалар ҳам кўрсатилган.

Электротехника курси айрим факультет ва ихтисосликлар учун турли ўқув соатига мўлжалланганлиги учун ҳар бир бўлимда масалаларнинг мураккаблиги ҳисобга олинган. Қандай мураккабликдаги масалалар ечилиши ўқитувчининг кўрсатмасига биноан танланиши мумкин.

Китобнинг биринчи нашридаги барча лаборатория ишлари қайта кўриб чиқилди, тузатишлар киритилди ва янги лаборатория ишлари билан тўлдирилди.

Электротехника курсининг ўқитилиши жараёнида лаборатория машғулотларини ўтказиш амалий аҳамиятга эга. Лаборатория ишларини бажариш студентларнинг мазкур курсни пухта ўзлаштиришлари ва уларнинг турли электр схемаларни йиғишга, электр ўлчов асбоблари ва аппаратларидан фойдаланишга, шунингдек, оддий амалий текширишлар ўтказишларига ёрдам беради.

Қўлланмада 27 та лаборатория иши бўлиб, уларни бажариш шу машғулот учун ажратилган соатга боғлиқ. Ҳар бир ихтисослик

Учун бажарилиши лозим бўлган лаборатория ишларининг сони кафедра методик йигилишида ҳал этилади.

Студентларнинг лаборатория машғулотларини ўтказишга тайёрланишини осонлаштириш мақсадида ҳар бир лаборатория ишига оид назарий тушунча берилган.

Ушбу қўлланма Тошкент политехника институти саноат энергетикаси факультетининг „Назарий ва умумий электротехника“ кафедраси ўқитувчилар коллективи томонидан т. ф. д. проф. А. С. Каримовнинг раҳбарлиги остида тузилган бўлиб, I қисмини А. С. Каримов, М. М. Мирҳайдаров. II қисмини эса А. С. Каримов, М. М. Мирҳайдаров, С. Г. Блейхман, В. А. Попов ёзган.

Авторлар китобнинг қўлёзмасини диққат билан кўриб чиқиб, қимматли маслаҳат ва қўрсатмалар берган, проф. С. З. Усмоновга ва китобнинг биринчи нашри бўйича қимматли фикр-мулоҳазаларини билдирган доцент У. Иброҳимовга, шунингдек, қўлёзmani тайёрлашда ёрдам берган Тошкент политехника институти „Назарий ва умумий электротехника“ кафедрасининг ходимлари Б. А. Абдуллаев, О. М. Бурхонхўжаев, А. А. Кашкаров, Д. Б. Мавлонова ва бошқа ўртоқларга миннатдорчилик билдирадилар.

Биринчи қисм

МАСАЛАЛАР

1-БОБ. ЎЗГАРМАС ТОК ЗАНЖИРЛАРИ

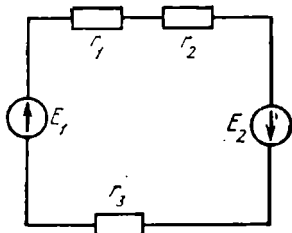
1.1-масала. Қаршиликлари $r_1=5$ Ом, $r_2=10$ Ом ва $r_3=15$ Ом бўлган электр занжири (1.1-расм) электр юритувчи кучлари $E_1=50$ В ва $E_2=100$ В бўлган манбага уланган. Занжирдаги токнинг қиймати ва қаршиликлардаги кучланишларнинг пасайиши аниқлансин.

1.2- масала. Қаршиликлари $r_1=12$ Ом, $r_2=3$ Ом, $r_3=15$ Ом, $r_4=r_5=24$ Ом, $r_6=4,5$ Ом дан иборат бўлган электр занжири (1.2-расм) кучланиши $U=120$ В бўлган манбага уланган. Ҳар бир қаршиликдан ўтаётган ток ва ундаги кучланишнинг тушуви аниқлансин. Қувватлар баланси текширилсин.

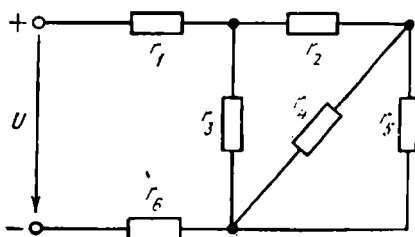
1.3- масала. Ички қаршилиги $r_0=0,02$ Ом бўлган ўзгармас кучланиш манбаи қаршилиги $r=0,2$ Ом бўлган истеъмолчига уланган. Агар манбанинг кучланиши унинг салт ишлаш режимида $U_0=220$ В бўлса, занжирдаги токнинг кучи ва истеъмолчининг қисмаларидаги кучланиш аниқлансин.

1.4- масала. Кучланиши $U=220$ В бўлган ёритиш тармоғига қуввати 150 Вт ли лампадан 8 та, 100 Вт лисидан эса 12 та ва 60 Вт ли лампадан 15 таси гараллел уланган. Тармоқдан истеъмол қилинаётган умумий ток ва 5 соат ёритиш давомида сарфланган энергия миқдори киловатт-соатларда аниқлансин.

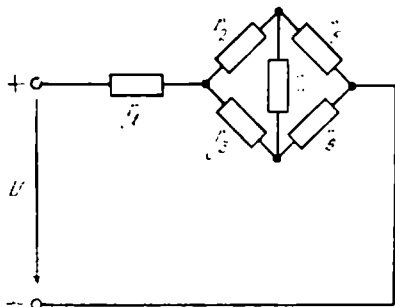
1.5- масала. Икки симли линия охирига қуввати $P_1=22$ кВт ли электр двигатели билан умумий қуввати $P_2=2,2$ кВт бўлган бир группа лампалардан иборат истеъмолчилар параллел уланган. Битта линия симининг қаршилиги $r_n=0,02$ Ом бўлиб, истеъмолчиларнинг қисмаларидаги кучланиш $U_2=220$ В бўлса, линия бошидаги кучланиш U_1 аниқлансин.



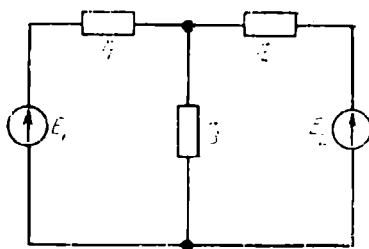
1.1- расм.



1.2- расм.



1.3- расм.



1.4- расм.

1.6- масала. Қаршиликлари $r_1 = 0,25$ Ом, $r_2 = 4,5$ Ом, $r_3 = 1,5$ Ом, $r_4 = 3,0$ Ом, $r_5 = 1,5$ Ом ва $r_6 = 2,5$ Ом бўлган электр занжирнинг (1.3-расм) эквивалент қаршилиги аниқлансин.

1.7- масала. Ҳар бирининг қаршилиги 20 Ом дан бўлган учта электр энергия истеъмолчиси юлдуз схемада уланган (1.4- расм). Агар занжирдаги манбаларнинг электр юритувчи кучлари $E_1 = 120$ В ва $E_2 = 30$ В бўлса, занжирнинг барча қисмларидаги ток ва истеъмолчиларнинг умумий қуввати аниқлансин.

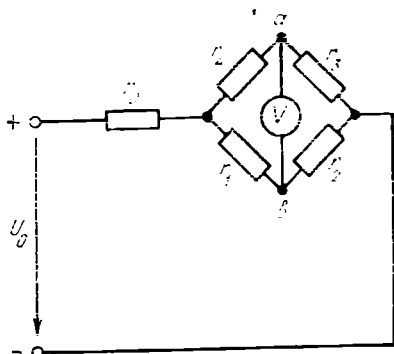
1.8- масала. 1.7- масала электр юритувчи куч манбаи E_2 тескари улангандаги ҳол учун ечилсин.

1.9- масала. Параметрлари $r_1 = 20$ Ом, $r_2 = 60$ Ом, $r_3 = 50$ Ом ва $r_4 = 30$ Ом бўлган кўприк схема $r_0 = 5$ Ом қаршилик орқали кучланиши $U_0 = 90$ В бўлган ўзгармас ток манбаига уланган (1.5- расм):

1) кучланиш U_{ab} вольтметрнинг кўрсатиши бўйича неча вольтга тенг? (вольтметрнинг ички қаршилиги $r_v = \infty$);

2) агар r_3 ва r_4 қаршиликларнинг ўрни алмаштирилса, кучланиш U_{ab} қандай ўзгаради?

3) қаршилик r_4 нинг катталигини ўзгартириш билан кучланиш $U_{ab} = 0$ га эришиш мумкинми? Мумкин бўлса, унинг катталиги нимага тенг?



1.5- расм.

1.10- масала. Қаршиликлари $r_1 : r_2 : r_3 = 2 : 5 : 3$ ва $r_4 : r_5 = 3 : 2$ нисбатларда танланган занжир (1.6- расм) кучланиши $U_0 = 200$ В бўлган ўзгармас ток манбаига уланган. Вольтметрлар V_1 ва V_2 нинг кўрсатишлари аниқлансин.

1.11- масала. 1.7- расмдаги электр занжир кучланиши $U_0 = 100$ В бўлган манбага уланган. Агар қаршиликлар $r_1 = 16$ Ом ва $r_2 = 60$ Ом бўлиб, қаршилик r_1 нинг қувват ис-

1.6- расм.

1.7- расм.

теъмоли $P_1 = 100$ Вт бўлса, қаршилик r_3 нинг катталиги аниқлансин.

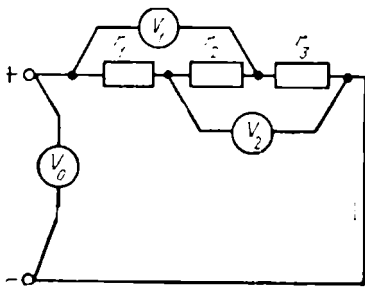
1.12- масала. 1.8- расмдаги электр занжир қаршиликларининг нисбатлари $r_1:r_2:r_3 = 5:2:3$ бўлиб, вольтметрларнинг кўрсатишлари $U_1 = 140$ В ва $U_2 = 100$ В ни ташкил этади. Занжирга берилаётган кучланиш U_0 ва занжирнинг элементлари бўйича кучланишларнинг тақсимланиши аниқлансин.

1.13- масала. Занжирга уланган V_0 ва V_2 вольтметрларнинг кўрсатишлари тегишлича 110 ва 50 В дан бўлиб, қаршилик $r_2 = 25$ Ом. Вольтметр V_1 нинг кўрсатиши, қаршилик r_1 нинг катталиги ва занжирнинг истеъмол қуввати аниқлансин (1.9- расм)

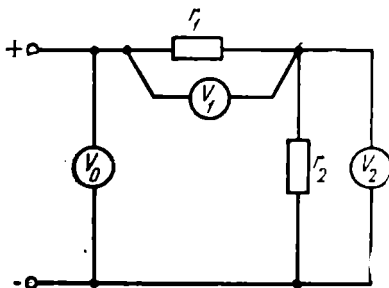
1.14- масала. Агар 1.10- раемдаги электр занжирнинг қувват истеъмоли 605 Вт бўлиб, занжир резистив элементларининг қаршиликлари $r_1 = r_2 = 10$ Ом бўлса, занжирга уланган вольтметр ва амперметрларнинг кўрсатишлари аниқлансин.

1.15- масала. Арча безатиш учун номинал кучланиши 13,5; 6,3; 3,5 В бўлган лампочкалар мавжуд, уларнинг қуввати тегишлича 2,43; 1,89 ва 0,91 Вт ни ташкил этади.

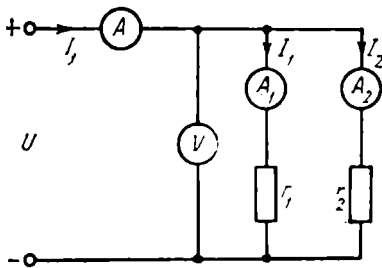
Кучланиши 110 В бўлган электр тармоғига уланадиган арча маржонини яшаш учун шу лампочкаларнинг ҳар биридан нечта-



1.8- расм.



1.9 расм.



1.10- расм.

дан олиш мумкинлиги ва маржон занжирдан оқиб ўтайдиган тоқлар аниқлансин.

1.16- масала. Очиқ мис симдан ўтказилган 500 м узунликдаги икки симли линия алюминий симга алмаштирилди. Иккала хил симнинг қўндаланг кесими бир хил: $S = 16 \text{ мм}^2$ бўлиб, линиядан оқиб ўтаётган ток 100 А ни ташкил этса, истеъмолчининг қисмаларидаги кучланишни ўзгармас сақлаш

учун линия бошидаги кучланишни неча вольтга орттириш кераклиги ва симларни алмаштириш туфайли юзага келган қўшимча қувват исрофи аниқлансин ($\rho_{\text{мис}} = 0,0176 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$; $\rho_{\text{ал}} = 0,0278 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$).

Ечиш. 1.500 м узунликдаги мис симнинг қаршилиги

$$r_{\text{мис}} = \rho_{\text{мис}} \cdot \frac{2l}{S} = 0,0176 \cdot \frac{2 \cdot 500}{16} = 1,1 \text{ Ом.}$$

2. Мис сим ўтказилгандаги кучланишнинг пасайиши

$$\Delta U_{\text{мис}} = I \cdot r_{\text{мис}} = 100 \cdot 1,1 = 110 \text{ В.}$$

3. 500 м узунликдаги алюминий симнинг қаршилиги

$$r_{\text{ал}} = \rho_{\text{ал}} \cdot \frac{2l}{S} = 0,0278 \cdot \frac{2 \cdot 500}{16} = 1,74 \text{ Ом.}$$

4. Алюминий сим ўтказилгандаги кучланишнинг пасайиши

$$\Delta U_{\text{ал}} = I \cdot r_{\text{ал}} = 100 \cdot 1,74 = 174 \text{ В.}$$

5. Линия бошида орттирилиши керак бўлган кучланишнинг қиймати

$$\Delta U = \Delta U_{\text{ал}} - \Delta U_{\text{мис}} = 174 - 110 = 64 \text{ В.}$$

6. Линия мис симдан ўтказилгандаги қувват исрофи

$$\Delta P_{\text{мис}} = \Delta U_{\text{мис}} \cdot I = 110 \cdot 100 = 11000 \text{ Вт} = 11 \text{ кВт.}$$

7. Линия алюминий симдан ўтказилгандаги қувват исрофи

$$\Delta P_{\text{ал}} = \Delta U_{\text{ал}} \cdot I = 174 \cdot 100 = 17400 \text{ Вт} = 17,4 \text{ кВт.}$$

8. Симларни алмаштириш туфайли юзага келган қўшимча қувват исрофи

$$\Delta P = \Delta P_{\text{ал}} - \Delta P_{\text{мис}} = 17,4 - 11 = 6,4 \text{ кВт.}$$

1.17- масала. Аввалги масаланинг шартлари бўйича линиядаги симларни алмаштириш туфайли қўшимча қувват исрофи юзага келмаслиги учун (яъни линиянинг параметрлари ўзгармаслиги учун) қандай қўндаланг кесимли алюминий сим олиш мумкин?

Ечиш. $r = \rho \cdot \frac{2l}{S}$ формуладан $S = \rho \cdot \frac{2l}{r}$,

1.11- расм.

1.12- расм.

У ҳолда

$$S_{ал} = \rho_{ал} \cdot \frac{2l}{r_{мис}} = 0,0278 \cdot \frac{2 \cdot 500}{1,1} = 25,3 \text{ мм}^2.$$

Демак, стандарт бўйича кўндаланг кесими $S = 25 \text{ мм}^2$ бўлган алюминий сим олинса, линиянинг параметрлари ўзгармайди.

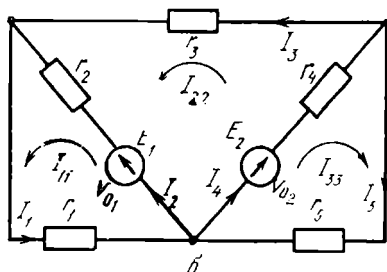
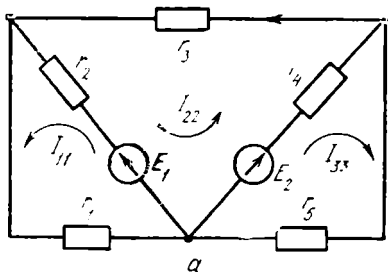
1.18- масала. Кўндаланг кесим юзаси $S = 2,5 \text{ мм}^2$ бўлган изоляцияли мис сим калавасининг учларига 6 В кучланиш берилганда ундан 3 А ток ўтди. Калаванинг узунлиги аниқлансин (миснинг солиштира қаршилиги $\rho = 0,0176 \text{ Ом мм}^2/\text{м}$).

1.19- масала. А—35 маркали алюминий симдан ўтказилган 10 км узунликдаги икки симли электр узатиш линиясининг қаеридадир қисқа туташуш содир бўлди. Автоматик ажраткич АР (автоматический разъединитель) нинг борлиги туфайли линия манбадан ажратилди. Қисқа туташув жойини аниқлаш учун линиянинг бошида унинг қисмаларига юк машинасининг аккумулятори уланди. Занжирга уланган вольтметр ва амперметр тегишлича 12 В ва 3 А ни кўрсатди. Линия бошидан қандай узоқликда қисқа туташув содир бўлган? Агар қисқа туташув линиянинг охирида содир бўлган бўлса, амперметрнинг кўрсатиши аниқлансин ($\rho_{ал} = 0,0278 \text{ Ом мм}^2/\text{м}$).

1.20- масала. 1.11-расмдаги ўлчов асбобларининг кўрсатиши тегишлича 120 В ва 6 А бўлиб, параллел шохобчалардаги қаршилиқларнинг бири иккинчисидан 2 марта катта бўлса, шохобчалардаги тоқларнинг ва қаршилиқларнинг катталиги аниқлансин.

1.21- масала. Агар 1.12-расмдаги амперметрнинг кўрсатиши 5 А бўлиб, қаршилиқлар $r_1 = r_9 = 2,5 \text{ Ом}$, $r_2 = r_3 = r_6 = r_7 = 5 \text{ Ом}$ ва $r_4 = r_5 = r_8 = 10 \text{ Ом}$ дан бўлса, занжирнинг барча тармоқларидаги тоқлар, унга берилган кучланиш ҳамда занжирнинг қувват истеъмоли аниқлансин.

1.22- масала. Электр энергияси манбаининг ички қаршилиги $r_0 = 0,4 \text{ Ом}$, ташқи қаршилиги $r_1 = 20 \text{ Ом}$ бўлиб, манбанинги ички қувват исрофи 40 Вт ни ташкил этса, манба қисмаларидаги кучланиш, унинг электр юритувчи кучи ва ташқи занжирга бера олинган қуввати аниқлансин.



1.13- расм.

1.23- масала 1.13-расм, *a* да берилган электр занжирнинг тармоқларидаги тоқлар ва кучланишларнинг пасайиши контур тоқлари усули ёрдамида аниқлансин. Барча мустақил контурларнинг ечими Кирхгофнинг иккинчи қонуни асосида текширилсин. Бунда $E_1 = 20$ В, $E_2 = 24$ В, $r_{01} = 2$ Ом, $r_{02} = 3$ Ом, $r_1 = 5$ Ом, $r_2 = 8$ Ом, $r_3 = 5$ Ом, $r_4 = 7$ Ом, $r_5 = 10$ Ом.

Ечиш. Схемани мустақил контурларга ажратиб, 1.13-расм, *a* да кўрсатилгандек, контур тоқларнинг йўналишини ихтиёрий танлаб оламиз. Ҳар бир контурга тузилган тенгламаларнинг умумий кўриниши қуйидагича бўлади:

$$\begin{aligned} E_{11} &= r_{11} \cdot I_{11} + r_{12} \cdot I_{22} + r_{13} \cdot I_{33}, \\ E_{22} &= r_{21} \cdot I_{11} + r_{22} \cdot I_{22} + r_{23} \cdot I_{33}, \\ E_{33} &= r_{31} \cdot I_{11} + r_{32} \cdot I_{22} + r_{33} \cdot I_{33}. \end{aligned}$$

Контурлардаги ЭЮК лар, контурларнинг қаршиликлари ва ёндош тармоқларнинг қаршиликларини ҳисоблаймиз:

$$\begin{aligned} E_{11} &= E_1 = 20 \text{ В}; & E_{22} &= E_2 - E_1 = 24 - 20 = 4 \text{ В}; & E_{33} &= E_2 = 24 \text{ В}; \\ r_{11} &= r_1 + r_{01} + r_2 = 5 + 2 + 8 = 15 \text{ Ом}; \\ r_{22} &= r_{01} + r_2 + r_3 + r_4 + r_{02} = 2 + 8 + 5 + 7 + 3 = 25 \text{ Ом}; \\ r_{33} &= r_{02} + r_4 + r_5 = 3 + 7 + 10 = 20 \text{ Ом}; \\ r_{12} &= r_{21} = -(r_{01} + r_2) = -(2 + 8) = -10 \text{ Ом}; \\ r_{23} &= r_{32} = r_{02} + r_4 = 3 + 7 = 10 \text{ Ом}. \end{aligned}$$

I_{11} ва I_{22} контур тоқлари қарама-қарши томонларга йўналганлиги учун $r_{12} = r_{21}$ қаршиликларнинг қиймати манфий бўлади. r_{13} ва r_{31} қаршиликлар эса нолга тенг.

Тенгламаларни ечиш учун аниқловчилар усулини қўллаймиз:

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

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

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

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} r_{11} & r_{12} & E_{11} \\ r_{21} & r_{22} & E_{22} \\ r_{31} & r_{32} & E_{33} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 15 & -10 & 20 \\ 10 & 25 & 4 \\ 0 & 10 & 24 \end{vmatrix} = 9000 - 2000 - 600 - 2400 = 4000.$$

Контур тоқларини аниқлаймиз:

$$I_{11} = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{6400}{4000} = 1,6 \text{ A};$$

$$I_{22} = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{1600}{4000} = 0,4 \text{ A};$$

$$I_{33} = \frac{\Delta_3}{\Delta} = \frac{4000}{4000} = 1 \text{ A}$$

Тармоқлардаги тоқларни аниқлаймиз:

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

$$I_3 = I_{22} = 0,4 \text{ A}; \quad I_4 = I_{33} + I_{22} = 1 + 0,4 = 1,4 \text{ A};$$

$$I_5 = I_{33} = 1 \text{ A}.$$

Тармоқлардаги кучланишларнинг пасайишини аниқлаймиз;

$$U_1 = I_1 \cdot r_1 = 1,6 \cdot 5 = 8 \text{ В};$$

$$U_2 = I_2 \cdot (r_2 + r_{01}) = 1,2 \cdot (8 + 2) = 12 \text{ В};$$

$$U_3 = I_3 \cdot r_3 = 0,4 \cdot 5 = 2 \text{ В};$$

$$U_4 = I_4 \cdot (r_4 + r_{02}) = 1,4 \cdot (7 + 3) = 14 \text{ В};$$

$$U_5 = I_5 \cdot r_5 = 1 \cdot 10 = 10 \text{ В}.$$

Схемани тармоқлардаги тоқларнинг ҳақиқий йўналишлари бўйича чизамиз (1.13-расм, б).

Ечимларни Кирхгофнинг иккинчи қонуни асосида текширамиз:

$$E_1 = I_1 \cdot r_1 + I_2(r_2 + r_{01});$$

$$20 = 1,6 \cdot 5 + 1,2(8 + 2) = 8 + 12 = 20 \text{ В};$$

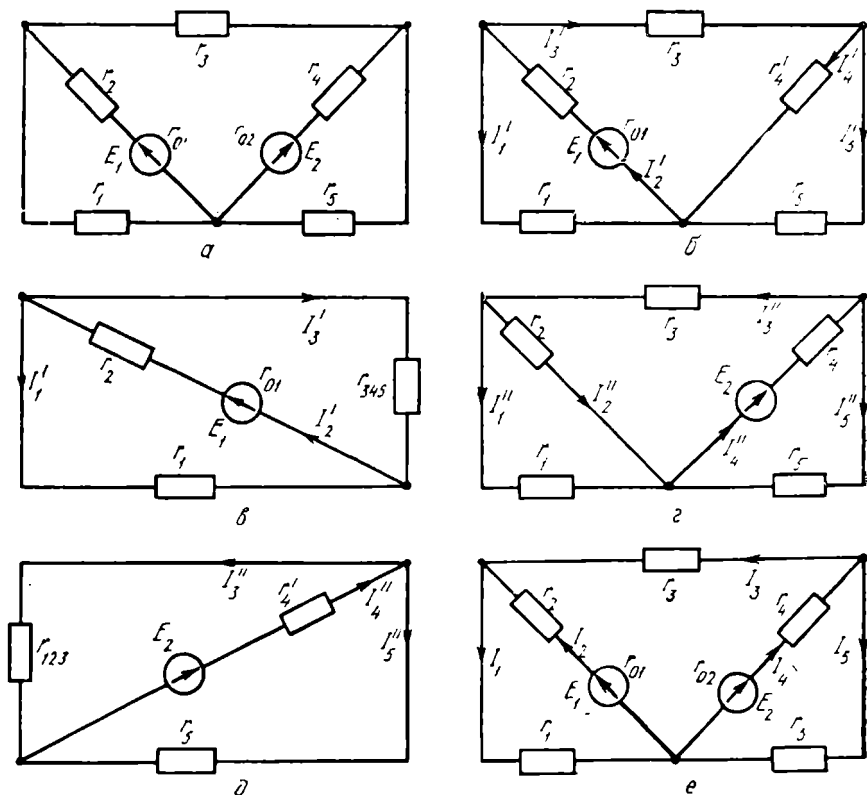
$$E_2 - E_1 = I_4(r_4 + r_{02}) + I_3 r_3 - I_2(r_2 + r_{01});$$

$$24 - 20 = 1,4(7 + 3) + 0,4 \cdot 5 - 1,2(8 + 2) = 14 + 2 - 12 = 4 \text{ В}.$$

$$E_2 = I_4(r_4 + r_{02}) + I_5 \cdot r_5;$$

$$24 = 1,4 \cdot (7 + 3) + 1 \cdot 10 = 14 + 10 = 24 \text{ В}.$$

1.24 масала. 1.23-масалада берилганлардан фойдаланиб, тармоқдаги тоқлар супперпозиция усули ёрдамида аниқлансин (1.14-расм, а).



1.14- расм.

Фақат E_1 манба таъсирида ҳосил бўлган тармоқ тоқларини аниқлаймиз (1.14-расм, б)

$$r'_4 = r_4 + r_{02} = 10 \text{ Ом.}$$

Схемани соддалаштириб 1.14-расм, в даги кўринишга келтирамиз.

$$\text{Бунда } r_{3,4,5} = r_3 + \frac{r'_4 \cdot r_5}{r'_4 + r_5} = 5 + \frac{10 \cdot 10}{10 + 10} = 5 + 5 = 10 \text{ Ом.}$$

I'_2 токни аниқлаймиз:

$$I'_2 = \frac{E_1}{r_2 + r_{01} + \frac{r_1 \cdot r_{3,4,5}}{r_1 + r_{3,4,5}}} = \frac{20}{8 + 2 + \frac{5 \cdot 10}{5 + 10}} = \frac{3}{2} = 1,5 \text{ А;}$$

I'_1 ва I'_3 тоқларни аниқлаймиз:

$$I'_1 = I'_2 \cdot \frac{r_{3,4,5}}{r_1 + r_{3,4,5}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{10}{5 \cdot 10} = 1 \text{ A};$$

$$I'_3 = I'_2 \cdot \frac{r_1}{r_1 + r_{3,4,5}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{5}{5+10} = 0,5 \text{ A}.$$

1.14-расм, б дан I'_4 ва I'_5 тоқларни топамиз:

$$I'_4 = I'_3 \cdot \frac{r'_4}{r'_4 + r_5} = \frac{1}{2} \cdot \frac{10}{10+10} = \frac{1}{4} = 0,25 \text{ A};$$

$$I'_5 = I'_3 \cdot \frac{r'_4}{r'_4 + r_5} = \frac{1}{2} \cdot \frac{10}{10+10} = \frac{1}{4} = 0,25 \text{ A}.$$

Энди фақат E_2 манба таъсирида ҳосил бўлган тармоқ тоқларини аниқлаймиз (1.14-расм, з)

$$r'_2 = r_2 + r_{01} = 2 + 8 = 10 \text{ Ом}.$$

Схемани соддалаштириб 1.14-расм, д даги кўринишга келтираемиз.

$$\text{Бунда } r_{1,2,3} = r_3 + \frac{r_1 \cdot r'_2}{r_1 + r'_2} = 5 + \frac{5 \cdot 10}{5+10} = \frac{25}{3} = 8,33 \text{ Ом}.$$

I''_4 тоқини аниқлаймиз:

$$I''_4 = \frac{E_2}{r_4 + r_{02} + \frac{r_{1,2,3} \cdot r_5}{r_{1,2,3} + r_5}} = \frac{24}{7+3 + \frac{25/3 \cdot 10}{25/3 + 10}} = \frac{33}{20} = 1,65 \text{ A}.$$

I''_3 ва I''_5 тоқларни аниқлаймиз:

$$I''_3 = I''_4 \cdot \frac{r_5}{r_{1,2,3} + r_5} = \frac{33}{20} \cdot \frac{10}{25/3 + 10} = \frac{9}{10} = 0,9 \text{ A};$$

$$I''_5 = I''_4 \cdot \frac{r_{1,2,3}}{r_{1,2,3} + r_5} = \frac{33}{20} \cdot \frac{25/3}{10 + 25/3} = \frac{3}{4} = 0,75 \text{ A}.$$

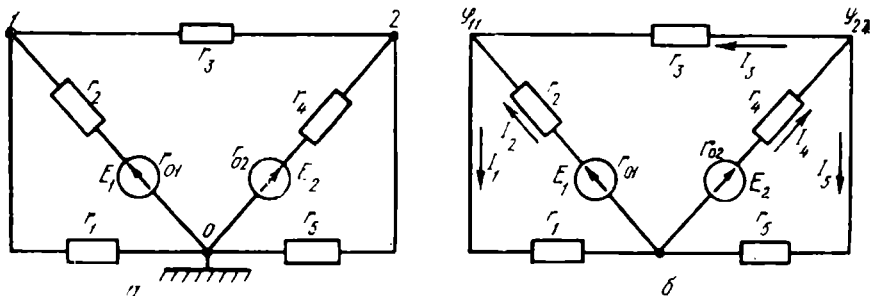
1.14-расм, з дан I''_1 ва I''_2 тоқларни аниқлаймиз:

$$I''_1 = I''_3 \cdot \frac{r'_2}{r_1 + r'_2} = 0,9 \cdot \frac{10}{5+10} = \frac{3}{5} = 0,6 \text{ A};$$

$$I''_2 = I''_3 \cdot \frac{r_1}{r_1 + r'_2} = 0,9 \cdot \frac{5}{5+10} = \frac{3}{10} = 0,3 \text{ A}.$$

1.14-расм, б ва з лардан биргаликда фойдаланиб, супперпозиция усули ёрдамида тармоқлардаги тоқларнинг ҳақиқий қийматларини аниқлаймиз:

$$I_1 = I'_1 + I''_1 = 1 + 0,6 = 1,6 \text{ A};$$



1.15- расм.

$$\begin{aligned}
 I_2 &= I_2' - I_2'' = 1,5 - 0,3 = 1,2 \text{ A}; \\
 I_3 &= I_3'' - I_3' = 0,9 - 0,5 = 0,4 \text{ A}; \\
 I_4 &= I_4' - I_4'' = 1,65 - 0,25 = 1,4 \text{ A}; \\
 I_5 &= I_5' + I_5'' = 0,25 + 0,75 = 1 \text{ A}.
 \end{aligned}$$

Агар тармоқларда E_1 ва E_2 ЭЮК лар ҳосил қилган тоқларнинг йўналишлари турлича бўлса, у ҳолда тоқларнинг ҳақиқий йўналишлари катта ток томонга бўлади (1.14- расм, *e*).

1.25- масала. 1.23- масалада берилганлардан фойдаланиб, 1.15- расм, *a* да тасвирланган электр занжир тармоқларидаги тоқлар тугун потенциаллари усули билан аниқлансин.

Ечиш. Чизмадаги битта тугунни 1.15- расм, *a* да кўрсатилгандек ерга туташтирамиз, бу тугундаги потенциал nolга тенг бўлади. I ва 2 тугунлардаги потенциалларни тегишли равишда φ_{11} ва φ_{22} лар билан белгилаймиз. Бу потенциалларни аниқлаш учун иккита тенглама тузилади:

$$\begin{aligned}
 I_1' &= g_{11}\varphi_{11} + g_{12}\varphi_{22}, \\
 I_2' &= g_{21}\varphi_{11} + g_{22}\varphi_{22},
 \end{aligned}$$

бу ерда $g_{12} = g_{21}$ —тугунлар орасидаги ўтказувчанлик, g_{11} ва g_{22} —тугунларнинг ўтказувчанлиги. Бу қийматларни аниқлаймиз:

$$\begin{aligned}
 I_1' &= E_1 \cdot \frac{1}{r_2 + r_{01}} = 20 \cdot \frac{1}{8 + 2} = \frac{20}{10} = 2 \text{ A}; \\
 I_2' &= E_2 \cdot \frac{1}{r_4 + r_{02}} = 24 \cdot \frac{1}{7 + 3} = \frac{24}{10} = 2,4 \text{ A}; \\
 g_{11} &= \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2 + r_{01}} + \frac{1}{r_3} = \frac{1}{5} + \frac{1}{8 + 2} + \frac{1}{5} = 0,5 \text{ Ом}^{-1}; \\
 g_{22} &= \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4 + r_{02}} + \frac{1}{r_5} = \frac{1}{5} + \frac{1}{7 + 3} + \frac{1}{10} = 0,4 \text{ Ом}^{-1}; \\
 g_{12} = g_{21} &= -\frac{1}{r_3} = -\frac{1}{5} = -0,2 \text{ Ом}^{-1}.
 \end{aligned}$$

Тенгламаларни ечиш учун аниқловчилар усулини қўлаймиз:

$$\Delta = \begin{vmatrix} g_{11} & g_{12} \\ g_{21} & g_{22} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0,5 & -0,2 \\ -0,2 & 0,4 \end{vmatrix} = 0,5 \cdot 0,4 - 0,2 \cdot 0,2 = 0,16$$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} I_1 & g_{12} \\ I_2 & g_{22} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 2 & -0,2 \\ 2,4 & 0,4 \end{vmatrix} = 2 \cdot 0,4 + 0,2 \cdot 2,4 = 1,28;$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} g_{11} & I_1 \\ g_{21} & I_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0,5 & 2 \\ -0,2 & 2,4 \end{vmatrix} = 0,5 \cdot 2,4 + 2 \cdot 0,2 = 1,6.$$

Тугунларнинг потенциалини аниқлаймиз:

$$\varphi_{11} = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{1,28}{0,16} = 8 \text{ В};$$

$$\varphi_{22} = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{1,6}{0,16} = 10 \text{ В}.$$

Тармоқлардаги тоқларни аниқлаймиз:

$$I_1 = \frac{\varphi_{11}}{r_1} = \frac{8}{5} = 1,6 \text{ А};$$

$$I_2 = \frac{E_1 - \varphi_{11}}{r_2 + r_{01}} = \frac{20 - 8}{8 + 2} = 1,2 \text{ А};$$

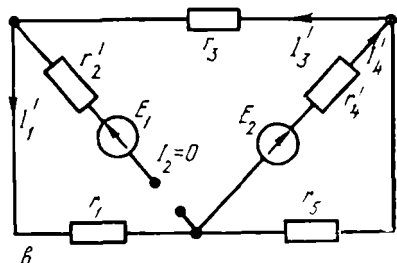
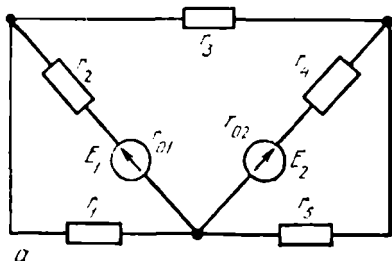
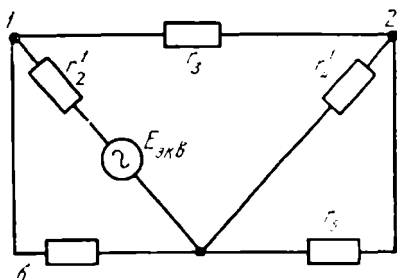
$$I_3 = \frac{\varphi_{22} - \varphi_{11}}{r_3} = \frac{10 - 8}{5} = 0,4 \text{ А};$$

$$I_4 = \frac{E_2 - \varphi_{22}}{r_4 + r_{02}} = \frac{24 - 10}{7 + 3} = 1,4 \text{ А};$$

$$I_5 = \frac{\varphi_{22} - 0}{r_5} = \frac{10}{10} = 1 \text{ А}.$$

Тоқлар юқори потенциалдан кичик потенциал томонга йўналган ҳол учун тоқларнинг ҳақиқий йўналишини кўрсатамиз (1.15-расм. б).

1.26-масала. 1.23-масаланинг берилганларидан фойдаланиб, эквивалент генератор усули билан иккинчи тармоқдаги тоқ аниқлансин.



1.16 расм.

Берилган масалаларни ечиш усулларини солиштириб, қайси усул битта тармоқдаги токни ва қайси усул барча тармоқлардаги тоқларни аниқлашда самарали эканлиги тўғрисида хулоса берилсин (1.16- расм, а).

Ечиш. Чизмадаги ҳамма манбаларни битта эквивалент ЭЮК генераторига алмаштириб, қуйидаги схемани ҳосил қиламиз (1.16- расм, б)

$$r'_2 = r_2 + r_{01}; \quad r'_4 = r_4 + r_{02}.$$

Иккинчи тармоқдаги ток қуйидагига тенг бўлади:

$$I_2 = \frac{E_{\text{ЭКВ}}}{r'_2 + r_{\text{ЭКВ}}}.$$

Энди $E_{\text{ЭКВ}}$ ва $r_{\text{ЭКВ}}$ ни аниқлаш керак.

Эквивалент генераторнинг ЭЮК и салт ишлаш режимидан аниқланади (1.16- расм, в)

$$E_{\text{ЭКВ}} = U_0.$$

Салт ишлаш режимдаги кучланиш ЭЮК E_1 ва қаршилик r_1 даги кучланиш пасайишининг алгебраик йиғиндиларига тенг, яъни

$$U_0 = E_1 - I'_1 \cdot r_1.$$

I'_1 тоқини аниқлаш учун аввал I'_4 тоқни аниқлаймиз:

$$I'_4 = \frac{E_2}{r'_4 + \frac{(r_1 + r_3) \cdot r_5}{(r_1 + r_3) + r_5}} = \frac{24}{10 + \frac{(5+5) \cdot 10}{(5+5)+10}} = \frac{24}{15} = 1,6 \text{ А};$$

$$I'_1 = I'_4 \cdot \frac{r_5}{r_5 + r_3 + r_1} = \frac{24}{15} \cdot \frac{10}{10+5+5} = \frac{12}{15} = 0,8 \text{ А}.$$

Эквивалент генераторнинг ЭЮК ини аниқлаймиз.

$$E_{\text{ЭКВ}} = U_0 = 20 - 0,8 \cdot 5 = 16 \text{ В}.$$

Эквивалент қаршилик $r_{\text{ЭКВ}}$ ни I ва 0 нуқтага нисбатан схема-ни бирин-кетин ўзгартириб аниқланади (1.16- расм, б):

$$r_{4,5} = \frac{r'_4 \cdot r_5}{r'_4 + r_5} = \frac{10 \cdot 10}{10+10} = 5 \text{ Ом};$$

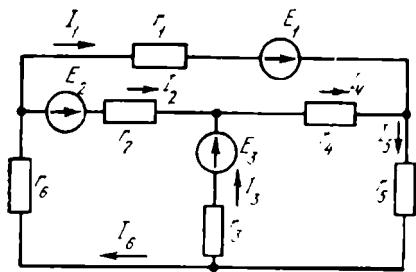
$$r_{3,4,5} = r_3 + r_{4,5} = 5 + 5 = 10 \text{ Ом};$$

$$r_{\text{ЭКВ}} = \frac{r_1 \cdot r_{3,4,5}}{r_1 + r_{3,4,5}} = \frac{5 \cdot 10}{5+10} = \frac{10}{3} = 3,33 \text{ Ом}.$$

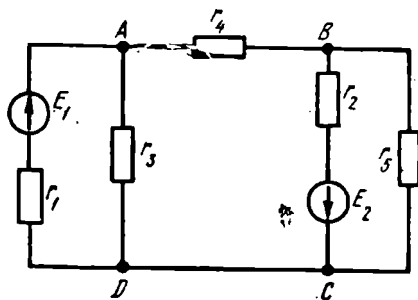
I_2 тоқни аниқлаймиз;

$$I_2 = \frac{E_{\text{ЭКВ}}}{r'_2 + r_{\text{ЭКВ}}} = \frac{16}{10+3,33} = \frac{48}{40} = 1,2 \text{ А}.$$

Хулоса 1,23; 1,24; 1,25; 1,26 -масалаларнинг ечимларини таҳлил қилиб кўрамиз. Бунинг учун ҳар қайси усул билан ечилгандаги операциялар сонини ҳисоблаб чиқамиз.



1.17- расм.



1.18- расм.

I. Ечишларда фақат битта тармоқ токини аниқлаш учун бажарилган операциялар сони:

- 1) контур токлари усули билан ечишда—14 та;
- 2) супперпозиция усули билан ечишда —17 та;
- 3) тугун потенциаллари усули билан ечишда —11 та;
- 4) эквивалент генератор усули билан ечишда —6 та.

Демак, эквивалент генератор усули билан ечишда операциялар сони камроқ экан.

II. Ечишларда схеманинг барча тармоқларидаги токларни топш учун бажарилган операциялар сони:

- 1) контур токлари усули билан ечишда — 18 та;
- 2) супперпозиция усули билан ечишда — 21 та;
- 3) тугун потенциаллари усули билан ечишда — 15 та;
- 4) эквивалент генератор усули билан ечишда — 30 та.

Бу ҳолда тугун потенциаллари усули билан ечиш йўли қулайдир.

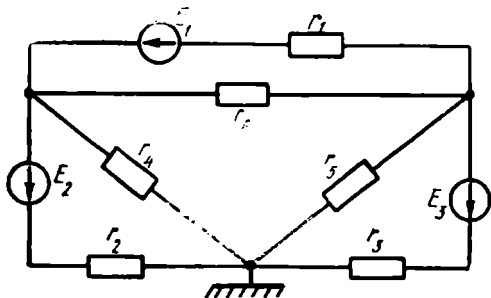
1.27- масала. 1.17-расмда кўрсатилган электр занжиридаги токларнинг тақсимланиши аниқлансин. Ҳисоблаш контур токлари усули ёрдамида бажарилиб, натижалари Кирхгоф тенгламалари асосида текширилсин.

ЭЮК лар ва қаршиликларнинг қийматлари:

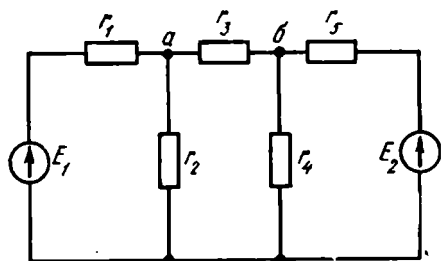
$$E_1 = 12 \text{ В}; E_2 = 15 \text{ В}; E_3 = 9 \text{ В}; r_1 = r_2 = 2 \text{ Ом};$$

$$r_3 = r_4 = r_5 = 1 \text{ Ом}; r_6 = 3 \text{ Ом}.$$

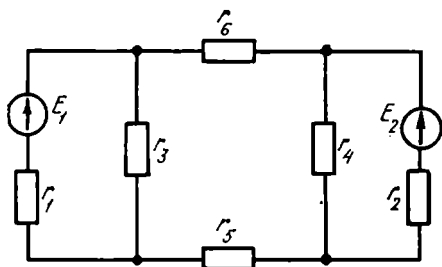
1.28- масала. ЭЮК манбалари $E_1 = 48 \text{ В}$; $E_2 = 60 \text{ В}$; қаршиликлари $r_1 = 12 \text{ Ом}$; $r_2 = r_5 = 16 \text{ Ом}$; $r_3 = 4 \text{ Ом}$; $r_4 = 9 \text{ Ом}$ бўлган электр занжири (1.18- расм) AB тармоғидаги ток эквивалент генератор усулида ҳисоблансин.



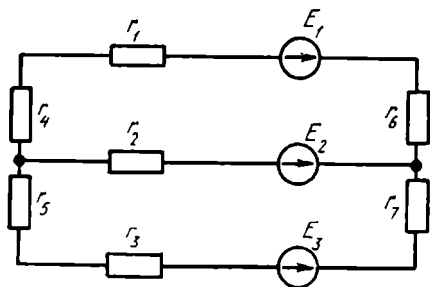
1.29 масала. Агар 1.19- расм.



1.20- расм.



1.21- расм.



1.22- расм.

$E_1 = 3 \text{ В}$, $E_2 = 20 \text{ В}$, $E_3 = 5,6 \text{ В}$,
 $r_1 = 3 \text{ Ом}$, $r_2 = 0,6 \text{ Ом}$, $r_3 =$
 $= 0,8 \text{ Ом}$, $r_4 = 2,8 \text{ Ом}$, $r_5 =$
 $= 4 \text{ Ом}$, $r_6 = 1,5 \text{ Ом}$ бўлса,
 1.19- расмда кўрсатилган электр
 занжирдаги тоқларнинг тақсим-
 ланиши тугун потенциаллари
 усули ёрдамида аниқлансин.

1.30-масала. Агар 1.20-расм-
 даги электр занжирда $E_1 =$
 $= 80 \text{ В}$, $E_2 = 60 \text{ В}$; $r_1 = 6 \text{ Ом}$,
 $r_2 = 10 \text{ Ом}$, $r_3 = 50 \text{ Ом}$ ва $r_5 =$
 $= 10 \text{ Ом}$ бўлса, занжирнинг r_3
 шохобчасидаги тоқнинг нол-
 га тенг бўлишини (қаршилиқ
 r_3 нинг қийматидан қатъи на-
 зар) эквивалент генератор усу-
 ли ёрдамида исбот этинг.

1.31-масала. ЭЮК манба-
 лари $E_1 = 60 \text{ В}$, $E_2 = 120 \text{ В}$ ва
 қаршилиқлари $r_1 = r_2 = 6 \text{ Ом}$,
 $r_3 = r_4 = 12 \text{ Ом}$, $r_5 = r_6 = 4 \text{ Ом}$
 бўлган электр занжир қарши-
 ликларидаги кучланиш ва тоқ-
 ларнинг тақсимланиши супер-
 позиция (устлаш) усули билан
 ҳисоблансин (1.21- расм).

1.32-масала. Агар $E_1 =$
 $= 120 \text{ В}$, $E_2 = 60 \text{ В}$, $E_3 = 48 \text{ В}$;
 $r_1 = 5 \text{ Ом}$, $r_2 = r_4 = 12 \text{ Ом}$, $r_3 =$
 $= 6 \text{ Ом}$, $r_5 = 2 \text{ Ом}$, $r_6 = 7 \text{ Ом}$,
 $r_7 = 4 \text{ Ом}$ бўлса. Кирхгоф тенг-
 ламаларидан фойдаланиб 1.22-
 расмда тасвирланган электр
 занжирнинг барча қисмларида-
 ги кучланиш ва тоқларнинг
 тақсимланиши ҳисоблансин.

2-БОБ. ЭЛЕКТР МАЙДОН ВА КОНДЕНСАТОРЛАР

2.1-масала. Кучланиши $U = 100 \text{ В}$ бўлган ўзгармас ток тар-
 моғига ясси пластинкали ҳаво конденсатори уланган. Ҳар бир
 конденсатор пластинкасининг юзи $S = 100 \text{ см}^2$, уларнинг оралиғи
 $d = 2 \text{ мм}$. Конденсаторнинг сифими ва электр майдонининг куч-
 ланганлиги аниқлансин. Агар диэлектрик сифатида слюда ишла-
 тилса, олинган натижалар қандай ўзгаради?

2.2-масала. Пластинкалар оралиғи $d = 0,3 \text{ см}$ бўлган ясси
 конденсатор $U = 20 \text{ кВ}$ кучланишга уланган. Агар диэлектрик

сифатида электротехник картон ишлатилган бўлса, конденсаторнинг электр майдони кучланганлиги аниқлансин.

Агар ҳавонинг электр чидамлилиги $U_{\text{чид}} = 32$ кВ/см бўлса, шундай конденсаторни ҳаво оралиғи билан бажариш мумкинми?

2.3- масала. Агар диэлектрик сифатида қалинлиги $d = 0,5$ мм ли слюда ишлатилган бўлса, ясси конденсатор уланиши мумкин бўлган энг катта кучланиш аниқлансин.

2.4- масала. Сиғими 10 мкФ бўлган ясси конденсатор пластинкаларининг оралиғи $d = 3$ мм, диэлектрикдаги электр майдоннинг кучланганлиги $E = 10$ кВ/м бўлса, конденсатор электр майдон энергиясининг қанчага тенглиги аниқлансин.

2.5 масала. Сиғими $C_1 = 100$ мкФ, бошланғич заряди $q_0 = 0,06$ Кл га тенг бўлган конденсатор, сиғими $C_2 = 44$ мкФ ли зарядланмаган конденсаторга параллел уланган. Конденсатор C_1 нинг кучланиши конденсатор C_2 билан уланишига қадар ва улангандан кейин қанчага тенг бўлган?

2.6- масала. Сиғимлари $C_1 = 40$ мкФ, $C_2 = 60$ мкФ ва $C_3 = 120$ мкФ бўлган учта конденсатор кучланиши $U = 300$ В ли манбага кетма-кет уланган. Конденсаторларда кучланишнинг тақсимланиши ва уларнинг эквивалент сиғими ҳамда учала конденсаторда жамланган энергия аниқлансин.

2.7- масала. 1.23- расмда тасвирланган занжирдаги конденсаторларнинг эквивалент сиғими аниқлансин: $C_1 = C_7 = 4$ мкФ, $C_2 = 1$ мкФ, $C_3 = 1,4$ мкФ, $C_4 = 0,6$ мкФ, $C_5 = C_6 = 1$ мкФ.

2.8- масала. Кучланиши $U = 220$ В бўлган ўзгармас ток тармоғига икки қатламли ясси конденсатор уланган (1.24- расм). Диэлектрик сифатида слюда ($\epsilon_1 = 6$, $d_1 = 4$ мм) ва электрокартон ($\epsilon_2 = 2$, $d_2 = 4$ мм) ишлатилган. Пластинканинг юзи $S = 10$ см². Конденсаторнинг сиғими C_3 ва ҳар қайси изоляция қатламидаги кучланиш U_1 ва U_2 аниқлансин.

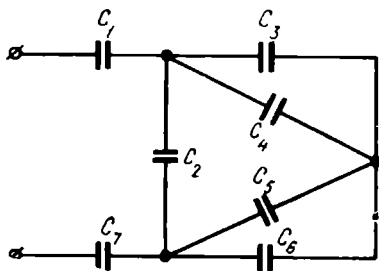
2.9- масала. Аввалги масалада берилганлардан фойдаланиб қуйидагилар аниқлансин:

1) ҳар бир қатлам ва бутун конденсаторнинг майдон энергияси;

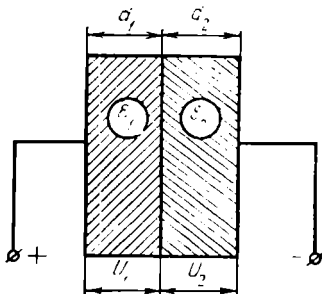
2) ҳар бир қатламдаги электр майдон кучланганлиги.

Агар изоляция сифатида фақат слюда ёки электрокартон ишлатилса, конденсаторнинг электр майдон кучланганлиги қандай ўзгаради?

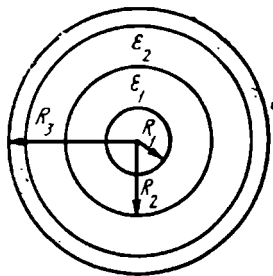
2.10- масала. Икки қатлам изоля-



1.23- расм.



1.24- расм.



1.25- расм.

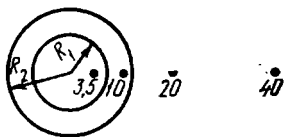
цияси бўлган цилиндрик конденсаторнинг сифими аниқлансин. Биринчи ва иккинчи қатламларнинг диэлектрик доимийси $\epsilon_1 = 2$ ва $\epsilon_2 = 6$. Цилиндрнинг узунлиги $l = 1$ м. 1.25- расмда конденсатор цилиндрининг кўндаланг кесими тасвирланган. Бу ерда $R_1 = 3$ мм, $R_2 = 7$ мм, $R_3 = 13$ мм.

2.11- масала. Сифимлари $C_1 = 80$ мкФ ва $C_2 = 120$ мкФ бўлган конденсаторлар ўзгармас кучланиш манбаига кетма-кет уланган. Агар биринчи конденсаторнинг электр майдон энергияси $W_{э1} = 0,9$ Ж бўлса, занжирга берилган кучланиш ва конденсаторларда кучланишнинг қандай тақсимланганлиги аниқлансин.

3- Б О Б. ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

3.1- масала. Узунлиги $l = 30$ см, диаметри $d = 6$ см ва ўрамлар сони $w = 1000$ бўлган ғалтақдан ўтаётган ток 3 А бўлса, магнит майдонининг кучланганлиги H , магнит индукцияси B ва ғалтак ичидаги магнит оқими Φ аниқлансин.

3.2- масала. Ички радиуси $R_1 = 5$ мм, ташқи радиуси $R_2 = 10$ мм бўлган трубасимон симдан 10 А ток ўтмоқда. Сим ўқидан $x = 3, 5, 10, 20$ ва 40 мм (1.26- расм) оралиқларда жойланган нуқталардаги магнит майдонининг кучланганлиги аниқлансин.

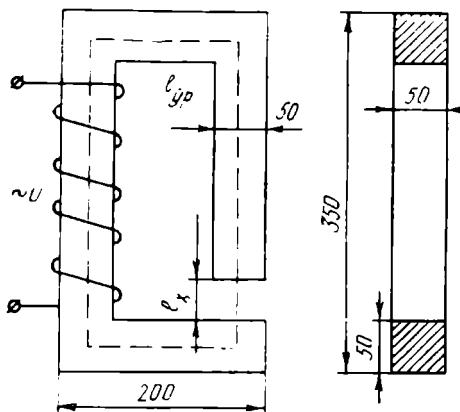


1.26- расм.

3.3- масала. 1.27- расмда тасвирланган электромагнитнинг ўзаги қуйма пўлатдан ясалган бўлиб, чулғамининг ўрамлар сони $w = 3000$.

Электромагнитда $\Phi = 2,5 \cdot 10^{-3}$ Вб магнит оқими ни ҳосил қилиш учун чулғамдан ўтиши керак бўлган токнинг миқдори аниқлансин. Ҳаво оралиғи бўлмаган пўлат ўзак ишлатилганда, ўшандай магнит оқими ҳосил қилиш учун, токнинг миқдорини қандай ўзгартириш керак?

Ечиш. Пўлат ўзакдаги ва ҳаво оралиғидаги магнит индукцияси:



1.27- расм.

$$B_n = B_x = \frac{\Phi}{S} = \frac{2,5 \cdot 10^{-3}}{0,05 \cdot 0,05} = 1 \frac{B_6}{\text{м}^2} = 10000 \text{ Гс.}$$

Магнитланиш эгри чизигидан қуйма пўлат учун ўзакдаги магнит майдонининг кучланганлигини аниқлаймиз:

$$H_n = 924 \text{ А/м.}$$

Ҳаво оралигидаги майдон кучланганлиги:

$$H_x = 0,8 \cdot B_n = 0,8 \cdot 10000 = 8.00 \text{ А/см} = 8 \cdot 10^5 \text{ А/м.}$$

Магнитловчи куч занжир айрим участкаларидаги магнит кучланганликларининг йиғиндисига тенг:

$$l\omega = H_n l_n + H_x l_x = 924 \cdot 0,897 + 8 \cdot 10^5 \cdot 0,003 = 3230 \text{ А;}$$

$$l_n = 2 \cdot 150 + 2 \cdot 300 - 3 = 897 \text{ мм.}$$

Электромагнит чулгамидаги ток

$$I = \frac{l\omega}{\omega} = \frac{3230}{3000} = 1,08 \text{ А.}$$

Агар электромагнитнинг пўлат ўзаги ҳаво оралигисиз ясалган бўлса, магнитловчи куч қуйидагига тенг бўлади:

$$l\omega = H_n \cdot l_n = 924 \cdot 0,9 = 832 \text{ А.}$$

У ҳолда чулғамдаги ток

$$I = \frac{l\omega}{\omega} = \frac{832}{3000} = 0,277 \text{ А.}$$

3.4-масала. 1—27-расмда тасвирланган электромагнит чулғамидан $I=1,08 \text{ А}$ ток ўтганда, ўзакдаги магнит оқими $\Phi=2,5 \times 10^{-3} \text{ Вб}$ га тенг. 3.3-масалада берилганлардан фойдаланилсин.

Агар электромагнит чулғамидаги ток миқдорини ўзгартирмасдан, ҳаво оралиги нолгача камайтирилса, ўзакдаги магнит оқимининг миқдори қандай ўзгаради?

Ечиш. Агар ҳаво оралиги нолга тенг бўлса,

$$l\omega = H_n l_n,$$

у ҳолда

$$H_n = \frac{l\omega}{l_n} = \frac{1,08 \cdot 3000}{0,9} = 3600 \text{ А/м.}$$

Магнитланиш эгри чизигидан пўлат ўзакдаги магнит индукциясининг миқдорини аниқлаймиз:

$$B_n = 1,56 \text{ Тл} = 15600 \text{ Гс.}$$

Электромагнитнинг пўлат ўзагидаги магнит оқими

$$\Phi = B_n \cdot S = 1,56 \cdot 25 \cdot 10^{-4} = 39 \cdot 10^{-4} \text{ Вб.}$$

35-масала. 1.28-расмда тасвирланган электромагнит чулғамилан ўтаётган ток $I = 1,5$ А, ўрамлар сони $w = 1600$ га тенг бўлса, унинг тортиш кучи аниқлансин. Пўлат ўзак электротехник листлардан йигилган.

Ечиш. Пўлат ўзак магнит қаршилигининг кичик бўлишига қарамасдан магнитловчи кучнинг катта қисми ҳаво ораллиғида сарф бўлади.

У ҳолда ҳаво ораллиғидаги магнит кучланганлиги қуйидаги формуладан аниқланади:

$$Iw = H_{x_1} \cdot 2l_{x_1};$$

$$H_{x_1} = \frac{Iw}{2l_{x_1}} = \frac{1,5 \cdot 1600}{2 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = 6 \cdot 10^5 \text{ А/м.}$$

Магнит индукцияси

$$B_x = B_1 = B_2,$$

$$B_{x_1} = \mu_0 \cdot H_{x_1} = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 6 \cdot 10^5 = 0,754 \text{ Тл.}$$

Магнитланиш эгги чизиғидан $B = 0,754$ Т учун пўлатдаги магнит кучланганлигини аниқлаймиз:

$$H_{1_1} = H_{2_1} = 290 \text{ А/м.}$$

Ҳисоблашни қуйидаги тенглама билан текшириб кўрамиз:

$$H_{1_1} \cdot l_1 + H_{2_1} \cdot l_2 + H_{x_1} \cdot 2l_x = Iw;$$

$$l_1 = 2 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,153 = 0,506 \text{ м;}$$

$$290 \cdot 0,5 + 290 \cdot 0,2 + 6 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 26'3.$$

Ҳисоб етарли аниқ бўлмаганлиги учун кучланганлик H_x ни иккинчи марта ҳисоблаб кўрамиз:

$$H_{x_{II}} = \frac{Iw - H_{1_{II}} \cdot l_1 - H_{2_{II}} \cdot l_2}{2l_x} = \frac{2400 - 290 \cdot 0,5 - 290 \cdot 0,2}{2 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = 5,5 \cdot 10^5 \text{ А/м;}$$

$$B_{x_{II}} = \mu_0 \cdot H_{x_{II}} = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 5,5 \cdot 10^5 = 69 \cdot 10^{-2} \text{ Тл.}$$

Магнитланиш эгри чизиғидан пўлатдаги кучланганликни аниқлаймиз:

$$H_{1_{II}} = H_{2_{II}} = 256 \text{ А/м.}$$

Ҳисобни тенглама билан текшириб кўрамиз:

$$256 \cdot 0,5 + 256 \cdot 0,2 + 5,5 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 2380.$$

Зарур бўлганда ҳисобни шу тартибда давом эттириб, аниқроқ натижа олиш мумкин. Амалда яқинроқ қийматни аниқлаш кифоя.

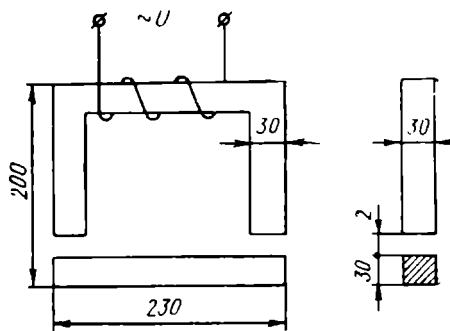
Электромагнитнинг кўтариш кучи

$$F = \frac{B^2 \cdot S \cdot 10^7}{8\pi} = \frac{(69 \cdot 10^{-2})^2 \cdot 2 \cdot 9 \cdot 10^{-4} \cdot 10^7}{8 \cdot 3,14} = 336 \text{ Н} = 34,2 \text{ кгк.}$$

3.6-масала. Агар электромагнитнинг қутблари ва якори орасидаги масофа 5 мм га тенг бўлса, унинг кўтариш кучи қандай ўзгаради (аввалги масалада берилганларга қаралсин)

3.7-масала Ўзаги Э-11 маркали электротехник пўлаг листлардан ясалган электромагнитнинг ўлчамлари 1 28-расмда кўрсатилган.

100 кГ юкни кўтариш учун керак бўлган магнитловчи кучнинг миқдори аниқлансин.



1.28- расм.

3.8-масала. Кўндаланг кесим юзи 20 см² бўлган ёғочдан ясалган ҳалқасимон ўзакка бир текис жойлашган 1000 ўрамдан иборат бўлган чулғам жойлаштирилган. Чулғам орқали ўтаётган токнинг катталиги ҳар секундига 1 А дан ортиб бормокда. Магнит куч чизиқларининг ўртача узунлиги $l_{\text{ср}} = 50$ см бўлган ғалтакнинг ўзиндукция электр юритувчи кучи аниқлансин.

Ечиш. Ўзиндукция электр юритувчи кучини қуйидаги формула билан аниқлаймиз:

$$e = -L \frac{di}{dt}$$

Ток бир текис ўзгарганида:

$$e = -L \frac{\Delta i}{\Delta t}$$

бу ерда $\Delta i / \Delta t = 1$ А/с га тенг бўлган берилган катталиқ. Ғалтакнинг индуктивлигини аниқлаймиз:

$$L = \frac{\omega^2}{R_{\text{магн}}}$$

бу ерда ω — ғалтак ўрамлари сони.

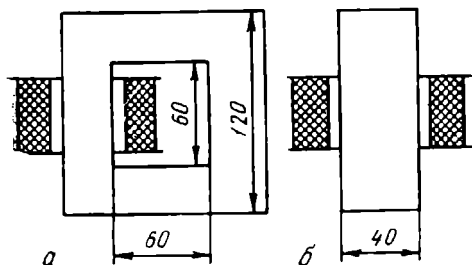
$R_{\text{магн}}$ — ўзакнинг магнит қаршилиги бўлиб, у қуйидагига тенг:

$$R_{\text{магн}} = \frac{l}{\mu_0 S}$$

бу ерда l — ўзакнинг ўртача узунлиги, S — ўзакнинг кўндаланг кесим юзи, μ_0 — ўзакнинг абсолют магнит сингдирувчанлиги бўлиб, уни қуруқ ёғоч учун вакуумдаги магнит сингдирувчанликка тенг деб қабул қилиш мумкин.

У вақтда қуйидагиларни ҳосил қиламиз:

$$R_{\text{магн}} = \frac{0,5}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 20 \cdot 10^{-4}} = 2 \cdot 10^8 \text{ 1/Гн,}$$



1.29- расм.

$$L = \frac{1000^2}{2 \cdot 10^8} = 0,5 \cdot 10^{-2} \text{ Гн},$$

$$e = -0,5 \cdot 10^{-2} \cdot 1 = 0,005 \text{ В} = 5 \text{ мВ}.$$

3.9-масала. Чулғамнинг ўрамлар сони $w = 720$ бўлган индуктив ғалтакнинг пўлат ўзаги Э-11 маркали электротехник пўлат листлардан ясалган бўлиб, унинг ўлчамлари 1.29-расм, *a* ва *b* да кўрсатилган. Индуктив ғалтак орқали I ток ўт-

ганда, пўлат ўзаги ғалтакнинг индуктивлиги аниқлансин.

Ечиш. Пўлат ўзаги ғалтакнинг индуктивлиги қуйидаги формула билан аниқланади:

$$L = \frac{\Psi}{I},$$

бу ерда Ψ —чулғам билан илашган оқим:

$$\Psi = w \cdot \Phi = w \cdot B \cdot S,$$

бу ерда B —ўзагдаги магнит индукция, S —ўзак кўндаланг кесимининг юзи.

Магнит майдони кучланганлигини H ни аниқлаймиз:

$$H = \frac{Iw}{l}; \quad l = (120 - 30) \cdot 4 = 360 \text{ мм};$$

$$H = \frac{2 \cdot 720}{36} = 40 \text{ А/см} = 4000 \text{ А/м}.$$

Э-11 пўлати учун магнитланиш эгри чизигидан

$$B = 1,58 \text{ Тл};$$

$$\Phi = 1,58 \cdot 12 \cdot 10^{-4} \text{ Вб}.$$

Пўлаг ўзаги ғалтакнинг индуктивлиги:

$$L = \frac{w\Phi}{I} = \frac{720 \cdot 1,58 \cdot 12 \cdot 10^{-4}}{2} = 0,683 \text{ Гн}.$$

3.10-масала. Электромагнит чулғами ўрамларининг диаметри $D = 30$ см, ўрам ўқлари орасидаги массфа $d = 0,3$ см. Ўрамлар орасидаги электромагнит кучларнинг ўзаро таъсири, йўналиши ва катталиги аниқлансин:

а) номинал ток $I_{\text{ном}} = 10$ А бўлганда,

б) қисқа туташув токи $I_k = 100$ А бўлганда.

4 Б О Б. БИР ФАЗАЛИ ЎЗГАРУВЧАН ТОК ЗАНЖИРЛАРИ

4.1-масала. Частотаси $f = 400$ Гц бўлган синусоидал ўзгарувчан токнинг даври T ва бурчак частотаси ω аниқлансин.

4.2- масала. Статор чулғамларида саноат частотасида ток ишлаб чиқараётган гидрогенератор роторининг айланиш тезлиги 125 айл/мин бўлса, генераторнинг жуфт қутблари сони ва ишлаб чиқараётган токининг даври аниқлансин.

4.3- масала. Кучланиши $U = 220$ В бўлган ўзгарувчан ток тармоғига қуввати $P = 600$ Вт ли электр плита уланган. Электр плитанинг токи, қаршилиги ва $t = 3$ соат ишлаш мобайнида истеъмол қилган энергия миқдори аниқлансин.

4.4- масала. Қувватлари $P_{\text{ном}_1} = 60$ Вт; $P_{\text{ном}_2} = 200$ Вт ва кучланиши $U_{\text{ном}} = 127$ В бўлган иккита электр лампаси, кучланиши $U = 220$ В бўлган электр тармоғига кетма-кет уланган. Лампаларда кучланиш қандай тақсимланади ва иккала лампа нормал ишлай оладими?

Ечиш. Қувват ва кучланишнинг номинал қийматлари бўйича ҳар бир лампанинг номинал токининг қийматларини аниқлаймиз:

$$I_{\text{ном}_1} = \frac{P_{\text{ном}_1}}{U_{\text{ном}}} = \frac{60}{127} = 0,472 \text{ А.}$$

$$I_{\text{ном}_2} = \frac{P_{\text{ном}_2}}{U_{\text{ном}}} = \frac{200}{127} = 1,57 \text{ А.}$$

Лампа спиралининг қаршилиги:

$$r_1 = \frac{U_{\text{ном}}}{I_{\text{ном}_1}} = \frac{127}{0,472} = 269 \text{ Ом; } r_2 = \frac{U_{\text{ном}}}{I_{\text{ном}_2}} = \frac{127}{1,57} = 81 \text{ Ом.}$$

Лампалар кетма-кет уланганда занжирдаги ток:

$$I = \frac{U}{r_1 + r_2} = \frac{220}{269 + 81} = 0,628 \text{ А.}$$

Лампалардаги кучланиш лампаларнинг қаршилиқларига тўғри пропорционал тақсимланади, яъни

$$U_1 = I \cdot r_1 = 0,628 \cdot 269 = 169 \text{ В,}$$

$$U_2 = I \cdot r_2 = 0,628 \cdot 81 = 51 \text{ В.}$$

Хулоса. Қуввати $P_{\text{ном}_1} = 60$ Вт бўлган лампа номинал кучланишидан юқорироқ кучланишда бирмунча ёруғ ёниб, тезда куйиши мумкин. Қуввати $P_{\text{ном}_2} = 200$ Вт бўлган лампа номинал кучланишидан пастроқ кучланишда хира ёнади.

4.5- масала. Индуктивлиги $L = 100$ мГн бўлган ғалтак кучланиши $i = 220 \cdot \sqrt{2} \sin 314t$ ва частотаси $f = 50$ Гц бўлган ўзгарувчан ток тармоғига уланган.

Қуйидагилар аниқлансин:

- 1) токнинг эффектив ва оний қийматлари;
- 2) қувватнинг оний ва ўртача қийматлари;
- 3) ғалтак магнит майдонида йиғилган энергиянинг максимал қиймати;
- 4) агар тармоқ кучланишининг частотаси икки марта ортса, ток эффектив қийматининг миқдори қандай ўзгаради?

Ечиш. 1. Актив қаршилиги кичик ($r \ll x_L$) бўлгани учун уни ҳисобга олинмайди. $z \approx x_L$; $x_L = \omega \cdot L = 314 \cdot 100 \cdot 10^{-3} = 31,4$ Ом деб қабул қилиш мумкин.

Токнинг эффектив қиймати:

$$I = \frac{U}{x_L} \frac{220}{31,4} = 7 \text{ A.}$$

Токнинг максимал қиймати:

$$I_m = \sqrt{2} \cdot I = \sqrt{2} \cdot 7 = 9,87 \text{ A.}$$

Фақат индуктив қаршиликли занжир учун токнинг оний қиймати: $i = I_m \cdot \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) = 9,87 \cdot \sin\left(314t - \frac{\pi}{2}\right)$.

2. Қувватнинг оний қиймати:

$$p = u \cdot i = 310,2 \cdot \sin \cdot 314t \cdot 9,87 \sin\left(314t - \frac{\pi}{2}\right) = 3080 \sin \cdot 628t.$$

3. Ғалтакнинг магнит майдонида йиғилган энергия:

$$W_{\text{мм}} = \frac{Li^2}{2}.$$

Энергиянинг максимал қиймати:

$$W_m = \frac{L \cdot I_m^2}{2} = \frac{0,1 \cdot 9,87^2}{2} = 4,87 \text{ Ж.}$$

Таъминловчи тармоқ кучланишининг частотаси икки марта ортиши билан, токнинг миқдори икки марта камаяди, чунки индуктив қаршилиқ икки марта ортади:

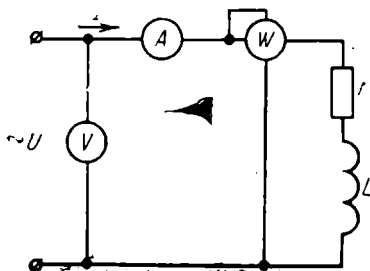
$$x'_L = \omega' L = 2\pi f' L = 2 \cdot 3,14 \cdot 100 \cdot 100 \cdot 10^{-3} = 62,8 \text{ Ом.}$$

4.6- масала. Кучланиши $U = 220$ В, частотаси $f = 50$ Гц бўлган манбага индуктив ғалтак ва конденсатор ғалма-ғалдан уланганда занжирдан оқиб ўтган ток бир хил, яъни $I = 5$ А. Ғалтакнинг индуктивлиги ва конденсаторнинг сизими аниқлансин.

4.7- масала. Занжирга берилган кучланишнинг ва ундаги токнинг оний қийматлари $u = 310 \sin \omega t$ ва $i = 14,1 \cdot \sin(\omega t + 45^\circ)$ маълум бўлса, занжирнинг актив, реактив ва тўла қувватлари ва қаршиликлари аниқлансин.

4.8- масала. Агар синусоидал ўзгарувчан ток манбаининг частотаси $f = 50$ Гц бўлса, 4.7- масаланинг маълумотлари бўйича конденсаторлар батареясининг сизими C аниқлансин.

4.9- масала. 1.30- расмдаги



1.30- расм.

электр занжирга уланган амперметр ва вольтметрнинг кўрсатишлари $I = 10$ А, $U = 220$ В. Ток билан кучланиш орасидаги фаза силжиш бурчаги $\varphi = 60^\circ$. Ваттметрнинг кўрсатиши, занжирнинг актив ва индуктив қаршиликлари ҳамда реактив ва тўла қувватлари аниқлансин.

4.10-масала. Сигими 79,6 мкФ ли конденсатор қаршилиги $r = 15$ Ом бўлган реостат билан кетма-кет уланган. Агар манбанинг кучланиши $U = 127$ В, частотаси $f = 50$ Гц бўлса занжирдаги ток, реостат ва конденсатордаги кучланишнинг тушуви ҳамда занжирнинг актив, реактив ва тўла қуввати аниқлансин. Масштабда ток ва кучланишларнинг вектор диаграммаси қурилсин.

4.11-масала. Ўзаро кетма-кет туташтирилган актив қаршилиқ ва индуктивликдан иборат занжир кучланиши $U = 220$ В ва частотаси $f = 50$ Гц бўлган ўзгарувчан ток тармоғига уланган. Занжирнинг актив қувват истеъмоли $P = 387,2$ Вт бўлиб, ундан оқиб ўтаётган ток $I = 2,2$ А.

Занжирнинг актив, реактив ва тўла қаршиликлари ва галтакнинг индуктивлиги аниқлансин. Агар манбанинг частотаси икки марта ортса, занжирнинг актив қувват истеъмоли нимага тенг бўлади?

4.12-масала. Индуктивлиги $L = 0,141$ Гн бўлган индуктив галтак частотаси $f = 50$ Гц ли ўзгарувчан ток манбаига уланган. Занжирдаги токнинг ўзгариш қонунияти $i = 5,64 \sin \omega t$ бўлса, занжирдаги кучланиш ва қувватларнинг оний қийматларини ифодалари ёзилсин. Ток ва кучланишнинг таъсир этувчи қийматлари, шунингдек, занжирнинг реактив қуввати ҳамда индуктив галтакда тўпланган магнит майдон энергиясининг максимал қиймати аниқлансин.

4.13-масала. Актив қаршилиги $r = 15$ Ом, реактив қаршилиги $x_L = 20$ Ом бўлган индуктив галтак кучланиши $U = 127$ вольтли ўзгарувчан ток манбаига уланган. Занжирнинг актив, реактив ва тўла қувватлари, шунингдек қувват коэффициенти аниқлансин. Масштабда ток ва кучланишларнинг вектор диаграммаси қурилсин.

4.14-масала. Занжирдаги кучланиш ва тоқларнинг оний қиймаглари ифодаси

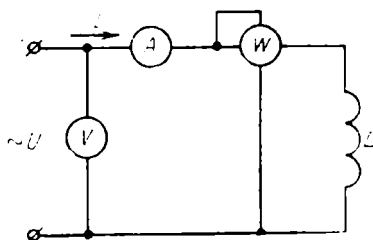
$$u = 310 \sin(314t + 20^\circ);$$

$$i = 8,46 \sin(314t - 15^\circ).$$

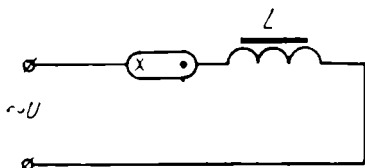
Нагрузка характери ва унинг параметрлари аниқлансин.

4.15-масала. Частотаси $f = 50$ Гц бўлган узгарувчан ток тармоғига галтак ва ўлчаш асбоблари уланган (1.31- расм).

Амперметр, вольтметр ва ваттметрларнинг кўрсатиши қуйидагиларга тенг:



1.31- расм.



1.32- расм.

$$I = 5 \text{ A}; \quad U = 220 \text{ В}; \\ P = 1000 \text{ Вт}.$$

Ғалтакнинг актив қаршилиги r ва индуктивлиги L , реактив ва тўла қуввати, шунингдек, қувват коэффициенти аниқлансин. Ток ва кучланишнинг вектор диаграммаси қурилсин.

4.16-масала. Завод цехида $P = 12 \text{ кВт}$ қувват истеъмол қиладиган, қувват коэффициенти $\cos\varphi = 0,8$ га тенг бўлган бир фазали пайвандлаш аппарати ўрнатилган. Таъминлозчи тармоқнинг кучланиши $U = 380 \text{ В}$, частотаси $f = 50 \text{ Гц}$.

Пайвандлаш аппаратининг тўла ва реактив қуввати, шунингдек, узатгич симлардаги токнинг қиймати аниқлансин.

4.17- масала. Ўзгарувчан ток тармоғига темир ўзақли индуктив ғалтак орқали ЛД-30 типли люминесцент лампа уланган (1.32- расм).

Тармоқнинг кучланиши $U = 220 \text{ В}$, лампанинг номинал қуввати $P_{\text{ном}} = 30 \text{ Вт}$ ва иш токи $I_{\text{ном}} = 0,32 \text{ А}$.

Қуйидагилар аниқлансин:

1) лампадаги ва темир ўзақли индуктив ғалтакдаги кучланиш;
2) лампанинг актив қаршилиги ва темир ўзақли ғалтакнинг индуктивлиги;

3) занжирнинг реактив ва тўла қуввати;

4) занжирнинг қувват коэффициенти.

Ечиш. 1. Лампадаги кучланишни тармоқ кучланишининг актив ташкил эгувчиси деб, темир ўзақли индуктив ғалтакдаги кучланишни эса унинг реактив ташкил эгувчиси деб ҳисоблаш мумкин, чунки темир ўзақли индуктив ғалтакнинг актив қаршилиги индуктив қаршиликдан жуда ҳам кичик ($r \ll x_L$). Демак, лампадаги кучланиш:

$$U_{L_{\text{ном}}} = \frac{P_{\text{ном}}}{I_{\text{ном}}} = \frac{30}{0,32} = 93,8 \text{ В}.$$

Темир ўзақли индуктив ғалтакдаги кучланиш:

$$U_L = \sqrt{U^2 - U_{L_{\text{ном}}}^2} = \sqrt{220^2 - 93,8^2} = 199 \text{ В}.$$

2. Лампанинг актив қаршилиги:

$$r_L = \frac{P_{\text{ном}}}{I_{\text{ном}}^2} = \frac{30}{0,32^2} = 293 \text{ Ом}.$$

Лампа ва темир ўзақли индуктив ғалтак кетма-кет уланганда ўтаётган токнинг қиймати бир хил. Темир ўзақли ғалтакнинг индуктив қаршилиги:

$$x_L = \frac{U_L}{I_{\text{ном}}} = \frac{199}{0,32} = 622 \text{ Ом}.$$

Темир ўзақли ғалтакнинг индуктивлиги:

$$L = \frac{x_L}{\omega} = \frac{622}{314} = 1,98 \text{ Гн.}$$

3. Занжирнинг реактив қуввати:

$$Q = Q_L = I_n^2 \cdot x_L = 0,32^2 \cdot 622 = 63,7 \text{ ВАр.}$$

Занжирнинг тўла қуввати:

$$S = \sqrt{P_{\text{ном}}^2 + Q^2} = \sqrt{30^2 + 63,7^2} = 70,5 \text{ ВА.}$$

4. Қувват коэффициентини:

$$\cos \varphi = \frac{P_{\text{ном}}}{S} = \frac{30}{70,5} = 0,425.$$

4.18- масала. 1.32- расмдаги (4.17- масала) темир ўзақли индуктив ғалтакнинг ўрнига улаш мумкин бўлган реостатнинг қаршилиги аниқлансин.

Реостатдаги қувват исрофи ҳисоблансин. Лампа билан қандай қаршилиқни кетма-кет улаш тежамли: актив қаршилиқними ёки индуктив қаршилиқними?

Ечиш. Реостат, худди лампа сингари, соф актив қаршилиқ ҳисобланади, демак, кетма-кет уланганда, улардаги кучланиш-ни арифметик қўшиш мумкин:

$$U = U_{\text{л.ном}} + U_{\text{реост.}}$$

бу ерда $U_{\text{реост}}$ — реостатдаги кучланиш

$$U_{\text{реост}} = U - U_{\text{л.ном}} = 220 - 93,8 = 126,2 \text{ В.}$$

Реостатнинг қаршилиги:

$$r_{\text{реост}} = \frac{U_{\text{реост}}}{I_{\text{ном}}} = \frac{126,2}{0,32} = 395 \text{ Ом.}$$

Реостатдаги қувват исрофи:

$$P = I_{\text{ном}}^2 \cdot r_{\text{реост}} = 0,32^2 \cdot 395 = 40,4 \text{ Вт.}$$

Хулоса. Лампа билан темир ўзақли индуктив ғалтакни кетма-кет улаганда, ундаги актив қувватнинг исрофи оз, чунки $r < x_L$. Аммо занжирнинг қувват коэффициентини кичик. Темир ўзақли индуктив ғалтак ўрнига реостат улаганда уни қизитишга сарфланган қувват исрофи занжирнинг қувват коэффициентини бирга яқинлаштиради.

Лампанинг ёниши учун зарур бўлган темир ўзақли индуктив ғалтакни лампа билан кетма-кет улаш керак. Одатда, қурилманинг қувват коэффициентини конденсатор ёрдамида оширилади.

4.19- масала. Кучланиши $U = 127 \text{ В}$ ва частотаси $f = 50 \text{ Гц}$ бўлган ўзгарувчан ток тармоғига иккита ғалтак кетма-кет уланган. Ғалтакларнинг параметрлари:

$$r_1 = 10 \text{ Ом}; L_1 = 20 \text{ мГн}; r_2 = 6 \text{ Ом}; L_2 = 50 \text{ мГн.}$$

Занжирнинг қувват коэффициенти ва токининг катталиги аниқлансин. Олинган натижалар бўйича ток ва кучланишларнинг вектор диаграммаси қурилсин.

Ечиш. Берилган занжирнинг схемасини чизамиз (1.33-расм, а). Занжирнинг эквивалент актив қаршилиги:

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

Ғалтакларнинг реактив қаршиликлари:

$$x_1 = \omega L_1 = 2\pi f L_1 = 314 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 6,28 \text{ Ом}$$

$$x_2 = \omega L_2 = 2\pi f L_2 = 314 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 15,7 \text{ Ом.}$$

Занжирнинг эквивалент реактив қаршилиги:

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

Занжирнинг эквивалент тўла қаршилиги:

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

Занжирдаги ток:

$$I = \frac{U}{Z_3} = \frac{127}{27,3} = 4,66 \text{ А.}$$

Занжирнинг қувват коэффициенти.

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

Бу ерда φ занжирга берилган кучланиш билан ток орасидаги силжиш бурчаги $\varphi = 54^\circ$. Вектор диаграммасини қуриш учун занжирнинг айрим қаршиликларидаги кучланишнинг тушувларини аниқлаймиз:

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

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

$$U_{a_2} = I \cdot r_2 = 4,66 \cdot 6 = 27,8 \text{ В,}$$

$$U_{p_2} = I \cdot x_2 = 4,66 \cdot 15,7 = 73 \text{ В.}$$

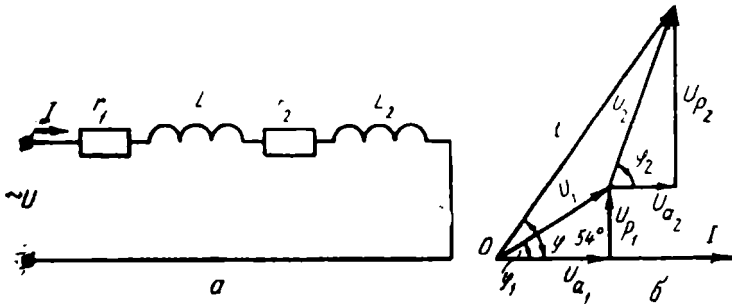
$$\text{Текшириш } U = \sqrt{(\sum U_a)^2 + (\sum U_p)^2} = \sqrt{74,4^2 + 102,3^2} = 127 \text{ В.}$$

Олинган натижалар бўйича ток ва кучланишларнинг вектор диаграммасини чизамиз (1.33-расм, б). Боиланғич вектор учун ток I нинг вектори олинган. Кучланиш масштаби $m_U = 2 \text{ В/мм}$.

4.20-масала. Частотаси $f = 50 \text{ Гц}$, кучланиши $U = 220 \text{ В}$ бўлган ўзгарувчан ток тармоғига сифими $C = 5 \text{ мкФ}$ ли конденсатор уланган. Занжирдаги ток ва конденсаторнинг электр майдонида йиғилган энергиянинг максимал қиймати аниқлансин.

4.21-масала. Частотаси $f = 50 \text{ Гц}$ бўлган ўзгарувчан ток тармоғига актив қаршилик ва конденсатор кетма-кет уланган (1.34-расм). Занжирга уланган ўлчов асбобларининг кўрсатишлари

$$I = 4 \text{ А, } U = 220 \text{ В, } P = 400 \text{ Вт.}$$



1.33- расм.

Занжирга уланган актив қаршилиқнинг катталиги, конденсаторнинг сизими (актив қаршилиқ $r_c=0$ бўлганда) ҳамда занжирнинг реактив, тўла қувватлари ва қувват коэффиценти аниқлансин. Ток ва кучлиларнинг вектор диаграммаси қурилсин.

4.22- масала. Кучлиниши $U_{ном} = 127$ В ва қуввати $P_{ном} = 40$ Вт бўлган электр лампани кучлиниши $U = 220$ вольтли тармоққа улаш учун қандай сизимли конденсаторларни электр лампа билан кетма-кет улаш керак?

Конденсатордаги кучлиниш, реактив ва тўла қувват, шунингдек, занжирнинг қувват коэффиценти аниқлансин.

Ечиш. Конденсатордаги кучлиниш:

$$U_c = \sqrt{U^2 - U_{ном}^2} = \sqrt{220^2 - 127^2} = 179 \text{ В.}$$

Лампа занжиридаги ва конденсатордаги ток:

$$I = \frac{P_{ном}}{U_{ном}} = \frac{40}{127} = 0,315 \text{ А.}$$

Сизим қаршилиги

$$x_c = \frac{U_c}{I} = \frac{179}{0,315} = 570 \text{ Ом.}$$

Конденсаторнинг зарурий сизими:

$$C = \frac{1}{\omega \cdot x_c} = \frac{10^9}{314 \cdot 570} = 5,6 \text{ мкФ.}$$

Занжирнинг реактив қуввати:

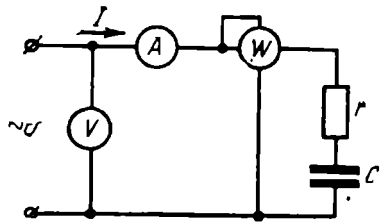
$$Q_c = I^2 \cdot x_c = 0,315^2 \cdot 570 = 56,3 \text{ ВАр.}$$

Занжирнинг тўла қуввати:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{40^2 + 56,3^2} = 69 \text{ ВА.}$$

Занжирнинг қувват коэффиценти:

ти:



1.34- расм.

1.35- расм.

1.36- расм.

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{40}{69} = 0,58.$$

4.23- масала. 4.22- масаладаги конденсаторнинг ўрнига улаш мумкин бўлган реостатнинг қаршилигини аниқлаб, реостатдаги қувват исрофи ҳисоблансин.

4.24- масала. 1.35- расмда кўрсатилган электр занжирида A_1 , A_2 ва A_3 амперметрларнинг кўрсатиши қуйидагига тенг:

$$I_1 = I_2 = 4 \text{ A}; \quad I_3 = 1 \text{ A}.$$

Тармоқланишгача бўлган ток аниқлансин.

4.25- масала. Актив қаршилиги $r = 10$ Ом ва индуктивлиги $L = 70$ мГн бўлган ғалтак билан, сизими $C = 318$ мкФ бўлган конденсатор кетма-кет уланган. Таъминловчи тармоқнинг кучланиши $U = 220$ В, частотаси $f = 50$ Гц. Занжирдаги ток, ғалтакдаги ва конденсатордаги кучланиш, шунингдек, актив, реактив ва тўла қувват аниқлансин. Вектор диаграммаси қурилсин.

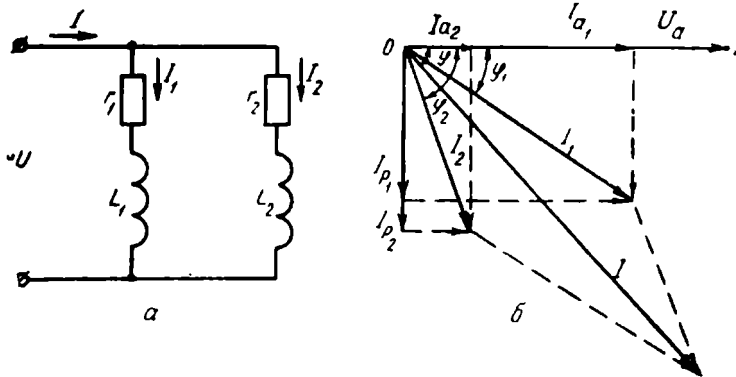
4.26- масала. 1.36- расмда тасвир этилган электр занжири резонансга мосланган. Таъминловчи тармоқнинг кучланиши $U = 220$ В. Вольтметрларнинг кўрсатиши аниқлансин.

4.27- масала. Актив қаршилиги $r = 10$ Ом ва индуктив қаршилиги $X_L = 50$ Ом бўлган ғалтак частотаси $f = 50$ Гц ва кучланиши $U = 220$ вольтга ўзгарувчан ток тармоғига кетма-кет уланган. Занжирда кучланиш резонансини ҳосил қилиш учун, ғалтак билан кетма-кет улаш керак бўлган конденсаторнинг сизими аниқлансин.

4.28- масала. Параметрлари $r_1 = 10$ Ом, $L_1 = 20$ мГн; $r_2 = 6$ Ом, $L_2 = 50$ мГн бўлган иккита ғалтак кучланиши $U = 127$ В ва частотаси $f = 50$ Гц бўлган ўзгарувчан ток тармоғига параллел уланган.

Занжир шохобчаларидаги тоқлар аниқлансин ҳамда кучланиш ва тоқларнинг вектор диаграммасини қуриб, занжирнинг қувват коэффициентини $\cos \varphi$ топилсин.

Ечиш. Берилган занжирнинг схемасини чизамиз (1.37- расм а). Шохобчаларнинг тўла қаршилигини аниқлаймиз.



1.37. расм.

Биринчи шохобча учун:

$$z_1 = \sqrt{r_1^2 + (\omega L_1)^2} = \sqrt{10^2 + (314 \cdot 20 \cdot 10^{-3})^2} = \sqrt{10^2 + 6,28^2} = 11,8 \text{ Ом.}$$

Иккинчи шохобча учун:

$$z_2 = \sqrt{r_2^2 + (\omega L_2)^2} = \sqrt{6^2 + (314 \cdot 50 \cdot 10^{-3})^2} = \sqrt{6^2 + 15,7^2} = 17 \text{ Ом.}$$

Биринчи шохобчадаги ток:

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

Ток I_1 тармоқ кучланишидан φ_1 бурчагига орқада қолади:

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

Ток I_1 нинг актив ташкил этувчиси:

$$I_{a1} = I_1 \cdot \cos \varphi_1 = 10,75 \cdot 0,843 = 9,13 \text{ А,}$$

бу ерда $\cos \varphi_1 = \frac{r_1}{z_1} = \frac{10}{11,8} = 0,848.$

Ток I_1 нинг реактив ташкил этувчиси:

$$I_{p1} = I_1 \cdot \sin \varphi_1 = 10,75 \cdot 0,53 = 5,7 \text{ А.}$$

Иккинчи шохобчадаги ток:

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

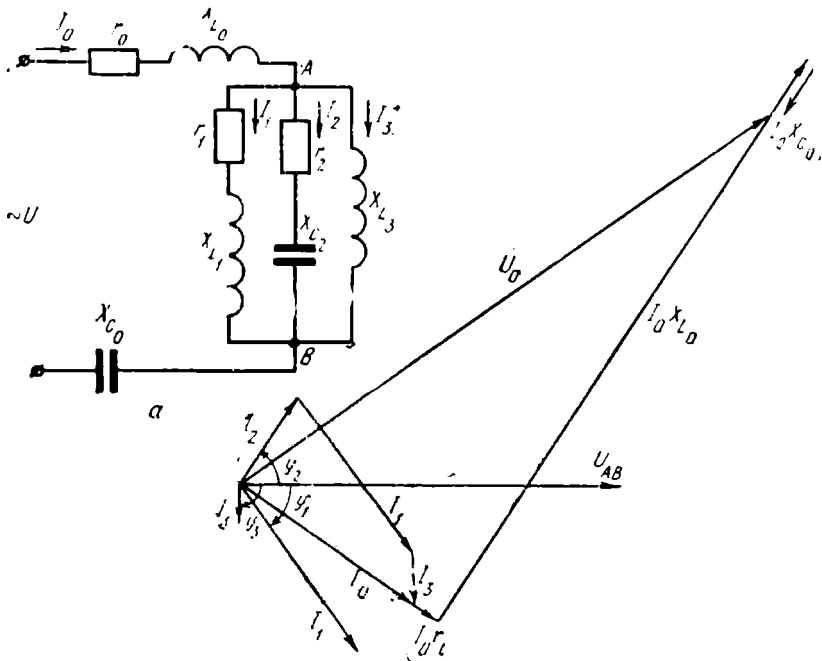
Ток I_2 тармоқ кучланишидан φ_2 бурчагига орқада қолади:

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

Ток I_2 нинг актив ташкил этувчиси:

$$I_{a2} = I_2 \cdot \cos \varphi_2 = 7,48 \cdot 0,353 = 2,64 \text{ А,}$$

бу ерда $\cos \varphi_2 = \frac{r_2}{z_2} = \frac{6}{15,7} = 0,353.$



1.38- расм.

Ток I_2 нинг реактив ташкил этувчиси:

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

Умумий ток I нинг йўналиши ва катталигини 1.37- расм, б даги вектор диаграммадан топиш мумкин.

Бунинг учун, бошланғич вектор қилиб олинган (унинг йўналишини ихтиёрый олиш мумкин) кучланиш вектори U га нисбатан қолувчан φ_1 ва φ_2 бурчаклар билан I_1 ва I_2 тоқларнинг векторларини чизиш керак.

Токнинг масштаби

$$m_I = 0,2 \text{ A/мм.}$$

Умумий ток

$$\vec{I} = \vec{I}_1 + \vec{I}_2.$$

Вектор диаграммадан

$$I = I(\text{мм}) \cdot m_I = 17 \text{ A.}$$

Аналитик усул билан ҳисобланганда

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

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

Умумий ток ва кучланишнинг фаза силжиш бурчаги

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

Бутун занжирнинг қувват коэффициенти

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

4.29- масала. Кучланиши $U = 220$ В бўлган электр тармоғига 1.38-расм, a да кўрсатилган электр занжири уланган.

Агар

$$\begin{aligned} r_0 &= 2,16 \text{ Ом}, & x_{L_0} &= 6 \text{ Ом}, & x_{C_0} &= 0,56 \text{ Ом}, \\ r_1 &= 3 \text{ Ом}, & x_{L_1} &= 4 \text{ Ом}, & r_2 &= 6 \text{ Ом} \\ x_{C_1} &= 8 \text{ Ом}, & x_{L_2} &= 25 \text{ Ом}, & & \end{aligned}$$

бўлса, барча тармоқлардаги тоқлар аниқлансин.

Ечиш натижалари бўйича масштабда ток ва кучланишларнинг вектор диаграммаси қурилсин:

Ечиш. Тармоқларнинг тўла қаршиликларини аниқлаймиз:

$$\begin{aligned} z_1 &= \sqrt{r_1^2 + x_{L_1}^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5 \text{ Ом}, \\ z_2 &= \sqrt{r_2^2 + x_{C_2}^2} = \sqrt{6^2 + 8^2} = 10 \text{ Ом}; \\ z_3 &= x_{L_2} = 25 \text{ Ом}. \end{aligned}$$

Тармоқларнинг актив ва реактив ўтказувчанликларни аниқлаймиз:

$$\begin{aligned} g_1 &= \frac{r_1}{z_1^2} = \frac{3}{5^2} = 0,12 \frac{1}{\text{Ом}}, & g_2 &= \frac{r_2}{z_2^2} = \frac{6}{10^2} = 0,06 \frac{1}{\text{Ом}}, \\ b_1 &= \frac{x_{L_1}}{z_1^2} = \frac{4}{5^2} = 0,16 \frac{1}{\text{Ом}}, & b_2 &= \frac{x_{C_2}}{z_2^2} = \frac{8}{10^2} = 0,08 \frac{1}{\text{Ом}}, \\ b_3 &= \frac{x_{L_2}}{z_3^2} = \frac{25}{25^2} = 0,04 \frac{1}{\text{Ом}}. \end{aligned}$$

Тармоқланишдаги актив ўтказувчанликларнинг йиғиндиси:

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

Тармоқланишдаги реактив ўтказувчанликларнинг йиғиндиси:

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

Тармоқланишнинг тўла ўтказувчанлиги:

$$y_{AB} = \sqrt{g_{AB}^2 + b_{AB}^2} = \sqrt{0,18^2 + 0,12^2} = 0,216 \frac{1}{\text{Ом}}.$$

Тармоқланишнинг актив ва реактив қаршиликларини аниқлаймиз.

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

$$x_{AB} = b_{AB} \cdot \frac{1}{y_{AB}^2} = 0,12 \cdot \frac{1}{0,047} = 2,56 \text{ Ом (инд)},$$

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

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

Занжирнинг тўла қаршилиги:

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

Тармоқланишгача бўлган ток:

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

Тармоқланишдаги кучланиш:

$$U_{AB} = I_0 \cdot z_{AB} = I_0 \cdot \frac{1}{y_{AB}} = 22 \cdot \frac{1}{0,216} \approx 100 \text{ В}.$$

Тармоқлардаги тоқлар:

$$I_1 = \frac{U_{AB}}{z_1} = \frac{100}{5} = 20 \text{ А},$$

$$I_2 = \frac{U_{AB}}{z_2} = \frac{100}{10} = 10 \text{ А},$$

$$I_3 = \frac{U_{AB}}{z_3} = \frac{100}{25} = 4 \text{ А}.$$

Вектор диаграммани қуриш учун (1.38-расм, б) тармоқлардаги тоқлар билан кучланиш орасидаги фаза силжиш бурчагини аниқлаймиз.

$$\varphi_1 = \arctg \frac{x_{L_1}}{r_1} = \arctg \frac{4}{3}; \quad \varphi_1 = 53^\circ 10',$$

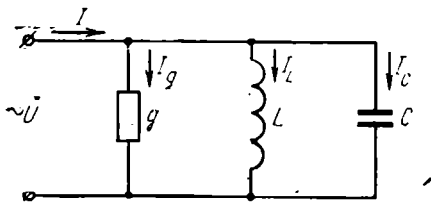
$$\varphi_2 = \arctg \frac{-x_{C_2}}{r_2} = \arctg \frac{8}{6}; \quad \varphi_2 = -55^\circ 10',$$

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

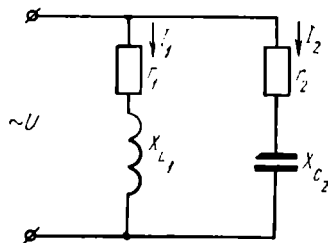
$$m_U = 2 \text{ В/мм}; \quad m_I = 1 \text{ А/мм}.$$

4.30- масала. Ҳар бирининг сизими 4 — микрофарададан бўлган 10 элементли конденсаторлар батареяси параллел бириктирилган бўлиб, кучланиши $U = 36 \text{ В}$ ли ўзгарувчан ток манбаига уланган.

Тармоқ частоталари $f = 0; 50$ ва 1000 Гц бўлганда конденсаторлар батареясининг токи аниқлансин.



1.39- расм.



1.40- расм.

4.31- масала. Параметрлари 4.25- масалада келтирилган галтак ва конденсатор параллел бириктирилган. Тармоқнинг кучланиши $U = 220$ В, частотаси $f = 50$ Гц. Галтакдаги ва конденсатордаги ток, шунингдек, тармоқланишгача бўлган ток ва бутун занжирнинг қувват коэффициенти аниқлансин. Масштабда ток ва кучланишларнинг вектор диаграммаси қурилсин.

4.32- масала. Кучланиши $U = 200$ В бўлган ўзгарувчан ток тармоғига актив қаршилик, индуктивлик ва сигим элементлари параллел уланган (1.39- расм). Занжирнинг шохобчаларидан оқиб ўтаётган тоқлар тегишлича $I_1 = 40$ А, $I_2 = 50$ А, $I_3 = 20$ А ни ташкил этади. Занжирнинг умумий тоқи, қувват коэффициенти, актив, реактив ва тўла қувватлари аниқлансин. Масштабда кучланиш ва тоқларнинг вектор диаграммаси қурилсин.

4.33- масала. Қаршиликлари $r = x_L = x_C = 20$ Ом ли параллел занжир, кучланиши $U = 220$ В бўлган ўзгарувчан ток тармоғига уланган. Қаршиликлардан ўтаётган тоқлар, умумий ток ва занжирнинг қувват коэффициенти аниқлансин.

4.34- масала. Қаршиликлари $r_1 = 3$ Ом, $r_2 = 9$ Ом, $x_{L1} = 4$ Ом, $x_{C2} = 12$ Ом дан бўлган параллел занжир (1.40- расм) кучланиши $U = 300$ В бўлган ўзгарувчан ток тармоғига уланган. Занжирнинг шохобчаларидаги ва тармоқланишгача бўлган тоқларни, шунингдек занжирнинг қувват коэффициенти, актив, реактив ва тўла қувватлари аниқлансин. Масштабда кучланиш ва тоқларнинг вектор диаграммаси қурилсин.

4.35- масала. Частотаси $f = 50$ Гц ва кучланиши $U = 380$ В бўлган ўзгарувчан ток тармоғига, қуввати $P = 60$ кВт ли актив-индуктив хусусиятли истеъмолчи уланган.

Қуйидагилар аниқлансин:

1. Истеъмолчининг тўла ва реактив қуввати, шунингдек, $\cos \varphi_1 = 0,7$ ва $\cos \varphi_2 = 0,9$ га тенг бўлганда узатгич симлардаги ток. Қувватлар учбурчаги қурилсин.

2. Қувват коэффициенти $\cos \varphi_1 = 0,7$ дан $\cos \varphi_2 = 0,9$ га қадар кўтариш учун, истеъмолчи билан параллел уланиши керак бўлган конденсаторлар батареясининг сигими.

Ечиш. 1. Қувват коэффициенти $\cos \varphi_1 = 0,7$ билан ишлагандаги тўла қувват:

$$S_1 = \frac{P}{\cos \varphi_1} = \frac{60}{0,7} = 85,7 \text{ кВА,}$$

1 реактив қувват:

$$Q_1 = \sqrt{S_1^2 - P^2} = \sqrt{85,7^2 - 60^2} = 61,2 \text{ кВАр},$$

симлардаги ток

$$I_1 = \frac{S_1}{U} = \frac{85,7}{0,38} = 226 \text{ А.}$$

Қувват коэффициенті $\cos \varphi_2 = 0,9$ га тенг бўлганда

$$S_2 = \frac{P_2}{\cos \varphi_2} = \frac{60}{0,9} = 66,6 \text{ квар},$$

$$Q_2 = \sqrt{S_2^2 - P^2} = \sqrt{66,6^2 - 60^2} = 30,6 \text{ кВАр},$$

$$I_2 = \frac{S_2}{U} = \frac{66,6}{0,38} = 175 \text{ А.}$$

Олинганлар бўйича масштабда қувватлар учбурчлагини қура-
миз (1.41-расм, а ва б):

$$m_P = 2 \text{ кВт/мм}, \quad m_Q = 2 \text{ кВАр/мм}, \quad m_S = 2 \text{ кВА/мм}.$$

2. Компенсацияланиши керак бўлган реактив қувватни аниқ-
лаймиз

$$Q_C = Q_1 - Q_2 = 61,2 - 30,6 = 30,6 \text{ кВАр}.$$

Демак, конденсаторлар батареясининг қуввати

$$Q_C = 30,6 \text{ кВАр},$$

аммо

бундан

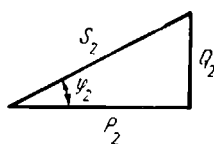
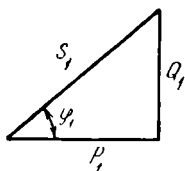
$$Q_C = I_C \cdot U = U^2 \cdot \omega C,$$

$$C = \frac{Q_C}{U^2 \cdot \omega} = \frac{30,6 \cdot 10^3}{314 \cdot 0,38^2} = 676 \text{ мкФ}.$$

4.36-масала. Корхонанинг қувват коэффициентини (коэффи-
циент мощности) ошириш мақсадида 152 кВАр реактив индук-
тив қувватни компенсация қилиш учун тармоққа параллел ула-
ниши керак бўлган конденсаторлар батареясининг сизими аниқ-
лансин. Тармоқнинг кучланиши $U = 380 \text{ В}$, частотаси $f = 50 \text{ Гц}$.

Ечиш. Демак, бундай занжирда тоklar резонанси ҳодисаси
содир бўлади, яъни $Q_L = Q_C = 152 \text{ кВАр}$.

$$Q_C = U \cdot I_C, \text{ бундан}$$



$$I_C = \frac{Q_C}{U} = \frac{152}{0,38} = 400 \text{ А.}$$

Конденсаторлар батареяси-
нинг сизим қаршилиги

$$x_C = \frac{U}{I_C} = \frac{380}{400} = 0,95 \text{ Ом}.$$

1.41- расм.

Конденсаторлар батареясининг ҳисобий сифими

$$C_x = \frac{10^3}{\omega \cdot x_C} = \frac{10^3}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot x_C} = \frac{10^6}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,95} = 3352 \text{ мкФ.}$$

4.37-масала. Фабрика бир ой ишлаши давомида унинг актив энергия сўётчиги 24500 кВт-соатни, реактив энергия сўётчиги эса 14000 кВАр соатни кўрсатди (иккала сўётчик бир вақтда ишга туширилган). Фабриканинг ўртача ойлик қувват коэффициентлари аниқлансин.

5-БОБ. УЧ ФАЗАЛИ ТОК ЗАНЖИРЛАРИ

5.1-масала. Линия кучланиши $U_L = 380$ В бўлган уч фазали ток тармоғига индукцион печь уланган. Унинг қувват коэффициентлари $\cos \varphi = 0,8$ ва қуввати $P = 5$ кВт. Печнинг қиздириш элементлари юлдуз схемада уланган. Ҳар бир фазанинг қаршиликлари аниқлансин.

5.2-масала. Фаза қаршиликлари $r_A = 20$ Ом, $r_B = 40$ Ом, $r_C = 60$ Ом бўлган истеъмолчи фаза кучланиши $U_\phi = 240$ В бўлган уч фазали ток тармоғига тўрт симли юлдуз схемада уланган. Истеъмолчининг фаза тоқлари ва нолинчи симдаги ток занжирнинг қуйидаги ҳолатлари учун аниқлансин:

- 1) занжир нормал ишлаганда;
- 2) занжирнинг C фазасида узилиш бўлганда;
- 3) занжирнинг B ва C фазаларда узилиш бўлганда;
- 4) барча ҳолатлар учун масштабда ток ва кучланишларнинг вектор диаграммаси чизилсин.

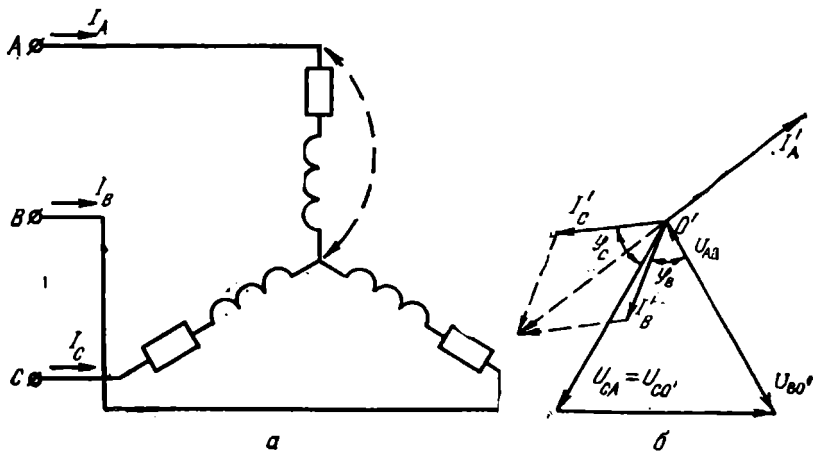
5.3-масала. Фазасининг актив ва индуктив қаршиликлари тегишлича $r_\phi = 6$ Ом, $x_{L\phi} = 8$ Ом дан бўлган симметрик истеъмолчи, линия кучланиши $U_L = 220$ В бўлган уч фазали ток тармоғига уланган. Агар истеъмолчининг A фазасида қисқа туташув рўй берса, фазалардаги тоқлар қандай ўзгаради? Масштабда ток ва кучланишларнинг вектор диаграммаси чизилсин.

Ечиш. A ва O нуқталарнинг қисқа туташуви (1.42-расм, a) натижасида O нуқтанинг потенциали A нуқтанинг потенциалига тенглашади. Бу ҳолда B ва C фазаларнинг қаршиликлари линия кучланишига уланиб қолади. Улардаги тоқлар қиймат жиҳатдан тенг, яъни

$$I'_B = I'_C = \frac{U_L}{z_\phi} = \frac{U_L}{\sqrt{r_\phi^2 + x_{L\phi}^2}} = \frac{220}{\sqrt{6^2 + 8^2}} = \frac{220}{10} = 22 \text{ А.}$$

Бу тоқлар фаза жиҳатдан U_{BO} ва U_{CO} кучланишлардан қуйидаги бурчакка орқада қолади

$$\operatorname{tg} \varphi_B = \operatorname{tg} \varphi_C = \frac{x_{L\phi}}{r_\phi} = \frac{8}{6} = 1,33 \text{ ёки } \varphi_\phi = 53^\circ$$



1.42- расм.

Бу ҳолда истеъмолчининг A фазасидаги қисқа туташув токи I_A ни Кирхгофнинг биринчи қонуни бўйича аниқланади:

$$\bar{I}_A + \bar{I}_B + \bar{I}_C = 0,$$

бундан

$$\bar{I}_A = -(\bar{I}_B + \bar{I}_C).$$

Демак, \bar{I}_A токининг вектори \bar{I}_B ва \bar{I}_C векторлар йигиндисининг тескарасидир. Вектор диаграммани қуришдан аввал кучланиш ва ток масштабларини қабул қиламиз, масалан $m_U = 5 \text{ В/мм}$, $m_I = 1 \text{ А/мм}$. Вектор диаграммадан қисқа туташув токи (1.42- расм, б)

$$I_A = l_{\bar{I}'_A} \cdot m_I = 38 \text{ мм} \cdot 1 \text{ А/мм} = 38 \text{ А}.$$

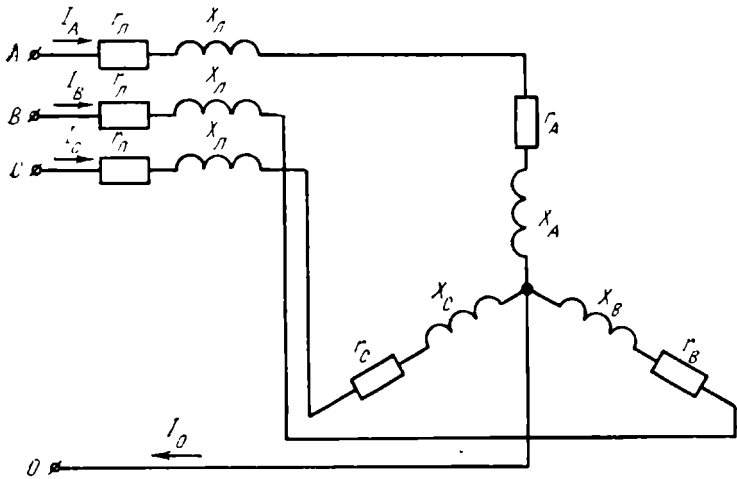
Занжир нормал ишлаганда A фазадан ўтадиган ток

$$I_A = \frac{220}{\sqrt{3} \cdot z_\Phi} = \frac{220}{\sqrt{3} \cdot 10} = 12,7 \text{ А}.$$

Демак, қисқа туташув вақтида фазадан 3 марта катта ток ўтар экан.

5.4- масала. Линия кучланиши $U_L = 380 \text{ В}$ бўлган уч фазали ток тармоғига қувват коэффициентлари бир хил ($\cos \varphi_\Phi = 0,6$) бўлган актив-индуктив характерли учта истеъмолчи тўрт симли юлдуз схемада уланган.

Истеъмолчининг фаза қувватлари тегишлича $P_A = 1,32 \text{ кВт}$, $P_B = 1,93 \text{ кВт}$, $P_C = 2,64 \text{ кВт}$ ни ташкил этади. Истеъмолчининг фазаларидаги тоқлар ва нолинчи симдаги ток, ҳар бир фазанинг актив, реактив, тўла қаршиликлари ҳамда уч фазали занжирнинг актив, реактив ва тўла қувватлари аниқлансин. Масштабда ток ва кучланишларнинг вектор диаграммаси қурилсин.



1.43- расм.

5.5- масала. Линия кучланиши $U_{\text{л}} = 380$ В бўлган уч фазали ток тармоғига актив-индуктив характердаги истеъмолчилар тўрт симли юлдуз схемада уланган. Уларнинг фаза актив қувватлари

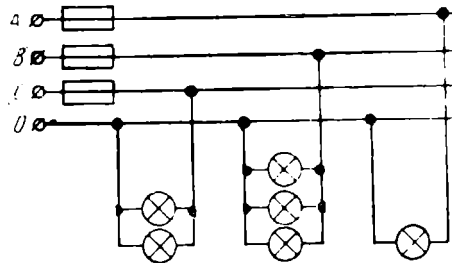
$$P_A = 3,0 \text{ кВт}, \quad P_B = 3,6 \text{ кВт}, \quad P_C = 4,4 \text{ кВт},$$

қувват коэффициентлари эса тегишлича $\cos \varphi_A = 0,8$; $\cos \varphi_B = 0,86$; $\cos \varphi_C = 0,9$ ни ташкил этади. Фазалардаги ва нолинчи симдаги тоқлар ҳамда уч фазали занжирнинг актив, реактив ва тўла қувватлари аниқлансин. Масштабда ток ва кучланишларнинг вектор диаграммаси қурилсин.

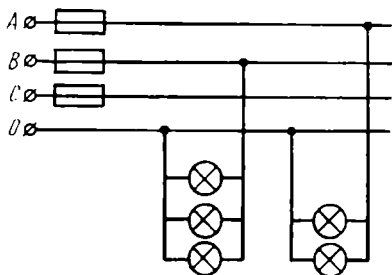
5.6- масала. Қаршиликлари $r_A = 17$ Ом, $r_B = 14$ Ом, $r_C = 13$ Ом, $x_{L_A} = 22$ Ом, $x_{L_B} = 18$ Ом, $x_{L_C} = 28$ Ом бўлган истеъмолчи линия кучланиши $U_{\text{л}} = 380$ вольтли уч фазали ток тармоғига тўрт симли юлдуз схемада уланган (1.43- расм). Ҳар бир линия симининг актив ва индуктив қаршилиги $r_{\text{л}} = 10$ Ом ва $x_{L_{\text{л}}} = 2$ Ом ни ташкил этади.

Фазалардаги ва нолинчи симдаги тоқлар ҳамда уч фазали занжирнинг актив, реактив ва тўла қувватлари аниқлансин.

5.7- масала. Линия кучланиши $U_{\text{л}} = 220$ В бўлган тўрт симли электр тармоғига ёритгич нағрузка уланган (1.44- расм). Ёритгичларнинг фазаларидаги истеъмол қуввати:



1.44- расм.



1.45- расм.

$$P_A = 5,5 \text{ кВт}, \quad P_B = 6,6 \text{ кВт}, \\ P_C = 2,75 \text{ кВт}.$$

Куйидагилар аниқлансин:

- 1) фазалардаги тоқлар;
- 2) вектор диаграммадан ток I_0 нинг қиймати;
- 3) тармоқдан истеъмол қилинаётган умумий қувват;
- 4) масштабда ток ва кучланишларнинг вектор диаграммаси қурилсин.

5.8- масала. Қувватлари $P_A = 2,2 \text{ кВт}$, $P_B = 4,4 \text{ кВт}$ бўлган иккита лампалар группаси линия кучланиши $U_{\text{л}} = 380 \text{ вольт}$ ли уч фазали ток тармоғига уланган (1.45- расм).

Фазалардаги тоқларнинг катталиги ва нейтрал сим узилганда ҳар бир группа қисмаларидаги кучланиш аниқлансин. Масштабда ток ва кучланишларнинг вектор диаграммаси қурилсин.

5.9- масала. Линия кучланишлари $U_{\text{л}} = 380 \text{ В}$ бўлган симметрик уч фазали генераторга юлдуз схемада бириктирилган уч фазали асимметрик истеъмолчи нейтрал симсиз уланган. Истеъмолчининг иккита фазасидаги кучланишлар бир-бирига тенг: $U'_B = U'_C = 237,5 \text{ В}$. Учинчи фазалаги кучланиш U'_A ва нейтралнинг силжиши аниқлансин.

5.10- масала. Уч фазали симметрик актив қувват истеъмолчиси фаза кучланиши $U_{\phi} = 220 \text{ В}$ бўлган тўрт симли электр тармоғига юлдуз схемада уланган. Линия симларидаги тоқлар

$$I_A = I_B = I_C = 10 \text{ А}.$$

Битта линия сими, ундан сўнг иккита линия сими узилганда нейтрал симдаги ток аниқлансин.

5.11- масала. Статор чулғамлари юлдуз схемада бириктирилган асинхрон двигателъ линия кучланиши $U_{\text{л}} = 380 \text{ В}$ бўлган уч фазали ток тармоғига уланган. Двигателнинг тармоқдан истеъмол қиладиган қуввати $P = 16 \text{ кВт}$, қувват коэффиценти $\cos \varphi = 0,78$.

Фазалардаги кучланиш ва ток аниқлансин:

- 1) двигателъ нормал ишлаганда,
- 2) С фазасидаги сақлагич куйганда,
- 3) С фазасида қисқа туташув содир бўлганда.

Учала режим учун ток ва кучланишларнинг вектор диаграммаси чизилсин.

5.12- масала. Қувват коэффиценти $\cos \varphi = 0,7$ бўлган актив-сигим характердаги истеъмолчининг фаза қаршиликлари $z_A = z_B = z_C = 10 \text{ Ом}$. Агар истеъмолчи линия кучланиши $U_{\text{л}} = 220 \text{ В}$ бўлган уч фазали ток тармоғига уч симли юлдуз схе-

мада уланган бўлса, уни қайта учбурчак схемада улагандаги фаза, линия тоқларининг, актив, реактив ва тўла қувватларининг ўзгариши қандай бўлади? Иккала ҳолат учун ток ва кучланишларнинг вектор диаграммаси қурилсин.

5.13-масала. Частотаси $f = 50$ Гц. линия кучланиши $U_{\text{л}} = 380$ В бўлган уч фазага ток тармоғига реактив қувватлари $Q_A = Q_B = Q_C = 1800$ ВАр дан бўлган актив-сиғим характердаги симметрик истеъмолчи учбурчак схемада уланган. Фазалардаги ток билан кучланишлар орасидаги фаза силжиш бурчаклари тегишлича $\varphi_A = \varphi_B = \varphi_C = +60^\circ$. Истеъмолчининг фаза ва линия тоқлари, фазаларининг актив, реактив ва тўла қаршилиқлари, шунингдек, конденсаторларнинг сиғими аниқлансин.

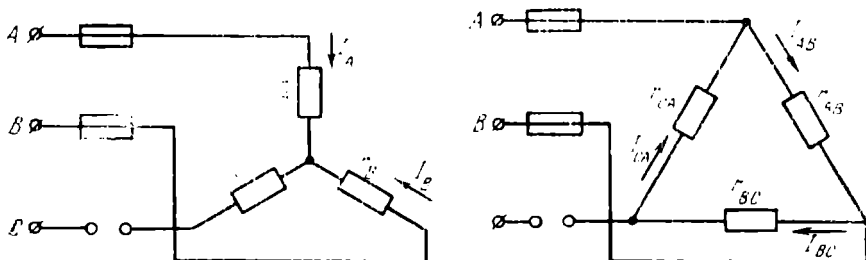
5.14-масала. Линия кучланиши $U_{\text{л}} = 220$ В бўлган уч фазати ток тармоғига носимметрик истеъмолчи учбурчак схемада уланган. Истеъмолчи фазасининг параметрлари қуйидагича: $r_{AB} = r_{BC} = r_{CA} = 20$ Ом, $x_{LAB} = 40$ Ом, $x_{LBC} = 30$ Ом, $x_{LCA} = 20$ Ом, $x_{CAB} = x_{CCA} = 20$ Ом, $x_{CVC} = 50$ Ом. Истеъмолчининг фаза ва линия тоқлари, бутун занжирнинг актив, реактив, тўла қувватлари аниқлансин. Масштабда ток ва кучланишларнинг вектор диаграммаси чизилсин.

5.15-масала. Линия кучланиши $U_{\text{л}} = 220$ В бўлган уч фазати ток тармоғига фаза қувватлари $P_{AB} = 1,1$ кВт, $P_{BC} = 1,76$ кВт, $P_{CA} = 2,64$ кВт дан бўлган истеъмолчи учбурчак схемада уланган. Истеъмолчининг ВС фазасида узилиш содир бўлди. Узилиш содир бўлишига қадар ва ундан кейинги вазиятлар учун фаза ва линия тоқлари аниқлансин.

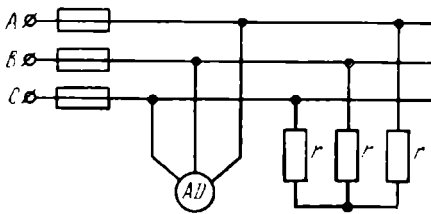
5.16-масала. Қаршилиқлари $r_A = r_B = r_C = 10$ Ом дан бўлган истеъмолчи линия кучланиши $U_{\text{л}} = 380$ В бўлган уч фазага ток тармоғига уч симли юлдуз схемада уланган. Масала қуйидаги ҳолатлар учун ечилсин.

1. С фазасидаги сақлагич эриб кетгандаги ҳол учун фаза ва линия тоқлари аниқлансин (1.46-расм, а).

2. Ана шу қаршилиқлар учбурчак схемада уланган ҳол учун ҳам фаза ва линия тоқлари аниқлансин (1.46-расм, б).



1.46-расм,



1.47- расм.

бир лампа қисмаларидаги кучланиш аниқлансин.

2. Занжирнинг бирор фазасидаги лампа куйганда линия сим-лараридаги токларнинг қандай ўзгариши аниқлансин.

3. Иккала режим учун ток ва кучланишларнинг вектор диаграммаси қурилсин.

5.18- масала. Линия кучланиши $U_{\text{л}} = 380$ В бўлган уч фазали ток тармоғига электр печь уланган. Печнинг қиздириш элементлари юлдуз схемада уланса, тармоқдан истеъмол қиладиган қувват $P = 5$ кВт бўлади. Агар печнинг қиздириш элементлари уч бурчак схемада уланса, фаза токлари ва тармоқдан истеъмол қилинадиган қувват қандай ўзгаради?

5.19- масала. Линия кучланиши $U_{\text{л}} = 380$ В бўлган уч фазали ток тармоғига индукцион печь уланган. Печнинг қиздириш элементлари юлдуз схемада уланганда тармоқдан истеъмол қилган қуввати $P = 7$ кВт (а тенг ($\cos \varphi = 0,8$)). Агар қиздириш элементлари учбурчак схемада уланса, печнинг тармоқдан истеъмол қиладиган актив, реактив ва тўла қуввати қандай ўзгаради?

5.20- масала. Линия кучланиши $U_{\text{л}} = 380$ В бўлган уч фазали ток тармоғига асинхрон двигатель ва қиздиргич печь уланган (1.47- расм). Қувват коэффициенти $\cos \varphi = 0,8$ да двигательнинг истеъмол қиладиган қуввати $P_{\text{дв}} = 16$ кВт, печнинг истеъмол қиладиган қуввати $P_{\text{п}} = 6$ кВт.

Уч фазали занжирнинг тўла қуввати ва барча қурилмаларнинг қувват коэффициенти аниқлансин.

УЧ ФАЗАЛИ ТОК ЗАНЖИРЛАРИНИ ҲИСОБЛАШГА ОИД МАСАЛА

5.21- масала. Частотаси $f = 50$ Гц, линия кучланиши $U_{\text{л}} = 380$ В бўлган уч фазали ток тармоғига электр энергиясининг истеъмолчилари юлдуз ва учбурчак схемада уланган (1.48- расм).

Қуйдагиларни бажаринг:

1) юлдуз схемада бириктирилган истеъмолчиларнинг $I_{A\gamma}$, $I_{B\gamma}$, $I_{C\gamma}$ фаза токларини аниқланг;

2) учбурчак схемада бириктирилган истеъмолчиларнинг I_{AB} , I_{BC} , I_{CA} фаза токлари ва $I_{A\Delta}$, $I_{B\Delta}$, $I_{C\Delta}$ линия токларини аниқлаш (агар фазалар симметрик режимда юкланган бўлса):

3) юлдуз ва учбурчак схемада бириктирилган истеъмолчилар токи ва кучланишларининг ягона вектор диаграммасини бирор танланган масштабда чизинг;

4) юлдуз схемада бириктирилган истеъмолчиларнинг нолинчи (нейтрал) симдаги I_0 токининг, шунингдек, учбурчак схемада бириктирилган истеъмолчиларнинг $I_{A\Delta}$, $I_{B\Delta}$ ва $I_{C\Delta}$ линия токларининг қийматларини график равишда вектор диаграммадан аниқланг.

5. Вектор диаграммадан график равишда A_1 , A_2 , A_3 амперметрларнинг кўрсатишларини, яъни линиядаги умумий тоқлар I_1 , I_2 ва I_3 лар аниқлансин.

6. Аналитик усул билан юлдуз ва учбурчак схемада бириктирилган истеъмолчиларнинг актив P , реактив Q ва тўла S қувватларини ҳисобланг. Бунда индуктив характердаги реактив қувват Q_L ни плюс „+“ ишора билан, сифим характердаги реактив қувват Q_C ни эса минус „-“ ишора билан кўрсатиш қабул қилинган.

7. Вектор диаграммадан график усул билан олинган маълумотлар бўйича уч фазали занжирнинг актив, реактив (ишорасини кўрсатиб) ва тўла қувватларини аниқланг.

8. Уч фазали занжирнинг аналитик ва график усул билан ҳисобланган тўла қувватларини таққосланг.

Юлдуз схемада бириктирилган истеъмолчиларнинг параметрлари:

r_A	r_B	r_C	L_A	L_B	L_C	C_A	C_B	C_C
Ом	Ом	Ом	мГн	мГн	мГн	мкФ	мкФ	мкФ
15	10	10	32	12	—	318	—	852

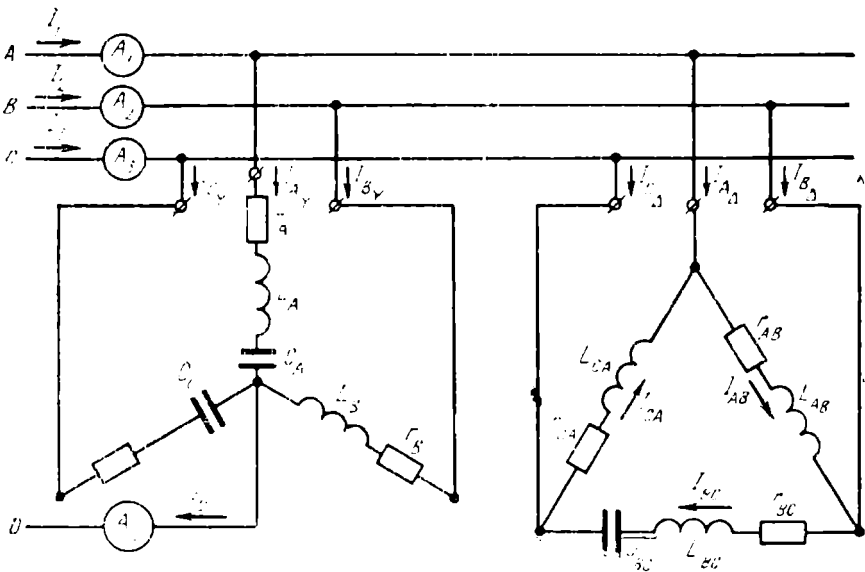
Учбурчак схемада бириктирилган истеъмолчиларнинг параметрлари:

r_{AB}	r_{BC}	r_{CA}	L_{AB}	L_{BC}	L_{CA}	C_{AB}	C_{BC}	C_{CA}
Ом	Ом	Ом	мГн	мГн	мГн	мкФ	мкФ	мкФ
9	13	13	28	48	24	—	419	—

Ҳисобланадиган уч фазали занжирнинг схемаси 1.48-расмда кўрсатилган.

Масаланинг ечилиши.

1. Юлдуз схемада бириктирилган истеъмолчиларнинг фаза токларини аниқлаш. Бунинг учун аввал ҳар бир фазанинг тўла қаршилиқларини ҳисоблаймиз:



1.48- расм.

$$z_A = \sqrt{r_A^2 \left(\omega L_A - \frac{1}{\omega C_A} \right)^2} = \sqrt{15^2 + \left(314 \cdot 32 \cdot 10^{-3} - \frac{10^6}{314 \cdot 318} \right)^2} = \sqrt{15^2 + (10 - 10)^2} = 15 \text{ Ом},$$

$$z_B = \sqrt{r_B^2 + (\omega L_B)^2} = \sqrt{10^2 + (314 \cdot 12 \cdot 10^{-3})^2} = \sqrt{10^2 + 3,76^2} = 10,7 \text{ Ом},$$

$$z_C = \sqrt{r_C^2 + \left(\frac{1}{\omega C_C} \right)^2} = \sqrt{10^2 + \left(\frac{1}{314 \cdot 852 \cdot 10^{-6}} \right)^2} = \sqrt{10^2 + 3,74^2} = 10,7 \text{ Ом}.$$

Истеъмолчилар юлдуз схемада бирикгирилганда унинг фаза кучланиши:

$$U_\Phi = \frac{U_\Delta}{\sqrt{3}} = \frac{380}{1,73} = 220 \text{ В};$$

$U_A = U_B = U_C = U_\Phi$ эканлигини ҳисобга олганда фазалардаги тоқлар:

$$I_{AY} = \frac{U_A}{z_A} = \frac{220}{15} = 14,67 \text{ А},$$

$$I_{BY} = \frac{U_B}{z_B} = \frac{220}{10,7} = 20,56 \text{ А},$$

$$I_{CY} = \frac{U_C}{z_C} = \frac{220}{10,7} = 20,56 \text{ А}.$$

2. Учбурчак схемада бириктирилган истеъмолчиларнинг фаза тоқларини аниқлаш.

Бунинг учун аввал ҳар бир фазанинг тўла қаршилигини алоҳида ҳисоблаш керак:

$$z_{AB} = \sqrt{r_{AB}^2 + (\omega \cdot L_{AB})^2} = \sqrt{9^2 + (314 \cdot 28 \cdot 10^{-3})^2} = \sqrt{9^2 + 8,8^2} = \\ = \sqrt{158,4} = 12,6 \text{ Ом,}$$

$$z_{BC} = \sqrt{r_{BC}^2 + \left(\omega L_{BC} - \frac{1}{\omega C_{BC}}\right)^2} = \sqrt{13^2 + (314 \cdot 48 \cdot 10^{-3} - \\ \rightarrow \frac{1}{314 \cdot 419 \cdot 10^{-6}})^2} = \sqrt{13^2 + (15,1 - 7,6)^2} = \sqrt{13^2 + 7,5^2} = 15 \text{ Ом,}$$

$$z_{CA} = \sqrt{r_{CA}^2 + (\omega L_{CA})^2} = \sqrt{13^2 + (314 \cdot 21 \cdot 10^{-3})^2} = \sqrt{13^2 + 7,54^2} = \\ = \sqrt{225,8} = 15 \text{ Ом.}$$

Истеъмолчилар учбурчак схемада бириктирилганда линия ва фаза кучланишлари ўзаро тенг, яъни $U_{AB} = U_{BC} = U_{CA} = U_{\Phi} = U_{\Delta} = 380 \text{ В}$. У ҳолда фазалардаги тоқлар:

$$I_{AB} = \frac{U_{AB}}{z_{AB}} = \frac{380}{12,6} = 30,16 \text{ А,}$$

$$I_{BC} = \frac{U_{BC}}{z_{BC}} = \frac{380}{15} = 25,3 \text{ А,}$$

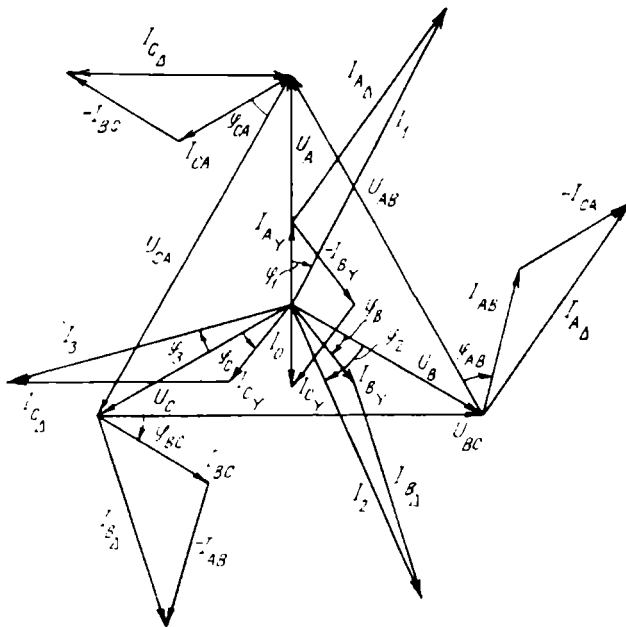
$$I_{CA} = \frac{U_{CA}}{z_{CA}} = \frac{380}{15} = 25,3 \text{ А.}$$

3. Юлдуз ва учбурчак схемада бириктирилган истеъмолчилар ток ва кучланишларининг ягона вектор диаграммасини бирор танланган масштабда қурамыз.

а) Вектор диаграммани аввал юлдуз схемада бириктирилган истеъмолчилар тоқи ва кучланишларининг вектор диаграммасини қуришдан бошлаймиз. Бунинг учун кучланиш масштабини $m_U = 5 \text{ В/мм}$, ток масштабини эса $m_I = 1 \text{ А/мм}$ қилиб танлаб оламиз. Ихтиёрий 0 нуқтадан (1.49-расм) А фазанинг фаза кучланиши векторини вертикал қўямиз.

Сўнгра \vec{U}_A фаза кучланишига нисбатан соат стрелкасининг ҳаракат йўналиши бўйича 120° ва 240° дан сўнг тегишлича \vec{U}_B ва \vec{U}_C фаза кучланишларининг векторлари чизилади. Нолинчи сим бўлганда фаза кучланишлар U_A , U_B , U_C ўзаро тенг бўлиб, уч фазали симметрик системани ташкил қилади. Фаза кучланишлари векторларининг охириги бириктириб U_{AB} , U_{BC} ва U_{CA} линия кучланишларининг учбурчагини ҳосил қиламиз (1.49-расм).

Истеъмолчиларнинг ток векторларини қуриш учун, аввал бу тоқларнинг тегишли фаза кучланишларига нисбатан фаза силжиш бурчакларини аниқлаймиз.



1.49- расм.

Истеъмолчининг A фазасида $\omega L_A = 1/\omega \cdot C$ бўлгани учун реактив кучланишлар U_{LA} , U_{CA} бир-бирларини компенсация қилади ва шу туфайли занжир актив характерга эга бўлади. Шунинг учун

$$\cos \varphi_A = \frac{r_A}{z_A} = \frac{15}{15} = 1 \text{ ёки } \varphi_A = 0^\circ.$$

Демак, бу фазада \bar{I}_A токининг вектори \bar{U}_A фаза кучланишининг вектори билан бир хил йўналишда бўлади.

Истеъмолчининг B фазасидаги занжир актив-индуктив характерга эга бўлиб,

$$\cos \varphi_B = \frac{r_B}{z_B} = \frac{10}{10,7} = 0,93 \text{ ёки } \varphi_B = 21^\circ 30'$$

га тенг бўлади ва \bar{I}_B ток вектори \bar{U}_B кучланиш векторидан фаза бўйича $21^\circ 30'$ га орқада қолади.

Истеъмолчининг C фазасидаги занжир актив-сигим характерга эга бўлиб,

$$\cos \varphi_C = \frac{r_C}{z_C} = \frac{10}{10,7} = 0,93 \text{ ёки } \varphi_C = 21^\circ 30' \text{ га тенг бўлади}$$

ва \bar{I}_C ток вектори \bar{U}_C кучланиш векторидан фаза жиҳатидан $21^\circ 30'$ га олдин келади.

Энди истеъмолчиларнинг ток векторларини тегишли фаза кучланишларига нисбатан ҳисобланган бурчаклар остида O нуқтадан бошлаб чизамиз (1.49-расм).

б) Юқоридагига ўхшаш усул билан учбурчак схемада бириктирилган истеъмолчилар фаза токлари I_{AB} , I_{BC} ва I_{CA} нинг тегишли фаза кучланишлари U_{AB} , U_{BC} ва U_{CA} ларга нисбатан фаза силжиш бурчаклари аниқлансин.

Истеъмолчининг AB фазасидаги занжир актив-индуктив характерга эга бўлиб, $\cos \varphi_{AB} = \frac{r_{AB}}{z_{AB}} = \frac{9}{12,5} = 0,71$, у ҳолда $\varphi_{AB} = 45^\circ$ га тенг бўлади ва \bar{I}_{AB} ток вектори \bar{U}_{AB} кучланиш векторидан фаза жиҳатдан 45° га орқада қолади.

Истеъмолчининг BC фазасида $\omega L_{BC} > 1/\omega C_{BC}$, яъни $15,1 > 7,6$ бўлгани учун занжир актив-индуктив характерга эга. Шунинг учун

$$\cos \varphi_{BC} = \frac{r_{BC}}{z_{BC}} = \frac{13}{15} = 0,87, \text{ у ҳолда } \varphi_{BC} = 29^\circ 30' \text{ га}$$

тенг бўлади ва \bar{I}_{BC} ток вектори \bar{U}_{BC} кучланиш векторидан фаза жиҳатдан $29^\circ 30'$ га орқада қолади.

Истеъмолчининг CA фазасидаги занжир ҳам актив-индуктив характерга эга бўлиб, $\cos \varphi_{CA} = \frac{r_{CA}}{z_{CA}} = \frac{13}{15} = 0,87$, у ҳолда $\varphi_{CA} = 29^\circ 30'$ га тенг бўлади ва \bar{I}_{CA} ток вектори \bar{U}_{CA} кучланиш векторидан фаза жиҳатдан $29^\circ 30'$ га орқада қолади.

Вектор диаграммада \bar{I}_{AB} , \bar{I}_{BC} , \bar{I}_{CA} тоklarининг векторларини истеъмолчиларнинг тегишли \bar{U}_{AB} , \bar{U}_{BC} ва \bar{U}_{CA} фаза кучланишлари векторларига нисбатан маълум фаза силжиш бурчаклари бўйича чизиб чиқилади (1.49-расм).

4. Вектор диаграммадан (1.49-расм) нолинчи симдаги I_0 токи ва учбурчак схемадаги $I_{A\Delta}$, $I_{B\Delta}$ ва $I_{C\Delta}$ линия тоklarини аниқлаш:

а) нолинчи симдаги I_0 ток Кирхгофнинг биринчи қонунига биноан фаза тоklarининг геометрик йиғиндисига тенг:

$$\bar{I}_0 = \bar{I}_{AY} + \bar{I}_{BY} + \bar{I}_{CY}.$$

Унинг ҳақиқий қийматини аниқлаш учун вектор \bar{I}_0 нинг узунлигини ўлчаб, уни ток масштабига кўпайтириш керак, яъни $I_0 = I_{I_0} \cdot m_I = 16 \text{ мм} \cdot 1 \text{ А/мм} = 16 \text{ А}$;

б) учбурчак схемада бириктирилган истеъмолчиларнинг $\bar{I}_{A\Delta}$,

$\bar{I}_{B_{\Delta}}$ ва $\bar{I}_{C_{\Delta}}$ линия токлари Кирхгофнинг биринчи қонунига биноан маълум фаза токлари векторларининг айирмасига тенг (1.49-расм):

$$\bar{I}_{A_{\Delta}} = \bar{I}_{AB} - \bar{I}_{CA};$$

$$\bar{I}_{B_{\Delta}} = \bar{I}_{BC} - \bar{I}_{AB};$$

$$\bar{I}_{C_{\Delta}} = \bar{I}_{CA} - \bar{I}_{BC}.$$

Демак, уларнинг қийматлари $\bar{I}_{A_{\Delta}}$, $\bar{I}_{B_{\Delta}}$ ва $\bar{I}_{C_{\Delta}}$ векторларининг узунликларига тенг (чунки ихтиёрий танланган ток масштабида $1 \text{ мм} = 1 \text{ А}$); яъни $\bar{I}_{A_{\Delta}} = 51 \text{ мм}$ ёки $I_{A_{\Delta}} = 51 \text{ А}$;

$$\bar{I}_{B_{\Delta}} = 43,5 \text{ мм} \text{ ёки } I_{B_{\Delta}} = 43,5 \text{ А};$$

$$\bar{I}_{C_{\Delta}} = 43,5 \text{ мм} \text{ ёки } I_{C_{\Delta}} = 43,5 \text{ А}.$$

5. Вектор диаграммадан (1.49-расм) A_1 , A_2 ва A_3 амперметрларнинг кўрсатишларини, яъни I_1 , I_2 ва I_3 токларнинг қийматлари аниқланади

Бунинг учун юлдуз схемада бириктирилган истеъмолчиларнинг I_{A_Y} , I_{B_Y} ва I_{C_Y} фаза токларини учбурчак схемада бириктирилган истеъмолчиларнинг $I_{A_{\Delta}}$, $I_{B_{\Delta}}$ ва $I_{C_{\Delta}}$ линия токлари билан Кирхгофнинг биринчи қонунига мувофиқ геометрик қўшилади:

$$\bar{I}_1 = \bar{I}_{A_Y} + \bar{I}_{A_{\Delta}};$$

$$\bar{I}_2 = \bar{I}_{B_Y} + \bar{I}_{B_{\Delta}};$$

$$\bar{I}_3 = \bar{I}_{C_Y} + \bar{I}_{C_{\Delta}}.$$

Демак, уларнинг қийматлари \bar{I}_1 , \bar{I}_2 ва \bar{I}_3 векторларининг узунликларига тенг (танланган ток масштаби бўйича):

$$\bar{I}_1 = 65 \text{ мм} \text{ ёки } I_1 = 65 \text{ А};$$

$$\bar{I}_2 = 63 \text{ мм} \text{ ёки } I_2 = 63 \text{ А};$$

$$\bar{I}_3 = 58 \text{ мм} \text{ ёки } I_3 = 58 \text{ А}.$$

6. а) юлдуз схемада бириктирилган истеъмолчиларнинг актив, реактив ва тўла қувватларини аниқлаш.

Ҳар бир фазанинг актив қуввати:

$$P_A = U_A \cdot I_{A_Y} \cdot \cos \varphi_A = 220 \cdot 14,67 \cdot 1 = 3227 \text{ Вт} = 3,23 \text{ кВт};$$

$$P_B = U_B \cdot I_{B_Y} \cdot \cos \varphi_B = 220 \cdot 20,56 \cdot 0,93 = 4207 \text{ Вт} = 4,2 \text{ кВт};$$

$$P_C = U_C \cdot I_{C_Y} \cdot \cos \varphi_C = 220 \cdot 20,56 \cdot 0,93 = 4207 \text{ Вт} = 4,2 \text{ кВт}.$$

Учала фазанинг актив қуввати:

$$P_Y = P_A + P_B + P_C = 3227 + 4207 + 4207 = 11641 \text{ Вт} = 11,64 \text{ кВт}.$$

Ҳар бир фазанинг реактив қуввати:

$$Q_A = U_A \cdot I_{AY} \cdot \sin \varphi_A = 220 \cdot 14,66 \cdot 0 = 0;$$

$$Q_B = U_B \cdot I_{BY} \cdot \sin \varphi_B = 220 \cdot 20,56 \cdot 0,37 = 1674 \text{ ВАр} = 1,67 \text{ кВАр};$$

$$Q_C = U_C \cdot I_{CY} \cdot \sin \varphi_C = 220 \cdot 20,56 \cdot (-0,37) = -1674 \text{ ВАр} = 1,67 \text{ кВАр}.$$

Учала фазанинг реактив қуввати:

$$Q_Y = Q_A + Q_B + Q_C = 0 + 1674 - 1674 = 0.$$

Ҳар бир фазанинг тўла қуввати:

$$S_A = \sqrt{P_A^2 + Q_A^2} = \sqrt{3,23^2 + 0^2} = 3,23 \text{ кВА};$$

$$S_B = \sqrt{P_B^2 + Q_B^2} = \sqrt{4,2^2 + 1,67^2} = \sqrt{20,43} = 4,5 \text{ кВА};$$

$$S_C = \sqrt{P_C^2 + Q_C^2} = \sqrt{4,2^2 + 1,67^2} = \sqrt{20,43} = 4,5 \text{ кВА}.$$

Учала фазанинг тўла қуввати:

$$S_Y = \sqrt{P_Y^2 + Q_Y^2} = \sqrt{11,64^2 + 0^2} = 11,64 \text{ кВА}.$$

б) Учбурчак схемада бириктирилган истеъмолчиларнинг актив, реактив ва тўла қувваглари

Ҳар бир фазанинг актив қуввати:

$$P_{AB} = U_{AB} \cdot I_{AB} \cdot \cos \varphi_{AB} = 380 \cdot 30,16 \cdot 0,71 = 8137 \text{ Вт} = 8,14 \text{ кВт};$$

$$P_{BC} = U_{BC} \cdot I_{BC} \cdot \cos \varphi_{BC} = 380 \cdot 25,3 \cdot 0,87 = 8364 \text{ Вт} = 8,36 \text{ кВт};$$

$$P_{CA} = U_{CA} \cdot I_{CA} \cdot \cos \varphi_{CA} = 380 \cdot 25,3 \cdot 0,87 = 8364 \text{ Вт} = 8,36 \text{ кВт}.$$

Учала фазанинг актив қуввати

$$P_{\Delta} = P_{AB} + P_{BC} + P_{CA} = 8,14 + 8,36 + 8,36 = 24,86 \text{ кВт}.$$

Ҳар бир фазанинг реактив қуввати:

$$Q_{AB} = U_{AB} \cdot I_{AB} \cdot \sin \varphi_{AB} = 380 \cdot 30,16 \cdot 0,71 = 8137 \text{ ВАр} = 8,14 \text{ кВАр};$$

$$Q_{BC} = U_{BC} \cdot I_{BC} \cdot \sin \varphi_{BC} = 380 \cdot 25,3 \cdot 0,49 = 4710 \text{ ВАр} = 4,71 \text{ кВАр};$$

$$Q_{CA} = U_{CA} \cdot I_{CA} \cdot \sin \varphi_{CA} = 380 \cdot 25,3 \cdot 0,49 = 4710 \text{ ВАр} = 4,71 \text{ кВАр}.$$

Учала фазанинг реактив қуввати:

$$Q_{\Delta} = Q_{AB} + Q_{BC} + Q_{CA} = 8,14 + 4,71 + 4,71 = 17,55 \text{ кВАр}.$$

Ҳар бир фазанинг тўла қуввати:

$$S_{AB} = \sqrt{P_{AB}^2 + Q_{AB}^2} = \sqrt{8,14^2 + 8,14^2} = \sqrt{132,62} = 11,5 \text{ кВА}.$$

$$S_{BC} = \sqrt{P_{BC}^2 + Q_{BC}^2} = \sqrt{8,36^2 + 4,71^2} = \sqrt{92,09} = 9,6 \text{ кВА};$$

$$S_{CA} = \sqrt{P_{CA}^2 + Q_{CA}^2} = \sqrt{8,36^2 + 4,71^2} = \sqrt{92,09} = 9,6 \text{ кВА}.$$

Учала фазанинг тўла қуввати

$$S_{\Delta} = \sqrt{P_{\Delta}^2 + Q_{\Delta}^2} = \sqrt{24,86^2 + 17,56^2} = 30,44 \text{ кВА.}$$

7. Вектор диаграммадан (1.49- расм) олинган натижалар бўйича уч фазали занжирнинг актив, реактив ва тўла қувватини график усулда аниқлаш.

Бунинг учун аввал вектор диаграммадаги φ_1 , φ_2 ва φ_3 бурчаклар ўлчаб олинади.

$$\varphi_1 = 27^{\circ}30'; \quad \varphi_2 = 35^{\circ}30'; \quad \varphi_3 = 15^{\circ}.$$

Аниқланган бурчакларнинг косинуслари

$$\cos \varphi_1 = 0,887; \quad \cos \varphi_2 = 0,814; \quad \cos \varphi_3 = 0,966.$$

Аниқланган бурчакларнинг синуслари

$$\sin \varphi_1 = 0,462; \quad \sin \varphi_2 = 0,581; \quad \sin \varphi_3 = 0,258.$$

Ҳар бир линиянинг актив қуввати:

$$P_1 = U_A \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1 = 220 \cdot 65 \cdot 0,887 = 12684 \text{ Вт} = 12,7 \text{ кВт};$$

$$P_2 = U_B \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_2 = 220 \cdot 63 \cdot 0,814 = 11282 \text{ Вт} = 11,3 \text{ кВт.}$$

$$P_3 = U_C \cdot I_3 \cdot \cos \varphi_3 = 220 \cdot 58 \cdot 0,966 = 12326 \text{ Вт} = 12,3 \text{ кВт.}$$

Учала линиянинг актив қуввати:

$$P_{\text{гр}} = P_1 + P_2 + P_3 = 12,7 + 11,3 + 12,3 = 36,3 \text{ кВт.}$$

Ҳар бир линиянинг реактив қуввати:

$$Q_1 = U_A \cdot I_1 \cdot \sin \varphi_1 = 220 \cdot 65 \cdot 0,462 = 6602 \text{ ВАр} = 6,6 \text{ кВАр};$$

$$Q_2 = U_B \cdot I_2 \cdot \sin \varphi_2 = 220 \cdot 63 \cdot 0,581 = 8052 \text{ ВАр} = 8,05 \text{ кВАр};$$

$$Q_3 = U_C \cdot I_3 \cdot \sin \varphi_3 = 220 \cdot 58 \cdot 0,258 = 3292 \text{ ВАр} = 3,3 \text{ кВАр};$$

Учала линиянинг реактив қуввати:

$$Q_{\text{гр}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 6,6 + 8,05 + 3,3 = 17,95 \text{ кВАр.}$$

Ҳар бир линиянинг тўла қуввати

$$S_1 = \sqrt{P_1^2 + Q_1^2} = \sqrt{12,7^2 + 6,6^2} = \sqrt{204,9} = 14,3 \text{ кВА};$$

$$S_2 = \sqrt{P_2^2 + Q_2^2} = \sqrt{11,3^2 + 8,05^2} = \sqrt{192,5} = 13,9 \text{ кВА};$$

$$S_3 = \sqrt{P_3^2 + Q_3^2} = \sqrt{12,3^2 + 3,3^2} = \sqrt{162,2} = 12,8 \text{ кВА.}$$

Учала линиянинг тўла қуввати

$$S_{\text{гр}} = \sqrt{P_{\text{гр}}^2 + Q_{\text{гр}}^2} = \sqrt{36,3^2 + 17,95^2} = \sqrt{1639} = 40,49 \text{ кВА.}$$

8. Аналитик ва график усуллар билан аниқланган қувватларни таққослаш.

Бунинг учун аввал юлдуз ва учбурчак схемада бириктирилган истеъмолчиларнинг биргаликдаги тўла қуввагарини аниқлаймиз:

$$P_{\text{АН}} = P_Y + P_{\Delta} = 11,64 + 24,86 = 36,5 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{АН}} = Q_Y + Q_{\Delta} = 0 + 17,6 = 17,6 \text{ кВАр},$$

$$S_{\text{АН}} = \sqrt{P_{\text{АН}}^2 + Q_{\text{АН}}^2} = \sqrt{36,5^2 + 17,6^2} = \sqrt{1637,68} = 40,52 \text{ кВА},$$

$$\Delta S = \frac{S_{\text{АН}} - S_{\text{гр}}}{S_{\text{АН}}} \cdot 100 = \frac{40,52 - 40,49}{40,52} \cdot 100 = \frac{+3,00}{40,47} = 0,07 \text{ \%}.$$

Уч фазали занжирларни ҳисоблашга оид вариантлар иловада берилган.

6-БОБ. ЭЛЕКТР ЎЛЧАШЛАР

6.1-масала. Ўлчаш чегараси 10–20–30–75–100 А бўлган магнитоэлектрик системадаги амперметр шкаласининг 100 та бўлинмаси бор. Асбобнинг барча берилган ўлчаш чегаралари учун сезгирлиги ҳамда шкала бўлинмасининг доимийси аниқлансин.

6.2-масала. Электр термогининг кучланиши $U = 380$ В бўлиб, уни ўлчаш учун номинал кучланиши 250 В бўлган иккита вольтметр кетма-кет уланди. Вольтметрларнинг ички қаршиликлари

$$r_{V_1} = 46000 \text{ Ом}, \quad r_{V_2} = 30000 \text{ Ом}.$$

Ҳар қайси вольтметрнинг кўрсатиши аниқлансин.

6.3-масала. Истеъмолчилар улана борган сари занжирдаги ток ортиб 17 амперга егди. Уни ўлчаш учун номинал токи 10 А дан бўлган иккита амперметрни параллел улашга тўғри келди. Амперметрларнинг ички қаршиликлари $r_{A_1} = 0,064$ Ом, $r_{A_2} = 0,08$ Ом. Ҳар қайси амперметрнинг кўрсатишини аниқлаб, уларнинг юкланиши ҳақида хулоса беринг.

6.4-масала. Вольтметрнинг номинал кучланиши $U_{\text{ном}} = 250$ В, аниқлик классси 2,5. Вольтметр 50, 100, 150, 200, 250 вольт кучланишларни ўлчагандаги нисбий хатолигини аниқлаб, унинг ўлчаши ҳақида хулоса беринг.

6.5-масала. Номинал токи $I_{\text{ном}} = 5$ А га тенг бўлган магнитоэлектрик системадаги амперметрнинг ички қаршилиги $r_A = 0,015$ Ом га тенг. Асбобнинг ўлчаш чегарасини 15 А гача ошириш керак бўлган шунт қаршилигининг қиймати аниқлансин. Амперметрнинг шунт қаршилик билан уланиш схемаси чизилсин.

6.6-масала. Электромагнит системадаги вольтметрнинг ички қаршилиги $r_V = 20000$ Ом, номинал кучланиши $U_{\text{ном}} = 380$ В. Вольтметрнинг ўлчаш чегарасини 600 вольтгача ошириш учун керак бўлган қўшимча қаршиликнинг қиймати аниқлансин. Вольтметрнинг қўшимча қаршилик билан уланиш схемаси чизилсин.

1.50- расм.

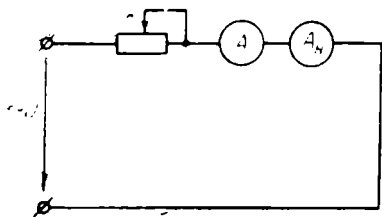
6.7- масала. Магнитоэлектрик системадаги вольтметр 3—15—150—300 В номинал кучланишларга мўлжаллаб ишлаб чиқарилган ва 1.50-расмда асбобнинг электр схемаси келтирилган. Асбобнинг ички қаршилиги $r_V=33$ Ом ва номинал токи $I_{ном}=75$ мА маълум бўлса, r_1 , r_2 , r_3 ва r_4 қўшимча қаршиликларнинг қиймати аниқлансин.

6.8- масала. Электродинамик системадаги ваттметрнинг номинал кучланиши $U_{ном}=300$ В ва номинал токи $I_{ном}=5$ А га тенг. Асбобнинг шкаласи 150 та бўлинмага бўлинган. Асбоб ўзгарувчан ток занжирига уланганда унинг стрелкаси 100 та бўлинмага бурилган. Занжирнинг қуввати аниқлансин.

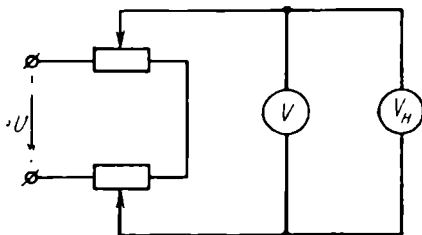
6.9- масала. Номинал токи $I_{ном}=10$ А бўлган электродинамик системадаги амперметрни текшириш учун электродинамик системадаги намуна асбоб билан 1.51-расмдаги схема бўйича кетма-кет уланган. Текшириляётган асбобнинг кўрсатиши 8 А, намуна асбобнинг кўрсатиши 8,2 А га тенг. Амперметрнинг абсолют, нисбий ва келтирилган хатоликлари аниқлансин.

6.10- масала. Номинал кучланиши $U_{ном}=150$ В бўлган электромагнит системадаги вольтметрни текшириш учун электродинамик системадаги намуна асбоб билан 1.52-расмдаги схема бўйича параллел уланган. Текшириляётган асбобнинг кўрсатиши 100 В, намуна асбобнинг кўрсатиши 102,5 В га тенг. Асбобнинг аниқлик классификацияси топилсин.

6.11- масала. Ўзгармас ток занжирига уланган электромагнит системадаги вольтметр 132 вольт кучланишни кўрсатди. Худди шу асбобни ўзгарувчан ток занжирига уланганда 127 вольт кучланишни кўрсатди. Ўзгармас ток занжирида, шунингдек, ўзга-



1.51- расм.



1.52- расм.

рувчан ток занжирида ҳам кучланишнинг ҳақиқий қиймати 130 вольтга тенг. Улашнинг иккала ҳолати учун асбобнинг нисбий ўлчаш хатолиги аниқлансин. Ўлчашнинг икки ҳолати учун асбобнинг кўрсатишларидаги фарқни қандай тушунтириш мумкин?

6.12-масала. Аниқлик классы 1,5 бўлган электродинамик вольтметр шкаласи 250 вольтга даражаланган. 127 ва 220 вольт кучланишда вольтметрнинг ўлчаш хатолиги аниқлансин.

6.13-масала. Кучланиш трансформаторининг бирламчи ва иккиламчи чулғамлари тегишлича $U_{1ном} = 35$ кВ ва $U_{2ном} = 0,1$ кВ кучланишларга мўлжалланган. Агар трансформаторнинг иккиламчи чулғамига уланган вольтметр 95 В кучланишни кўрсатса, бирламчи чулғам қисмаларидаги кучланиш неча вольтга тенг?

6.14-масала. Ўзгарувчан ток занжирига электромагнит системасидаги амперметр трансформация коэффициенти $K_T = 300$ 5 бўлган ток трансформатори орқали уланган. Шу асбоб ўлчайдиган номинал токнинг қиймати 5 А. Асбобнинг шкаласи 100 та бўлинмага бўлинган. Ток трансформаторини ҳисобга олган ҳолда амперметрнинг доимийси аниқлансин.

6.15-масала. Номинал кучланиши $U_{ном} = 150$ В ва номинал токи $I_{ном} = 5$ А бўлган электродинамик системадаги ваттметр трансформация коэффициенти $K_T = 200$ 5 бўлган ток трансформатори орқали бир фазали ток занжирига уланган. Асбобнинг шкаласи 150 та бўлинмага бўлинган. Ваттметрнинг стрелкаси 100 бўлинмага бурилган. Занжирнинг қуввати аниқлансин.

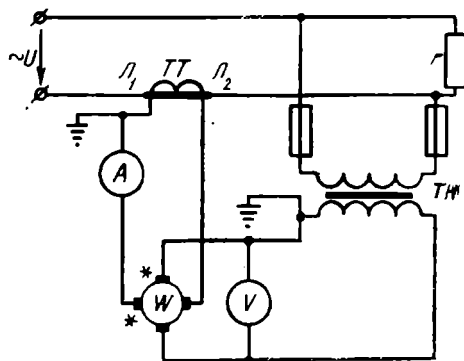
6.16-масала. Амперметр, вольтметр ва ваттметр трансформация коэффициенти $K_T = 400$ 5 бўлган ток трансформатори ва трансформация коэффициенти $K_K = 3000/100$ бўлган кучланиш трансформатори орқали бир фазали ўзгарувчан ток тармоғига уланган (1.53-расм). Асбобларнинг кўрсатишлари қуйидагиларга тенг:

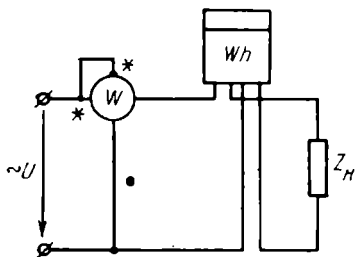
$$I = 3,6 \text{ А}; U = 90 \text{ В}; P = 324 \text{ Вт}.$$

Занжирнинг токи, кучланиши ва қувваги аниқлансин.

6.17-масала. Ток трансформаторининг бирламчи ва иккиламчи чулғамлари тегишлича $I_{1ном} = 600$ А ва $I_{2ном} = 5$ А ток кучларига мўлжалланган. Иккиламчи чулғамга уланган амперметр 4 А ток кучини кўрсатса, ток трансформаторининг линия чулғамидан ўтаётган ток неча амперга тенг?

6.18-масала. Квартирада номинал кучланиши $U_{ном} = 220$ В ва номинал токи $I_{ном} = 5$ А бўлган бир фазали счётчик ўрнатилган. 1.53-расм.





1.54- расм.

Счётчикнинг шчитчасидаги ёзув бўйича унинг номинал доимийси аниқлансин. 1 кВт-с дискнинг 1280 марта айланишига тенг.

6.19- масала. Бир фазали счётчикни текшириш учун 1.54-расмдаги схема бўйича ваттметр уланди. Бир минут давомида счётчикнинг диски 42 марта айланди, бунда ваттметрнинг кўрсатиши 10% Вт. Счётчик номинал доимийси $C = 1440$ Вт сек/айл. Счётчикнинг ҳақиқий доимийси C_x , нисбий хатоси X_n аниқлансин.

6.20- масала. Электр ёритиш занжирига бир фазали актив энергия счётчиги ўрнатилган. Шчитчасидаги ёзув бўйича 1 кВт-соат дискнинг 400 марта айланишига тенг. Агар 5 минут давомида счётчикнинг диски 200 марта айланган бўлса, ёритиш қувватининг миқдори аниқлансин.

6.21- масала. Завод цехида бир фазали актив энергия счётчиги ўрнатилган. Қандайдир вақт ичида счётчик диски 1000 марта айланди. Счётчикнинг доимийси 1440 Вт с/айл га тенг. Ана шу вақт ичида цех сарф қилган энергия киловатт-соатда аниқлансин.

7- Б О Б. ТРАНСФОРМАТОРЛАР

7.1- масала. Бир фазали трансформаторнинг максимал магнит оқими $\Phi_m = 12 \cdot 10^{-4}$ Вб.

Чулғамларининг ўрамлар сони тегишлича $\omega_1 = 1000$ ва $\omega_2 = 100$. Агар тармоқ токининг частотаси $f = 50$ Гц бўлса, трансформаторнинг бирламчи ва иккиламчи чулғамларида магнит оқим индукциялаган электр юритувчи куч миқдорлари ва трансформаторнинг трансформация коэффициенти аниқлансин.

7.2- масала. Тўла қуввати $S_{ном} = 2$ кВА бўлган трансформатор чулғамларининг кучланишлари тегишлича $U_{1ном} = 800$ В, $U_{2ном} = 100$ В. Трансформаторнинг максимал магнит оқими $\Phi_m = 22,5 \times 10^{-4}$ Вб. Бирламчи ва иккиламчи чулғамларнинг номинал тоқлари, ўрамлар сони ва тўла қаршиликлари аниқлансин.

7.3- масала. Кўп чулғамли трансформаторнинг 220 В га мўлжалланган бирламчи чулғамининг ўрамлар сони $\omega_1 = 1100$. Иккиламчи чулғамлардан тегишлича 6 В, 24 В ва 120 В кучланишлар олинади. Шу чулғамларнинг ўрамлар сони аниқлансин.

7.4- масала. Тармоқ кучланиши иккита трансформатор ёрдамида 3000 вольтдан 400 вольтгача, сўнгра 400 вольтдан 4) вольтгача пасайтирилди. Трансформаторларнинг фойдали иш коэффицентлари тегишлича $\eta_1 = 0,85$ ва $\eta_2 = 0,6$. Иккинчи трансформатордан истеъмол қилинаётган актив қувват $P = 5,1$ кВт бўлса,

биринчи трансформаторнинг кириш томонидаги актив қувват аниқлансин.

7.5-масала ТМ-100/10 типдаги уч фазали трансформаторнинг паспортда қуйидаги техникавий маълумотлар кўрсатилган:

Номинал тўла қуввати $S_{ном} = 100$ кВА, юкори кучланиши

$U_{1ном} = 10$ кВ;

пастки кучланиши $U_{2ном} = 0,4$ кВ;

салт ишлагандаги қувват исрофи (номинал кучланишда) $P_n = 365$ Вт;

қисқа туташувдаги қувват исрофи $P_{к.т.} = 1970$ Вт;

қисқа туташув кучланиши $U_{к.т.} = 4,5\%$ (номинал кучланишга нисбатан);

чулғамларни бириктириш усули $Y/Y_0 - 12$.

Қуйидагилар аниқлансин:

1. Трансформация коэффиценти K ;

2. Бирламчи ва иккиламчи чулғамлардаги номинал тоқлар;

3. Трансформатор салт ишлаганда фаза чулғамларининг қисмаларидаги кучланиш;

4. Трансформатор чулғамларининг номинал токига тўғри келган актив қаршиликлари;

5. Трансформаторнинг қувват коэффиценти $\cos \varphi_2 = 0,8$ бўлиб (юкланиш актив-индуктив характерга эга), юклаш коэффиценти $\beta = 0,25; 0,5; 0,75$ ва 1 бўлгандаги фойдали иш коэффицентилари;

6. Қувват коэффиценти $\cos \varphi_2 = 0,8$ бўлиб, юкланиш номинал бўлганда ($\beta = 1$) кучланиш ΔU нинг ўзгариши.

Масаланинг ечилиши.

1. Трансформация коэффиценти

$$K = \frac{U_{1ном}}{U_{2ном}} = \frac{10}{0,4} = 25.$$

2. Чулғамлардаги тоқлар

$$I_{1ном} = \frac{S_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{1ном}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10} = 5,78 \text{ А};$$

$$I_{2ном} = \frac{S_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{2ном}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 144,5 \text{ А}.$$

3. Трансформатор салт ишлаганда фаза чулғамларининг қисмаларидаги кучланиш:

$$U_{10\phi} = \frac{U_{1ном}}{\sqrt{3}} = \frac{10\,000}{\sqrt{3}} = 5788 \text{ В};$$

$$U_{20\phi} = \frac{U_{2ном}}{\sqrt{3}} = \frac{400}{\sqrt{3}} = 231 \text{ В}.$$

4. Чулғамларнинг актив қаршиликлари.

Трансформаторнинг қисқа туташув пайтидаги қувват исрофи иккала чулғамларнинг қувват исрофлари йигиндисига тенг:

$$P_{\text{к.т.}} = 3r_1 \cdot I_{\text{ном}}^2 + 3 \cdot r_2 \cdot I_{\text{ном}}^2.$$

Қисқа туташув тажрибаси вақтида чулғамлардан номинал ток оқиб ўтади. Шунинг учун

$$3 \cdot r_1 \cdot I_{\text{ном}}^2 = 3 \cdot r_2 \cdot I_{\text{ном}}^2.$$

У ҳолда бирламчи чулғам учун

$$3 \cdot r_1 \cdot I_{\text{ном}}^2 = P_{\text{к.т.}}/2, \text{ бундан } r_1 = \frac{P_{\text{к.т.}}}{2 \cdot 3 \cdot I_{\text{ном}}^2}.$$

Демак,

$$r_1 = \frac{1970}{2 \cdot 3 \cdot 5,78^2} = \frac{1370}{200,4} = 9,83 \text{ Ом.}$$

Иккиламчи чулғам учун эса

$$3 \cdot r_2 \cdot I_{\text{ном}}^2 = P_{\text{к.т.}}/2, \text{ бундан } r_2 = \frac{P_{\text{к.т.}}}{2 \cdot 3 \cdot I_{\text{ном}}^2}.$$

Демак, $r_2 = \frac{1970}{2 \cdot 3 \cdot 144,5^2} = \frac{1970}{125280} = 0,0157 \text{ Ом.}$

Чулғамларнинг электр қаршилиги температурага боғлиқ бўлиб, трансформатор салт ишлашдан номинал юкланишга ўтганда ўзгаради.

5. Трансформаторнинг юқорида кўрсатилган қувват коэффициенти ва юкланиш коэффициентларига мос фойдали иш коэффициенти қуйидагича аниқланади:

$$\eta = \frac{\beta \cdot S_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi_0}{\beta \cdot S_{\text{ном}} \cos \varphi_2 + P_{\text{п}} + \beta^2 P_{\text{к.т.}}};$$

$$\eta_{0,25} = \frac{0,25 \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot 0,8}{0,25 \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot 0,8 + 365 + 0,25^2 \cdot 1970} = 0,9790;$$

$$\eta_{0,50} = \frac{0,50 \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot 0,8}{0,50 \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot 0,8 + 365 + 0,50^2 \cdot 1970} = 0,9760;$$

$$\eta_{0,75} = \frac{0,75 \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot 0,8}{0,75 \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot 0,8 + 365 + 0,75^2 \cdot 1970} = 0,9760;$$

$$\eta_{1,0} = \frac{1 \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot 0,8}{1 \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot 0,8 + 365 + 1^2 \cdot 1970} = 0,9716.$$

Одатда, трансформатор чулғамларидаги қувват исрофи билан пўлат ўзакдаги қувват исрофи тенглашгандаги юкланиш коэффициентида трансформаторнинг фойдали иш коэффициенти максимал бўлади:

$$\beta^2 P_{\text{к.т.}} = P_{\text{п.}}$$

У ҳолда изланаётган оптимал юкланиш коэффициенти:

$$\beta = \sqrt{\frac{P_{\text{п.}}}{P_{\text{к.т.}}}} = \sqrt{\frac{365}{1970}} = \sqrt{0,1852} \approx 0,43.$$

6. Юкланиш номинал бўлганда ($\beta = 1$ ва $I = I_{\text{ном}}$) кучланиш ΔU нинг ўзгариши қуйидаги формула билан аниқланади:

$$\Delta U \% \approx \beta (U_a \cos \varphi_2 + U_p \cdot \sin \varphi_2).$$

Бу ерда U_a ва U_p қисқа туташув кучланишининг актив ва реактив ташкил этувчилари ҳисобланади. Улар қуйидагича аниқланади:

$$U_a = \frac{P_{\text{к.т}}}{S_{\text{ном}}} \cdot 100 = \frac{1970}{100000} \cdot 100 = 1,97\%;$$

$$U_p = \sqrt{U_{\text{к.т}}^2 + U_a^2} = \sqrt{4,5^2 + 1,97^2} = 4,91\%$$

$$\Delta U \% = U_a \cdot \cos \varphi_2 + U_p \cdot \sin \varphi_2 = 1,97 \cdot 0,8 + 4,91 \cdot 0,6 = 4,52\%.$$

7.6- масала. Чулғамларининг уланиш схемаси Y/Y бўлган уч фазали трансформатор бирламчи чулғамининг линия кучланиши $U_{1\text{л}} = 380$ В, иккиламчи чулғам линия кучланиши $U_{2\text{л}} = 220$ В. Трансформатор чулғамларининг уланиш схемалари: 1. Δ/Δ . 2. Y Δ . 3. Δ/Y . бўлганда, иккиламчи чулғамнинг линия кучланишлари аниқлансин.

7.7- масала. Каталогда ТМ -40/10 типдаги уч фазали трансформаторга оид қуйидаги техникавий маълумотлар бор:

номинал тўла қуввати $S_{\text{ном}} = 40$ кВ · А;

бирламчи чулғамининг номинал кучланиши $U_{1\text{ном}} = 10$ кВ; иккиламчи чулғамининг номинал кучланиши $U_{2\text{ном}} = 0,4$ кВ; салт ишлагандаги қувват исрофи $P_{\text{п}} = 190$ Вт; қисқа туташувдаги қувват исрофи $P_{\text{к.т}} = 880$ Вт; қисқа туташув кучланиши $U_{\text{к.т}} = 4,5\%$;

чулғамларининг бириктирилиш схемаси ва группаси Y/ Δ — 11; қувват коэффициенти $\cos \varphi_2 = 0,8$.

Қуйидагилар аниқлансин:

1. Юкланишлар номиналига нисбатан 120, 100, 75, 50 ва 25% га тенг бўлганда иккиламчи чулғам учларидаги кучланиш.

$U_2 = f(\beta)$ боғланиш чизилсин.

2. Ўша юкланишларда трансформаторнинг фойдали иш коэффициенти аниқлансин. $\eta = f(\beta)$ боғланиш чизилсин.

7.8- масала. 1.55-расмда кўрсатилган автотрансформаторнинг кириш томонидаги кучланиш $U_1 = 220$ В. Чиқиш томонидаги кучланиш $U_2 = 120$ В. Бирламчи чулғамнинг ўрамлар сони $\omega_1 = 660$.

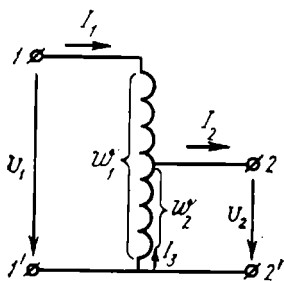
Қуйидагилар аниқлансин:

1. Иккиламчи чулғамнинг ўрамлар сони — ω_2 ;

2. 1 ва 2 нуқталар орасидаги кучланишнинг нимага тенглиги;

3. Кучланиш $U_2 = 40$ В ва 180 В бўлганда иккиламчи чулғамнинг ўрамлар сони ҳамда 1 ва 2 нуқталар орасидаги кучланиш.

7.9- масала. Бирламчи чулғами $U_1 = 220$ В кучланишга мўлжалланган автотрансформаторнинг ўрамлар сони $\omega_1 = 880$. Иккиламчи чулғамдан 110 В; 55 В; 36 В; 12 В кучланиш олиш учун нечанчи ўрамлардан сўнг чиққишлар чиқариш керак?



1.55- расм.

7.10-масала. Ток трансформаторининг бирламчи ва иккиламчи чулгамларини тегишлича $I_{1\text{ном}} = 600$ А ва $I_{2\text{ном}} = 5$ А ток кучларига мўлжалланган.

Бирламчи ва иккиламчи чулгамларнинг магнитловчи кучлари тенг бўлса, иккиламчи чулгамнинг ўрамлар сони аниқлансин.

7.11-масала. Автотрансформаторнинг юкланиш токи 10 А (1.55- расм). Бирламчи чулгамнинг ўрамлар сони иккинчисидан икки марта катта бўлса, I_1 ва I_3 тоқлар аниқлансин.

7.12-масала. Автотрансформатор чулгамларининг ўрамлар сони тегишлича $w_1 = 1520$ ва $w_2 = 600$ бўлиб (1.55- расм), кучланиши $U = 380$ В бўлган ўзгарувчан ток тармоғига уланган. Юкланиш қаршилиги 500 Ом бўлса, I_1 , I_2 ва I_3 тоқлар аниқлансин.

8- Б О Б. АСИНХРОН МАШИНАЛАР

8.1-масала. Статор чулгамлари олти қутбди бўлган асинхрон двигателъ роторининг сирпаниши $S = 0,04$. Тармоқ кучланишининг частотаси $f = 50$ Гц. Роторнинг айланиш тезлиги аниқлансин.

8.2-масала. Асинхрон двигателъ айланувчи магнит майдонининг айланиш тезлиги $n_1 = 1000$ айл./мин. Сирпанишлар қиймати $S = 1; 0; -0,5; -1$ бўлганда роторнинг тезлигини аниқланг ва олинган қийматларнинг физик маъносини тушунтириб беринг.

8.3-масала. Уч фазали қисқа туташган роторли асинхрон двигателънинг статор чулгамларидан ўтаётган ток 10,6 А, тармоқнинг фаза кучланиши $U_\phi = 220$ В бўлганда истеъмол қиладиган қуввати $P_1 = 3,55$ кВт. Агар двигателънинг ўқдаги фойдали қуввати $P_2 = 3$ кВт бўлса, двигателънинг фойдали иш коэффициенти ва қувват коэффициенти нимага тенг?

Иловадан двигателънинг типини аниқлансин.

8.4-масала. 4A160S6Y3 типдаги уч фазали қисқа туташган роторли асинхрон двигателъ юргизиш моментининг номинал моментга нисбати 1,2 бўлиб юкланиши тўла (номинал) бўлган ана шундай двигателъни тармоқ кучланиши 5 ва 10% камайганда юргизиш мумкинми?

Ечиш. Асинхрон двигателънинг айлантирувчи momenti

$$M = cU_1^2 \frac{r_2 \cdot S}{r_2^2 + x_2^2 \cdot S^2}$$

формуладан кўриниб турибдики, двигателънинг айлантирувчи momenti тармоқ кучланишининг квадратига пропорционал.

Агар тармоқ кучланиши 5% га камайса, $U_1' = 0,95 \cdot U_1$ бўлиб, у ҳолда айлантурувчи момент

$$M' \equiv (0,95U_1)^2 \text{ ёки } \frac{M'}{M_{\text{ном}}} = 0,9.$$

Кучланиш номинал бўлгандаги (яъни $U_1 = U_{\text{ном}}$) юргизиш momenti $M_{\text{ю}} = 1,2M_{\text{ном}}$. У ҳолда тармоқ кучланиши 5% га камайдгандаги юргизиш momenti

$$M_{\text{ю}}' = 0,9M_{\text{ю}} = 0,9 \cdot 1,2 \cdot M_{\text{ном}} = 1,08M_{\text{ном}}.$$

Демак, бундай шароитда двигателнинг юргизиш momenti унинг номинал momentидан катта бўлиб, тўла нагрузка билан ишлай олади.

Агар тармоқ кучланиши 10% га камайиб, $U_1'' = 0,9U_1$ ни ташкил этса, айлантурувчи момент

$$M'' \equiv (0,9U_1)^2.$$

Ёки шу кучланишдаги юргизиш momenti

$$M_{\text{ю}}'' = 0,81M_{\text{ю}} = 0,81 \cdot 1,2 \cdot M_{\text{ном}} = 0,972M_{\text{ном}}.$$

Демак, тармоқ кучланиши номиналга нисбатан 10% камайдганда двигателнинг юргизиш momenti номинал momentдан кичик. Бундай шароитда двигателни номинал нагрузка билан юргизиб бўлмайди.

Энди двигателни номинал нагрузка билан юргизиш мумкин бўлган кучланишнинг чегара қийматини аниқлаймиз. Бу юргизиш momentининг номинал momentдаги улуши β билан характерланади:

$$\beta = \sqrt{\frac{M_{\text{ном}}}{M_{\text{ю}}}} = \sqrt{\frac{M_{\text{ном}}}{1,2M_{\text{ном}}}} = \sqrt{\frac{1}{1,2}} = \sqrt{0,833} = 0,913.$$

Демак, двигателни тармоқ кучланиши $U_1' = 0,913U_{\text{ном}}$ гача пасайганда ҳам юргизиш мумкин.

Ёки юргизиш momentининг берилган $\frac{M_{\text{ю}}}{M_{\text{ном}}} = 1,2$ катталигида тармоқ кучланишининг $\Delta U\% = (1 - 0,913) \cdot 100 = 8,7\%$ гача пасайишига рухсат этилади.

8.5-масала. Каталог бўйича 4A112M2Y3, 4A132M3Y3 ва 4A160S2Y3 типдаги уч фазали қисқа туташган роторли асинхрон двигателлар юргизиш momentларининг номинал momentларга нисбатлари 2; 1,7 ва 1,4 ни ташкил этади. Ана шу двигателларни юргизиш мумкин бўлган тармоқ кучланишининг пасайиши мумкин бўлган чегара қийматлари процентда аниқлансин.

8.6-масала. Нима учун қисқа туташган роторли асинхрон двигателларни юргизишда роторда катта ток ҳосил бўлса ҳам двигателнинг юргизиш momenti кичик бўлишининг физик маъноси ни тушунтириб беринг.

8.7-масала. 4A180S4Y3 типдаги уч фазали қисқа туташган роторли асинхрон двигателнинг статор чулғамлари юлдуз

схемада бириктирилиб, частотаси $f = 50$ Гц, линия кучланиши $U_{\text{л}} = 38$) В бўлган уч фазали ток тармоғига уланган. Двигателнинг паспортда қўйидаги номинал маълумотлар берилган: двигателнинг ўқидаги фойдали қувват $P_{\text{ном}} = 22$ кВт. Роторнинг айланмиш тезлиги $n_2 = 1470$ айл/мин. Фойдали иш коэффициенти $\eta_{\text{ном}} = 0,9$. статор занжиридаги қувват коэффициенти $\cos \varphi_1 = 0,9$. Қутблар сони — 4. Максимал ва юргизиш моментнинг номинал моментга нисбатлари 2,3; 1,4. Юргизиш токининг номинал токка нисбати 6,5.

Қўйидагилар аниқлансин:

1. Роторнинг номинал сирпаниши.
2. Двигателнинг номинал, юргизиш ва максимал айлантирувчи моментлари.
3. Двигателнинг тармоқдан истеъмол қиладиган қуввати.
4. Двигателнинг номинал ва юргизиш токлари.
5. Тармоқ кучланиши 10 ва 20% га пасайганда юргизиш momenti ва токининг қийматларини аниқлаб двигателнинг ишига хулоса беринг.

Ечиш. Двигателнинг қутблар сони 4 та бўлганда, жуфт қутблар сони $p = 2$ бўлади. У ҳолда статордаги айланувчан магнит майдонининг синхрон тезлиги

$$n_1 = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{2} = 1500 \text{ айл/мин.}$$

Роторнинг сирпаниши

$$S = \frac{n_1 - n_2}{n_1} = \frac{1500 - 1470}{1500} = 0,02.$$

Номинал айлантирувчи momenti

$$M_{\text{ном}} = 9550 \cdot \frac{P_{\text{ном}}}{n_2} = 9550 \cdot \frac{22}{1470} = 143 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Юргизиш momenti

$$M_{\text{ю}} = 1,4 \cdot M_{\text{ном}} = 1,4 \cdot 143 = 200,2 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Максимал айлантирувчи momenti

$$M_{\text{мах}} = 2,3 \cdot M_{\text{ном}} = 2,3 \cdot 143 = 328,9 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Двигателнинг электр тармоғидан истеъмол қиладиган қуввати

$$P_1 = \frac{P_{\text{ном}}}{\eta_{\text{ном}}} = \frac{22}{0,9} = 24,44 \text{ кВт.}$$

Электр тармоғидан қабул қиладиган номинал токи

$$I_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \eta_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi_{\text{ном}}} = \frac{22}{\sqrt{3} \cdot 0,2 \cdot 0,9 \cdot 0,9} = 71,43 \text{ А.}$$

Двигателни юргизиш пайтида тармоқдан қабул қиладиган токи

$$I_{\text{ю}} = 6,5 I_{\text{ном}} = 6,5 \cdot 71,43 = 464,3 \text{ А.}$$

Тармоқ кучланиши 10% га пасайгандаги двигателнинг юргизиш моменти ва токи. Асинхрон двигателнинг айлантирувчи моменти тармоқ кучланишининг квадратиغا пропорционал. Агар тармоқ кучланиши 10% га пасайса, у $0,9U_{1ном}$ га тенг бўлади. У ҳолда айлантирувчи момент номиналга нисбатан $(0,9)^2 = 0,81$ ни ташкил этади. Шу кучланишдаги юргизиш моменти

$$M'_{ю} = 0,81 \cdot M_{ю} = 0,81 \cdot 200,2 = 162,1 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Юргизиш токини кучланишнинг биринчи даражасига пропорционал деб тахминан қуйидагича ҳисоблаш мумкин.

$$I'_{ю} = 0,9 \cdot I_{ю} = 0,9 \cdot 464,3 = 418 \text{ А}.$$

Тармоқ кучланиши 20% га пасайгандаги двигателнинг юргизиш моменти ва токи. Бунда тармоқ кучланиши $0,8U_{1ном}$ га тенг бўлиб, айлантирувчи момент номинал моментнинг $(0,8)^2 = 0,64$ қисмини ташкил этади. Шу кучланишдаги юргизиш моменти

$$M''_{ю} = 0,64 \cdot M_{ю} = 0,64 \cdot 200,2 = 128 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Шу кучланишдаги двигателнинг юргизиш токи

$$I''_{ю} = 0,8 \cdot I_{ю} = 0,8 \cdot 464,3 = 371,5 \text{ А}.$$

Хулоса. Тармоқ кучланиши 10% га пасайганда, $M'_{ю} > M_{ном}$ бўлганидан двигателни номинал нагрузкада юргизиш мумкин. Аммо тармоқ кучланиши 20% га пасайганда $M''_{ю} < M_{ном}$ бўлиб, двигателни номинал нагрузкада юргизиб бўлмайди.

8.8-масала. Роторнинг айланиш тезликлари: 2945; 1480; 985; 735 ва 600 айл/миндан бўлган уч фазали қисқа туташган роторли асинхрон двигателнинг номинал айлантирувчи моментлари мос ҳолда: 178,43; 355; 533,5; 715; 875,8 Н·м. Двигателларнинг қуввати ва типи аниқлансин.

8.9-масала. 4A200M6У3 типдаги уч фазали қисқа туташган роторли асинхрон двигателнинг ротори номинал нагрузкада $n_{2ном} = 975$ айл/мин тезлик билан айланмоқда. Манба кучланишининг частотаси $f_1 = 50$ Гц. Двигателнинг жуфт қутблар сони p , синхрон тезлиги $n_{1ном}$ ва номинал сирпаниши $S_{ном}$ аниқлансин. Шунингдек, сирпаниш $S = 5\%$ бўлганда двигател роторида ҳосил бўлган электр юритувчи кучнинг частотаси f_2 аниқлансин.

8.10-масала. 4A160S2У3 типдаги уч фазали қисқа туташган роторли асинхрон двигател уч фазали ток тармоғига уланган. Роторнинг сирпаниши 2% ва 6% га тенг бўлганда, роторнинг айланиш бурчак тезлиги ω_2 аниқлансин.

8.11-масала. Кўп тезликли асинхрон двигателнинг статор чулғамларини қайта уланганда, унинг жуфт қутблари сони 2 марта ортди. Айланувчан магнит майдонининг ва роторининг айланиш тезлиги қандай ўзгаради?

8.12-масала. Номинал қуввати $P_{ном} = 37$ кВт бўлган 4A250S8У3 типдаги уч фазали қисқа туташган роторли асинхрон дви-

гатель роторининг номинал айланиш тезлиги $n_{2\text{ном}} = 735$ айл/мин, қувват коэффициенти $\cos \varphi_{1\text{ном}} = 0,83$, фойдали иш коэффициенти $\eta_{\text{ном}} = 0,9$, номинал кучланиши $U_{\text{ном}} = 220/380$ В. Двигателнинг номинал нагрузкада тармоқдан истеъмол қиладиган қуввати $P_{1\text{ном}}$, номинал айлантурувчи моменти $M_{\text{ном}}$, шунингдек статор чулғамлари учбурчак ва юлдуз схемасида уланганда статордаги номинал ток аниқлансин.

8.13- масала. Уч фазали қисқа туташган роторли асинхрон двигателнинг каталогда берилган маълумотлари қуйидагича:

Номинал қуввати $P_{\text{ном}} = 90$ кВт; роторнинг номинал айланиш тезлиги $n_{2\text{ном}} = 1480$ айл/мин; номинал кучланиши $U_{\text{ном}} = 220/380$ В; Фойдали иш коэффициенти $\eta_{\text{ном}} = 0,93$; қувват коэффициенти $\cos \varphi_{1\text{ном}} = 0,91$; максимал ва юргизиш моментларининг номинал моментга нисбатлари 2,3; 1,2;

Юргизиш токининг номинал токка нисбати 7.

Қуйидагилар аниқлансин:

1. Синхрон тезлик $n_{1\text{ном}}$ ва номинал сирпаниш $S_{\text{ном}}$;
2. Двигателнинг номинал, юргизиш ва максимал айлантурувчи моментлари;
3. Статор чулғамлари юлдуз ва учбурчак схемада уланганда двигателнинг номинал ва юргизиш тоқлари;
4. Иловадан двигателнинг типи.

8.14- масала. Номинал қуввати $P_{\text{ном}} = 11$ кВт бўлган 4А160 МВУЗ типидagi уч фазали қисқа туташган роторли асинхрон двигатель роторининг айланиш тезлиги $n_{2\text{ном}} = 730$ айл/мин. Максимал ва юргизиш моментларининг номинал моментга нисбатлари 2,2; 1,4.

Қуйидагилар аниқлансин:

1. Двигателнинг номинал юргизиш ва максимал айлантурувчи моментлари.
2. Тармоқ кучланиши 10% га ва 20% га пасайганда двигателнинг юргизиш моментларини аниқлаб, унинг ишлаши ҳақида хулоса беринг.

Бу ҳолда двигателни тўла ва ярим нагрузка билан юргизиб юбориш мумкинми?

8.15- масала. Номинал қуввати $P_{\text{ном}} = 45$ кВт бўлган 4А200L 4УЗ типидagi уч фазали қисқа туташган роторли асинхрон двигатель уч фазали ток тармоғига уланган. Двигателнинг фойдали иш коэффициенти $\eta_{\text{ном}} = 0,905$. Двигателнинг қувват исрофи ΔP ва 8 соат иш давомида двигателнинг неча сўмлик энергия сарфлаши аниқлансин (1 кВт-соат — 4 тийин туради).

8.16- масала. Номинал қуввати $P_{\text{ном}} = 132$ кВт бўлган 4А280М2УЗ типидagi уч фазали қисқа туташган роторли асинхрон двигатель, линия кучланиши $U_{\text{л}} = 380$ В бўлган уч фазали ток тармоғига юлдуз схемада уланган. Статор чулғамларидан ўтаётган ток $I_{1\text{ном}} = 247$ А. Двигателнинг фойдали иш коэффициенти $\eta = 0,915$. Двигателнинг тармоқдан истеъмол қиладиган қуввати P_1 ва қувват коэффициенти $\cos \varphi_1$ аниқлансин.

8.17- масала. Фаза роторли асинхрон двигателлар юргизиш

токининг кичик, юргизиш моментининг эса катта бўлишини гушунгириб беринг.

8.18-масала. Номинал қувватлари $P'_{\text{ном}} = 0,5$ кВт, $P''_{\text{ном}} = 1$ кВт бўлган бир фаза асинхрон двигателлар частотаси $f = 50$ Гц, фаза кучланиши $U_{\phi} = 220$ В бўлган ўзгарувчан ток тармоғига уланган Двигателларнинг қувват коэффициентлари тегишлича $\cos \varphi'_{\text{ном}} = 0,7$; $\cos \varphi''_{\text{ном}} = 0,9$.

Двигателлардан ўтаётган тоқлар ва уларнинг реактив, тўла қувватлари аниқлансин.

8.19-масала. Цехга ўрнатилган уч фаза асинхрон двигателларнинг истеъмол қиладиган умумий актив қуввати $P_{\text{ав}} = 300$ кВт, кучланиши $U_{\text{ном}} = 380$ В ва қувват коэффициентларининг ўртача қиймати $\cos \varphi_{\text{ур}} = 0,7$. Ёритгич лампаларнинг истеъмол қиладиган умумий қуввати $P_{\text{ер}} = 20$ кВт. Цехнинг қувват коэффициентини 0,95 гача ошириш учун конденсаторлар батареясидан фойдаланиш тавсия этилади.

Қуйидагилар аниқлансин.

1. Конденсаторлар ўрнатилмасдан аввалги цех нагрузкаларининг умумий қуввати — P_1 .

2. Конденсаторлар батареясининг сифими — C .

3. Конденсаторлар батареяси ўрнатилмасдан аввал ва ўрнатилгандан сўнг линия симларидаги I_1 ва I_2 тоқлар.

Ечиш. Конденсаторлар батареяси ўрнатилмасдан аввалги умумий актив қувват:

$$P_1 = P_{\text{ав}} + P_{\text{ер}} = 300 + 20 = 320 \text{ кВт.}$$

Реактив қувват:

$$Q_1 = P_{\text{ав}} \cdot \text{tg } \varphi_{\text{ур}} = 300 \cdot 1 = 300 \text{ кВАр (tg } \varphi_{\text{ур}} = 1).$$

$\cos \varphi_1$ ни аниқлаш учун, $\text{tg } \varphi_1$ ни топамиз:

$$\text{tg } \varphi_1 = \frac{Q_1}{P_1} = \frac{300}{320} = 0,938, \text{ у вақтда } \cos \varphi_1 = 0,734;$$

$$\cos \varphi_2 = 0,95 \text{ бўлганда } \text{tg } \varphi_2 = 0,328.$$

2. Керакли конденсаторлар батареясининг сифими:

$$C = \frac{P(\text{tg } \varphi_1 - \text{tg } \varphi_2)}{\omega \cdot U^2} = \frac{300 \cdot (0,938 - 0,328) \cdot 10^3}{314 \cdot 380^2} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ Ф.}$$

3. Линия симларидаги тоқлар:

$$I_1 = \frac{P_1}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi_1} = \frac{320 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,734} = 663,17 \text{ А,}$$

$$I_2 = \frac{P_1}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi_2} = \frac{320 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,95} = 512,4 \text{ А.}$$

9. БОБ СИНХРОН МАШИНАЛАР

9.1-масала. Тармоққа бераётган токининг частотаси $f = 50$ Гц ва қутбларининг сони 30 та бўлган генератор роторининг, яъни магнит майдонининг айланиш тезлиги нимага тенг?

9.2-масала. Красноярск, Саяно-Шушенск, Рогун ва Нурек гидростанцияларидаги синхрон генераторларнинг статор чулғамларида индукцияланаётган электр юритувчи кучнинг частотаси $f = 50$ Гц, роторларининг айланиш тезликлари: 90, 112, 167, 200 айл/мин. Жуфт қутблар сонини ва улар орасидаги фарқни аниқланг.

9.3-масала. Жуфт қутбларининг сони $p = 4$, роторининг номинал айланиш тезлиги $n_{\text{ном}} = 1800$ айл/мин бўлган ўзгарувчан ток генераторининг статор чулғамларидаги ток бир секундда ўз ўнашлишини неча марта ўзгартиради?

9.4-масала. Синхрон генераторнинг қисмаларидаги кучланиш 15 кВ, фаза токи 1000 А бўлиб, қувват коэффициенти 0,94. Статор чулғамлари юлдуз схемада уланган. Симметрик нагрузкада генераторнинг ташқи занжирга бераётган фойдали қуввати аниқлансин.

9.5-масала. Синхрон двигателдаги барча қувват исрофи $\Delta P = 3$ кВт. Агар двигателнинг фойдали иш коэффициенти $\eta_{\text{ном}} = 94\%$ бўлса, унинг тармоқдан истеъмол қилаётган қуввати қанча?

9.6-масала. Синхрон генератор роторининг номинал айланиш тезлиги $n_{\text{ном}} = 750$ айл/мин, частотаси $f = 50$ Гц. Агар бирламчи двигателнинг тезлиги генератор роторининг номинал айланиш тезлигига мос келмаса, генератор токининг частотаси қандай ўзгарди? Масала бирламчи двигатель тезлигининг икки хил қиймати учун ечилсин:

1. $n_1 = 1000$ айл/мин ($n_1 > n_{\text{ном}}$);
2. $n_2 = 500$ айл/мин ($n_2 < n_{\text{ном}}$).

9.7-масала. Частотаси $f = 50$ Гц бўлган тармоққа уланган олти қутбли синхрон генератор роторининг номинал айланиш тезлиги $n_{1\text{ном}} = 1000$ айл/мин. Номинал айланиш тезлиги $n_{2\text{ном}} = 500$ айл/мин бўлган 12 қутбли генераторни параллел ишлатиш учун тармоққа улаш мумкинми?

9.8-масала. СД2-85/29-10 типдаги синхрон двигатель қуйидаги номинал қиймагларга эга: қуввати $P_{\text{ном}} = 250$ кВт, кучланиши $U_{\text{ном}} = 0,38$ кВ, частотаси $f = 50$ Гц, фойдали иш коэффициенти $\eta_{\text{ном}} = 93,2\%$, қувват коэффициенти $\cos \varphi_{\text{ном}} = 0,9$, роторининг айланиш тезлиги $n_{\text{ном}} = 1000$ айл/мин, максимал ва юргизиш моментларининг номинал моментга нисбатлари 1,7 ва 1,2, юргизиш токининг номинал токка нисбати 5,5.

Қуйидагилар аниқлансин:

- 1) двигателнинг жуфт қутблар сони — p ,
- 2) двигателнинг тармоқдан истеъмол қилаётган қуввати — P_1 ,
- 3) двигателнинг юргизиш токи — $I_{\text{ю}}$,
- 4) двигателнинг номинал, юргизиш ва максимал айлантурувчи моментлари,

5) номинал нагрукдаги қувват исрофгарчилиги.
 Ечиш. Двигателнинг жуфт кутблар сони

$$p = \frac{60 \cdot f}{n_{\text{ном}}} = \frac{60 \cdot 50}{1000} = 3.$$

Двигателнинг тармоқдан истеъмол қилаётган қуввати

$$P_1 = \frac{P_{\text{ном}}}{\eta_{\text{ном}}} = \frac{250}{0,932} = 268,2 \text{ кВт.}$$

Двигателнинг номинал токи

$$I_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \eta_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi_{\text{ном}}} = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,932 \cdot 0,9} = 454,5 \text{ А.}$$

Двигателнинг юргизиш токи

$$I_{\text{ю}} = 5,5 \cdot I_{\text{ном}} = 5,5 \cdot 454,5 \approx 2500 \text{ А.}$$

Номинал момент

$$M_{\text{ном}} = 9550 \cdot \frac{P_{\text{ном}}}{n_{\text{ном}}} = 9550 \cdot \frac{250}{1000} = 2388,5 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Юргизиш моменти

$$M_{\text{ю}} = 1,2 \cdot M_{\text{ном}} = 1,2 \cdot 2388,5 = 2866,2 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Максимал моменти

$$M_{\text{мах}} = 1,7 M_{\text{ном}} = 1,7 \cdot 2388,5 = 4060,5 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Номинал нагрукдаги қувват исрофгарчилиги

$$\Delta P = P_1 - P_{\text{ном}} = 268,2 - 250 = 18,2 \text{ кВт.}$$

9.9-масала. Завод цехида $U_{\text{ном}} = 220$ вольт номинал кучла-нишга ҳисобланган уч фазали асинхрон двигателлар ўрнатишган. Уларнинг номинал қуввати, ф. и. к ва қувват коэффициентлари қуйидаги жадвалда берилган:

Двигатель сони m	Ҷадағи номинал қувват $P_{\text{ном}}$, кВт	η , %	$\cos \varphi_1$
5	4,5	76,5	0,72
8	7	86	0,79
1	20	88	0,82
1	55	91	0,84

Цехдаги электр қурилмаларнинг қувват коэффициентлари 0.96 гача ошириш учун, ўрнатишган компенсаторнинг тўла қуввати аниқлансин. Компенсатордаги актив қувват исрофгарчилиги, унинг реактив қувватининг 0,3% ини ташкил этади.

Ечиш. Ҳар бир группа двигателнинг тармоқдан истеъмол қилаётган актив қувватини аниқлаймиз:

$$P_{гр} = \frac{P_{ном}}{\eta} \cdot m,$$

шунингдек, уларнинг реактив қуввати

$$Q_{гр} = P \cdot \operatorname{tg} \varphi.$$

Ҳисоблашни осон таштириш учун юқоридаги жадвални қуйидагилар билан тўлдирамиз.

P , кВт	$\operatorname{tg} \varphi$	Q , кВАр
29,4	0,97	28,5
65,5	0,81	2,65
22,8	0,71	16,0
60,04	0,65	39,3

Жадвалда берилганлардан цех двигателлари истеъмол қилаётган актив қувватлар йиғиндисини аниқлаймиз:

$$P = 177,7 \text{ кВт.}$$

Шунингдек, реактив қувват йиғиндисини:

$$Q = 136,45 \text{ кВАр.}$$

Нисбат:

$$\frac{Q}{P} = \frac{136,45}{177,7} = 0,768 = \operatorname{tg} \varphi; \cos \varphi_1 = 0,792.$$

Шарт бўйича $\cos \varphi_2 = 0,96$; демак, $\operatorname{tg} \varphi_2 = 0,2924$.

Компенсацияланиши керак бўлган реактив қувват:

$$Q_c = P_1 (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2) = 177,7 \cdot (0,768 - 0,2924) = 84,5 \text{ кВАр.}$$

Компенсатордаги қувват исрофгарчилиги

$$P_c = 0,03 \cdot Q_c = 0,03 \cdot 84,5 = 2,54 \text{ кВт.}$$

Компенсаторнинг тўла қуввати

$$S = \sqrt{P_c^2 + Q_c^2} = \sqrt{2,54^2 + 84,5^2} = 84,55 \text{ кВА.}$$

9.10- масала. Цехдаги энергетик қурилмаларнинг қувват коэффициентини ошириш мақсадида (аввалги масалада берилганларга қаранг) номинал қуввати $P_{ном} = 55$ кВт га тенг бўлган асинхрон двигателни синхрон двигатель билан алмаштириш ҳақида таклиф киритилди.

Қуйидагилар аниқлансин:

1) синхрон двигатель сифатида ишлаб, айти вақтда цехнинг қувват коэффициентини 0,96 гача орттирган синхрон машинанинг тўла қуввати,

2) асинхрон двигателни синхрон двигатель билан алмаштиригунга қадар таъминловчи тармоқ, линия симларидаги ток I_1 ва алмаштиригандан кейинги ток I_2 ,

3) агар дастлабки исрофгарчиликлар 18 кВт ни ташкил этган бўлса, таъминловчи симлардаги исрофгарчилик камайтирилгандан кейин тежалган йиллик электр энергияси. Иш уч сменада 7 соатдан олиб борилади, йиллик иш куни 300 га тенг.

Ечиш. 1. Цехда ўрнатилган асинхрон двигателлар истеъмол қилаётган актив қувват йигиндисини аниқлаймиз (алмаштирилиши лозим бўлган асинхрон двигателнинг истеъмол қилаётган қуввати 60,04 кВт ҳисобга олинмайди)

$$P_1 = 117,7 \text{ кВт.}$$

Ўша двигателлар реактив қувватининг йигиндиси

$$Q_1 = 97,15 \text{ кВАр.}$$

Асинхрон двигателни синхрон двигатель билан алмаштирилгандан сўнг қувват коэффициенти $\cos \varphi_2 = 0,96$ га тенг бўлиб, умумий актив қувват P_1 ўзгармай қолади

$$Q_2 = P_1 \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 = 117,7 \cdot 0,2924 = 35,4 \text{ кВАр.}$$

Компенсацияланиши керак бўлган реактив қувват

$$Q_C = Q_1 - Q_2 = 97,15 - 35,4 = 61,75 \text{ кВАр.}$$

Синхрон машинанинг тўла қуввати:

$$S = \sqrt{P_C^2 + Q_C^2} = \sqrt{55^2 + 61,75^2} = 82,6 \text{ кВА.}$$

2. $\cos \varphi_1 = 0,792$ бўлганда, линия симларидаги ток (алмаширгунга қадар):

$$I_1 = \frac{P_1}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi_1} = \frac{117,7 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0,792} = 386 \text{ А.}$$

$\cos \varphi_2 = 0,96$ га тенг бўлганда (алмаширгандан сўнг):

$$I_2 = \frac{P_1}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi_2} = \frac{122,7 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0,96} = 320 \text{ А.}$$

3. $\cos \varphi_1 = 0,792$ га тенг бўлганда узатгич симлардаги қувват исрофгарчилиги:

$$P_{1\text{сим}} = 3 \cdot I_1^2 \cdot R_{\text{сим}}$$

$\cos \varphi_2 = 0,96$ га тенг бўлганда:

$$P_{2\text{сим}} = 3 \cdot I_2^2 \cdot R_{\text{сим}}$$

Исрофгарчиликлар нисбати:

$$\frac{P_{1\text{сим}}}{P_{2\text{сим}}} = \frac{I_1^2}{I_2^2} \text{ ёки } \frac{P_{1\text{сим}}}{P_{2\text{сим}}} = \frac{\cos^2 \varphi_2}{\cos^2 \varphi_1},$$

бундан

$$P_{2\text{сим}} = P_{1\text{сим}} \cdot \frac{\cos^2 \varphi_1}{\cos^2 \varphi_2} = 18 \cdot \frac{0,792^2}{0,96^2} = 12,26 \text{ кВт.}$$

Симларда тежалган қувват:

$$P_{\text{сим}} = P_{1\text{сим}} - P_{2\text{сим}} = 18 - 12,26 = 5,74 \text{ кВт.}$$

Тежалган йиллик энергия:

$$W = P_{\text{сим}} \cdot T = 5,74 \cdot 3 \cdot 7 \cdot 300 = 36162 \text{ кВт} \cdot \text{соат.}$$

9.11-масала. Корхонада ўрнатилган уч фазали асинхрон двигателлар, кучланиш $U = 380 \text{ В}$ ва қувват коэффициенти $\cos \varphi_{\text{ур}} = 0,8$ бўлганда, истеъмол қилаётган актив қувватларининг йигиндиси $P_{\text{ав}} = 350 \text{ кВт}$. Ёритгич нагруканинг қуввати $P_{\text{ер}} = 30 \text{ кВт}$. Бундан ташқари, умумий қуввати $P_{\text{п}} = 50 \text{ кВт}$ бўлган қиздиргич печлар ўрнатилиб, корхонанинг истеъмол қилаётган умумий қуввати ўзгармай қолиши керак. Корхонанинг қувват коэффициенти ошириб печларни электр энергия билан таъминлаш мақсадида, қўшимча қувват олиш учун синхрон компенсатор ўрнатиш таклиф этилади.

Қуйидагилар аниқлансин:

1) қиздиргич печлар ва синхрон компенсатор ўрнатилгунга қадар, шунингдек, ўрнатилгандан кейин корхонанинг қувват коэффициенти,

2) агар синхрон компенсатордаги актив қувват исрофгарчилиги унинг реактив қувватининг 5% ини ташкил этса, компенсаторнинг тўла қуввати,

3) қувватлар учбурчаги қурилсин.

Ечиш. Синхрон компенсатор ва қиздиргич печлар ўрнатилгунга қадар:

$$P_1 = P_{\text{ав}} + P_{\text{ер}} = 350 + 30 = 380 \text{ кВт};$$

$$Q_1 = P_{\text{ав}} \cdot \text{tg} \varphi_{\text{ур}} = 350 \cdot 0,748 = 262 \text{ кВАр} (\varphi_{\text{ур}} = 36^\circ 50');$$

$$S = \sqrt{P_1^2 + Q_1^2} = \sqrt{380^2 + 262^2} = 462 \text{ кВА};$$

$$\cos \varphi_1 = \frac{P_1}{S} = \frac{380}{462} = 0,823 (\varphi_1 = 34^\circ 35');$$

ўрнатилгандан сўнг

$$P_2 = P_1 + P_{\text{п}} = 380 + 50 = 430 \text{ кВт};$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_2}{S} = \frac{430}{462} = 0,93 (\varphi_2 = 21^\circ 24').$$

Компенсацияланиши керак бўлган реактив қувват

$$Q_{\text{к}} = P_1 \text{tg} \varphi_1 - P_2 \text{tg} \varphi_2 = 380 \cdot 0,69 - 430 \cdot 0,392 = 93,6 \text{ кВАр.}$$

Компенсатордаги қувват исрофгарчилиги

$$P_{\text{к}} = 0,05 \cdot Q_{\text{к}} = 0,05 \cdot 93,6 = 4,68 \text{ кВт.}$$

Компенсаторнинг тўла қуввати

$$S_{\text{к}} = \sqrt{P_{\text{к}}^2 + Q_{\text{к}}^2} = \sqrt{4,68^2 + 93,6^2} = 93,7 \text{ кВА.}$$

10-БОБ. ЎЗГАРМАС ТОК МАШИНАЛАРИ

10.1-масала. Мустақил уйғотишли генератор салт ишлаганда қисмаларидаги кучланиш $U_0 = E_r = 150$ В. Якорнинг айланиш тезлиги $n = 1800$ айл/мин бўлиб, чулғамларни кесиб ўтаётган магнит оқими $\Phi = 2,5$ Вб бўлса, машинанинг доимийси C_E аниқлансин.

10.2-масала. Тўрт қутбли генераторнинг чулғамларини кесиб ўтаётган магнит оқими $\Phi = 1 \cdot 10^{-2}$ Вб. Якорнинг айланиш тезлиги $n = 1500$ айл/мин. Чулғамдаги актив симларнинг сони $N = 600$, жуфт параллел тармоқларнинг сони $a = 4$. Якорь чулғамларида индуктивланган электр юритувчи куч нимага тенг?

10.3-масала. Ўзгармас ток генераторининг якорь чулғамларини кесиб ўтаётган магнит оқими $\Phi = 0,02$ Вб, машинанинг доимийси $C_E = 10$. Якорнинг айланиш тезлиги 1000, 1500 ва 2000 айл/мин бўлганда якорь чулғамларида индуктивланган электр юритувчи кучларнинг катталиклари аниқлансин.

10.4-масала Мустақил уйғотишли генераторнинг (1.56-рasm) техник маълумотлари қуйидагича: номинал қуввати $P_{\text{ном}} = 16$ кВт, номинал кучланиши $U_{\text{ном}} = 230$ В, якорь чулғамининг қаршилиги $r_a = 0,12$ Ом, уйғотиш занжирининг қаршилиги $r_y = 18$ Ом, уйғотиш занжирининг кучланиши $U_y = 110$ В.

Механик ва магнит исрофгарчиликлари генератор номинал қувватининг 4,5% ини ташкил этади.

Қуйидагилар аниқлансин:

- 1) генераторнинг ЭЮКи (E);
- 2) генераторнинг нагрукаси номинал қийматга тенг бўлгандаги фойдали иш коэффициенти — η .

Ечиш. 1. Генераторнинг ЭЮК и

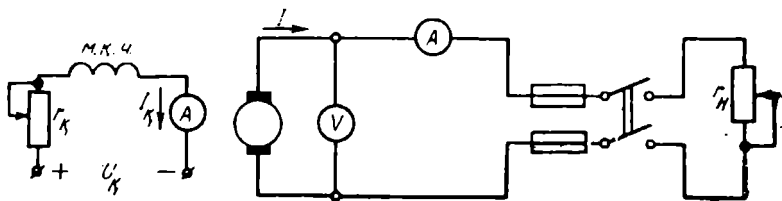
$$E = U + I_a \cdot r_a.$$

Мустақил уйғотишли генераторда:

$$I_a = I.$$

Генераторнинг номинал токи

$$I_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном}}}{U_{\text{ном}}} = \frac{16 \cdot 10^3}{230} = 69,57 \text{ А,}$$



1.56-рasm.

у ҳолда

$$E = 230 + 69,57 \cdot 0,12 = 238,35 \text{ В.}$$

2. Номинал режимда генераторнинг ФИК и

$$\eta = \frac{P_{\text{ном}}}{P_{\text{ном}} + \sum P},$$

бу ерда: $\sum P$ — генератордаги қувват исрофгарчиликларининг йиғиндиси:

$$\sum P = P_y + P_{\text{я}} + P_{\text{мех}} + P_{\text{магн}}.$$

Ана шу пайтда уйғотиш занжиридаги қувват исрофгарчилиги

$$P_y = \frac{U_y^2}{R_y} = \frac{110^2}{18} = 672 \text{ Вт} = 0,672 \text{ кВт.}$$

Якорь чулғамидаги қувват исрофгарчилиги:

$$P_{\text{я}} = I_{\text{я ном}}^2 \cdot r_{\text{я}} = 69,57^2 \cdot 0,12 = 581 \text{ Вт} = 0,581 \text{ кВт.}$$

Шарт бўйича:

$$P_{\text{мех}} + P_{\text{магн}} = 0,045 P_{\text{ном}} = 0,045 \cdot 16 \cdot 10^3 = 720 \text{ Вт} = 0,72 \text{ кВт.}$$

Демак,

$$\eta = \frac{P_{\text{ном}}}{P_{\text{ном}} + P_y + P_{\text{я}} + P_{\text{мех}} + P_{\text{магн}}} = \frac{16}{16 + 0,672 + 0,581 + 0,72} = 0,89.$$

10.5-масала. Мустақил уйғотишли генератор (1.56-расм) салт ишлаганда унинг учларндаги кучланиш $U_0 = 248 \text{ В}$. Якорнинг айланиш тезлиги $n = 1000 \text{ айл/мин}$, якорь занжиридаги қаршилиги $r_{\text{я}} = 0,19 \text{ Ом}$. Нагрузка улагандан сўнг амперметр $I = 53 \text{ А}$ токни, вольтметр $U = 220 \text{ В}$ кучланишни кўрсатди. Нагрузка улангандан кейинги якорнинг айланиш тезлиги аниқлансин. Магнит оқимларининг ўзгаришига эътибор берилмасин.

Ечиш. Генератор салт ишлагандаги ЭЮК

$$E_0 = U_0 = 248 \text{ В.}$$

Нагрузка билан ишлагандаги ЭЮК

$$E = U + I_{\text{я}} r_{\text{я}} = 220 + 53 \cdot 0,19 = 230 \text{ В.}$$

Аммо салт ишлаганда:

$$E_0 = c \cdot n_0 \cdot \Phi.$$

Нагрузка билан ишлаганда эса:

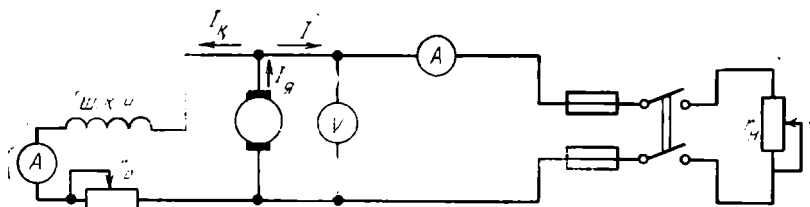
$$E = c \cdot n \cdot \Phi,$$

чунки шарт бўйича:

$$\Phi \approx \text{const.}$$

Бу вақтда:

$$\frac{E_0}{E} = \frac{n_0}{n}.$$



1.57- расм

бундан

$$n = n_0 \cdot \frac{E}{E_0} = 1000 \cdot \frac{230}{248} = 927 \text{ айл/мин.}$$

10.6- масала. Мустақил уйғотишли генераторга $U_1 = 110$ В кучланишда $I_1 = 160$ А ток қабул қиладиган истеъмолчи бириктирилган. Генератор якорининг тезлиги $n_1 = 1560$ айл/мин, якорь занжирининг қаршилиги $r_a = 0,08$ Ом. Ўзгармас нагрукда якорининг айланиш тезлигини ўзгартирсак, токнинг катталиги қандай ўзгаради? Масала тезликнинг икки қиймати учун ечилсин ва бунда магнит оқими ўзгармас деб ҳисоблансин:

1. $n_2 = 2100$ айл/мин ($n_2 > n_1$);
2. $n_3 = 1000$ айл/мин ($n_3 < n_1$).

10.7- масала. Параллел уйғотишли ўзгармас ток генераторининг қисмаларидаги кучланиш $U_r = 220$ В (1.57- расм). Уйғотиш занжирининг қаршилиги $r_y = 20$ Ом, генераторнинг нагрукда токи $I = 250$ А бўлса, унинг уйғотиш ва якорь занжирларидаги токлар нимага тенг?

10.8- масала. Параллел уйғотишли генераторнинг паспортида қуйидаги техник маълумотлар бор (1.57- расм): уйғотиш занжирининг қаршилиги $r_y = 4$ А, уйғотиш чулгамининг қаршилиги 15 Ом; ростлаш реостатининг қаршилиги 40 Ом. Генератор қисмаларидаги кучланиш аниқлансин.

10.9- масала. Параллел уйғотишли генераторнинг номинал кучланиши $U_{ном} = 230$ В, нагрукда токи $I = 160$ А (1.57- расм). Якорь чулгамининг қаршилиги $r_a = 0,11$ Ом, уйғотиш занжирининг қаршилиги $r_y = 72$ Ом. Якорь чулгамидаги э. ю. к. E ва ток I_a , шунингдек, генератор бераётган қувват P_2 ҳамда якорь занжирининг исрофгарчилик P_n аниқлансин.

Масаланинг ечилиши. Уйғотиш занжирининг ток:

$$I_y = \frac{U}{r_y} = \frac{230}{72} = 3,2 \text{ А.}$$

Якорь занжирининг ток:

$$I_a = I + I_y = 160 + 3,2 = 163,2 \text{ А.}$$

Якорь э. ю. к и

$$E = U + I_a \cdot r_a = 230 + 163,2 \cdot 0,11 = 248 \text{ В.}$$

Фойдали қувват:

$$P_2 = U \cdot I = 230 \cdot 160 = 36800 \text{ Вт} = 36,8 \text{ кВт.}$$

Якорь занжиридаги қувват исрофгарчилиги:

$$P_{\text{я}} = I_{\text{я}}^2 \cdot r_{\text{я}} = 163,2^2 \cdot 0,11 = 2930 \text{ Вт} = 2,93 \text{ кВт.}$$

10.10-масала. Параллел уйғотишли генераторнинг (1.57-расм) номинал кучланиши $U_{\text{ном}} = 230 \text{ В}$, номинал қуввати $P_{\text{ном}} = 70 \text{ кВт}$. Уйғотиш занжиридаги қувват исрофгарчилиги $P_{\text{у}} = 1300 \text{ Вт}$, якорь занжиридаги қувват исрофгарчилиги $P_{\text{я}} = 2800 \text{ Вт}$.

Қуйидагилар аниқлансин:

1) Уйғотиш занжирининг токи $I_{\text{у}}$ ва қаршилиги $r_{\text{у}}$,

2) якорь занжирининг токи $I_{\text{я}}$ ва қаршилиги $r_{\text{я}}$,

3) якорь чулғамидаги Э. Ю. К. $E_{\text{я}}$.

10.11-масала. Параллел уйғотишли генераторнинг нағрузка токи $I = 96 \text{ А}$, уйғотиш токи $I_{\text{у}} = 4 \text{ А}$ бўлганда, қисмаларидаги кучланиш $U_{\text{г}} = 120 \text{ В}$. Генераторнинг умумий қуввати, уйғотиш ва якорь занжирларининг қаршилиги аниқлансин.

10.12-масала. Икки қутбли параллел уйғотишли генераторнинг якорь чулғамларини кесиб ўтаётган магнит оқими $\Phi = 0,03 \text{ Вб}$. Чулғам актив симлари сонининг жуфт параллел тармоқлар сонига нисбати $N/a = 300$. Якорьнинг айланиш тезлиги $n = 2000 \text{ айл/мин}$. Агар якорь занжирининг қаршилиги $r_{\text{я}} = 0,2 \text{ Ом}$, нағрузка токи 56 А , уйғотиш токи эса $I_{\text{у}} = 4 \text{ А}$ бўлса, генератор қисмаларидаги кучланиш ва электромагнит (тормозловчи) момент нимага тенг бўлади?

Ечиш. Генераторнинг электр юритувчи кучи

$$E = \frac{N}{a} \cdot \frac{p \cdot \Phi}{60} \cdot \omega = 300 \cdot \frac{1 \cdot 2000}{60} \cdot 0,03 = 300 \text{ В,}$$

бу ерда p — жуфт қутблар сони Генератор икки қутбли бўлгани учун $p = 1$.

Генератор қисмаларидаги кучланиш $U_{\text{г}} = E - I_{\text{я}} \cdot r_{\text{я}}$, бу ерда $I_{\text{я}} = I + I_{\text{у}} = 56 + 4 = 60 \text{ А}$, у ҳолда $U_{\text{г}} = 300 - 60 \cdot 0,2 = 288 \text{ В}$. Машинанинг электромагнит (тормозловчи) momenti

$$M = \frac{N}{a} \cdot \frac{p}{2\pi} \cdot \Phi \cdot I_{\text{я}} = C_{\text{м}} \cdot \Phi \cdot I_{\text{я}},$$

бу ерда $C_{\text{м}} = \frac{N}{a} \cdot \frac{p}{2\pi} = 300 \frac{1}{2 \cdot 3,14} = 47,8$, у ҳолда $M = 47,8 \cdot 0,03 \times 60 = 86 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

10.13-масала. Аралаш уйғотишли генераторнинг номинал қуввати $P_{\text{ном}} = 15 \text{ кВт}$, номинал кучланиши $U_{\text{ном}} = 230 \text{ В}$, якорь чулғамининг қаршилиги $r_{\text{я}} = 0,13 \text{ Ом}$, параллел уйғотиш занжирининг қаршилиги $r_{\text{у}} = 76 \text{ Ом}$, кетма-кет уйғотиш чулғамининг қаршилиги $r_{\text{к.к.у.}} = 0,056 \text{ Ом}$ (1.58-расм).

Қуйидагилар аниқлансин:

1) якорда индукцияланган ЭЮК $E_{\text{я}}$,

1.58- расм.

2) параллел уйғотиш занжиридаги ток I_y ,

3) кетма-кет уйғотиш чулғамидаги ток $I_{к.к.у}$,

4) генераторнинг ФИК и η .

10.14-масала. Аралаш уйғотишли ўзгармас ток генератор якорининг ЭЮКи $E_y = 245$ В (1.58-расм). Агар якорь чулғамининг қаршилиги $r_y = 0,12$ Ом, кетма-кет уйғотиш чулғамининг қаршилиги $r_{к.к.у} = 0,025$ Ом, уйғотиш токи $I_y = 2,5$ А ва нағрузка токи $I = 77,5$ А бўлса, генератор учларидаги кучланиш U_r ва параллел уйғотиш занжирининг қаршилиги r_y аниқлансин.

10.15-масала. Параллел уйғотишли ўзгармас ток двигателининг номинал қуввати $P_{ном} = 11$ кВт, номинал кучланиши эса $U_{ном} = 220$ В га тенг (1.59-расм). Уйғотиш занжирининг қаршилиги $r_y = 73,3$ Ом. Якорь чулғамининг қаршилиги $r_a = 0,2$ Ом, двигателнинг айланиш тезлиги $n = 1500$ айл/мин ва ФИК $\eta = 84\%$.

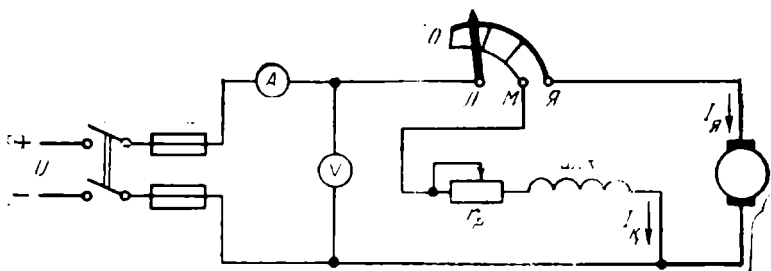
Қуйдагилар аниқлансин:

1. Двигателни бевосита (юргизиш реостатисиз) тармоққа улагандаги юргизиш токи.

2. Юргизиш токини $2I_{ном}$ га қадар чеклаш учун керак бўлган юргизиш реостатининг қаршилиги $r_{юр}$.

3. Номинал айлантурувчи момент $M_{ном}$ нинг миқдори.

4. Магнит оқими $\Phi = \text{const}$ бўлганда юргизиш momenti M_y лиг миқдори.



1.59- расм.

Ечиш. 1. Двигателнинг бевосита юргизиш токини аниқлаш.
Двигатель қисмаларидаги кучланиш:

$$U_{\text{ном}} = E_{\tau} + I_{\text{я}} r_{\text{я}},$$

бундан

$$I_{\text{я}} = \frac{U_{\text{ном}} - E_{\tau}}{r_{\text{я}}}.$$

Юргизиш вақтидаги айланиш тезлиги:

$$n = 0 \text{ ва тескари ЭЮК } E_{\tau} = 0,$$

у ҳолда

$$I_{\text{я}} = \frac{U_{\text{ном}}}{r_{\text{я}}} = \frac{220}{0,2} = 1100 \text{ А.}$$

2. Юргизиш реостатининг қаршилигини аниқлаш

$$I = I_{\text{я}} + I_{\text{y}},$$

бундан

$$I_{\text{я}} = I - I_{\text{y}}.$$

Номинал режимда:

$$I_{\text{ном}} = \frac{P_1}{U_{\text{ном}}} = \frac{P_{2\text{ном}}}{\eta \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{11 \cdot 10^3}{0,84 \cdot 220} = 59,5 \text{ А,}$$

бу ерда P_1 —двигателнинг тармоқдан истеъмол қилаётган қуввати.
Уйғотиш токи

$$I_{\text{y. ном}} = \frac{U_{\text{ном}}}{r_{\text{y}}} = \frac{220}{73,3} = 3 \text{ А,}$$

у ҳолда якордаги ток

$$I_{\text{я. ном}} = I_{\text{ном}} - I_{\text{y. ном}} = 59,5 - 3 = 56,5 \text{ А.}$$

Агар якорь чулғами билан кетма-кет юргизиш реостати улан-
са, у ҳолда якордаги ток:

$$I_{\text{я. юр}} = \frac{U}{r_{\text{я}} + r_{\text{юр}}},$$

бундан

$$r_{\text{юр}} = \frac{U - I_{\text{я. юр}} \cdot r_{\text{я}}}{I_{\text{я. юр}}}$$

шарт бўйича $I_{\text{я. юр}} = 2I_{\text{я. ном}}$, демак,

$$r_{\text{юр}} = \frac{U - 2I_{\text{я. ном}} r_{\text{я}}}{2I_{\text{я. ном}}} = \frac{220 - 2 \cdot 56,5 \cdot 0,2}{2 \cdot 56,5} = 1,75 \text{ Ом.}$$

3. Номинал айлантирувчи моментни аниқлаш:

$$M_{\text{ном}} = 9550 \cdot \frac{P_{\text{ном}}}{n_{\text{ном}}} = 9550 \cdot \frac{11}{1500} = 70,06 \text{ Н.м.}$$

4. Юргизувчи моментни аниқлаш Маълумки, $M_{\text{ном}} = c\Phi I_{\text{я. ном}}$
шарт бўйича

$$\Phi = \text{const}$$

бўлгани учун

$$M_{ю} = c \cdot \Phi \cdot I_{я \cdot ю},$$

демак,

$$M_{ю} = M_{ном} \cdot \frac{I_{я \cdot ю}}{I_{я \cdot ном}} = M_{ном} \cdot \frac{2I_{я \cdot ном}}{I_{я \cdot ном}} = 140,12 \text{ Н.м.}$$

10.16-масала. Параллел уйғотишли двигателнинг қисмалари-га берилган кучланиш $U = 220 \text{ В}$ Уйғотиш чулғамининг қаршилиги $r_y = 40 \text{ Ом}$. Уйғотиш токи $I_y = 2,5 \text{ А}$ дан ортмаслиги учун ростлаш реостатининг қаршилиги неча Ом га тенг бўлиши керак?

10.17-масала. Параллел уйғотишли генераторнинг номинал кучланиши $U_{ном} = 120 \text{ В}$, якорининг номинал айланиш тезлиги $n_{ном} = 1000 \text{ айл/мин}$, номинал токи $I_{я \cdot ном} = 80 \text{ А}$ ва якорь занжирининг қаршилиги $r_я = 0,15 \text{ Ом}$. Генератордан двигатель тарзида фойдаланилганда якорь чулғамларида индуктивланган тескари электр юритувчи кучнинг катталиги ва якорининг айланиш тезлиги аниқлансин. Машинанинг магнит оқими иккала режимда ҳам ўзгармас ҳисобланади.

10.18-масала. Номинал қуввати $P_{ном} = 16 \text{ кВт}$ ва номинал кучланиши $U_{ном} = 230 \text{ В}$ бўлган параллел уйғотишли генератор двигатель режимда ишламоқда. Номинал айланиш тезлиги $n_{ном} = 1450 \text{ айл/мин}$, якорь чулғамининг қаршилиги $r_я = 0,18 \text{ Ом}$, уйғотиш занжирининг қаршилиги $r_y = 82 \text{ Ом}$. Двигатель якоридаги ток генератор якоридаги токка тенг бўлганда, двигатель учларидаги кучланиш $U = 220 \text{ В}$ га тенг. Машина якорининг қандай тезликда айланиши ва электромагнит қуввати аниқлансин. Машинанинг магнит оқими ўзгармас деб қабул қилинган.

Ечиш. 1. Генератор якорининг токини аниқлаймиз:

$$I_{я \cdot г} = I_{ном \cdot г} + I_{y \cdot г} = \frac{P_{ном \cdot г}}{U_{ном}} + \frac{U_{ном}}{r_y} = \frac{16 \cdot 10^3}{230} + \frac{230}{82} = 72,4 \text{ А.}$$

Двигателнинг тармоқдан қабул қилаётган токи:

$$I_{дв} = I_{я \cdot дв} + I_{y \cdot дв} = I_{я \cdot г} + \frac{U_{дв}}{r_y} = 72,4 + \frac{220}{82} = 75,1 \text{ А.}$$

Генератор якори чулғамидаги ЭЮК:

$$E_{г} = U_{ном} + I_{я \cdot г} \cdot r_я = 230 + 72,4 \cdot 0,18 = 243 \text{ В.}$$

Двигатель якори чулғамидаги ЭЮК

$$E_{дв} = U_{дв} - I_{я \cdot дв} \cdot r_я = 220 - 72,4 \cdot 0,18 = 207 \text{ В.}$$

Шарт бўйича $\Phi = \text{const}$ бўлгани учун

$$E_{ген} = c \cdot n_{г} \cdot \Phi; E_{дв} = c \cdot n_{дв} \cdot \Phi,$$

бундан

$$n_{дв} = n_{г} \cdot \frac{E_{дв}}{E_{г}} = 1450 \cdot \frac{207}{243} = 1235 \text{ айл/мин.}$$

Машинанинг электромагнит қуввати:

$$P_{эм.} = E_{дв.} \cdot I_{я. дв.} = 207 \cdot 72,4 = 15 \text{ кВт.}$$

10.19-масала. Параллел уйғотишли двигателни тармоқ кучланиши $U_T = 220$ В га улашдан аввал якорь занжирига кетмакет қаршилиги 2 Ом га тенг бўлган юргизиш реостати уланди. Двигателнинг юргизиш токи $I_{ю} = 100$ А бўлиб, номиналидан 1,5 марта ортиқ. Якорь чулғамининг қаршилиги, юргизиш реостати бўлмаганда якорь занжирдан ўтиши мумкин бўлган ток, шунингдек, номинал режимда якорь чулғамида ҳосил бўладиган тескари электр юритувчи кучнинг катталиги аниқлансин.

Ечиш. Юргизиш пайтидаги якорь занжирининг қаршилиги

$$r_o = r_{ю} + r_{я} = \frac{U_T}{I_{ю}} = \frac{220}{100} = 2,2 \text{ Ом.}$$

Якорь чулғамининг қаршилиги

$$r_{я} = r_o - r_{ю} = 2,2 - 2 = 0,2 \text{ Ом.}$$

Юргизиш реостати уланмаганда якорь занжирдан ўтадиган ток

$$I_{ю. макс} = \frac{U_T}{r_{я}} = \frac{220}{0,2} = 1100 \text{ А.}$$

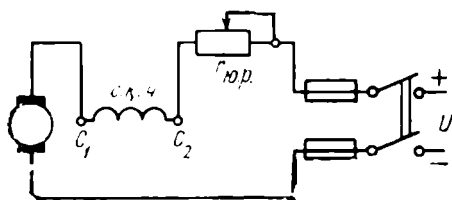
Двигателнинг номинал токи

$$I_{я. ном} = \frac{100}{1,5} \approx 66,7 \text{ А.}$$

Демак, юргизиш реостати уланмаганда якорь занжирдан ўтадиган ток номинал токдан $\frac{I_{ю. макс}}{I_{ном}} = \frac{1100}{66,7} = 16,5$ марта катта бўлади. Номинал режимда якорь чулғамида индуктивланадиган тескари электр юритувчи куч

$$E_T = U - I_{я. ном} \cdot r_{я} = 220 - 66,7 \cdot 0,2 = 206,5 \text{ В.}$$

10.20-масала. Кетма кет уйғотишли двигатель кучланиши 110 В бўлган тармоқдан ишлайди (1.60-расм). Двигателнинг номинал қуввати $P_{ном} = 3,7$ кВт, номинал айланиш тезлиги $n_{ном} = 1120$ айл/мин. Якорь чулғамининг қаршилиги $r_{я} = 0,1$ Ом. Уйғотиш чулғамининг қаршилиги $r_{у} = 0,05$ Ом. Двигателнинг ФИК $\eta = 80\%$.



1.60-расм

- Қуйидагилар аниқлансин:
- 1) номинал айлантирувчи момент — $M_{ном}$,
 - 2) двигателнинг манбадан истеъмол қилаётган қуввати — P_1 ,
 - 3) двигателнинг номинал токи — $I_{ном}$,
 - 4) якордаги тескари ЭЮК — E_T .

5) юргизиш токини $2I_{\text{ном}}$ га қадар чеклаш учун керак бўлган юргизиш реостатининг қаршилиги — $r_{\text{юр}}$.

10.21-масала. Параллел уйгоштишли ўзгармас ток двигателининг якорь занжири билан кетма-кет уч погонали реостат уланган (1.59-расм). Тармоқ кучланиши $U_T = 220$ В. Якорь токи $I_{\text{я}} = 50$ А. Якорь чулгамининг қаршилиги $r_{\text{я}} = 0,1$ Ом. Якорьнинг номинал айланиш тезлиги $n_{\text{ном}} = 1400$ айл/мин. Агар реостат бир погонасининг қаршилиги $r_{\text{пор}} = 3r_{\text{я}}$ бўлса, ҳар бир поғона қаршилиги киритилгандаги якорь тезлиги аниқлансин.

11-БОБ. ЭЛЕКТРОНИКА АСОСЛАРИ

11.1-масала. Қаршилиги $r_{\text{н}} = 60$ Ом бўлган нагрузка битта ярим даврли тўғрилагич ва трансформатор орқали синусоидал ўзгарувчан кучланишга уланган (1.61-расм). Агар $U_2 = 120$ В бўлса, тўғрилانган токнинг ўртача қиймати ҳисоблансин (венгилнинг ички қаршилиги ва трансформатор чулгамлари қаршилиги ҳисобга олинмасин).

Ечиш. Токнинг ўртача қийматини қуйидаги формула ёрдамида аниқлаймиз:

$$I_{\text{ўр}} = I_{\text{д}} = \frac{U_{\text{д}}}{r_{\text{н}}},$$

бу ерда $U_{\text{д}}$ —тўғриланган кучланишнинг ўртача қиймати. Трансформатор иккиламчи чулгамидаги кучланиш синусоидал бўлгани учун $u_2 = U_{2m} \cdot \sin \omega t$, бу ерда ($\psi_{u_2} = 0$).

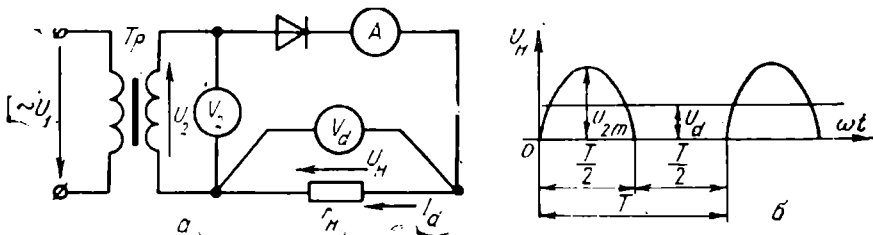
Тўла давр учун тўғриланган кучланишнинг ўртача қиймати қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$U_{\text{д}} = U_{\text{ўр}} = \frac{1}{\pi} U_{2m} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} U_2 = 0,45 U_2.$$

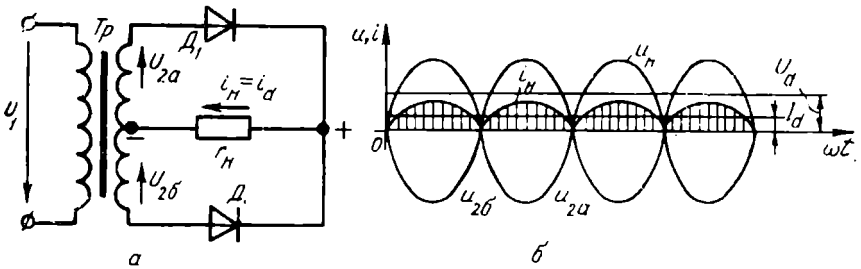
Демак,

$$I_{\text{ўр}} = \frac{U_{\text{ўр}}}{r_{\text{н}}} = \frac{0,45 \cdot 120}{60} = 0,9 \text{ А.}$$

11.2-масала. Қаршилиги 60 Ом бўлган нагрузка иккита ярим даврли тўғрилагичга ўрта нуқтали трансформатор орқали сину-



1.61- расм.



1.62- расм.

соидал ўзгарувчан кучланишга уланган (1.62-расм). Агар $u_2 = 120\sqrt{2}\sin\omega t$ бўлса, тўғриланган токнинг ўртача қиймати, трансформатор чулғамларининг ва трансформаторнинг ҳисобий қувватлари аниқлансин. Ток ва кучланишларнинг ўзгариш диаграммалари чизилсин (трансформация коэффиценти $k_{\text{тр}} = \frac{U_1}{U_2} = 1$ деб олинсин).

Ечиш. Схемада D_1 ва D_2 венти́лларнинг ишлаш кетма-кетлигини билиш учун 1.62-расм, б да чизилган ток ва кучланишларнинг ўзгариш диаграммаларидан фойдаланишимиз мумкин. Бу ерда U_{2a} ва U_{2b} кучланишлари бир-бирига нисбатан тескари фазада ўзгаради. Шунинг учун даврнинг биринчи ярмида D_1 вентили ток ўтказадиган бўлса, иккинчи ярмида эса, вентиль D_2 ток ўтказди.

Бу схемадаги тўғриланган кучланишнинг ўртача қиймати битта ярим даврлигига нисбатан (1.61-расм, б) икки марта кўп. Демак,

$$U_d = U_{\text{ср}} = \frac{2}{\pi} U_{2m} = \frac{2 \cdot 120 \cdot \sqrt{2}}{\pi} = \frac{240 \cdot \sqrt{2}}{\pi} \text{ В.}$$

Токнинг ўртача қиймати

$$I_{\text{ср}} = I_d = \frac{U_d}{r_H} = \frac{240 \cdot 0,45}{60} = 1,8 \text{ А.}$$

Венти́ллардан ўтаётган тоқларнинг ўртача қийматлари эса ҳар ярим даврда I_d га тенг бўлади

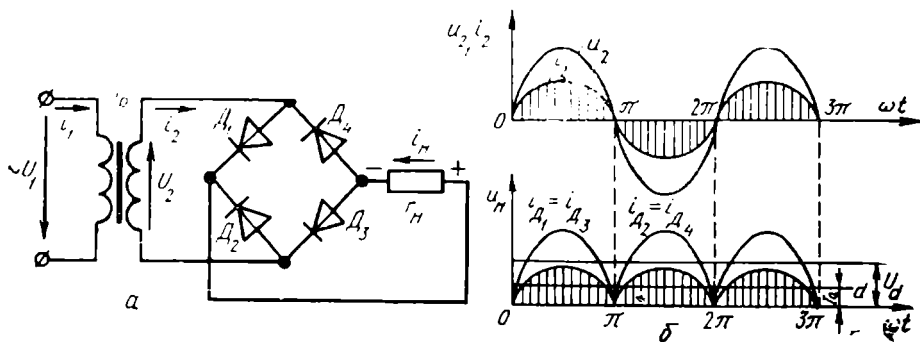
$$\text{Демак, } I_{D_1, \text{ср}} = I_{D_2, \text{ср}} = I_d = 1,8 \text{ А.}$$

Иккиламчи чулғамдаги ток венти́лдан ўтаётган токка тенгдир. Шунинг учун:

$$I_{2m} = \frac{\pi}{2} \cdot I_d = 1,57 \cdot 1,8 = 2,82 \text{ А ёки } I_2 = \frac{I_{2m}}{\sqrt{2}} = \frac{2,82}{\sqrt{2}} = 2 \text{ А.}$$

Бирламчи чулғамдаги ток:

$$I_1 = \frac{1}{k_{\text{тр}}} \cdot \frac{I_{2m}}{\sqrt{2}} = 1,11 \cdot \frac{1}{K_{\text{тр}}} \cdot I_d = \frac{1,11 \cdot 1,8}{1 \cdot 1 \cdot \frac{1}{2}} = \frac{2,82}{\sqrt{2}} = 2 \text{ А.}$$



1.63- расм.

Трансформатор чулғамларининг ҳисобий қувватлари:

$$S_1 = I_1 \cdot U_1 = 2 \cdot 120 = 240 \text{ ВА};$$

$$S_2 = I_2 U_2 = I_2 \cdot U_{2a} = I_2 \cdot U_{76} = 2 \cdot 120 = 240 \text{ ВА.}$$

(Трансформаторнинг қуввағ нобудгарчилиги ҳисобга олинмаган).

11.3- масала. Аввалги масаладаги берилганлар асосида бир фазали кўприксимон тўғрилагич схемасидаги (1.63-расм, а) тўғриланган токнинг ўртача қиймати ва трансформаторнинг ҳисобий қуввати аниқлансин. Ток ва кучланишларнинг ўзгариш диаграммалари чизилсин.

Берилган схема элементларидаги ток ва кучланишларнинг ўзгариш диаграммалари 1.63-расм, б да кўрсатилган.

Масаланинг ечилиши:

Бу схемадаги тўғриланган ток ва кучланишларнинг ўртача қийматлари 1.62-расмдаги схема билан бир хил бўлади:

$$U_d = U_{\text{җр}} = \frac{2}{\pi} U_{2m} = \frac{2 \cdot 120 \cdot \sqrt{2}}{\pi} = \frac{240 \cdot \sqrt{2}}{\pi} \text{ В};$$

$$I_d = I_{\text{җр}} = \frac{U_d}{r_H} = \frac{240 \cdot 0,45}{60} = 1,8 \text{ А.}$$

Вентиллардан ўтаётган токларнинг ўртача қиймати:

$$I_{D1\text{җр}} = I_{D3\text{җр}} = 0,5 I_{\text{җр}} = 0,5 \cdot 1,8 = 0,9 \text{ А.}$$

Иккиламчи чулғамдаги ток:

$$I_2 = \frac{I_{2m}}{\sqrt{2}} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} I_{\text{җр}} = 1,11 \cdot 1,8 = 2 \text{ А.}$$

Бирламчи чулғамдаги ток:

$$I_1 = 1,11 \frac{1}{K_{\text{ТР}}} \cdot I_{\text{җр}} = 1,11 \cdot 1,8 = 2 \text{ А.}$$

Бу схемада бирламчи ва иккиламчи чулғамларининг ҳисобий қувватлари тенгдир:

$$S_1 = S_2 = I_1 U_1 = 2 \cdot 120 = 240 \text{ В} \cdot \text{А.}$$

Трансформаторнинг ҳисобий қуввати:

$$S_{\text{тр}} = S_1 = S_2 = 240 \text{ В} \cdot \text{А}.$$

Кўприк схема билан ўрта нуқтали трансформатор қўлланиладиган схемани солиштирсак, шуни аниқлаш мумкинки, биринчи ҳолда трансформаторнинг ҳисобий қуввати кам ва бундан ташқари кўприк схемада трансформатор қўлланилмаса ҳам бўлади. Агар ҳар бир елка биттадан вентиладан иборат бўлса, кўприк схемада вентиладар сони икки марта кўп бўлади. Бундан кўринадики, кўприк схемани қўллаш қулайдир.

11.4- масала. Иккита ва битта ярим даврли тўғрилаш схемаси учун кучланишнинг пульсация коэффициентини аниқлансин.

Ечиш. Ўзгарувчан кучланиш эффектив қийматини пульсацияланувчи тўғриланган кучланиш ўртача қийматига бўлган нисбати пульсацияланиш коэффициенти деб аталади.

Тўғриланган кучланишнинг эффектив қиймати:

$$U = \sqrt{U_d^2 + U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_n^2},$$

бу ерда $U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_n^2 = U_n^2$ — пульсацияланувчи кучланиш эффектив қийматининг квадрати ёки $U_n = \sqrt{U^2 - U_d^2}$.

Иккита ярим даврли тўғрилагич схемаси учун кучланиш эффектив қийматининг квадрати:

$$U^2 = \left(\frac{U_m}{\sqrt{2}}\right)^2 = \frac{U_m^2}{2}.$$

Тўғриланган кучланиш ўртача қийматининг квадрати:

$$U_d^2 = \left(\frac{2 \cdot U_m}{\pi}\right)^2 = \frac{4 \cdot U_m^2}{\pi^2}.$$

Пульсацияланувчи кучланишнинг эффектив қиймати:

$$U_n = \sqrt{\frac{U_m^2}{2} - \frac{4U_m^2}{\pi^2}} = \frac{U_m}{\pi} \sqrt{\frac{\pi^2 - 8}{2}}.$$

Пульсацияланиш коэффициенти:

$$K_n = \frac{U_n}{U_d} = \frac{U_m \sqrt{\pi^2 - 8}}{\sqrt{2} \cdot \pi} \cdot \frac{\pi}{2 \cdot U_m} = \frac{\sqrt{\pi^2 - 8}}{2 \sqrt{2}} = 0,48$$

ёки $K_n = 48\%$.

Битта ярим даврли тўғрилагич схемаси учун кучланиш эффектив қийматининг квадрати:

$$U' = \left(\frac{U_m}{2}\right)^2 = \frac{U_m^2}{4}.$$

Тўғриланган кучланиш ўртача қийматининг квадрати:

$$U_d^2 = \left(\frac{1}{\pi} U_m \right)^2 = \frac{U_m^2}{\pi^2}.$$

Пульсацияланувчи кучланишнинг эффектив қиймати:

$$U_n = \sqrt{\frac{U_m^2}{2} - \frac{U_m^2}{\pi^2}} = \frac{U_m}{2\pi} \sqrt{\pi^2 - 4}.$$

Пульсацияланиш коэффициенти:

$$K_n = \frac{U_n}{U_d} = \frac{U_m \sqrt{\pi^2 - 4}}{2\pi} \cdot \frac{\pi}{U_m} = \frac{\sqrt{\pi^2 - 4}}{2} = 1,21$$

ёки $K_n = 121\%$.

Битта ярим даврли схемада пульсацияланиш коэффициенти иккита ярим даврли схемадагига нисбаан 2,5 марта каттадир.

11.5-масала. Уч фазали трансформаторнинг иккиламчи чулғамини тўғрилагич схемасида ишлатиш мўлжалланмоқда. (1.64-расм). Номинал миқдорлари: $S_{ном} = 1,8$ кВА; $U_{1ном} = 380$ В; $U_{2ном} = 220$ В, $I_{1ном} = 2,8$ А, $I_{2ном} = 4,7$ А. Чулғамларни улаш схемаси Δ/γ . Тармоқнинг линия кучланиши $U_L = 380$ В. Вентиллардаги тескари кучланишнинг максимал қиймати ва берилган туғрилагичдан олиниши мумкин бўлган тўғриланган кучланиш ва ток аниқлансин. Вентилларнинг ички қаршиликлари ҳисобга олинмасин.

Ечиш. Тўғриланган кучланишнинг ўртача қиймати:

$$U_d = 1,17 \cdot U_{2\phi} = 1,17 \cdot \frac{220}{\sqrt{3}} = 149 \text{ В.}$$

Берилган схемадаги трансформаторнинг ҳисобий қуввати:

$$S_{тр} = 1,34 \text{ Р}_d.$$

Тўғриланган токнинг қуввати:

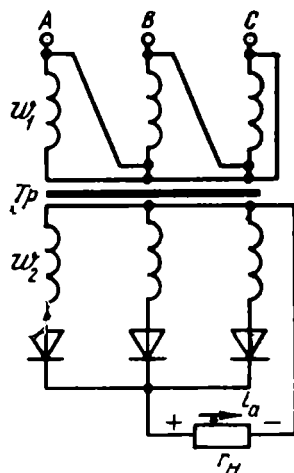
$$P_d = \frac{S_{тр}}{1,34} = \frac{1800}{1,34} = 1340 \text{ Вт.}$$

Нагрузка токи:

$$I_d = \frac{P_d}{U_d} = \frac{1340}{149} \approx 9 \text{ А.}$$

Вентиллардаги тескари кучланишнинг максимал қиймати $U_{т. тес.} = 2,09 \times U_d = 2,09 \cdot 149 = 312 \text{ В.}$

11.6-масала. Уч электродли 6Н15П лампанинг анод кучланиши 100 В ва тўр кучланиши 1 В бўлганида, анод токи 7,5 миллиамперни ташкил этади. Анод кучланишини 150 вольтгача оширсак, 1.64-расм.



анод токи 14 миллиампергача ортади. Сўнгра анод кучланиши-ни ўзгартирмасдан, тўрдаги манфий кучланишни 2 вольтгача оширганимизда анод токининг аввалги миқдори, 7,5 миллиамперга тенг бўлиб қолади. Лампанинг параметрлари: S , μ ва R_i аниқлансин

Масаланинг ечилиши: Анод кучланиши ўзгармас бўлганда ($U_a = \text{const}$) анод токининг тўр кучланишига қараб қандай ўзгаришини кўрсатувчи катталик тўр характеристикасининг тиклиги деб аталади ва S ҳарфи билан белгиланади:

$$S = \frac{\partial I_a}{\partial U_T}$$

Характеристиканинг кўриладиган қисмини чизиқли десак,

$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_T} = \frac{I_{2a} - I_{1a}}{U_{2T} - U_{1T}} = \frac{14 - 7,5}{-1 - (-2)} = 6,5 \text{ mA/V}$$

Анод токи ўзгармай турганда ($I_a = \text{const}$) анод кучланишининг тўр кучланишига нисбатан ўзгариши, статик кучайтириш коэффициентини деб аталади ва μ билан белгиланади.

$$I_a = \text{const} \text{ бўлганда } \mu = - \left(\frac{\partial U_a}{\partial U_T} \right)$$

ёки

$$\mu = - \frac{\Delta U_a}{\Delta U_T} = - \frac{U_{2a} - U_{1a}}{U_{2T} - U_{1T}} = - \frac{150 - 100}{-2 - (-1)} = 50.$$

Тўр кучланиши ўзгармай турганда ($U_T = \text{const}$) анод токига қараб анод кучланишининг қандай ўзгаришини кўрсатувчи катталик лампанинг ички қаршилигини белгилайди:

$$R_i = \left(\frac{\partial U_a}{\partial I_a} \right)$$

ёки

$$R_i = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a} = \frac{U_{2a} - U_{1a}}{I_{2a} - I_{1a}} = \frac{150 - 100}{(14 - 7,5) \cdot 10^{-3}} = 7700 \text{ Ом} = 7,7 \text{ кОм}.$$

Шу учала параметрлар ўзаро қуйидагича боғланган:

$$\mu = R_i \cdot S = 7,7 \cdot 6,5 = 50.$$

11.7-масала. 1.65-расм, *a* да кўрсатилган ўрта нуқтага эга бўлган трансформаторли иккита ярим даврли тўғрилагич нагрукасидан ўгаётган токнинг ўртача қиймати топилсин. Бу ерда $U_2 = 120\sqrt{2} \sin \omega t$; $r_{ii} = 60 \text{ Ом}$; бошқариш бурчаги $\alpha = 60^\circ$; БС—бошқариш системаси; U_a —бошқариш кучланиши.

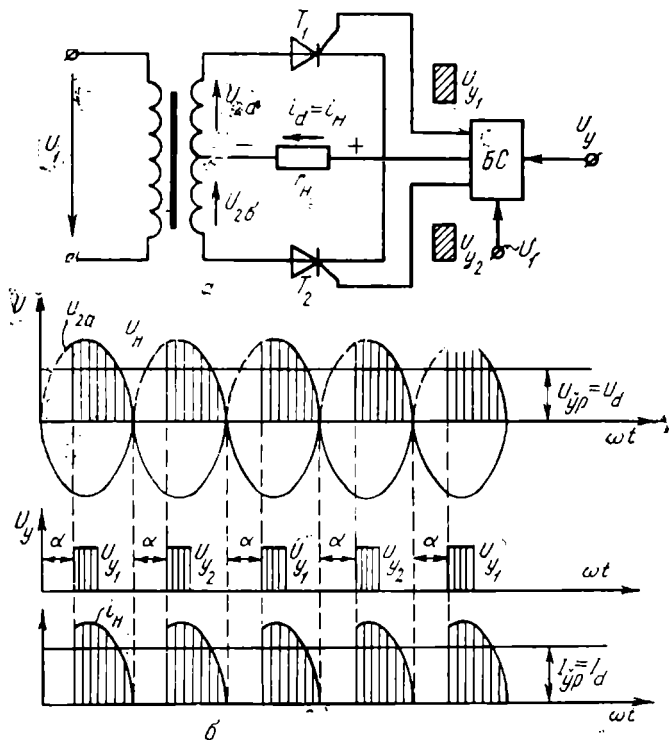
Масаланинг ечилиши:

Ток ва кучланишларнинг ўзгариш диаграммалари 1.65-расм, *b* да кўрсатилгандек бўлади

Берилган схема учун кучланишнинг ўртача қиймати қуйидагига тенгдир:

$$U_a = U_{\text{вп}} = U_{a0} \frac{(1 + \cos \alpha)}{2}, (*)$$

бу ерда U_{a0} кучланишнинг максимал қиймати.



1.65- расм.

11.2-масаладан

$$U_{d0} = \frac{2}{\pi} U_{2m} = \frac{2 \cdot 120\sqrt{2}}{\pi} = 108 \text{ В.}$$

Демак,

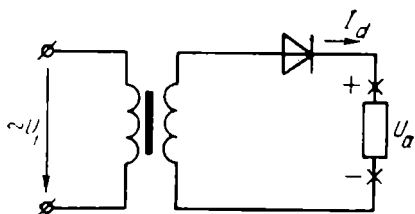
$$U_d = 108 \cdot \frac{(1 + \cos 60^\circ)}{2} = 108 \cdot \frac{(1 + \frac{1}{2})}{2} = 81 \text{ В}$$

Токнинг ўртача қиймати:

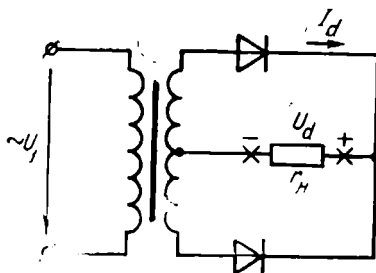
$$I_d = \frac{U_d}{r_H} = \frac{81}{60} = 1,35 \text{ А.}$$

Юқоридаги (*) формулалардан кўринадикки, бошқариш системи ёрдамида α бурчагини ўзгартириб тўғриланган кучланишни ва натижада токнинг ўртача қийматларини ўзгартиришимиз мумкин экан ($0 < \alpha < 180^\circ$).

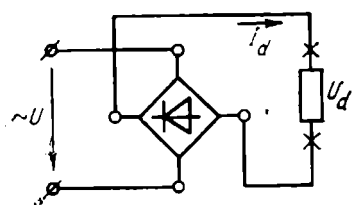
11.8- масала Диаметри 100 мм ли селен шайбалардан иборат вентиль элементли битта ярим даврли тўғрилагич нагрзукала



1.66- расм.



1.67- расм.



1.68- расм.

$U_d = 36$ В тўғриланган кучланиш ва $I_d = 12$ А тўғриланган ток бериши керак.

1. Агар вентилдаги йўл қўйилган тескари кучланиш $U_{тес}$ (даврнинг ўтказмайдиган қисмида) 25 вольтдан ортиқ бўлмаса ва совиш шартига кўра рухсат этилган ток $I_{рухс} = 1,5$ ампердан ортиқ бўлмаса, шайбалар сони ва уларнинг бириктириш схемаси кўрсатилсин. Битта

шайбанинг ички қаршилиги 0,3 Ом.

2. $U_1 = 220$ В кучланишли тармоққа уланган трансформатордаги кучланиш тушуви 4% бўлса, трансформаторнинг иккиламчи чулғами қисмаларидаги кучланиш, трансформация коэффиценти ва унинг ҳисобий қуввати аниқлансин (1.66- расм).

11.9- масала. Аввалги масаланинг берилганлари бўйича ўрта нуқтали трансформатор (иккита иккиламчи чулғамли) қўллаб, иккита ярим даврли тўғрилагич ҳисоблансин (1.67- расм).

11.10- масала. Аввалги масаладаги берилганлар асосида бир фазали кўприк схемасини қўллаб, иккита ярим даврли тўғрилагич ҳисоблансин (1. 68- расм).

Иккинчи қисм

ЛАБОРАТОРИЯ ИШЛАРИ

1-лаборатория иши

ЎЗГАРМАС ТОКНИНГ ОДДИЙ ЭЛЕКТР ЗАНЖИРЛАРИНИ ТЕКШИРИШ

I. Ишни бажаришдан мақсад

1. Электр ўлчов асбоблари ёрдамида занжир қисмларидаги ток ва кучланишларни бевосита ўлчаш йўли билан Ом ва Кирхгоф қонуналарини экспериментал текшириш.

2. Ўзгармас ток занжирида истеъмолчиларни (қаршиликларни) кетма-кет, параллел ва аралаш улашни ўрганиш.

II. Ишга оид назарий тушунчалар

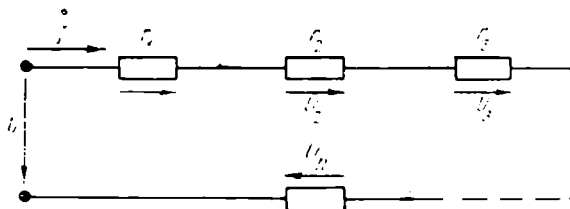
Электр занжир деб манбадан (генератордан) истеъмолчига электр энергиясининг ўтиши учун берк йўл ҳосил қиладиган қурилмалар ва элементлар йиғиндисига айтилади. Манба (генератор), улагич симлар ва истеъмолчи (приёмник) занжирнинг асосий элементлари ҳисобланади.

Истеъмолчиларни энергия манбаига улашда кетма-кет, параллел ва аралаш улаш схемалари ишлатилади. Қаршиликлар (резисторлар) r_1, r_2, \dots, r_n ни манбага кетма-кет улаб контур ҳосил қилиш 2.1-расмда кўрсатилган. Бундай занжирнинг ўзига хос хусусияти—ундан доимо бир хил қийматдаги токнинг оқиб ўтишидир. Бундай занжирнинг ҳар бир қаршилигида Ом қонунига биноан кучланишнинг пасаюви $U_k = I r_k$ (k — қаршилиқнинг тартиб номери) содир бўлади, яъни

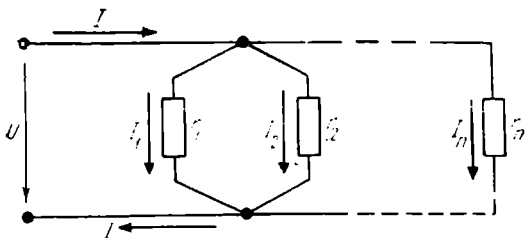
$$U_1 = I \cdot r_1, \quad U_2 = I \cdot r_2, \quad \dots, \quad U_n = I \cdot r_n.$$

Аmmo Кирхгофнинг иккинчи қонунига биноан занжир қисмларидаги кучланишларнинг пасаюви унга берилган кучланишга тенг, яъни

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



2.1- расм.



2.2- расм.

га хос хусусияти — унинг шаҳобчаларидаги кучланишнинг доимо бир хил бўлишидир, яъни

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

Бундай занжирнинг ҳар бир қаршилигидан алоҳида $I_k = \frac{U}{r_k}$ ток оқиб ўтиб, занжирнинг манбадан истеъмол қилаётган токи I Кирхгофнинг биринчи қонунига биноан занжир шаҳобчаларидан ўтаётган тоқларнинг йиғиндисига тенг, яъни

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

ёки

$$I = \frac{U}{r_1} + \frac{U}{r_2} + \dots + \frac{U}{r_n} = U \cdot \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \dots + \frac{1}{r_n} \right) = U \cdot \frac{1}{r_3}$$

Истеъмолчиларни энергия манбаига аралаш схема бўйича улаганда кетма-кет ва параллел улашларнинг ҳар қандай варианти бўлиши мумкин (2.3- расм).

Занжирнинг айрим участкаларидаги ток ва кучланишлар Кирхгоф қонунарига асосан аниқланади. Масалан, 2.3- расмдаги занжирнинг қаршиликлари r_0, r_1, r_2, r_3, r_4 ва кучланиш U маълум бўлса, занжирдаги номаълум I_0, I_1, I_2, I_3, I_4 тоқларни аниқлаш учун занжирнинг бешта мувозанат тенгламаси тузилади:

$$I_0 - I_1 - I_2 = 0;$$

$$I_2 - I_3 - I_4 = 0;$$

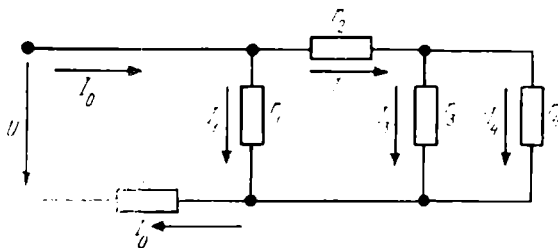
$$I_0 r_0 + I_1 r_1 = U;$$

$$I_2 r_2 + I_3 r_3 - I_1 r_1 = 0;$$

$$I_4 r_4 - I_3 r_3 = 0.$$

III. Ишни бажариш тартиби

1. 2.4- расмда кўрсатилган электр схема йиғилади. Бунда U_0 — ўзгармас манба кучланиши,



2.3- расм.

2.4- расм.

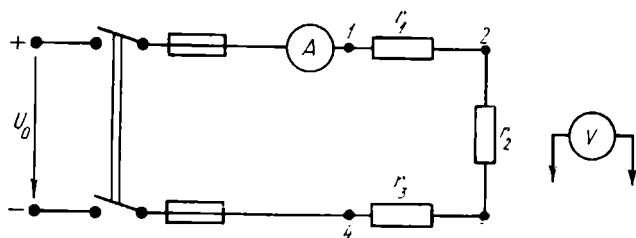
P — икки қутбли ажратгич, r_n — ташқи занжирдаги кучланиш-ни бир текис ўзгартириш учун ишлатиладиган реостат — потенциометр. V_1 ва V_2 вольтметрларни ўзаро кетма-кет улаб, манба кучланиши U_0 га, яъни потенциометр r_n нинг 1 ва 2 қисмларига бириктирилади.

Вольтметрларнинг ўзаро уланган ўрта нуқтаси 3 ни потенциометрнинг дастаги D га улаб, дастакнинг истаган ҳолатида $U_1 + U_2 = U_0$ эканлигига ишонч ҳосил қилинг. Потенциометр дастагининг турли ҳолатлари учун, шунингдек, иккита охириги ҳолати учун ҳам 5—6 марта ўлчашларни бажариб, 2.1-жадвалга ёзинг. Потенциометр r_n нинг манба кучланиши U_0 ни қийматлари аввалдан маълум бўлган кучланиш U_1 ва U_2 ларга истаган нисбатда бўлиб бера олишига ишонч ҳосил қилинг.

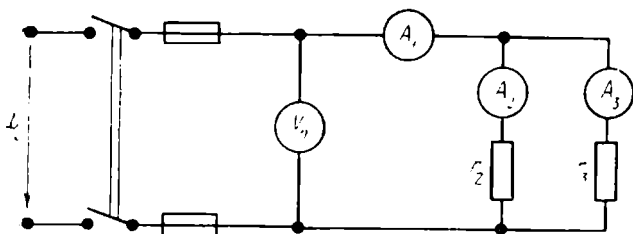
2.1-жадвал

$U_1, \text{В}$						
$U_2, \text{В}$						
$U_0, \text{В}$						

2. Қаршилиқлари r_1 , r_2 ва r_3 кетма-кет уланган 2.5-расмдаги электр схемани йиғиб, уни ўзгармас кучланиш манбаи U_0 га уланг. Вольтметр V ёрдамида занжир қисмларидаги кучланиш-



2.5- расм.



2.6- расм.

лар пасажуви U_{12} , U_{23} , U_{34} ларни ва бутун занжирнинг кучланиши $U_0 = U_{14}$ ни ўлчанг. Ўлчаш натижаларини 2.2-жадвалга ёзинг. Олинган маълумотлар бўйича кўрилатган занжир учун Кирхгоф иккинчи қонунининг ҳаққонийлигига ишонч ҳосил қилинг, яъни қуйидагини аниқланг:

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

2.2-жадвал

Ўлчашлар						Ҳисоблашлар				
I, A	U_0, B	U_{12}, B	U_{23}, B	U_{34}, B	U_{14}, B	$r_1, Ом$	$r_2, Ом$	$r_3, Ом$	$r_э = r_1 + r_2 + r_3$	$r_э = \frac{U_0}{I}$

Ом қонунидан фойдаланиб занжир қисмларининг қаршиликлари r_1 , r_2 , r_3 ва $r_э$ нинг қийматларини аниқланг

3. Қаршиликлари r_2 , r_3 параллел уланган занжирни 2.6-расмдаги схема бўйича йиғиб, ўзгармас кучланиш манбаи U_0 га ўланг. Ўлчаш натижаларини 2.3-жадвалга ёзинг.

2.3-жадвал

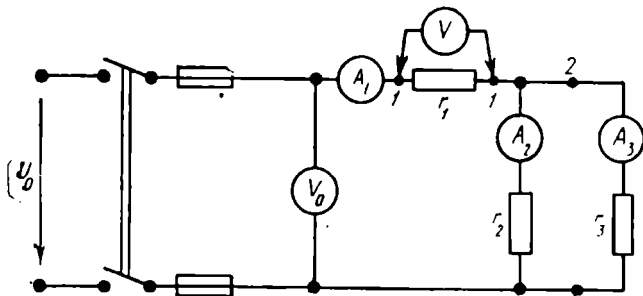
Ўлчашлар				Ҳисоблаш		
U_0, B	I_1, A	I_2, A	I_3, A	$r_2, Ом$	$r_3, Ом$	$r_э, Ом$

Олинган маълумотлар бўйича Кирхгоф биринчи қонунининг ҳаққонийлигига ишонч ҳосил қилинг, яъни

$$I_1 = I_2 + I_3.$$

Ом қонунидан фойдаланиб қаршиликлар r_2 ва $r_э$ ни ҳисобланг.

4. Қаршиликлари аралаш уланган 2.7-расмдаги схемани йиғиб, ўлчашдан олинган маълумотларни 2.4-жадвалга ёзинг.



2.7- расм

2.4- жадвал

Ўлчашлар					Ҳисоблашлар			
$U_0, \text{В}$	$I_1, \text{А}$	$I_2, \text{А}$	$I_3, \text{А}$	$U_{11}, \text{В}$	$U_{23}, \text{В}$	$r_1, \text{Ом}$	$r_2, \text{Ом}$	$r_3, \text{Ом}$

Кирхгоф қонунлари бўйича занжир учун тенгламалар тузиб, ўлчаш натижалари асосида бу қонунларнинг ҳаққонийлигига ишонч ҳосил қилинг. Қаршиликлар r_1, r_2, r_3 ни ҳисобланг.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

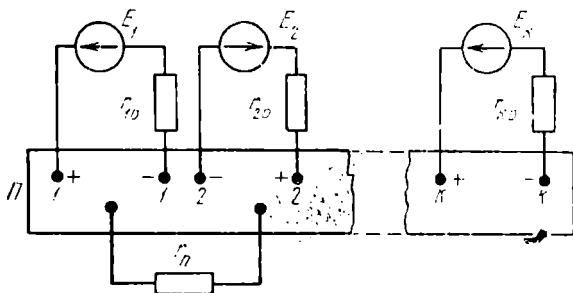
1. Ўзгармас токнинг қандай манбалари бор?
2. Омик қаршилик нима ва унинг миқдори нимага боғлиқ?
3. Ом қонунини таърифланг ва унинг қўлланишига оид мисоллар келтиринг.
4. Кирхгоф қонунларини таърифланг ва улар асосида ихтиёрий аралаш занжир учун тенгламалар тузинг.
5. Эквивалент қаршилик нима ва у турли бириктириш схемалари учун қандай аниқланади?

2- лаборатория иши

ИККИ МАНБАЛИ ЗАНЖИРНИ СУПЕРПОЗИЦИЯ (УСТЛАШ) УСУЛИ БИЛАН ҲИСОБЛАШНИ АМАЛДА ТЕКШИРИШ

1. Ишни бажаришдан мақсад

1. Мураккаб ўзгармас ток занжиридаги ток ва кучланишларни бевосита ўлчаш йўли билан бир нечта манбали занжирларни ҳисоблаш учун устлаш усулининг ҳаққонийлигига ва уни қўллаш мумкинлигига ишонч ҳосил қилиш.



2.8- расм.

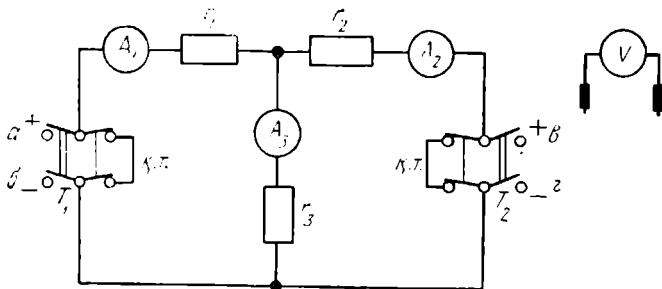
2. Устлаш усули бўйича текшириладиган занжирнинг ҳисобий натижаларини тажрибадан олинган маълумотлар билан таққослаш.

II. Ишга оид назарий тушунчалар

Устлаш усули ўзгармас ёки ўзгарувчан ток занжирларини ҳисоблаш усулларидан бири бўлиб, бунда K та ЭЮК манбаи бўлган мураккаб занжирнинг r_n қаршиликли ихтиёрий n шахобчасидан оқиб ўтаётган токни занжирдаги ҳар бир ЭЮК E_1, E_2, \dots, E_k нинг алоҳида таъсиридан оқиб ўтаётган $I'_n, I''_n, \dots, I''_n$ тоқларнинг йиғиндисидеб қаралади (2.8-расм).

Бунинг учун занжир қандайдир пассиф кўп қутблик „П“ тарзида берилган бўлиб, унинг ичидаги элементлари, масалан, қаршиликлар r_1, r_2, \dots, r_n тегишли схема бўйича бириктирилган ва жойлаштирилган. Бу усулни ўрганиш осон бўлиши учун ЭЮК манбаи бўлган шахобча вақтинча кўп қутбликдан ташқарига чиқарилган. Занжирнинг айрим қаршиликларидан ўтаётган реал тоқларни (шу жумладан, 2.8-расмда кўрсатилган r_n қаршиликдан ўтаётган ток ҳам бор) аниқлаш учун аввал уларнинг таркибидаги $I'_1, I''_1, I''_1, \dots, I''_1; I'_2, I''_2, I''_2, \dots, I''_2, \dots; I'_n, I''_n, I''_n, \dots, I''_n$ ташкил этувчиларини ҳисоблаш керак.

Масалан n шахобчадаги r_n қаршиликдан ўтаётган ток I'_n ЭЮК E_1 нинг таъсирида ҳосил бўлган ташкил этувчидир. Унинг миқдорини 2.8-расмдаги E_2, E_3, \dots, E_n ЭЮК лар занжирдан вақтинча ажратилиб, фақат E_1 ЭЮК уланган пайтидагина ҳисоблаш керак. Фақат шуни эсда тутиш керакки, 2—2, 3—3, ... $K—K$ қисмалар (қутблар) орасидаги ЭЮК манбалари занжирдан вақтинча ажратилгани туфайли, уларнинг ички қаршиликлари $r_{20}, r_{30}, \dots, r_{n0}$ нолдан фарқли бўлса, схемада ҳисобга олиниши керак. Агар генераторлар чексиз катта қувватли бўлса, уларнинг очиқ қолган қисмалари вақтинча қисқа туташтирилади. ЭЮК манбаларини навбатма-навбат улаш йўли билан алоҳида шахобчаларнинг тоқлари $I'_m, I''_m, \dots, I''_m$ ҳисобланади. Сўнгра бу таш-



2.9- расм.

кил этувчиларнинг йўналишларини ҳисобга олган ҳолда қўшиб, ҳақиқий ток $I_m = \sum I_m^{(k)}$ аниқланади.

Эслатма. Мазкур усул ЭЮК манбалари сони икки ёки учтадан ортиқ бўлмаган мураккаб занжирларни ҳисоблаш учун қулайдир.

II. Ишни бажариш тартиби

1. 2.9-расмдаги электр схемада T_1 ва T_2 тумблерларни қисқа туташув „қ. т.“ ҳолатига ўтказиб, A_1 , A_2 , A_3 амперметрларнинг кўрсатишлари бўйича занжир шахобчаларида тоқларнинг йўқлигига ишонч ҳосил қилинг.

Вольтметр V ёрдамида E_1 ва E_2 манбаларнинг $a - b$ ва $v - z$ қисмларида кучланишларнинг борлигини текширинг. Бунинг учун аввал 2.9-расмдаги схемани стенддаги умумий тумблер T орқали электр тармоғига уланг.

2. Тумблер T_1 ни $a - b$ ҳолатига ва тумблер T_2 ни эса „қ. т.“ ҳолатига ўтказиб, I'_1 , I'_2 , I'_3 тоқларнинг қийматларини 2.5-жадвалга ёзинг. Энди тумблер T_1 ни „қ. т.“ ҳолатига ва тумблер T_2 ни эса $v - z$ ҳолатига ўтказиб, I''_1 , I''_2 , I''_3 тоқларнинг қийматларини жадвалга ёзинг. Амперметрларнинг стрелкалари ўнг томонга оғганда тоқларнинг қийматлари „+“ ишора билан, чап томонга оғганда эса „-“ ишора билан ёзилиши керак.

2.5-жадвал

I_1 , мА		I_2 , мА		I_3 , мА	
I'_1	I''_1	I'_2	I''_2	I'_3	I''_3

3. T_1 ва T_2 тумблерларнинг ҳолатларини ўзгартирмай, T_1 тумблерни $a - b$ ҳолатига ўтказиб, I_1 , I_2 , I_3 тоқларнинг натижавий қийматлари 2.5-жадвалнинг пастки қаторига ёзилсин. Бу тоқларнинг ҳар бири E_1 ва E_2 ЭЮК манбаларини занжирга навбати билан улангандаги таъсирларидан ҳосил бўлган тоқларнинг алгебрлик йигиндисига тенг

эканлигига ишонч ҳосил қилинг.

4. Вольтметр V ёрдамида E_1 ва E_2 манбаларнинг кучланишларини ва занжирнинг ҳар бир қаршиликларидаги U_1, U_2, U_3 кучланишларни ўлчаб, қийматларини 2.6-жадвалга ёзинг. 2.5-жадвалнинг маълумотларидан фойдаланиб, r_1, r_2, r_3 қаршиликларнинг қийматлари ҳисоблаб топилади, яъни

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

2.6-жадвал

$E_1, В$	$E_2, В$	$U_1, В$	$U_2, В$	$U_3, В$	$r_1, Ом$	$r_2, Ом$	$r_3, Ом$

5. Устлаш усули асосида E_1 ва E_2 манбаларнинг кучланишлари ва r_1, r_2, r_3 қаршиликларнинг олинган қийматлари бўйича текширилатган занжир учун назарий ҳисоблашларни бажариб, унинг натижаларини тажрибадан олинганлар билан таққосланг.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

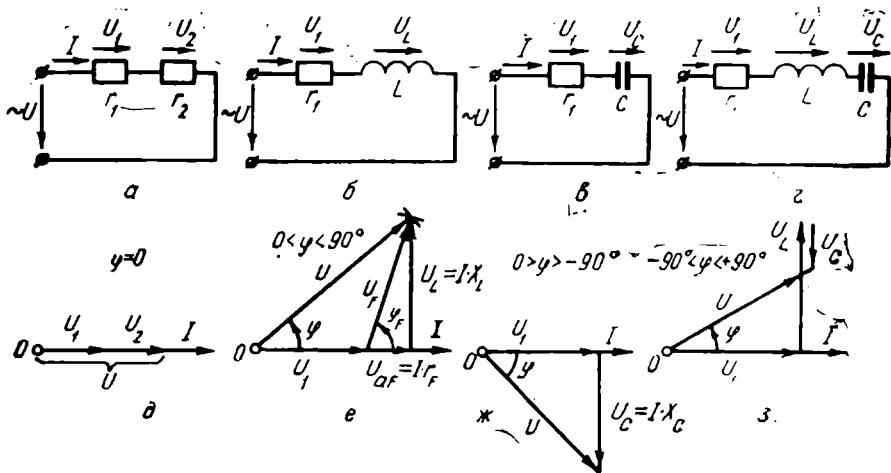
1. Устлаш усулининг моҳияти нимада?
2. Занжирни навбатма навбат ЭЮК манбаларига улаганимизда ўлчов асбобларилан ўтаётган тоқларнинг йўналишининг ўзгаришига сабаб нима?
3. Нима учун занжирнинг барча иш режимларида унинг айрим шаҳобчаларидаги тоқларнинг йўналишлари доимо ўзгаришсиз қолади?
4. Занжир биринчи манбадан ишлаётганда унга иккинчи манбани улаш билан тоқларнинг йўналишини ўзгаришсиз қолдириб, фақат биринчи манбанинг катталиклари (миқдорлари) таъсир этадиган режимни таъмин этиш мумкинми?
5. Тоқларни устлаш принципини занжирнинг айрим участкалари кучланишларига қўллаш мумкинми? Мумкин бўлса (оулмаса) нима учун?
6. Қандай ҳолларда электр занжирларини ҳисоблаш учун устлаш усулини қўллаш мақсадга мувофиқ ҳисобланади?

3-лаборатория иши

ЎЗГАРУВЧАН ТОҚ ЗАНЖИРИДА ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСИ ИСТЕЪМОЛЧИЛАРИНИ КЕТМА-КЕТ УЛАШ

1. Ишни бажаришдан мақсад

1. Ўзгарувчан тоқ занжири учун Ом ва Кирхгофнинг иккинчи қонунини татбиқ этишни ўрганиш.
2. Ўзгарувчан тоқ занжирида актив қаршилиқ r , индуктивлик L ва сиғим C ни турли схемаларда кетма-кет улаганда занжирга берилган кучланишнинг қандай тақсимланишини амалда текшириш.



2.10- расм.

3. Ўлчашдан олинган маълумотлар бўйича кетма-кет занжир учун ток ва кучланишларнинг вектор диаграммасини қуришни ўрганиш.

4. Занжирнинг актив — r , реактив (индуктив — x_L , сиғим — x_C) ва тўла — z қаршиликларини, шунингдек, занжирнинг кириш томонидаги ва қисмларидаги ток ва кучланишлар орасидаги фаза силжиш бурчакларини аниқлашни ўрганиш.

5. Занжирнинг параметрларига қараб ток ва кучланишлар турли фаза силжиш бурчакларига эга бўлишини осциллограф ёрдамида кўриб, ишонч ҳосил қилиш.

II. Ишга оид назарий тушунчалар

Ҳар қандай ўзгарувчан ток занжири r , L ва C элементларининг кетма-кет, параллел ва аралаш уланган турлича схемаларидан иборат бўлиши мумкин. Занжирдаги актив қаршилик — r истеъмол қилинаётган электр энергиясининг иссиқлик (ёки ёруғлик) энергиясига, яъни фойдали ишга айланаётганлигини характерлайди. Индуктивлик L занжирнинг магнит майдонини, сиғим C эса электр майдонини характерлайди.

Мазкур лаборатория ишида истеъмолчиларни ўзгарувчан ток занжирида кетма-кет улашнинг қуйидаги ҳоллари ўрганилади:

а) иккита актив қаршилик r_1 ва r_2 кетма-кет уланган занжир (2.10- расм, а);

б) актив қаршилик r_1 ва индуктив ғалтак L кетма-кет уланган занжир (2.10- расм, б);

в) актив қаршилик r_1 ва конденсатор C кетма-кет уланган занжир (2.10- расм, в);

г) умумий ҳол — r , L , C элементлар кетма-кет уланган занжир (2.10- расм, г).

2.10- расм, *г* да кўрсатилган ўзгарувчан ток занжири учун Ом қонуни қуйидагича ифодаланади

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

бу ерда: I ва U занжирдаги ток ва кучланишнинг таъсир этувчи қиймати, z — занжирнинг тўла қаршилиги, Ом, r — актив қаршилик, Ом; x_L — индуктив қаршилик, Ом; x_C — сиғим қаршилиги, Ом;

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

бу ерда: L — индуктивлик, Гн, C — сиғим, Ф, $\omega = 2\pi f$ — ўзгарувчан ток бурчак частотаси, рад·с⁻¹, f — ўзгарувчан ток частотаси, Гц.

Ўзгарувчан ток занжирларидаги жараёнларни анализ қилишда вектор диаграммалардан фойдаланишга тўғри келади. Уларни қуришда қуйидагиларга риоя қилиш керак:

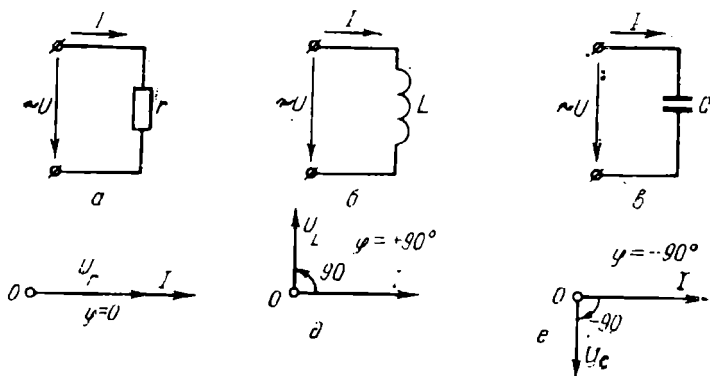
а) занжир актив қаршиликдан иборат бўлганда ток ва кучланиш векторининг йўналишлари мос бўлиб, улар орасидаги фаза силжиш бурчаги $\varphi = 0^\circ$ (2.10- расм, *а*, *д* ва 2.11- расм, *а*, *г*);

б) индуктивликда кучланиш фаза бўйича токдан 90° га олдин келади (2.11- расм, *б*, *д*);

в) сиғимда эса кучланиш токдан фаза бўйича 90° га орқада қолади (2.11- расм, *в*, *е*).

б ва *в* пунктлардан мулоҳазалар (шартлар) соф индуктив ғалтак ($r_L = 0$) ва сиғим ($r_C = 0$) учун қабул қилинган бўлиб, ўзгарувчан ток занжирларидаги жараёнларни осон тушунтиришга ёрдам беради.

Реал индуктив ғалтак ва сиғимда ток билан кучланиш орасидаги фаза силжиш бурчаклари 2.10- расм, *е* ва *ж* да кўрсатилган вектор диаграммадаги каби, индуктивликда $0 < \varphi < 90^\circ$, сиғимда эса $0 > \varphi > -90^\circ$ бўлади.



2.11- расм.

Ўзгарувчан ток занжирида занжирга берилган кучланиш, ўзгармас ток занжиридаги каби, занжир қисмларидаги кучланишлар тушувларининг алгебраик йигиндисига тенг бўлмай, балки уларнинг вектор йигиндисига тенг бўлади, яъни

$$\bar{U} = \bar{I} \cdot z_1 + \bar{I} \cdot z_2 + \dots + \bar{I} \cdot z_n = \bar{U}_1 + \bar{U}_2 + \bar{U}_3 + \dots + \bar{U}_n.$$

Кирхгоф иккинчи қонунининг ўзгарувчан ток занжири учун татбиқ этилиш хусусияти шу билан фарқ қилади. Занжир фақат актив қаршилиқдан иборат бўлганда Кирхгофнинг иккинчи қонунини худди ўзгармас ток занжиридаги каби татбиқ этилади.

Истеъмолчилар кетма-кет бириктирилган ўзгарувчан ток занжирида ток билан умумий кучланиш орасида фаза силжиш бурчаги φ мавжуд, яъни

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

Занжир индуктив ёки актив-индуктив характерга эга бўлса, φ бурчак мусбат, агар сиғим ёки актив-сиғим характерга эга бўлса, манфийдир.

Ўзгарувчан ток занжирининг давр ичидаги ўртача қувватини актив қувват дейилиб, у куйидагича ифодаланади:

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

Демак, ўзгарувчан ток занжирида актив қувват, ўзгармас ток занжиридагига ўхшаш, фақат UI кўпайтмага боғлиқ бўлмай, қувват коэффициенти $\cos \varphi$ га ҳам боғлиқдир.

Актив қувват ваттларда (Вт), киловаттларда (кВт) ва мегаваттларда (МВт) ўлчанади.

$U \cdot I = S$ кўпайтма занжирнинг тўла қуввати дейилиб, вольт-амперларда (ВА), киловольт—амперларда (кВА) ўлчанади.

У ҳолда

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

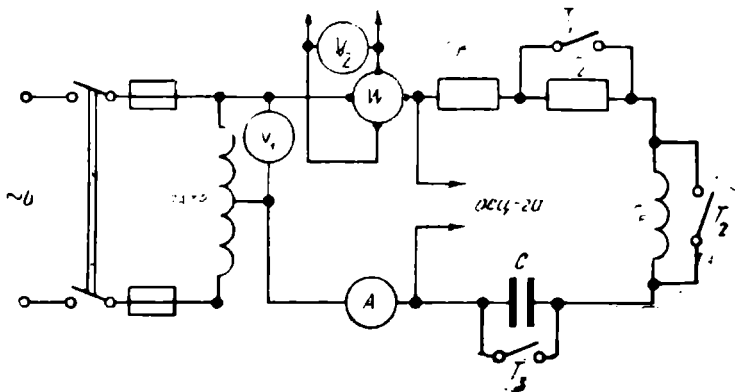
бу ерда $\cos \varphi$ занжирнинг қувват коэффициенти бўлиб, у истеъмол қилинаётган тўла қувватнинг қандай қисми фойдали ишга сарф бўлаётганини кўрсатади.

Қувват $\pm Q = UI \sin \varphi = S \cdot \sin \varphi$ занжирнинг реактив қуввати бўлиб, вольт—ампер реактив, киловольт—ампер реактивларда ўлчанади ва қисқача ВАр, кВАр тарзида ёзилади.

Реактив қувват истеъмол қилинаётган тўла қувватнинг қандай қисми манбага қайтарилётганини билдиради, шунинг учун ҳам реактив қувват дейилади. Индуктив характердаги реактив қувватни мусбат ($+Q_L$) ишора билан, сиғим характердагисини эса манфий ($-Q_C$) ишора билан белгилаш қабул қилинган

III. Ишни бажариш тартиби

1. Лаборатория стенди билан танишиб бўлгандан сўнг 2.12-расмдаги электр схемани йиғиб, уни автотрансформатор (ЛАТР) ёрдамида бир фазали ток тармоғига уланади. ЛАТР нинг чиқиш



2.12- расм.

қисмларидаги кучланишнинг қиймати ўқитувчи томонидан белгиланади.

2. T_2 ва T_3 тумблерларни улаб, r_1 ва r_2 резисторлардан иборат кетма-кет занжир ҳосил қилинади. Ваттметр параллел чулғамининг ва V_2 вольтметрнинг қисмлари уланган шчуплар ёрдамида занжирнинг ҳар бир қисмидаги ва бутун занжирдаги актив қувватни ва кучланишларнинг тушувларини ўлчаб, натижалари 2.7-жадвалнинг актив нағрузка қаторига ёзилади.

3. Тумблер T_1 ни улаб, тумблер T_2 узилади. Натижада резистор r_1 дан ва индуктив ғалтак L дан иборат актив-индуктив характерли кетма-кет занжир ҳосил бўлади. 2-пунктдаги каби ўлчашларни бажариб, натижалари 2.7-жадвалнинг актив-индуктив нағрузка қаторига ёзилади.

4. Тумблер T_2 ни улаб, тумблер T_3 узилади. Натижада резистор r_1 ва сўғим C дан иборат актив-сўғим характерли кетма-кет занжир ҳосил бўлади. 2-пунктдаги каби ўлчашларни бажариб натижалари 2.7-жадвалнинг актив-сўғим нағрузка қаторига ёзилади.

5. Тумблер T_2 ни ажратиб, резистор r_1 индуктив ғалтак L ва сўғим C дан иборат кетма-кет уланган занжир ҳосил қилинади. 2-пунктдаги каби ўлчашларни бажариб, натижаларини 2.7-жадвалдаги нағрузканинг умумий тури қаторига ёзиш керак.

6. 2-пунктдаги ўлчашлар бажарилганда занжир қисмларидаги кучланишлар тушувлари U_1 ва U_2 ларнинг алгебраик йўғиндиси тармоқ кучланиши U га тенг эканлигига; 3, 4 ва 5 пунктларда эса U_1 , U_2 ва U_C кучланишлар тушувларининг алгебраик йўғиндиси тармоқ кучланиши U дан катта бўлишига ишонч ҳосил қилинади.

7. 3, 4 ва 5-пунктларда осциллограф ёрдамида ҳар бир нағрузка турининг осциллограммасини экрандан калькага кўчириб, занжирдаги ток билан кучланиш орасида фаза силжиш бурчаги-

нинг борлигига ва 2-пунктда эса шу фаза силжиш бурчагининг йўқлигига ишонч ҳосил қилинади.

8. Ўлчашдан олинган маълумотлар бўйича ҳар бир нагрузка тури учун масштабда ток ва кучланишларнинг вектор диаграммаси қурилади ва улар билан ёнма-ён тегишли осциллограмма-лари кўрсатилади.

9. 2.7-жадвалдаги барча ҳисоблашларни бажаргандан сўнг занжирнинг параметрларини аниқлашга ўтилади.

10. Ўзгарувчан ток занжирида Ом қонуни ва Кирхгоф иккинчи қонунининг татбиқ этилиш хусусиятлари, шунингдек, ток ва кучланиш орасидаги фаза силжиш бурчагига занжир параметрларининг таъсири ҳақида хулоса берилади.

IV. ҲИСОБОТ ТУЗИШ ТАРТИБИ

1. Ток ва кучланишларнинг вектор диаграммаларини қуриш.

Аввал ток ва кучланишнинг масштабини ($m_I = A/\text{мм}$, $m_U = B/\text{мм}$) танлаб олиш керак.

Кетма-кет занжирларда ток занжирнинг барча элементлари учун бир хил қийматга эга бўлгани учун, уни бош вектор тарзида олиш маъқул ҳисобланади.

а) Нагрузка актив қаршилиқдан иборат бўлганда. Ихтиёрий O нуқтадан ток вектори I ни горизонтал қўйиб (2.10-расм, d) яна шу нуқтадан ток векторининг йўналиши бўйича r_1 резистордаги кучланиш тушуви вектори \bar{U}_1 ни қўямиз, унинг охиридан r_2 резистордаги кучланиш тушуви вектори \bar{U}_2 ни қўямиз. Бу векторларнинг йиғиндиси тармоқ кучланишининг вектори \bar{U} га тенг.

б) Нагрузка актив қаршилиқ ва индуктивликдан иборат бўлганда. Ихтиёрий O нуқтадан ток вектори I ни горизонтал қўйиб (2.10-расм, e) яна шу нуқтадан ток векторининг йўналиши бўйича r_1 резистордаги кучланиш тушуви вектори \bar{U} ни қўямиз. Мазкур занжир учун Кирхгофнинг иккинчи қонунига кўра унга берилган кучланиш:

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

бу ерда z_F — индуктив ғалтакнинг тўла қаршилиги, Ом, \bar{U}_F — индуктив ғалтакдаги кучланиш тушуви, В.

Сўнгра \bar{U}_1 векторнинг охиридан соат стрелкаси ҳаракатига тескари йўналишда индуктив ғалтакдаги кучланиш вектори \bar{U}_F га тенг радиус билан ёй чизиб, O нуқтадан эса бутун занжир кучланишининг вектори \bar{U} га тенг радиус билан ёй чизилади. Ёйларнинг кесишган нуқтасини O нуқта ва \bar{U}_1 векторининг охири билан бирлаштириб, вектор диаграммаси ҳосил қиламиз. Ғал-

таклаги кучланиш \bar{U}_P ни актив $\bar{U}_{aP} = I \cdot r_P$ ва индуктив $U_L = I \cdot x_L$ ташкил этувчиларга ажратиш мумкин.

2.7-жадвал

Нагрузка характери (тури)		Ўлчашлар			Ҳисоблашлар							
		I	U	P	$\cos \varphi$		Z	r	x_L	x_C	L	C
		А	В	Вт	диаграммадан	ҳисоблангани	Ом	Ом	Ом	Ом	Гн	мкФ
Актив	резистор r_1								—	—	—	—
	резистор r_2								—	—	—	—
	бутун занжир								—	—	—	—
Актив-индуктив	резистор r_1								—	—	—	—
	индуктив ғал- так L								—	—	—	—
	бутун занжир								—	—	—	—
Актив-сигим	резистор r_1								—	—	—	—
	конденсатор C								—	—	—	—
	бутун занжир								—	—	—	—
Ўмумий ҳол	резистор r_1								—	—	—	—
	индуктив ғал- так L								—	—	—	—
	конденсатор C								—	—	—	—
	бутун занжир								—	—	—	—

в) Нагрузка актив қаршилик ва сигимдан иборат бўлганда кучланиш векторлари \bar{U} ва \bar{U}_c бош вектор I га нисбатан соат стрелкасининг ҳаракат йўналишида чизилади. Конденсаторнинг актив қаршилиги r_c жуда кичик бўлганидан ундаги кучланишнинг тушуви $U_{ac} = I \cdot r_c$ ҳисобга олинмайди. Шунинг учун куч-

ланиш вектори U_c ток векторидан (U_r нинг охиридан) фаза бўйича 90° га қолувчан бурчак остида қўйилади (2.10-расм, жс).

г) Нагрузка актив қаршиллик, индуктивлик ва сигимдан иборат бўлгандаги умумий ҳол учун вектор диаграмма (2.10-расм, з) қуриш ўқувчиларнинг ўзларига топширилади.

2. Схеманинг параметрларини аниқлаш

а) занжирнинг қувват коэффициентини асбобларнинг кўрса-тиши бўйича қуйидаги формулалардан аниқланади:

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

Вектор диаграммадан эса тегишли ток ва кучланиш векторлари орасидаги бурчакни ўлчаб, унинг қийматини тригонометрик жадвалдан топгандан сўнгра, қувват коэффициенти $\cos \varphi$ ни аниқлаш мумкин ёки тегишли тўғри бурчакли учбурчакнинг катет ва гипотенузасини мм да ўлчаб, уларнинг нисбатини олиш мумкин. Иккинчи усул аниқроқ ҳисобланади. $\cos \varphi$ нинг вектор диаграммадан аниқланган қиймати 2.7-жадвалга ёзилади;

б) занжирнинг истаган қисмининг тўла қаршилиги Om қонундан аниқланади:

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

в) бутун занжирнинг актив қувватидан занжирнинг актив қаршилиги r ни аниқлаш мумкин:

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

Занжирнинг айрим қисмларининг актив қаршилиги резистор, ғалтак ёки конденсаторнинг тегишли актив қувватларини юқоридаги формулага қўйиш билан топилади;

г) ғалтакнинг индуктивлиги L ни аниқлаш учун аввал унинг индуктив қаршилиги x_L топилади:

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

бу ерда z_F — ғалтакнинг тўла қаршилиги, $z_F = U_F/I$; r_F — ғалтакнинг актив қаршилиги, $r_F = \frac{P_F}{I^2}$.

Занжирнинг индуктивлиги:

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

д) конденсаторнинг сигими C ни аниқлаш учун аввал унинг сигим қаршилиги x_c аниқланади:

$$x_c = \frac{1}{\omega C} = \sqrt{z_K^2 - r_K^2}.$$

Конденсаторнинг сизими

$$C = \frac{1}{x_C \cdot \omega} = \frac{1}{x_C \cdot 2\pi \cdot f}, \Phi \text{ (фарада)}$$

ёки

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

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Ом қонуни ва Кирхгофнинг иккинчи қонунини ўзгарувчан ва ўзгармас ток занжирларига қўлланишдаги хусусиятлари нималардан иборат?
2. Нагрузканинг қуйидагича уланган ҳоллари учун ток ва кучланишнинг вектор диаграммасини қандай қуриш мумкин?
 - а) иккита резистор кетма-кет уланганда;
 - б) резистор ва ғалтак кетма-кет уланганда;
 - в) резистор ва конденсатор кетма-кет уланганда;
 - г) резистор, ғалтак ва конденсатор кетма-кет уланганда.
3. Нима учун ғалтакдаги кучланиш U_F ва U_L , шунингдек, конденсатордаги кучланиш U_K ва U_C ўзаро тенг эмас?
4. Занжирнинг актив, индуктив, сизим ва тўла қаршилликлари қандай аниқланади?
5. Ғалтакнинг индуктивлиги L ва конденсаторнинг сизими C қандай аниқланади?
6. Бутун занжирнинг ва занжир айрим қисмларининг қувват коэффициентлари $\cos \varphi$ қандай аниқланади?
7. Соф индуктив ғалтакда кучланишнинг токдан, соф сизимда токнинг кучланишдан фаза бўйича 90° га олдин келишини тушунтириб бериш.

4-лаборатория иши

ЎЗГАРУВЧАН ТОК ЗАНЖИРИДА ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСИ ИСТЕЪМОЛЧИЛАРИНИ ПАРАЛЛЕЛ УЛАШ

I. Ишни бажаришдан мақсад

1. Синусондал ўзгарувчан токнинг параллел занжирлари учун Ом қонунини ва Кирхгофнинг биринчи қонунини татбиқ этиш хусусиятларини ўрганиш.

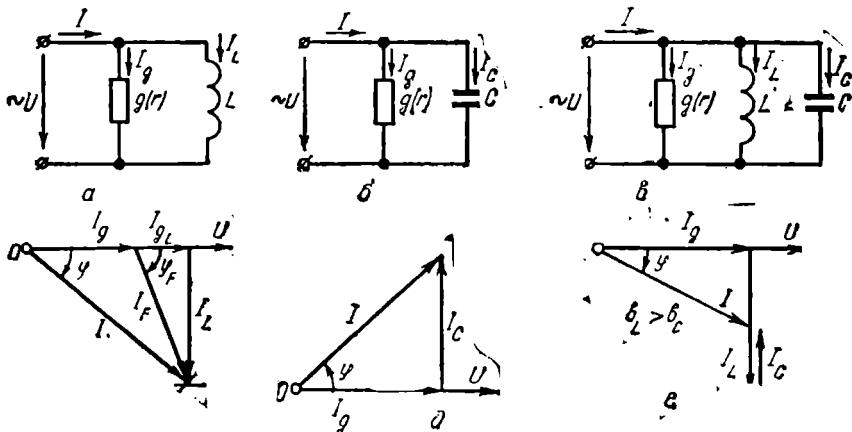
2. Ўзгарувчан ток занжирида актив ўтказувчанлиги g бўлган резистор r , индуктивлик L ва сизим C ни турлича схемаларда параллел улаганда занжирдаги умумий токнинг қандай тақсимланишини амалда текшириш.

3. Ўлчашлардан олинган маълумотлар бўйича параллел занжир учун кучланиш ва тоқларнинг вектор диаграммасини қуришни ўрганиш.

4. Занжирнинг актив g , реактив b (индуктив — b_L , сизим — b_C) ва тўла y ўтказувчанликларини ҳамда қувват коэффициенти $\cos \varphi$ ни аниқлашни ўрганиш.

II. Ишга оид назарий тушунчалар

Маълумки, параллел уланган занжирнинг элементлари бир хил қиймагдаги кучланиш таъсирида бўлади.



2.13- расм

Мазкур лаборатория ишида истеъмолчиларни ўзгарувчан ток занжирига параллел улашнинг қуйидаги ҳоллари ўрганилади:

а) актив ўтказувчанлик g билан индуктив ғалтак L ни параллел улаш (2.13-расм, а);

б) актив ўтказувчанлик g билан конденсатор C ни параллел улаш (2.13-расм, б);

в) умумий ҳолда эса g , L ва C элементларни параллел улаш- дир (2.13-расм, в).

Параллел занжирнинг ҳар бир шохобчасидаги ток Ом қонунига биноан қуйидаги тартибда аниқланади:

а) актив ўтказувчанлик шохобчасидаги ток

$$I_g = g \cdot U,$$

бу ерда: I_g —актив ўтказувчанликли резистор r орқали ўтувчи ток, А; U —тармоқнинг кучланиши, В; g —резисторнинг ўтказувчанлиги, $\frac{1}{\text{Ом}}$.

б) индуктив ғалтакли шохобчадаги ток

$$I_F = b_L \cdot U,$$

бу ерда I_F —индуктив ғалтак орқали ўтувчи ток, А; b_L —индуктив ғалтакнинг ўтказувчанлиги ($\frac{1}{\text{Ом}}$):

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

ω —ўзгарувчан токнинг бурчак частотаси; f —ўзгарувчан токнинг частотаси, Гц; L —ғалтакнинг индуктивлиги, Гн.

в) конденсаторли шохобчадаги ток

$$I_C = b_C \cdot U,$$

бу ерда I_C —конденсаторли занжирдан ўтувчи ток, А; b_C —конденсаторнинг сиғим ўтказувчанлиги, $\left(\frac{1}{\text{Ом}}\right)$:

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

C —конденсаторнинг сиғими, Ф.

Ўзгарувчан токни ҳисоблаш назариясига биноан манбадан истеъмол қилинаётган умумий ток:

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

ёки

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

бу ерда I —занжирнинг тармоқланмаган қисмидаги ток, А; b —занжирнинг реактив ўтказувчанлиги, $\frac{1}{\text{Ом}}$; y —занжирнинг тўла ўтказувчанлиги, $\frac{1}{\text{Ом}}$. Барча ўтказувчанликларнинг ўлчов бирлиги $\frac{1}{\text{Ом}}$ ёки сименс (қисқача См) деб белгиланади.

Кирхгофнинг биринчи қонунига кўра ўзгарувчан ток занжирида тармоқланиш нуқтасидаги тоklarнинг геометрик йиғиндиси нолга тенг, яъни:

$$\bar{I} = \bar{I}_g + \bar{I}_L \quad \text{ёки} \quad \bar{I} - \bar{I}_g - \bar{I}_L = 0 \quad (2.13\text{-расм, } a);$$

$$\bar{I} = \bar{I}_g + \bar{I}_c \quad \text{ёки} \quad \bar{I} - \bar{I}_g - \bar{I}_c = 0 \quad (2.13\text{-расм, } б);$$

$$\bar{I} = \bar{I}_g + \bar{I}_L + \bar{I}_c \quad \text{ёки} \quad \bar{I} - \bar{I}_g - \bar{I}_L - \bar{I}_c = 0 \quad (2.13\text{-расм, } в).$$

Ўзгарувчан ток занжирида истеъмол қилинаётган актив қувват

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

бу ерда $\cos \varphi$ —занжирнинг қувват коэффициентини; φ —занжирнинг тармоқланмаган қисмидаги ток билан кучланиш векторлари орасидаги фаза силжиш бурчаги.

Параллел шохобчаларда истеъмол қилинаётган актив қувватлар

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

$$P_F = U \cdot I_C \cdot \cos \varphi_F;$$

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

бу ерда: P_g —актив ўтказувчанли резистор истеъмол қилаётган қувват, Вт; P_F , P_C —тегишлича индуктив ғалтак ва конденсатор истеъмол қилаётган актив қувват, Вт; $\cos \varphi_F$, $\cos \varphi_C$ —тегишлича ғалтакли ва конденсаторли шохобчаларининг қувват коэффициентлари.

Бутун занжирнинг актив қуввати параллел шохобчалар актив қувватларининг алгебраик йиғиндисидан иборат, яъни:

$$P = P_g + P_F + P_C.$$

III. Ишни бажариш тартиби

1. Лаборатория стенди билан танишиб бўлгандан сўнг 2.14-расмдаги электр схемани йиғиб, уни автотрансформатор (ЛАТР) ёрдамида бир фазали ток тармоғига уланади. ЛАТР нинг чиқиш қисмларидаги кучланишнинг қиймати ўқитувчи томонидан белгиланади.

2. T_1 ва T_2 тумблерларни улаб, резистор r ва индуктив ғалтак L дан иборат параллел занжир ҳосил қилинади. Ваттметр ёрдамида бутун занжирнинг актив қувватини, A_1 ва A_2 амперметрлар ёрдамида эса занжирнинг тармоқланмаган қисмидаги ва шохобчаларидаги тоқларни ўлчаб, олинган маълумотлар 2—8-жадвалнинг актив-индуктив нағрузка қаторига ёзилади.

3. Тумблер T_2 ни узиб, тумблер T_3 уланади. Натижада резистор r ва конденсатор C дан иборат актив-сигим характерли параллел занжир ҳосил бўлади. 2-пунктдаги каби ўлчашларни бажариб натижаларини 2.8-жадвалнинг актив-сигим нағрузка қаторига ёзилади.

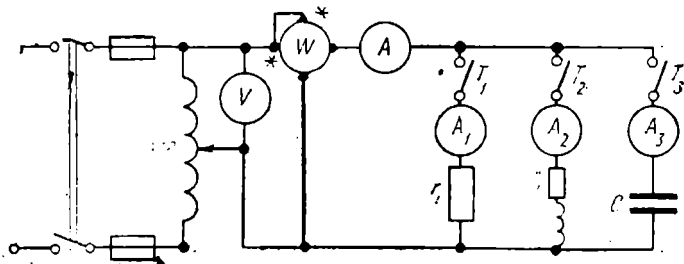
4. Тумблер T_2 ни улаб, резистор r , индуктив ғалтак L ва конденсатор C дан иборат параллел занжир ҳосил қилинади. 2-пунктдаги каби ўлчашларни бажариб, натижаларни 2.8-жадвалдаги нағрузканинг умумий тури қаторига ёзилади.

5. 2,3 ва 4-пунктлардаги ўлчашлар бажарилгандан кейин занжирларнинг шохобчаларидаги I_g , I_L ва I_C тоқларнинг алгебраик йиғиндиси умумий ток I дан катта бўлишига ишонч ҳосил қилинади.

6. Ўлчашдан олинган маълумотлар бўйича ҳар бир нағрузка тури учун масштабда кучланиш ва тоқларнинг вектор диаграммалари қурилади.

7. 2.8-жадвалдаги барча ҳисоблашларни бажаргандан сўнг занжирнинг параметрларини аниқлашга ўтилади.

8. Элементлари параллел уланган ўзгарувчан ток занжири учун Ом қонунини ва Кирхгофнинг биринчи қонунини татбиқ этиш ҳақида хулоса берилсин.



2.14- расм.

Нагрузка характери (тури)		Ўлчашлар					Ҳисоблашлар							
		I	I_1	I_2	I_3	P	$\cos\varphi$		y	g	b_L	b_C	L	C
		А	А	А	А	Вт	диаграм- мадан	ҳисоблан- гани	$\frac{1}{\text{Ом}}$	$\frac{1}{\text{Ом}}$	$\frac{1}{\text{Ом}}$	$\frac{1}{\text{Ом}}$	Гп	мкФ
Актив-индуктив	резистор	—		—	—						—	—	—	—
	индуктив ғалтак	—	—		—					—		—		—
	бутун занжир		—	—	—							—		—
Актив-сигим	резистор	—		—	—						—	—	—	—
	конден- сатор	—	—		—					—	—		—	
	бутун занжир		—	—	—						—		—	
Умумий ҳол	резистор	—		—	—						—	—	—	—
	индуктив ғалтак	—	—		—					—	—	—		—
	конденса- тор	—	—	—						—	—		—	
	бутун занжир		—	—	—									

IV. Ҳисобот тузиш тартиби

1. Кучланиш ва тоқларнинг вектор диаграммаларини қуриш. Аввал ток ва кучланишнинг масштабини ($m_I = A/\text{мм}$ ва $m_U = V/\text{мм}$) танлаб олиш керак.

Кучланиш параллел занжирларда занжирнинг барча шохобчалари учун бир хил қийматга эга бўлгани учун уни бош вектор тарзида олиш маъқул ҳисобланади.

а) нагрузка актив-индуктив характерга эга бўлганда. Ихтиёрий O нуқтадан (2.13-расм, 2) кучланиш U нинг векторини горизонтал йўналишда чизамиз. Яна шу нуқтадан кучланиш векторининг йўналиши бўйича резисторли шохобча орқали ўтувчи ток I_g нинг векторини чизамиз.

Кирхгофнинг биринчи қонунига биноан занжирдаги умумий ток

$$I = I_g + I_P.$$

Бу ифоданинг вектор диаграммасини қуриш учун ток вектори I_g нинг охиридан соат стрелкасининг ҳаракати йўналишида (чунки индуктив ток кучланишдан фаза бўйича орқада қолади) $I_2 = I_F$ токи векторига тенг радиус билан ёй чизилади. Сўнгра O нуқтадан умумий ток I нинг векторига тенг радиус билан ёй чизилади. Ёйларнинг кесишган нуқтасини I_g токи векторининг охири ҳамда O нуқта билан бирлаштириб, вектор диаграммаси ҳосил қиламиз. Ғалтақдан ўтаётган ток I_F ни актив ток I_{gF} ва индуктив ток I_L дан иборат ташкил этувчиларга ажратиш мумкин;

б) нагрузка актив-сигим характерга эга бўлганда ток векторлари I ва I_C соат стрелкасининг ҳаракати йўналишига тескари йўналишда чизилади. Конденсаторнинг актив ўтказувчанлиги жуда кичик бўлганидан уни ҳисобга олимайди. У ҳолда сигим характердаги ток вектори ($I_C = I_3$) кучланиш векторидан фаза бўйича 90° га ўзувчан йўналишда қўйилади (2.13-расм, δ);

в) нагрузка актив резистор, индуктив ғалтак ва конденсатордан иборат бўлгандаги умумий ҳол учун вектор диаграммаси (2.13-расм, e) қуриш ўқувчиларнинг ўзларига топширилади;

г) қувват коэффициентини аниқлаш. Бутун занжирнинг қувват коэффициенти қуйидаги формула билан аниқланади:

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

Параллел шохобчалар учун ҳам қувват коэффициенти ана шу формула билан аниқланади, аммо қувват ва токнинг ҳар бир шохобча учун тегишли қийматлари олинади.

Вектор диаграммадан занжирнинг қувват коэффициентини аниқлаш учун тегишли бурчакларни ўлчаб, тригонометрик жадвалдан $\cos\varphi$ нинг қиймати аниқланади. Шунингдек, вектор диаграммадан тегишли тўғри бурчакли учбурчакнинг катет ва гипотенузларини ўлчаб, уларнинг нисбатини олиш мумкин. Кейинги усул аниқроқ натижа беради;

д) занжирнинг ўтказувчанликларини аниқлаш:

1. Занжирнинг тўла ўтказувчанлиги

$$y = \frac{I}{U}, \text{ См.}$$

2. Занжирнинг актив ўтказувчанлиги

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

3. Занжирнинг индуктив ўтказувчанлиги

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

4. Занжирнинг сигим ўтказувчанлиги

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

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Кирхгофнинг биринчи қонунини ўз арувчан ток занжирларига татбиқ этиш хусусиятлари нима лардан иборат?
2. Ўз арувчан ток занжири учун Ом қонуни қандай тағбиқ этилади?
3. На рузканинг қўйидагича улаиған ҳоллари учун кучланиш ва тоқларнинг вектор диаграммасини қандай қуриш мумкин:
 - а) резистор ва индуктив галтак параллел уланганда;
 - б) резистор ва конденсатор параллел уланганда;
 - в) резистор, индуктив галтак ва конденсатор параллел уланганда.
4. Бутун занжирнинг, галтакнинг ва конденсаторнинг параметрлари қандай аниқланади?
5. Бутун занжирнинг ва занжир шохобчаларининг қувват коэффициентини қандай аниқланади?
6. Фаза сиғиш бурчаги деб нимага айтилади?

5-лаборатория иши КУЧЛАНИШЛАР РЕЗОНАНСИ

I. Ишни бажаришдан мақсад

1. Актив, индуктив ва сиғим қаршиликлари кетма-кет уланган занжирда кучланишлар резонанси ҳодисасини экспериментал текшириш.
2. Занжирнинг кетма-кет тебраниш (резонанс) контурини резонансга қадар, резонанс пайтида ва резонансдан кейинги бўлган параметрларини аниқлаш ва ўзига хос хусусиятларини, иш режимларини ўрганиш.
3. Тажрибадан олинган маълумотларни назарий ҳисоблар билан таққослаш.

II. Ишга оид назарий тушунчалар

Индуктивлик ва сиғим элементлари бўлган электр занжирларда кузатиладиган резонанс ҳодисаларининг табиати механикадаги, молекуляр физикадаги, оптикадаги ва бошқа соҳалардаги резонансларнинг табиатига ўхшашдир. Барча ҳолларда резонанс тебраниш контурига (системасига) ташқаридан берилган даврий таъсир (ташқи куч) туфайли содир бўлади. Ўз параметрларига кўра ҳар бир тебраниш системаси ўзларининг хусусий тебранишлар частотаси ω_0 га эга. Системада тўпланган энергия ўз ҳолатини тўла циклда шу частота тезлигида ўзгартириб туради. Ички энергия сарфи бўлмаган ҳар қандай (идеал) тебраниш системасини ω_0 частота билан тебратиб юборилса, у бу ҳолатни керагича узоқ вақт сақлаб тура олади. Ички энергия сарфи бўлган тебраниш системасида эса тўпланган энергия аста-секин нолгача камая боради ва системадаги тебранишлар ҳам сўнади. Агар системада бўлаётган ҳар циклдаги энергия сарфини ўша ω_0 частотада циклик равишда ташқи энергия манбаидан тўлдириб тура оласа, у ҳолда системада энергия миқдори ўзгармасдан қолиб, тебраниш чексиз узоқ давом этади. Бу резонанс ҳодисасининг намоён бўлишидир. Бошқача айтганда, резонанс тебраниш сис-

темасининг хусусий тебранишлар частотаси ω_0 ни ташқи кучнинг (энергия манбачининг) мажбурий частотаси ω билан мос тушиш ҳодисасидир.

Электр занжирларда тебраниш системаси тарзида индуктив ғалтак L ва сизгим C дан ташкил топган тебраниш контури (2.15-расм, а) қаралади. Конденсаторнинг қопламаларида бошланғич заряд q_0 бўлганда, конденсаторнинг электр майдон энергияси

$$W_e = \frac{q_0^2}{2C} = \frac{CU_0^2}{2} \text{ га}$$

тенг бўлиб, у ғалтакнинг худди шу миқдорли магнит майдон энергияси

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

билан циклик равишда ўрин алмашиб туради ва ушбу ўзгаришлар натижасида контурда $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ бурчак частотали даврий тебранишлар ҳосил бўлади.

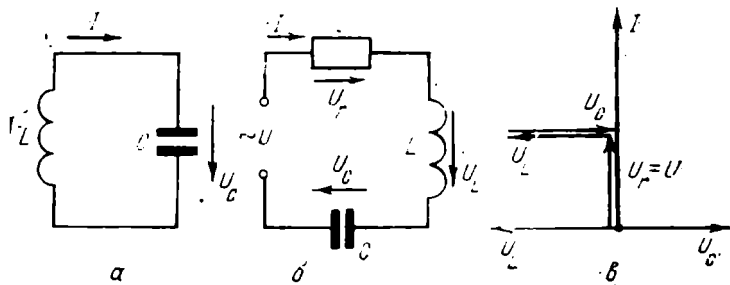
(Бу ерда U_0 —контурдаги конденсатор токи $i = 0$ бўлгандаги кучланиш, ψ_0 —ғалтакдаги ток максимум, яъни $i = I_0$ бўлгандаги илашган магнит оқими). Истаган пайтда L ва C реактив элементлардаги кучланишлар оний қийматларининг йиғиндиси доимо нолга тенг, яъни

$$u_L + u_C = 0,$$

ёки

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

Энергия сарфи мавжуд бўлган электр тебраниш контурининг схемасида актив қаршилик ёки актив ўтказувчанлик бўлиб, занжир элементлари уч хил кўринишда, яъни кетма-кет, параллел ва аралаш схемада уланиши мумкин. Қуйида r , L ва C элементлар кетма-кет уланган (2.15-расм, б) занжирдаги кучланишлар резонанси ҳодисаси кўрилади. Занжирда резонанс ҳодисаси содир бўлиши учун реактив элементларнинг қаршиликлари $x_L = x_C$



2.15- расм.

ёки $\omega L = \frac{1}{\omega C}$ бўлиши керак. Бунга $\omega = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ да эришиш мумкин. Агар кетма-кет тебраниш контурини синусоидал кучланиш $u = U_m \sin \omega t$ манбаига уласак, ундан резонанс пайтида оқиб ўтадиган ток

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

Демак, резонанс пайтида занжирнинг қаршилиги минимал бўлиб, ток ўзининг максимал қийматига эришади. Бу кучланишлар резонанси ҳодисасининг ўзига хос хусусияти ҳисобланади.

Тенглама (I) га биноан кучланишлар резонанси пайтида L ва C реактив элементлардаги кучланишларнинг алгебраик (ёки вектор) йигиндилари нолга тенг, яъни

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

Занжирнинг резонанс пайтидаги ток ва кучланишларининг вектор диаграммаси. 2.15-расм, θ да кўрсатилган. Вектор диаграммадан кўринадики, ўзаро тенг ($U_L = U_C$), аммо қарама-қарши фазада бўлган резонанс (реактив) кучланишлари U_L ва U_C бир-бирларини тўла компенсация қилади. Бу пайтда занжирга берилган кучланиш U актив қаршиликдаги кучланишнинг пасаюви U_r га тенг ва тўла занжир учун ҳисобланган фаза силжиш бурчаги $\varphi = 0$ бўлади. Тебраниш контури манба учун худди актив нагрузка ҳисобланади. Реактив кучланишлар U_L ва U_C нинг таъсир этувчи қийматлари умумий кучланиш U нинг қийматига нисбатан катта ёки кичик бўлиши тебраниш контурининг тўлқин қаршилиги ρ га боғлиқ:

$$\rho = x_L = x_C = \omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C} = \sqrt{\frac{L}{C}}, \text{ (Ом).}$$

Аниқроқ айтганда актив қаршилик r га нисбатан унинг неча марта катта ёки кичиклигига боғлиқ. Бу ерда $Q = \frac{\rho}{r}$ — тебраниш контурининг асллиги дейилади. Тесқари нисбат

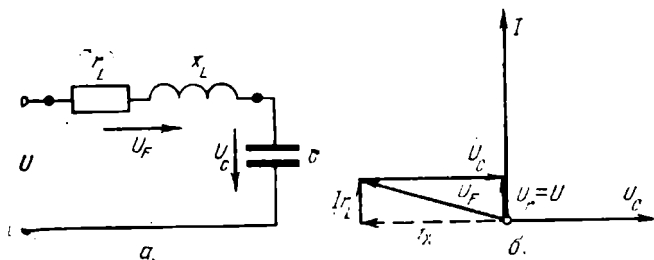
$$d = \frac{r}{\rho} = \frac{1}{Q}$$

эса тебраниш контурининг сўниши деб аталади.

Занжирда кучланишлар резонанси қуйидаги усуллар билан ҳосил қилиниши мумкин:

1. Занжирнинг параметрлари L ва C , яъни частота $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

ўзгармас бўлганда, манбанинг частотасини бир текис ўзгартириш билан $\omega = \omega_0$ тенглик амалга оширилади.



2.16- расм.

2. Манбанинг частотаси ω ўзгармас бўлганда, L ва C параметрлардан биронтасини (ёки иккаласини бир вақтда) бир текис ўзгартириш билан $\omega_0 = \omega$ тенгликка эришилади.

Ҳақиқий кетма-кет тебраниш контурларида актив қаршилик занжирнинг айрим звеноси бўлмасдан, балки индуктив ғалтакнинг тўла қаршилиги z_L нинг актив ташкил этувчиси r_4 тарзида киради (2.16-расм, а)

Занжирда резонанс қарор топганлигини резонанс шarti ($x_L = x_C$) бажарилиб, токнинг максимумга эришганлигидан билиш, мумкин, яъни $I = I_m = \frac{U}{r_4}$. 2.16-расм, б даги резонанс режими учун қурилган вектор диаграммадан кўринадики, резонанс пайтида ғалтакдаги кучланиш U_F конденсатордаги кучланиш U_C дан бирмунча катта, бу қуйидаги ифодадан ҳам кўришиб турибди яъни

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

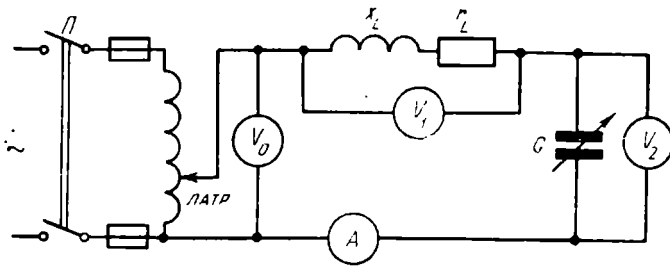
Кучланишлар резонансида занжирга берилган кучланиш нисбатан кичик бўлса ҳам, реактив элементлардаги резонанс кучланишлари бир мунча ортади. Кучланишлар резонансидан фойдали ҳодиса тарзида радиотехникада, телевидениеда ва алоқа техникасида фойдаланилади.

III. Ишни бажариш тартиби

1. Стенда 2.17-расмдаги электр схемани йиғиб, аввалдан автотрансформатор (ЛАТР) дастагининг ҳолати O га қўйилади.

2. Схемани электр тармоғига улаб, ЛАТР ёрдамида берилган кучланишни бир текис ўзгартириб, унинг чиқиш томонида $U = 30 \dots 50$ В кучланишни қўйиш керак. Турли номинал қийматдаги конденсаторларни улаш ёки ажратиш билан сифим S ни ростлаб, занжирда токнинг максимум бўлишига эришинг. Сифимнинг $C_{рез}$ га тўғри келган умумий қийматини дафтарга ёзиб қўйинг.

3. Конденсаторларни тўла ажратиб, кучланиш U нинг конденсаторлар қисмасидаги кучланиш U_2 га тенг эканлигига, шунингдек, ток I ва кучланиш U_1 нинг нолга тенглигига ишонч ҳосил қилинг. Бу маълумотларни 2.9-жадвалнинг биринчи қа-



2.17- расм.

торига ёзинг. Конденсаторнинг сизимини нолдан $C_{рез}$ миқдори-гача погонали ўзгартириш билан резонанс нуқтасига қадар ва ундан кейин ($C > C_{рез}$ бўлганда) 5–6 та экспериментал нуқта-ларни олиб, маълумотларни 2.9-жадвалга ёзинг.

4. 2.9-жадвалдан контурнинг резонансга қадар, резонанс пай-тига ва ундан кейинги иш режимларига мос ток ва кучланиш-ларининг қийматларини топиб, масштабда вектор диаграмма қу-ринг.

5. Ўлчаш натижалари ва 4-пунктдаги геометрик қуришлар бўйича қаршиликларни, фаза силжиш бурчаги φ ни ва бутун занжирнинг қувват коэффициентни $\cos\varphi$ ни ҳисоблашни бажаринг (2.9-жадвал).

6. Резонанс режими учун контурнинг асслиги Q ва сўниши d ни аниқланг.

7. Умумий графикда (масштаб билан) қуйидаги

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

ва $\varphi = f(C)$ боғланишларнинг эгри чизиқларини қуриг.

8. Иш бўйича тегишли хулосаларни беринг.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Умуман резонанс деб нимага айтилади ва хусусан электр занжирлар-даги резонанс нима?

2. Элементлари r , L , C кетма-кет уланган занжирда резонанс пайдо бў-лишининг шарти қандай? Нима учун бу резонанс кучланишлар резонанси деб аталади?

3. Кучланишлар резонансини ҳосил қилишнинг қандай усуллари мавжуд ва улардан қайси бири ушбу ишда қўлланилган?

4. Гебраниш контурининг тўлқин қаршилиги, асслик коэффициенти ва сўниши нима? Бу катталиқлар резонанснинг физик табиатига қандай таъсир кўрсатади?

5. Агар занжирга берилган кучланиш модули бўйича бир қанча ўзгарса (орт-са ёки камайса) резонанс эффекти бузиладими?

6. Конденсаторларнинг сизими ўзгарса, бутун занжирнинг манбадан истеъ-мол қилаётган актив қуввати ўзгарадими? Агар ўзгарса қандай миқдорга ўз-гаради?

7. Резонанс пайтида кучланиш U_F ёки (U_1) ва U_C ёки (U_2) нинг тенг бўлмаслиги қандай тушунтирилади?

8. Нима учун резонанс пайтида занжирдаги ток максимал бўлади?

№ ы т. т.	Ўлчаншлар					Ҳисоблашлар								
	<i>C</i>	<i>U</i>	<i>U₁</i>	<i>U₂</i>	<i>I</i>	<i>Z</i>	<i>Z_L</i>	<i>r_L</i>	<i>x_L</i>	<i>x_C</i>	<i>p</i>	<i>φ</i>	<i>cos φ</i>	<i>ω₀</i>
	мкФ	В	В	В	А	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	град	—	рад с

6-лаборатория иши ТОКЛАР РЕЗОНАНСИ

I. Ишни бажаришдан мақсад

1. Резонанс ҳодисасини актив, индуктив ва сиғим ўтказувчанликлари параллел занжирда содир бўлишини экспериментал текшириб кўриш.

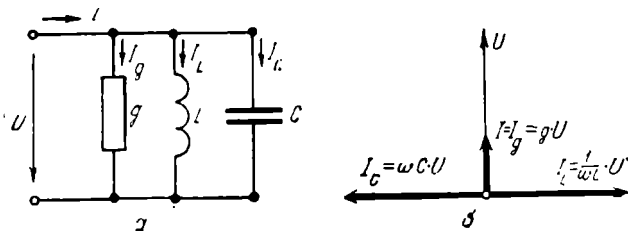
2. Занжирнинг резонанс пайтидаги параметрларини аниқлаш ва параллел занжирларни резонанс режимга сошлашни ўрганиш.

3. Назарий ҳисобларни тажрибадан олинган маълумотлар билан таққослаш.

II. Ишга оид назарий тушунчалар

Резонанс деб тебраниш контурининг хусусий тебранишлар частотаси $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ билан манба частотаси ω нинг мос тушиш ҳодисасига айтилади (резонанс тўғрисидаги тўлароқ маълумотлар 5-лаборатория ишида берилган).

Элементлари g (актив ўтказувчанлик, 1/Ом), L ва C параллел уланган занжирда (2.18-рasm, а) резонанс ҳодисаси содир бўлиши учун индуктив ғалтакдаги $I_L = \frac{1}{\omega L} \cdot U$ ва сиғимдаги $I_C = \omega C \cdot U$ тоқлар ўзаро тенг бўлиши керак. Бунинг учун реактив элементларнинг ўтказувчанликлари ҳам ўзаро тенг бўлиши керак, яъни



2.18- расм.

$b_L = b_C$ ёки $\frac{1}{\omega L} = \omega C$ Бунга фақат $\omega = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ бўлганда эришиш мумкин.

Занжирнинг резонанс режимига оид вектор диаграммаси 2.18-расм, б да кўрсатилган. Вектор диаграммадан кўринадики, микдор жиҳатдан ўзаро тенг, ammo қарама-қарши фазада бўлган реактив (резонанс) тоқлар I_L ва I_C бир-бирларини тўла компенсациялайди. Занжирга берилган кучланиш вектори \bar{U} билан фаза жиҳатдан мос тушувчи актив ток вектори \bar{I}_g бир йўла занжирнинг умумий токи ҳисобланади. Шундай қилиб, резонанс пайтида контур электр тармогида худди актив нагрузкадек ишлайди. Бу пайтда занжирдаги кучланиш билан умумий ток орасидаги фаза силжиш бурчаги $\varphi = 0$ бўлади. Бошқа томондан занжирни ω бурчак частотали синусоидал кучланиш $u = U_m \sin \omega t$ га улаганда унинг тўла ўтказувчанлиги

$$y = \sqrt{g^2 + \left(\frac{1}{\omega L} - \omega C\right)^2} = g, \text{ чунки } \frac{1}{\omega L} = \omega C.$$

Резонанс пайтида ўзаро компенсацияланувчи реактив тоқлар I_L ва I_C занжирдаги актив ток $I_g = I$ дан бир қанча марта катта ёки кичик бўлиши мумкин, бу тебраниш контурининг тўлқин ўтказувчанлиги

$$\gamma = \frac{1}{\omega_0 L} = \omega_0 C = \sqrt{\frac{C}{L}}, \left[\frac{1}{\text{Ом}} \right]$$

актив ўтказувчанлик g дан неча марта катта ёки кичиклигига боғлиқ. $Q = \frac{1}{g}$ нисбат тебраниш контурининг аслик коэффициенти дейилади. Тескари нисбат $d = \frac{g}{\gamma}$ тебраниш контурининг сўниши дейилади.

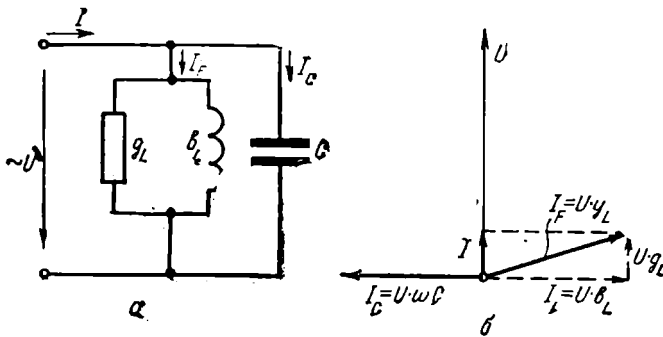
Занжирда тоқлар резонанси қуйидаги усуллар билан ҳосил қилиниши мумкин:

1. Занжирнинг L ва C параметрларини, шунингдек, $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

ўзгармас бўлганда манбанинг частотасини бир текис ўзгартириш билан $\omega = \omega_0$ тенглик амалга оширилади.

2. Манбанинг частотаси ω ўзгармас бўлганда L ва C параметрлардан биронтасини (ёки иккаласини бир вақтда) бир текис ўзгартириш билан $\omega = \omega_0$ тенгликка эришилади.

Ҳақиқий параллел тебраниш контурларида актив ўтказувчанлик занжирнинг айрим звеноси бўлмасдан балки индуктив ғалтак тўла ўтказувчанлиги y_L нинг актив ташкил этувчиси g_L тарзида киради (2.19-расм, а). Занжирда резонанс қарор топганлигини резонанс шarti ($b_L = b_C$) бажарилиб, токнинг минимумга ($I = I_{min} = U \cdot g$) эришганлигидан билиш мумкин. 2.19-расм, б даги резонанс режими учун қурилган вектор диаграммадан кўринадики, резонанс пайтида индуктив ғалтакдаги токнинг модули



2.19- расм.

$I_F = U \cdot y_L$ конденсатордаги ток $I_C = U \cdot \omega C$ дан бирмунча катта, бу қуйидаги ифодадан ҳам кўриниб турибди, яъни

$$I_F = U \cdot y_L = U \cdot \sqrt{g_L^2 + b_L^2}$$

Резонанс режимида реактив элементлардаги тоқлар I_L ва I_C миқдор жиҳатдан актив элементдаги ток $I_g = I$ дан бир мунча катта бўлади. Шунинг учун ҳам бу ҳодиса тоқлар резонанси деб аталади. Занжирдаги умумий тоқнинг занжирга берилган кучланиш билан бир хил фазада бўлиши, тоқлар резонанс ҳодисасидан энергетик қурилмаларнинг қувваг коэффициентни $\cos \varphi$ ни бирга яқинроққача кўпайтиришда фойдаланиш мумкин. Энергетик қурилманинг тоқлар резонанси режимида ишлаши манбадан келаётган энергиядан тўла фойдаланиш нуқтаи назаридан энг қулай ҳисобланади.

Индуктив ғалтак ва конденсатордаги электромагнит майдонни ўзгартириб туриш учун сарфланадиган реактив энергия ана шу элементлар орасида алмашилиб туради, чунки $UI_L = UI_C$.

III. Ишни бажариш тартиби

1. Стенда 2.20-расмдаги электр схемани йиғиб, аввалдан автотрансформатор (ЛАТР) дастагини $O B$ ҳолатига қўйинг. (Конденсаторнинг сиғими ҳар бир группа (бригада) студентлар учун ўқитувчи томонидан белгиланиб, кейин ўзгартирилмайди.)

2. Улагичнинг P кнопкасини босиш билан схемани электр тармоғига улаб, ЛАТР ёрдамида берилган кучланишни бир текис ўзгартириб, унинг чиқиш томонида $U_C = 150 \div 200$ В (ўқитувчининг кўрсатмаси бўйича) кучланишни қўйинг. Индуктив ғалтак пўлат ўзагининг ҳолатини ростлаш билан занжирдаги тоқнинг минимал ($I_0 = I_{min}$) бўлишига эришинг.

I_0 . I_1 ва I_2 тоқларнинг қийматларини дафтарга ёзиб қўйинг.

3. Кейинчалик ғалтак ўзагининг ҳолатини ростлаш билан ток $I_1 (I_L)$ қийматининг минимал бўлишига эришинг. Бу ҳолатда пўлат ўзакдаги ҳаволи оралиқ минимал бўлади. Кучланиш ва ток-

2.20- расм.

ларнинг бу нуқтадаги қийматларини 2.10-жадвалнинг биринчи қаторига ёзилади.

4. Индуктив ғалтакнинг пўлат ўзагидаги ҳаволи бўшлиқни резонансга қадар ($I_2 > I_1$) орттира бориб, оралиқдаги 4—5 нуқталарда, резонанс нуқтасида битта ($I_0 = I_{0min}$) ва ундан кейин ҳам 4—5 та нуқталарда ($I_1 > I_2$) экспериментал ўлчашларни бажариб, олинган маълумотларни 2.10-жадвалга ёзинг.

5. 2-10-жадвалдан контурнинг учта характерли режими учун, яъни резонансга қадар, резонанс пайтига ва ундан кейинги иш режимларига мос кучланиш ва тоқларнинг қийматларини топиб, масштаб билан ана шу режимлар учун вектор диаграмма қуринг.

6. Ўлчаш натижалари ва 5-пунктдаги геометрик қуришлар бўйича ўтказувчанликларни, фаза силжиш бурчаги φ ни ва бутун занжирнинг қувват коэффициенти $\cos\varphi$ ни ҳисоблашни бажаринг (2.10-жадвал).

2.10-жадвал

		Ўлчашлар				Ҳисоблашлар									
№ №		U_0	I_0	I_1	I_2	L	C	y_L	g_L	b_L	b_C	γ	φ	$\cos\varphi$	ω_0
т. т.		В	А	А	А	Гн	мкФ	$\frac{1}{\text{Ом}}$	$\frac{1}{\text{Ом}}$	$\frac{1}{\text{Ом}}$	$\frac{1}{\text{Ом}}$	$\frac{1}{\text{Ом}}$	град	—	$\frac{\text{рад}}{\text{с}}$

7. Умумий координаталар системасида қуйидаги $I_0 = I_0(L)$; $I = f_1(L)$; $I_2 = f_2(L)$; $y = f_3(L)$ ва $\varphi = f_4(L)$ боғланишларнинг эгри чизиқлари қурилсин.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Электр занжирларда содир бўладиган резонанс ҳодисаси деб нимага айтилади?

7-лаборатория иши

ИСТЕЪМОЛЧИЛАР ЮЛДУЗ СХЕМАДА УЛАНГАН УЧ ФАЗАЛИ ТОК ЗАНЖИРИНИ ТЕКШИРИШ

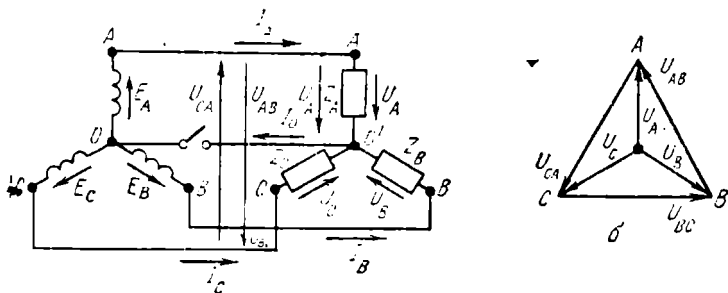
I. Ишни бажаришдан мақсад

1. Истеъмолчилар юлдуз схемада уланган уч фазали ток занжирининг турли режимлардаги ишини экспериментал текшириш:
 - а) текис актив нагрузка учун;
 - б) нотекис актив нагрузка учун;
 - в) нотекис актив, индуктив ва сиғим нагрузкалар учун.
2. Ток ва кучланишларнинг топографик (вектор) диаграммасини қуришни ўрганиш.
3. Фаза ва линия кучланишларини ўлчашни ўрганиш ва улар орасидаги нисбатни экспериментал текшириш.

II. Ишга оид назарий тушунчалар

Уч фазали ўзгарувчан (синусоидал) ток занжирида электр энергиясининг истеъмолчиларини уч фазали ЭЮК манбаи билан „юлдуз“ ёки „учбурчак“ схема бўйича бириктирилади.

Уч фазали ток манбаига истеъмолчиларнинг қандай схема бўйича уланиши уларнинг ҳар қайси фазаларининг қаршиликларини қандай миқдордаги номинал кучланишга мўлжалланганига боғлиқ. Истеъмолчилар „юлдуз“ схемада уланганда z_A, z_B, z_C фаза қаршиликларининг бош учлари A, B, C манбадан келаётган линия симларига, охириги учлари эса нейтрал нуқта O' га уланади. Агар нагрузка фазалар бўйича носимметрик бўлса, у ҳол-



2.21- расм.

Фаза кучланиши деб истаган бирон линия сими билан нейтрал сим орасидаги ҳамда манба ёки истеъмолчининг бир номли фазаларининг бош ва охириги учлари орасидаги кучланишларга айтилади. Улар U_A , U_B , U_C ёки U_ϕ деб белгиланади.

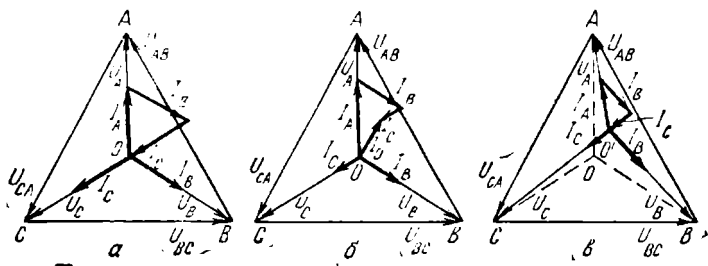
Шунингдек, фаза кучланишларининг таъсир этувчи қийматлари ҳам ўзаро тенг: $U_A = U_B = U_C = U_\phi$ ва уларнинг векторлари симметрик уч нузли юлдуз ҳосил қилади (2.21-расм, б).

Линия кучланиши деб истаган иккита линия сими орасидаги ёки истаган иккита фазанинг (манба ёки истеъмолчи) бош учлари (A, B, C) орасидаги кучланишларга айтилади. Линия кучланишлари U_{AB} , U_{BC} , U_{CA} ёки U_L кўринишида белгиланади. Улар симметрик нагрузкада ўзаро тенг бўлиб, фаза кучланишлардан $\sqrt{3}$ марта катта, яъни

$$U_{AB} = U_{BC} = U_{CA} = U_L = \sqrt{3} U_\phi.$$

Линия симларидан ($A-A$, $B-B$, $C-C$) оқиб ўтаётган тоқлар линия тоқлари дейилади. Улар I_A , I_B , I_C ёки I_L билан белгиланади. Манба ва истеъмолчининг бир номли фазаларидан оқиб ўтаётган тоқлар фаза тоқлари дейилиб I_A , I_B , I_C ёки I_ϕ билан белгиланади.

Истеъмолчилар юлдуз схемада уланганда манба билан истеъмолчининг бир номли фазалари кетма-кет уланганлигидан линия ва фаза тоқлари ўзаро тенг, яъни $I_L = I_\phi$ бўлади. Фаза қаршиликлари тенг бўлганда (симметрик) фаза тоқларининг оний қийматлари амплитудалари бўйича тенг бўлиб, аммо нагрузка ха-



2.22- расм.

рактарига кўра оний фаза ЭЮК дан (кучланишдан) φ бурчакка силжиган бўлади:

$$\begin{aligned} i_A &= I_m \sin(\omega t \pm \varphi); \\ i_B &= I_m \sin(\omega t - 120^\circ \pm \varphi); \\ i_C &= I_m \sin(\omega t - 240^\circ \pm \varphi), \end{aligned}$$

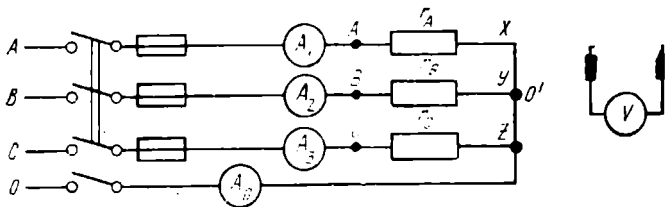
ва шу тоқларнинг йигиндисига тенг бўлган нейтрал симдаги ток нағрузка симметрик бўлганда нолга тенг бўлади (бу ерда $I_m = \frac{U_m}{Z_\phi}$).

Бу симметрик актив нағрузка ($r_A = r_B = r_C = r_\phi$) режими учун қурилган ток ва кучланишларнинг вектор диаграммасидан ҳам кўриниб турибди (2.22-расм. а). Агар фаза қаршиликлари тенг бўлмаса ($r_A \neq r_B \neq r_C$) фаза кучланишларининг симметрисини $U_A = U_B = U_C = U_\phi$ сақлаш учун O ва O' нуқталар орасида нейтрал сим уланади (2.21-расм, а). U ҳолда йигинди ток $i_A + i_B + i_C = i_N \neq 0$ нейтрал сим бўйлаб оқади. Бу режим учун ток ва кучланишларнинг вектор диаграммаси 2.22-расм, б да кўрсатилган. Носимметрик нағрузкада нолинчи (нейтрал) симни ажратиш мумкин эмас. чунки фаза тоқлари йигиндисининг нолга тенг бўлиши фаза кучланишларининг (U_A, U_B, U_C) қайта тақсмоти ҳисобига бўлади. Бунда нағрузкаси кам фазанинг кучланиши номинал қийматидан оргиб, кўпникки камайиб кетади. Бўлаётган процесслар Ом ва Кирхгоф қонунларига биноандир (2.22-расм, в).

IV. Ишни бажариш тартиби

1. 2.23-расмда кўрсатилган симметрик актив нағрузкали схемани йигиб, занжирни уч фазали ток тармоғига уланг.

Фаза қаршиликлари r_A, r_B, r_C ни ростлаш билан фаза амперметрлари A_1, A_2 ва A_3 ларнинг бир хил кўрсатишига эришиш керак. Симметрик нағрузкада нейтрал симда ток йўқлигига амперметр A_0 ёрдамида ишонч ҳосил қилинг. Сўнгра нейтрал симни ажратиб, уч фазали симметрик системанинг нормал ишлашига ишонч ҳосил қилинг. Фаза ва линия ток ва кучланишларини ўлчаш натижаларини 2.11-жадвалга ёзинг.



2.23- расм.

2. Нейтрал симни қайта улаб ва r_A, r_B, r_C фаза қаршиликларининг қийматларини ўзгартириб, истеъмолчининг фазаларида нотекис нагрузка ҳосил қилинг. Нейтрал симдаги токнинг миқдори фаза тоқларининг носимметриклик даражасини кўрсатади. Ўлчаш натижаларини 2.11-жадвалга ёзинг.

3. Занжирнинг параметрларини 2-пунктда айтилгандек қолдириб, нейтрал симни ажратгандан сўнг, истеъмолчининг фаза тоқларини I_A, I_B, I_C ва кучланишларини U_A, U_B, U_C ҳамда нейтрал симнинг ажратилган нуқталари орасидаги кучланишни ўлчанг (нейтралнинг силжиши). Фаза кучланишлари симметриясининг бузилганлигига ва манба билан истеъмолчининг O ва O' нуқталари орасида кучланиш пайдо бўлишига ишонч ҳосил қилинг. Ўлчаш натижаларини 2.11-жадвалга ёзинг.

4. Занжирни манбадан ажратиб истеъмолчининг истаган иккита фазасидаги актив қаршиликларни индуктивлик ва сиғимга алмаштириб, нейтрал симни қайта улагандан сўнг, r, L, C пара-

2.11- ж а д в а л

Нагрузка турлари	Ўлчашлар										Ҳисоблашлар		
	I_A	I_B	I_C	I_O	U_A	U_B	U_C	U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}	$\frac{U_{AB}}{U_A}$	$\frac{U_{BC}}{U_B}$	$\frac{U_{CA}}{U_C}$
	А	А	А	А	В	В	В	В	В	В			
Актив симметрик													
Актив носимметрик													
Худди ўшандай, нолинчи сим узилган													
Аралаш (r, L, C), нолинчи сим уланган													
Аралаш (r, L, C), нолинчи сим узилган													

метрларни ростлаш билан фаза тоқларининг қиймат жиҳатдан тахминий тенг бўлишига эришинг, яъни $I_A = I_B = I_C$ бўлсин. Нагрузка характерлари турлича бўлса, фаза тоқлари ўзаро тенг бўлганида ҳам нейтрал симда ток бўлишига ишонч ҳосил қилинг. Ўлчаш натижаларини 2—11-жадвалга ёзинг.

5. Занжирнинг барча иш режимлари учун (1:4) масштабда ток ва кучланишларнинг топографик вектор диаграммасини қуринг. Ток I_0 нинг вектор диаграммадаги ва ўлчашдан олинган қийматларини солиштиринг.

6. Қуйидаги саволларга ёзма жавоб беринг: а) нейтрал симнинг аҳамияти; б) уч фазали занжирнинг қатъий ва шартли симметрияси ҳақида тушунча.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Уч фазали занжирларни бириктиришнинг қандай усуллари бор ва улар қандай ҳолларда қўлланади?

2. Нейтрал симнинг аҳамияти қандай?

3. Уч фазали текис ва нотекис нагрузка нима?

4. Уч фазали ток ва кучланишлар қандай ҳолда симметрик система ташкил қилади?

5. Уч фазали системада фазалар алмашиниши нима ва у аралаш нагрузкада нейтрал (нолинчи) симдаги токка қандай таъсир этади?

6. Уч фазали симметрик истеъмолчини юлдуз схемадан учбурчак схемага қайта уланса, фаза тоқлари ва кучланишлари қандай ўзгаради?

7. Уч фазали занжирларнинг тўрт симли линияларида нима учун нейтрал симнинг кундаланг кесими фаза симлариникидан кичик?

8. Уч фазали симметрик ва носимметрик истеъмолчиларга оид мисоллар келтиринг.

8-лаборатория иши

ИСТЕЪМОЛЧИЛАР УЧБУРЧАК СХЕМАДА УЛАНГАН УЧ ФАЗАЛИ ТОҚ ЗАНЖИРИНИ ТЕКШИРИШ

I. Ишни бажаришдан мақсад

1. Истеъмолчилар учбурчак схемада уланган уч фазали ток занжирининг турли режимлардаги ишини экспериментал текшириш:

а) симметрик актив нагрузка учун;

б) носимметрик актив нагрузка учун;

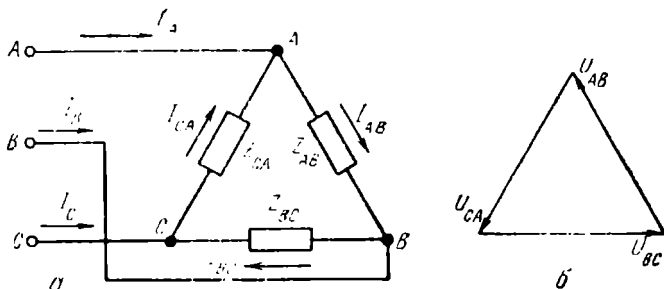
в) айрим фазалари ажратилган ва бирон линия сими узилган ҳолатлари учун.

2. Фаза ва линия тоқлари орасидаги нисбатни экспериментал текшириш.

3. Ток ва кучланишларнинг вектор (топографик) диаграммаларини қуриш бўйича тажриба орттириш.

II. Ишга оид назарий тушунчалар

Уч фазали ўзгарувчан (синусоидал) ток занжирида электр энергиясининг истеъмолчиларини уч фазали ЭЮК (кучланиш) манбаи билан „юлдуз“ ёки „учбурчак“ схема бўйича уланади.



2.24- расм.

Истеъмолчиларнинг уч фазали ток манбаига қандай схема бўйича уланиши, истеъмолчи алоҳида фазаси қаршилигининг қандай миқдордаги номинал кучланишга мўлжалланганига боғлиқ. Учбурчак уланганда фаза қаршиликлари z_{AB} , z_{BC} , z_{CA} лар тегишли A , B ва C линия симларининг ораларига уланади, яъни истеъмолчининг биринчи фазаси A ва B линия симлари оралиғида, иккинчи фазаси B ва C линия симлари оралиғида ва ниҳоятда учинчи фазаси C ва A линия симлари оралиғида уланган бўлиши керак (2.24-расм, а)

Уч фазали истеъмолчи қаршиликларининг қисмларидаги фаза кучланишлари уч фазали симметрик системани ҳосил қилади (2.24-расм, б), яъни

$$\begin{aligned} u_{AB} &= U_m \sin \omega t; \\ u_{BC} &= U_m \sin(\omega t - 120^\circ); \\ u_{CA} &= U_m \sin(\omega t + 120^\circ). \end{aligned}$$

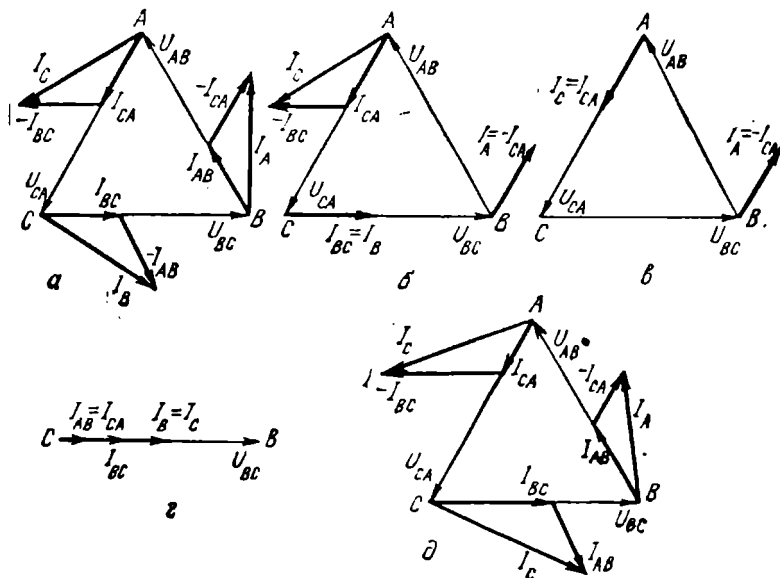
Линия кучланишларининг таъсир этувчи қийматлари учун қуйидаги тенгликларни ёзиш мумкин:

$$U_{AB} = U_{BC} = U_{CA} = U_\phi = U_L; \quad U_\phi = U_L,$$

демак, истеъмолчилар учбурчак схемада уланганда линия ва фаза кучланишлари ўзаро тенг бўлар экан.

Фаза тоқлари I_{AB} , I_{BC} , I_{CA} фақат айрим фаза қаршиликлари (z_{AB} , z_{BC} , z_{CA}) ларнинг характерига ва миқдорларига боғлиқ бўлиб, линия симларидаги тоқлар I_A , I_B , I_C га тенг эмас (2.24-расм, а). Линия ва фаза тоқлари орасидаги боғланиш A , B , C тугунлар учун Кирхгофнинг биринчи қонуни бўйича тузилган тенгламалардан аниқланади:

$$\begin{aligned} \bar{I}_A &= \bar{I}_{AB} - \bar{I}_{CA}; \\ \bar{I}_B &= \bar{I}_{BC} - \bar{I}_{AB}; \\ \bar{I}_C &= \bar{I}_{CA} - \bar{I}_{BC}. \end{aligned}$$



2.25- расм.

Ушбу тенгламалар ёрдамида уч фазали нагруканинг барча ҳоллари учун линия тоқларини аниқлаш мумкин.

Уч фазали симметрик нагрукда линия тоқлари ўзаро тенг бўлиб ($I_A = I_B = I_C$), фаза тоқлари (I_{AB}, I_{BC}, I_{CA}) дан $\sqrt{3}$ марта катта, яъни $I_L = \sqrt{3} I_\phi$ бўлади. Бунда линия ва фаза тоқлари симметрик системани ҳосил қилади.

Нагрукка носимметрик бўлганда линия ва фаза тоқлари орасидаги бу нисбат сақланмайди.

2.25- расм, а, б, в, г ва д ларда уч фазали истеъмолчининг турли нагрукка режимлари учун ток ва кучланишлар вектор диаграммаларининг қурилиши кўрсатилган:

а) симметрик актив нагрукка учун (2.25- расм, а);

б) истеъмолчининг битта фазаси узилган, яъни $I_{AB} = 0$ ҳолати учун (2.25- расм, б);

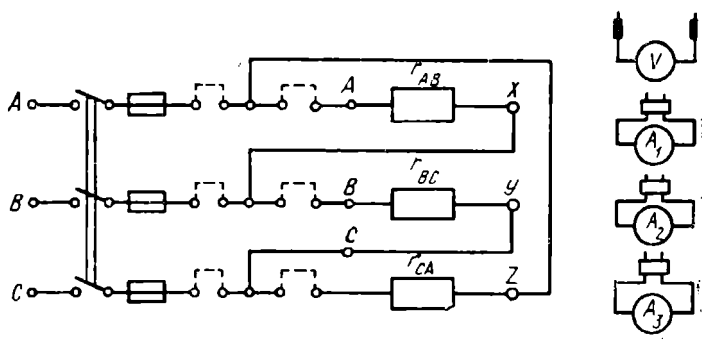
в) истеъмолчининг иккита фазаси узилган, яъни $I_{AB} = 0, I_{BC} = 0$ ҳолатлар учун (2.25- расм, в);

г) битта линия сими узилган, яъни $I_A = 0$ ҳолати учун (2.25- расм, г);

д) носимметрик актив нагрукка учун (2.25- расм, д).

III. Ишни бажариш тартиби

1. 2.26- расмда кўрсатилган симметрик актив нагруккали схемани йиғиб, занжирни уч фазали ток манбага уланг. Фаза қаршиликлари (r_{AB}, r_{BC} ва r_{CA}) ни ростлаш билан фаза тоқларининг



2.26- расм.

тенглигига ($I_{AB} = I_{BC} = I_{CA} = I_{\phi}$) эришинг. Фаза ва линия токлари ва кучланишларини ўлчаш натижаларини эса 2.12- жадвалга ёзинг. Линия токиннинг фаза токидан $\sqrt{3}$ марта катта бўлишига ишонч ҳосил қилинг.

2. Уч фазали истеъмолчининг фазаларидан биттасини ажратиб, ўлчаш натижаларини 2.12- жадвалга ёзинг.

3. Уч фазали истеъмолчининг фазаларидан иккитасини ажратиб, ўлчаш натижаларини 2.12- жадвалга ёзинг.

4. Симметрик актив нагрузкани қайта тиклаб, линия симларидан биттасини ажратинг, линия, фаза токлари ва кучланишларининг қийматларини 2.12- жадвалга ёзинг.

5. Фазалардаги r_{AB} , r_{BC} , r_{CA} қаршиликларни ростлаш билан
2.12- ж а д в а л

Нагрузка турлари	Ўлчашлар									Ҳис.обташлар		
	I_{AB}	I_{BC}	I_{CA}	I_A	I_B	I_C	U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}	I_A	I_B	I_C
	A	A	A	A	A	A	B	B	B	I_{AB}	I_{BC}	I_{CA}
Актив симметрик												
Битта фаза узилган												
Иккита фаза узилган												
Линия сими узилган												
Актив но-симметрик												

фаза тоқларининг ($I_{AB} \neq I_{BC} \neq I_{CA}$) тенг бўлмаслигига эришинг (но-текис актив нагрузка) ва ўлчаш натижаларини 2.12- жадвалга киритинг.

6. 2.12- жадвалдаги маълумотлардан фойдаланиб, линия ва фаза тоқлари орасидаги нисбатни ҳисоблаш ва занжирнинг барча иш режимлари (1 : 5 пунктлар) учун масштабда ток ва кучланишларнинг (топографик) вектор диаграммасини қуринг.

7. Қуйидагиларга хулоса чиқаринг:

а) уч фазали носимметрик нагрузканинг фаза кучланишлари симметриясига таъсири тўғрисида;

б) уч фазали занжирнинг барча иш режимларида линия ва фаза тоқлари орасидаги нисбатлар тўғрисида.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Ток ва кучланишларнинг симметрик системаси нима?

2. Уч фазали нагрузкани улаш усули қандай аниқланади?

3. Нима учун уч фазали истеъмолчи учбурчак схемада уланганда фаза ва линия кучланишлари ўзаро тенг бўлиб, тоқлар эса тенг эмас?

4. Уч фазали симметрик нагрузканинг битта фазаси ажратилганда линия тоқлари ва кучланишлари қандай ўзгаради?

5. Линия симларидан биттаси ажратилганда занжирнинг иш режими қандай ўзгаради?

6. Қандай ҳолда линия тоқлари симметрик системани ташкил қилади?

7. Уч фазали токнинг бир фазали тоқдан афзаллиги нимада?

8. Уч фазали симметрик истеъмолчиларга мисоллар кўрсатинг.

9. Уч фазали нагрузка учбурчак схема бўйича қандай уланади?

9- лаборатория иши

УЧ ФАЗАЛИ ТОҚ ЗАНЖИРЛАРИДАГИ ҚУВВАТНИ ЎЛЧАШ

I. Ишни бажаришдан мақсад

1. Электродинамик системали ваттметрларнинг тузилиши ва ишлаш принципи билан танишиш.

2. Уч фазали ток занжирларида бир фазали ва уч фазали ваттметрлар ёрдамида актив ва реактив қувватларни ўлчаш усуллари билан танишиш.

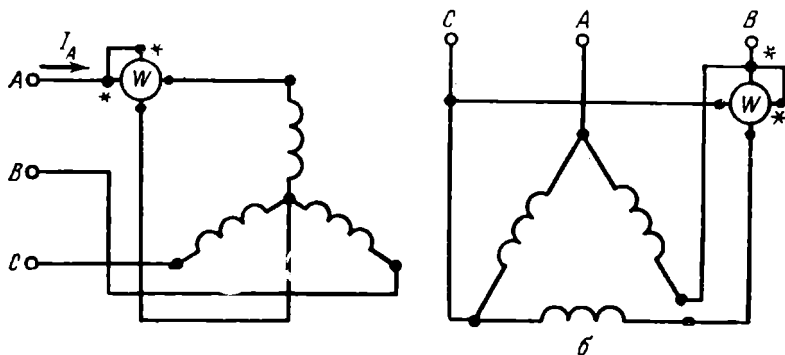
3. Актив қувватни битта, иккита ва учта ваттметр билан ва уч фазали симметрик системанинг реактив қувватини битта ваттметр билан ўлчаш усулларининг назарий асослари билан танишиш.

II. Ишга оид назарий тушунчалар

Актив қувватни ўлчаш асбоблари (ваттметрлар)

$$UI \cos \varphi = UI \cos(\widehat{U, I})$$

катталиқни ўлчайди. Бу ерда U —ваттметрнинг кучланиш чулғамига берилган кучланиш, V ; I —ваттметрнинг ток чулғамидан ўтаётган ток, A . φ —кучланиш билан ток орасидаги фаза силжиш бурчаги.



2.27- расм.

Уч фазали симметрик системанинг актив қуввати қуйидаги бир ҳадли формула билан ифодаланади:

$$P = 3U_{\phi} I_{\phi} \cos \varphi_{\phi} = \sqrt{3} U_{\text{Л}} I_{\text{Л}} \cos \varphi_{\phi},$$

бу ерда $U_{\text{Л}}$ ва $I_{\text{Л}}$ —кучланиш ва токнинг линия қийматлари; φ —кучланиш билан ток орасидаги силжиш бурчаги. Шунинг учун кучланиш ва токнинг линия қийматларига уланган ваттметр уч фазали занжирнинг қувватини кўрсатмайди.

Аммо қувватнинг биринчи ифодаси симметрик системада уч фазали занжирнинг қувватини битта ваттметр билан ўлчаш имконини беради, лекин унинг кўрсатишини учга кўпайтириш керак. Бунда ваттметр чулғамлари тегишлича фаза кучланиши ва токига уланиши керак (2.27-расм). Уч фазали двигателнинг чулғамларини юлдуз ёки учбурчак улаганда унинг қувватини ўлчаш схемалари 2.27-расмда кўрсатилган.

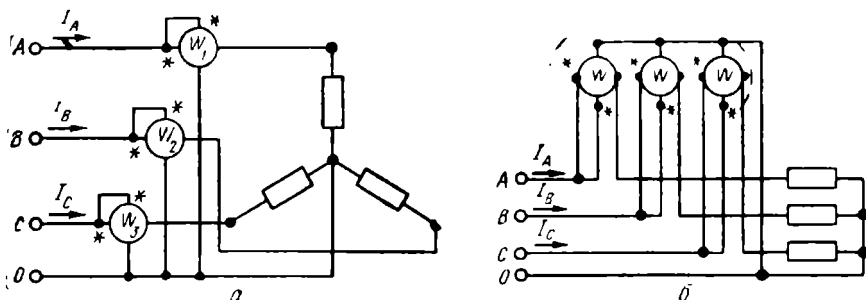
Носимметрик уч фазали занжирнинг қувватини ўлчаш учун қуйидаги формуладан фойдаланилади:

$$P_{3\phi} = P_A + P_B + P_C = U_A I_A \cos \varphi_A + U_B I_B \cos \varphi_B + U_C I_C \cos \varphi_C.$$

Бунда қувватни ўлчаш учта ваттметр билан бажарилиб, ҳар бир ваттметр истеъмолчининг фаза кучланишига ва токига уланиши керак (2.28-расм, а). Ҳар бир ваттметр кўрсатишини ўз фазасининг қуввати бўйича аниқ физик маъноси бор.

Одатда, тўрт симли уч фазали занжирнинг қувватини ўлчаш учун уч элементли ваттметрдан фойдаланилади. Бундай ваттметрда учта қўзғалмас, учта ҳаракатланувчи чулғам бўлиб, улардан ўтган тоқларнинг ўзаро таъсиридан ҳосил бўлган айлантирувчи моментлар умумий ўққа маҳкамланган ҳаракатланувчи чулғамларга таъсир этади (2.28-расм, б). Фазалар бўйича қувватларни жамлаш автоматик бажарилади.

Уч симли уч фазали занжирнинг симметрик ва носимметрик нағрузкадаги қуввати иккита ваттметр ёки икки элементли ватт-



2.28- расм.

метр ёрдамида ўлчанади. Бу усул уч симли уч фазали занжирнинг икки ҳадли қувват формуласига асосланган. Уч фазали занжирнинг оний қуввати

$$p = u_A \cdot i_A + u_B \cdot i_B + u_C \cdot i_C.$$

Уч симли уч фазали системада $i_A + i_B + i_C = 0$, бундан $i_C = -(i_A + i_B)$.

У ҳолда уч фазали занжирнинг оний қувват формуласи

$$p = u_A \cdot i_A + u_B \cdot i_B - u_C \cdot i_A - u_C \cdot i_B = i_A(u_A - u_C) + i_B(u_B - u_C) = i_A \cdot u_{AC} + i_B \cdot u_{BC} = p_1 + p_2$$

Асбоб айлантирувчи моментининг ўртача қийматига пропорционал бўлган ҳаракатланувчи қисмининг бурилиш бурчаги, уч фазали занжирнинг ўртача ёки актив қувватига пропорционалдир:

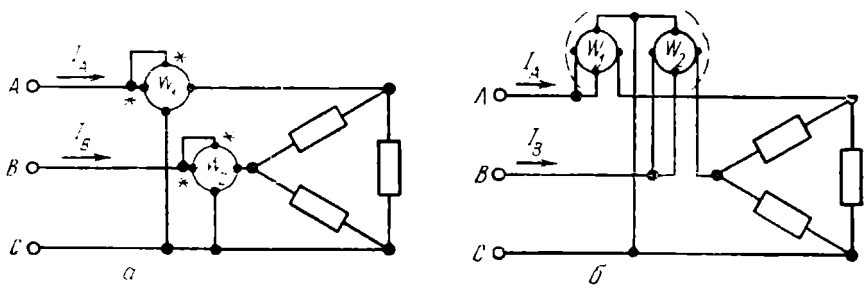
$$P_{зф} = I_A U_{AC} \cos(\widehat{I_A U_{AC}}) + I_B U_{BC} \cos(\widehat{I_B U_{BC}}) = P_1 + P_2.$$

Қўшилувчиларнинг ҳар бири W_1 ва W_2 ваттметрларнинг ўлчаш миқдорларини билдиради.

Агар иккита ваттметрни занжирга 2.29-расм, а да кўрсатилган схема бўйича уласак, уларнинг кўрсатишларининг йиғиндиси уч фазали занжирнинг актив қувватини ифодалайди.

Ҳар бир қўшилувчи P_1 ва P_2 ўзича физик аҳамиятга эга эмас. Фақат ваттметрлар W_1 ва W_2 кўрсатишларининг йиғиндиси уч фазали занжирнинг қувватини ифодалайди. Вектор диаграммалардан фойдаланилганда шунга эътибор бериш керакки, бурчак φ_1 ток I_A билан кучланиш U_{AC} орасидаги бурчакдир, яъни U_{CA} нинг тескариси U_{AC} ни олиш керак.

Уч фазали занжирларнинг қувватини ўлчаш учун саноат икки элементи ваттметрларни (2.29-расм, б) ишлаб чиқармоқда. Ваттметрнинг иккала ток чулгамлари расмда кўрсатилгандек фақат А ва В линия симларига уланмасдан балки ихтиёрий иккита бошқа линия симларига ҳам уланиши мумкин. Бунда кучланиш



2.29- расм.

чулғаларининг генератор бўлмаган оддий қисмалари (учлари) ваттметрнинг ток чулғаларига уланмай бўш қолган учинчи линия симига улашиши керак.

Ваттметрлардан биронтасининг стрелкаси тескари томонга оғса, унинг кучланиш чулғамининг учларини (қисмаларини) алмаштириш лозим, ваттметрнинг кўрсатишини эса манфий деб олиш керак. (Бу $\cos \varphi < 0,5$; $\varphi > 60^\circ$ да содир бўлади). Икки элементли ваттметрда қўшиш ва айириш автоматик равишда бажарилади.

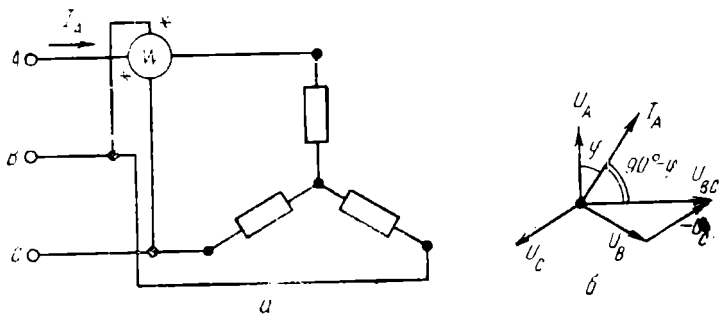
РЕАКТИВ ҚУВВАТНИ ЎЛЧАШ

Симметрик нагруккали занжирларда икки ваттметр усули билан реактив қувват аниқланади. Симметрик нагруккада

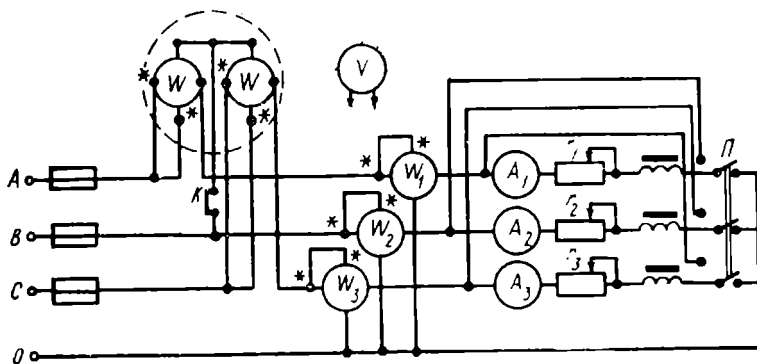
$$(\widehat{I_A U_{AC}}) = \varphi - 30^\circ, (\widehat{I_B U_{BC}}) = \varphi + 30^\circ.$$

У ҳолда $P_1 - P_2 = UI \cos(\varphi - 30^\circ) - UI \cos(\varphi + 30^\circ) = UI \sin \varphi = \frac{Q}{\sqrt{3}}$, бундан $Q = \sqrt{3}(P_1 - P_2)$.

Уч фазали симметрик нагруккада реактив қувват битта ваттметр билан ҳам ўлчаниши мумкин. Бунда ваттметрнинг кучланиш чулғами токки чулғамга уланмай, бўш қолган иккита линия (фаза) симларига уланади (2.3)-расм, а).



2.30- расм.



2.31- расм.

Ваттметрнинг кўрсатиши:

$$A = U_{BC} I_A \cos(\widehat{U_{BC} I_A}) = UI \sin \varphi = \frac{Q}{\sqrt{3}},$$

бундан $Q = \sqrt{3} \cdot A$.

III. Ишни бажариш тартиби

1. Стенда 2.31- расмда кўрсатилган электр схема йиғилади. Қайта улагич „П“ нинг ўнг томонга ўтказилган ҳолати актив — индуктив нагруканинг юлдуз схемада уланганлигига тўғри келади. Ваттметрлар W_1 , W_2 ва W_3 2.28- расмдаги схемага биноан уланади.

2. Амперметрларнинг кўрсатиши бўйича реостатлар r_1 , r_2 , r_3 ёрдамида симметрик нагрукка ҳосил қилинади. Учала ваттметр кўрсатишларининг бир хил эканлигига ишонч ҳосил қилиш керак. Икки элементли ваттметр кўрсатишини йиғинди $P_1 + P_2 + P_3$ билан солиштирилади (симметрик юлдузда занжирни уч симли деб ҳисоблаш мумкин, чунки нейтрал симдаги ток нолга тенг).

3. Қайта улагич „П“ ни чап томонга ўтказиш билан актив — индуктив нагрукка учбурчак схемада уланади. Учбурчак схемада уланган аввалги симметрик нагрукка учун ўлчашларни бажариш керак. Нагрукка юлдуз ва учбурчак уланганда икки элементли ваттметрнинг кўрсатишлари солиштирилади.

4. Қайта улагич „П“ ёрдамида юлдуз улаш тикланади. Икки элементли ваттметрдаги калит К ажратилади. Ўқитувчининг кўрсатмаси бўйича носимметрик нагрукка ҳосил қилиб, ўлчашлар бажарилади. 2, 3, 4 пунктлардаги ўлчаш натижалари 2.13- жадвалга ёзилади.

Симметрик юлдуз учун „ҳисоблаш“ графасида

$$P_{3\phi} = 3P_{\phi}$$

носимметрик юлдуз учун $P_{3\phi} = P_A + P_B + P_C$;

$$\cos \varphi = \frac{P_{\phi}}{U_{\phi} I_{\phi}}; Q_{\phi} = U_{\phi} I_{\phi} \sin \varphi.$$

5 Стендни электр тармогидан ажратилади.

2.29- расм, *a* га биноан уч симли занжирда икки ваттметр схемаси йигилади. Қайта улагич „П“ чап тсмонга ўтказилиб, уч бурчак схемага мосланади.

6. Стендни уч фазали тармоққа улаб, симметрик ва носимметрик нагрукалар учун ўлчашлар бажарилади. Натижалар 2.14-жадвалга ёзилади. Ваттметрларнинг кўрсатишлари таққосланади.

2. 13- ж а д в а л

Фаза	Ўлчашлар				Ҳисоблашлар			
	P_{ϕ}	$P_{3\phi}$	U_{ϕ}	I_{ϕ}	$P_{3\phi}$	$\cos \varphi$	$\sin \varphi$	Q
	Вт	Вт	В	А	Вт			ВАр
Симметрик юлдуз								
А								
В								
С								
Жами								
Носимметрик юлдуз								
А								
В								
С								
Жами								

2. 14- ж а д в а л

Нагрукка	Ўлчашлар						Ҳисоблашлар		
	I_1	I_2	I_3	P_1	P_2	$P_{3\phi}$	$P_{3\phi} = P_1 + P_2$	$Q = \sqrt{3}(P_1 - P_2)$	$Q = \sqrt{3}P_1$
Симметрик									
Носимметрик									
реакт. қувват бигта ваттметр билан									

7. Стендни тармоқдан ажратиб, 2.30- расмга биноан, уч симли уч фазали симметрик нагрузканинг реактив қувватини ўлчаш учун битта ваттметр схемаси йигилади.

Стендни тармоққа улаб, нагрузкани аввалги тажрибадагидек симметрик олинади.

Ўлчаш натижалари 2.14- жадвалга ёзилади. Тажрибадан олинган маълумотларни, қуйидаги формулалар бўйича олинган-лар билан солиштирилади:

$$Q = \sqrt{3}(P_1 - P_2) \text{ ва } Q = \sqrt{3}P_1.$$

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Бир фазали ва уч фазали электродинамик системадаги ваттметрларнинг тузилиши ва ишлаш принципи. Улар занжирга қандай уланади?

2. Ўзгарувчан ток занжирга уланган ваттметрлар қандай катталикини кўрсатади?

3. Уч фазали занжирнинг актив қувватини ўлчаш учун нечта бир фазали ваттметр билан чекланиш мумкин?

4. Симметрик нагрузкада юлдуз ва учбурчак схемалар учун уч фазали занжирнинг қувват формуласи умумий кўринишга эга. 2 ва 3 пунктлардаги тажрибаларда нима учун фаза қаршиликлари қиймат жиҳатдан ўзгармас бўлса ҳам уларни юлдуздан учбурчакка ўтказганда тажриба натижаларининг ўзгаришини гушунгириб беринг.

5. Иккита ваттметрнинг кўрсатиши бўйича реактив қувватни қандай ҳисоблаш мумкин?

6. Иккита ваттметр ёрдамида уч фазали занжирнинг актив қувватини ўлчашнинг турлича улаиш схемаларини кўрсатинг. Бу ҳоллар бир хилми?

10- лаборатория иши

БИР ФАЗАЛИ ИНДУКЦИОН СЇЇТЧИКНИ ТЕКШИРИШ

I. Ишни бажаришдан мақсад

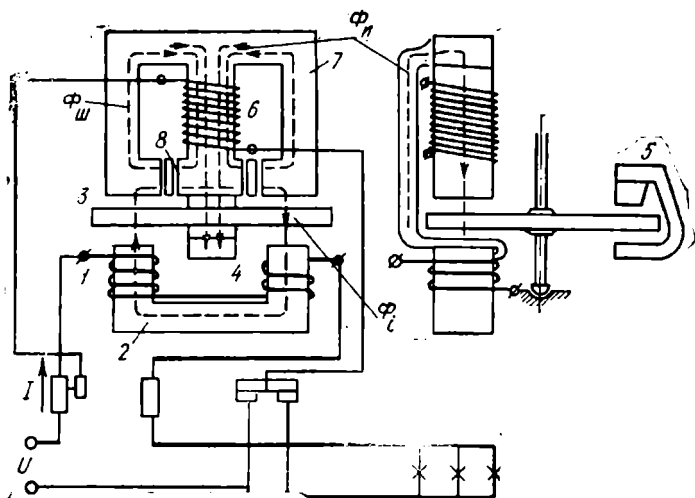
1. Бир фазали ўзгарувчан ток индукцион сччтчигининг тузилиши ва ишлаш принципи билан танишиш.

2. Сччтчикни электр тармоғига улаш схемаси билан танишиш ва электр энергияси сарфини ўлчашни ўрганиш.

3. Сччтчикнинг ишлашини текшириб кўриш.

II. Ишга оид назарий тушунчалар

Ўзгарувчан ток электр энергиясининг сарфини ўлчаш учун индукцион сччтчиклар ишлатилади. Ўзгарувчан токнинг сччтчиги дискида ҳосил қилган магнит оқимларининг сони бўйича бир оқимли ва кўп оқимлиларга бўлинади. Масалан, 2.32- расмда учта оқимли индукцион сччтчикнинг пўлат ўзақларидан (магнит ўтказгичидан) бирининг тузилиши кўрсатилган. Индукцион сччтчикнинг ўлчаш механизми қуйидаги қисмлардан: Чулғамлар 1 ва 6 ўралган U- шакли 2 ва T шаклли 7 пўлат ўзақлардан, айланувчи алюминий диск (3), қарши қутблик (4), ўзгармас магнит (5), ферромагнит негизча (вкладиш) 8 ва ҳисоблаш механизмдан (расмда кўрсатилмаган) иборат.



2.32- расм.

Ғалтаклардан биттаси (1) счётчикнинг номинал ток кучига мўлжалланган бўлиб, йўгон симдан ўралади ва счётчикнинг ток-ли ғалтаги деб аталади. Бу ғалтакнинг ўрамлар сони оз бўлиб, нагрузкага кетма-кет уланади.

Счётчикнинг кетма-кет ғалтагидан ўтувчи ток I ҳосил қилган магнит оқими Φ_i пўлат ўзакдан ўтатуриб йўлакай дискни икки марта кесиб ўтади.

Кучланиш чулғами эса ингичка симдан ясалиб, 8 — 12 минг ўрамдан иборат бўлади. Электр тармоғига параллел уланади. Кучланиш чулғамининг токи пўлат ўзак 7 да магнит оқими Φ_u ни ҳосил қилади. Бу магнит оқими иккита магнит оқимига, яъни ишчи магнит оқими Φ_n ва оқим Φ_u га бўлинади. Қарши қутблик 4 бўйлаб пўлат ўзакка қайтаётган иш оқими Φ_n айланувчи дискни кесиб ўтади. Оқим Φ_u эса дискни четлаб ўтиб, негизчалар ва шунтлар 8 орқали пўлат ўзак 7 нинг тармоқларидан ўтиб туташади. Φ_n ва Φ_i магнит оқимлар дискдан ўтаётиб, унда уярма тоқлар индукциялайди. Дискда индукцияланган ток билан Φ_n ва Φ_i магнит оқимларининг ўзаро таъсиридан айлантирувчи момент

$$M = cf\Phi_i\Phi_n \cdot \sin \psi$$

ҳосил бўлади.

Бу ерда ψ — магнит оқимлари Φ_u ва Φ_i векторлари орасидаги бурчак; c — ўзгармас коэффициент; f — ток частотаси. Бошқа томондан, $\Phi_i = k_i \cdot I$; $\Phi_n = k_u I U = k_n \frac{U}{z_U} z_U \approx x_U = 2\pi f L U$ деб қабул қилиш мумкин, бу ерда U — тармоқ кучланиши, z_U — кучланиш

чулгамининг тўла қаршилиги, L_U — шу чулгамнинг индуктивлиги. У ҳолда айлантурувчи моментнинг тенгламаси

$$M = c \cdot f \cdot k_i \cdot l \cdot kU \frac{U}{2\pi l U} \sin \psi = k_1 IU \sin \psi$$

дан кўринадики, айлантурувчи момент нағрузка токи билан кучланиши кўпайтмасига пропорционал бўлса, дискнинг айланишлар сони эса нағрузка истеъмол қилаётган энергияга пропорционалдир. Энди масаланинг моҳияти коэффициент $\sin \psi$ нинг қиймати га ёки силжиш бурчаги ψ га, яъни пўлат ўзакнинг конструкциясига боғлиқдир. Агар ψ бурчаги кучланиш билан ток орасидаги силжиш бурчаги φ га тенг бўлса ($\psi = \varphi$), у ҳолда счётчик манбадан истеъмолчига келаётган реактив энергияни ўлчайди. Агар $\psi = 90^\circ - \varphi$ ва $\sin \psi = \cos \varphi$ бўлса, у ҳолда айлантурувчи момент $M = k_1 IU \cdot \cos \varphi = k_1 \cdot P$ га тенг бўлади.

Демак, айлантурувчи момент истеъмолчининг актив қуввати га пропорционалдир. Бу ҳолда дискнинг айланишлар сони тармоқдан истеъмолчига келаётган актив энергияни аниқлайди. Текшириладиган счётчикнинг конструкцияси ана шундай.

Айлантурувчи момент таъсиридан диск ўзгармас магнит B майдонида айланганида, дисда уюрма ток I_y индукцияланади. Уюрма токнинг ўзгармас магнит майдони билан таъсиридан дискнинг айланиши тезлиги n га пропорционал бўлган тормозловчи (тўхтатувчи) момент ҳосил бўлади, яъни

$$M_T = k_2 \cdot n.$$

Айлантурувчи ва тормозловчи моментлар тенг бўлганда ($M = M_T$) $k_1 P = k_2 n$ бўлади, бундан:

$$P = \frac{k_2}{k_1} \cdot n = C_x \cdot n,$$

яъни счётчик дискининг айланиш тезлиги истеъмолчининг актив қуввати га пропорционал. Бирор вақт t давомида сарфланган энергия:

$$W = P \cdot t = C_x \cdot n \cdot t = C_x \cdot N,$$

бу ерда $N = n \cdot t$ — счётчик дискининг вақт t давомидаги айланишлар сони;

$C_x = \frac{W}{N}$ счётчикнинг ҳақиқий доимийси, яъни счётчик диски бир марта айланиши учун кетган вақт ичида счётчик орқали ўтган электр энергиясининг ҳақиқий миқдори (истеъмолчига сарфланган энергия). Қандайдир вақт t давомида сарфланган энергия счётчикнинг ўқи га маҳкамланган ҳисоблаш механизми томонидан қайд қилинади. Бир киловагт-соат энергия истеъмолини ўлчашдаги дискнинг айланишлар сони счётчикнинг узатиш сони дейилади. У „А“ ҳарфи билан белгиланиб, счётчикнинг кўринадиган жойига ёзиб қўйилади. Масалан „1 кВт — соат — А“ диск айлани

ши^а. Узатиш сонига тескари миқдор счётчикнинг номинал доимийси ҳисобланади

$$C_n = \frac{1000 \cdot 3000}{A} \left[\frac{\text{Вт} \cdot \text{соат}}{\text{айл}} \right].$$

Счётчикнинг номинал ва ҳақиқий доимийсини билган ҳолда унинг нисбий хатолигини аниқлаш мумкин:

$$\beta = \frac{W_c - W}{W} \cdot 100\% = \frac{C_n - C_x}{C_x} \cdot 100\%,$$

бу ерда: W_c — счётчик ҳисобга олган энергия; W — дисkning N та айланишлари давомида занжирнинг сарфлаган ҳақиқий энергияси.

Счётчикни текширишдан мақсад, унинг бутуниттифоқ давлат стандарти (ГОСТ 6570 — 75) нинг талаб ва шартларини қониқтириш ёки қониқтирмаслигини аниқлашдир.

ГОСТ 6570 — 75 нинг техник талаб ва шартлари қуйидагича:

а) қувват коэффициенти $\cos \varphi = 1$, номинал кучланиш ва частотада счётчик кўрсатишининг нисбий хатолиги, аниқлик класси 1,0 бўлган счётчиклар учун, ток номинал қийматидан 10 дан 150% гача бўлганда $\pm 1\%$ дан ва аниқлик класси 2,0 бўлган счётчиклар учун, ток номиналидан 10 дан 200% гача бўлганда $\pm 2\%$ дан ортмаслиги керак. Аниқлик класси 2,5 бўлган счётчиклар учун $\pm 2.5\%$ бўлиши керак;

б) қувват коэффициенти $\cos \varphi = 1$ бўлиб, аниқлик класси 1,0 ва 2,0 бўлган счётчиклар учун сезгирлик даражаси 0,5% дан ва аниқлик класси 2,5 ва 3,0 бўлган счётчиклар учун эса 1% дан ортмаслиги керак;

в) счётчикнинг кетма-кет чулғамида ток бўлмай, кучланиш номинал қийматига нисбатан 80 — 110% ни ташкил этганда счётчикнинг диски тўла бир мартадан ортиқ айланмаслиги керак.

Счётчикнинг номинал кучланишдаги сезгирлик даражасини аниқлаш учун, унга дискини турғун айлантира оладиган даражада кичик нагрузка I_{min} берамиз. Счётчикнинг сезгирлик даражаси қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$S = \frac{I_{min}}{I_{ном}} \cdot 100\%.$$

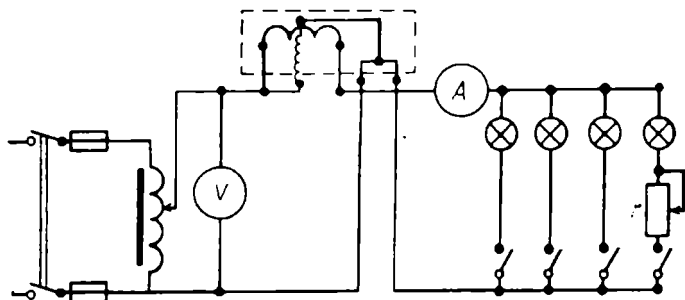
II. Ишни бажариш тартиби

1. 2.33- расмдаги счётчикни текшириш схемаси йиғилади.

2. Нагрузка реостати ёрдамида номинал ток ўрнатилиб, счётчикни 15 минут давомида қиздириб.

3. Паспоргда берилганлари бўйича счётчикнинг номинал доимийсини ҳисоблаб, олинган қийматларни 2.15- жадвалга ёзилади.

4. Счётчикни номинал токда қиздиргандан сўнг $I = I_{ном}$ нагрузкада ва t вақт ичида дисkning айланишлар сони ҳисобланади. Бунинг учун дискдаги қизил белги пайдо бўлиши билан куза-



2.33- расм.

тувчи секундомерни юргизиб, 10—15 та айланишларни санагандан сўнг секундомерни тўхтатади.

5. Занжир қисмаларидаги кучланишни автотрансформатор ёрдамида номинал миқдорда ушлаб туриб, токни номинал миқдорига нисбатан 150, 75, 50, 25 ва 10% ларни ташкил этган қийматлари олинади. Тажрибани токнинг ҳар бир қиймати учун 2 мартадан қайтариб, уларнинг ўртача арифметик қиймати олинсин ва ўлчов натижалари 2.15-жадвалга ёзилади.

6. Тажрибадан ва ҳисоблашлардан олинган маълумотларга асосан счётчикнинг хатолик эгри чизиги $\beta = f(I\%)$ қурилади.

7. Счётчикнинг сезгирлигини аниқлаш (тажрибани ўлчаш чегараси кичикроқ бўлган амперметр ва қаршилиги 500—1000 Ом бўлган реостат ёрдамида ўтказиш маъқул). Занжирда мумкин бўлган максимал нагрузка қаршилиги ўрнатиб, унда озгина бўлса ҳам ток бўлишига қарамай дискнинг қимирламай турганига ишонч ҳосил қилинг. Сўнгра нагрузка қаршилиги счётчикнинг диски аста-секин (тўхтовсиз) айлана бошлагунча бир текис ка-

2.15-жадвал

Нагрузка жаҳрактари	Ўлчашлар					Ҳисоблашлар		
	I	I	U	N	t	C_H	$C_X = \frac{U \cdot I \cdot t}{N}$	β
Актив	%	A	B	айл	с			%
	10							
	25							
	50							
	75							
	100							
	150							

майтирилади. Ана шу моментда амперметр бўйича $I_{m'n}$ ни аниқлаб, счётчик сезгирлиги S ни ҳисобланг.

8. Схемани ўзгартирмасдан нагрузкани ажратиб, автотрансформатор ёрдамида кучланишни номиналга нисбатан аввал 80%, сўнгра 110% га ўзгартиринг. Иккала ҳолда ҳам счётчикнинг диски айланмаса, демак счётчик ўзича айланмайди.

9. Счётчикнинг ишлатишга яроқлилиги ва қандай аниқлик классига тегишлилиги ҳақида хулоса чиқарилади.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Индукцион системали бир фазали счётчикнинг тузилиши ва ишлаш принципи қандай?

2. Қандай шартларда счётчикнинг айлантирувчи моменти занжирнинг актив кувваига пропорционал?

3. ГОСТ бўйича счётчиклар учун қандай талаб ва шартлар қўйилади?

4. Счётчикнинг сезгирлиги деб нима тушунилади?

5. Счётчикнинг узатиш сони деб нима тушунилади?

6. Счётчикнинг номинал доимийси деб нимага айтилади ва у қандай аниқланади?

7. Счётчикнинг ҳақиқий доимийси деб нимага айтилади ва у қандай аниқланади?

8. Счётчикнинг нисбий хатолиги қандай аниқланади?

11- лаборатория иши

НОЧИЗИҚЛИ ЭЛЕМЕНТЛАРИ БЎЛГАН ЭЛЕКТР ЗАНЖИРЛАРНИ ТЕКШИРИШ

1. Ишни бажаришдан мақсад

1. Ночизиқли элементли электр занжирларнинг ночизиқлилиги хусусиятлари ва белгилари билан танишиш.

2. Ночизиқли элементларнинг вольтметр характеристикаларини олишни ва ночизиқли элементли занжирлардаги турғунлашган режимларни ҳисоблашни ўрганиш.

II. Ишга оид назарий тушунчалар

Битта бўлса ҳам ночизиқли элементи бўлган электр занжир ночизиқли деб аталади. Ночизиқли дейилганда, кучланиш ва ток ўзгариши билан, параметрлари (қаршилиқ — r , индуктивлик — L , сифим — C) ўзгариб қоладиган занжир элементи (резистор, индуктив ғалтак ёки конденсатор) тушунилади. Шунинг учун ҳам чизиқли параметрлардан фарқли, равишда ночизиқли параметрлар тегишли ўзгарувчан электромагнит катталикларнинг функциялари (масалан: $r(u)$, $L(I)$, $C(u)$ ва ш. ў.) тарзида ёзилади).

Занжир ночизиқли элементининг ночизиқлилиги характеристикаси элементнинг физик хусусиятларига ва электромагнит муҳитининг характерига боғлиқ. Масалан, пўлат (ферромагнит) ўзакли индуктив ғалтакни ўзгармас токка улагандаги вольтампер характеристикаси (в. а. х) чизиқли (2.34-расмдаги, a тўғри чизиқ) бўлса, ўзгарувчан ток занжирига улагандаги характеристикаси

аниқ намоён бўлган ночизиклидир (2.34-расмдаги d эгри чизиқ). Шунга ўхшаш ярим ўтказгичли диод ҳам ўзининг қисмаларидаги ўзгармас кучланишнинг улашишига кўра характеристикаси турлича бўлади (2.35-расмдаги a ва b тўғри чизиқлар). Ночизикли элементларнинг параметрлари (қаршилик, индуктивлик ва сифим) чизиқли элементлардан фарқли равишда статик

$$r_{ст} = \frac{U}{I}; L_{ст} = \frac{\psi}{I}; C_{ст} = \frac{Q}{U}$$

ёки динамик

$$r_{дин} = \frac{\partial u}{\partial i}; L_{дин} = \frac{\partial \psi}{\partial i}; C_{дин} = \frac{\partial q}{\partial u}$$

бўлиши мумкин.

Масалан, ферромагнит ўзакли индуктив ғалтакнинг характеристикаси A нуқтасидаги (2.34-расмдаги, d эгри чизиқ) статик индуктив қаршилиги

$$x_{L(A)} = \frac{U_A}{I_A} = \operatorname{tg} \alpha,$$

яъни, координата маркази O дан чиқиб, A нуқтадан ўтган тўғри чизиқ OA қиялигининг α — бурчак тангенсига тенг. Динамик индуктив қаршилиги эса

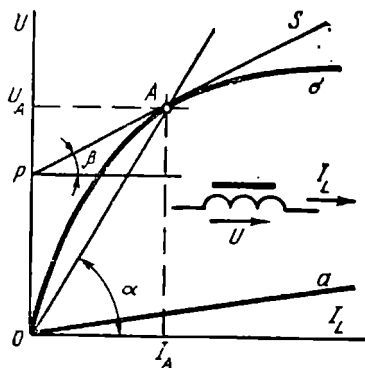
$$x_{дин(A)} = \frac{\partial u}{\partial i} = \operatorname{tg} \beta,$$

яъни эгри чизиқ d га оид A нуқтадаги PS уринманинг қиялигини ташкил этган β бурчак тангенсига тенг.

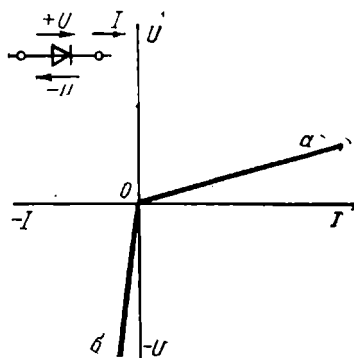
Ночизикли элементлар алоқа техникасида, автоматикада, электроникада, ҳисоблаш техникасида ва техниканинг бошқа соҳаларида кенг қўлланмоқда (масалан: ўзгарувчан токнинг частота ва фазаларини ўзгартириш, кучланиш ва токни стабиллаш, тўғрилаш ва инверторлаш сигналларни параметрик усул билан вужудга келтириш ва ҳ. к.).

III. Ишни бажариш тартиби

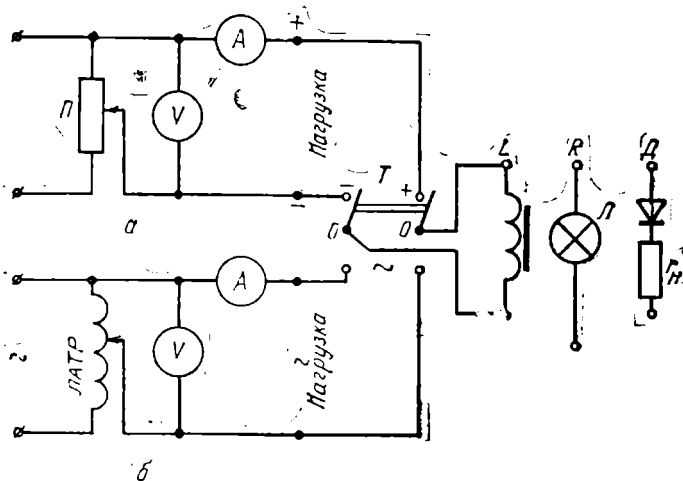
1 2.36-расм, a даги схемани электр манбаига улаб, потенциометр Π нинг дастаги ҳолатини ўзгартиринг ва вольтметр кўрсатишининг холдан қандайдир максимумгача ўзгаришига ишонч



2.34- расм.



2.35- расм.



2.36- расм

ҳосил қилинг. Вольтметрнинг кўрсатиши бўйича потенциометр ёрдамида занжирга берилаётган кучланишни нолга тенглаштириб, индуктив ғалтакни ўзгармас кучланиш манбаига уланг. Бунинг учун тумблер T ни (+ —) ҳолатига ўтказилади. Энди кучланишни (ўқитувчининг кўрсатмаси бўйича) бирон қийматдан бошлаб ўзгартириб ғалтакнинг ўзгармас токдаги в. а. х $U - (I -)$ ни олиб, ўлчаш натижаларини 2.16-жадвалга киритиш керак. Занжир манбадан ажратилиб, тумблер O ҳолатга ўтказилади.

2. 2.36-расм, b даги схемани электр тармоғига улаб, автотрансформатор (ЛАТР), дастагини айлантирганда вольтметрнинг кўрсатиши нолдан бирон максимумгача ўзгаришига ишонч ҳосил қилинг. Яна вольтметр кўрсатиши бўйича ЛАТР ёрдамида занжирга берилаётган кучланишни нолга тенглаштириб, индуктив ғалтакни ўзгарувчан кучланиш манбаига уланг. Бунинг учун тумблер T ни („~“) ҳолатига ўтказилади. Энди кучланишни (ўқитувчининг кўрсатмаси бўйича) нолдан бирон қийматгача ўзгартириб, ғалтакнинг ўзгарувчан токдаги в. а. х. $U_{\sim} (I_{\sim})$ ни олиб, ўлчаш натижаларини 2.16-жадвалга ёзинг. Занжирни манбадан ажратиб, тумблерни O ҳолатига ўтказинг.

3. 2.36-расм, b даги схемани 2-пунктда айтилганидек, ўзгарувчан ток тармоғига уланг. Сўнгра тумблер T ёрдамида лампа L ни ўзгарувчан кучланишга уланг. Кучланишни нолдан максимумгача ўзгартириб, бу типли нагрузканинг в. а. х. ни олинг ва ўлчаш натижаларини 2.16-жадвалга ёзинг. Занжирни манбадан ажратиб, тумблер T ни O ҳолатга қайтаринг.

4. 2.36-расм, a даги схемани I пунктда айтилганидек ўзгармас ток тармоғига улаймиз. Сўнгра тумблер T ёрдамида потенциометр Π орқали нагрузка ва диод D га ўзгармас кучла-

нишни тўғри қутблик тартибида улаймиз. Занжирга берилган кучланишни ўзгартириш билан мазкур нагруканинг в. а. х. ни олинг ва ўлчаш натижаларини 2.16-жадвалга киритинг. Энди бу нагрукка берилган кучланишни тескари қутбликда уланг ва айтилган ўлчашларни такоран бажаринг. Занжирни манбадан ажратиб, тумблер 7 ни 0 ҳолатга ўтказиш керак.

Эслатма. Схемادا кўрсатилган чўгланма лампа L ўрнига ночизикли резистор сифатида бареттер, стабилитрон ва бошқа асбоблардан фойдаланиш мумкин.

5. 1 ва 2 пунктларда олинган ўлчаш натижалари бўйича маъмул масштабда в. а. х

$$U_{\sim} = f(I_{\sim}) \text{ ва } U_{\sim} = f(I_{\sim})$$

лар қурилсин. Эгри чизиқ $U_{\sim} = f(I_{\sim})$ нинг ихтиёрий N нуқтаси учун ғалтакнинг статикавий ва динамикавий қаршиликлари ҳисоблансин. Айтилган ҳисоблашларни в. а. х. нинг бошқа N нуқтаси учун ҳам бажариб, янги ҳисобланган миқдорларни аввалгисидан фарқ қилишига ишонч ҳосил қилиш.

2.16 жадвал

№№	Ночизикли индуктив ғалтак				Ночизикли резистор (лампа)		Диодли нагрукка			
							тўғри қутбда улаш		тескари қутбда улаш	
	U_{\sim}	I_{\sim}	U_{\sim}	I_{\sim}	U_{\sim}	I_{\sim}	U_{\sim}	I_{\sim}	U_{\sim}	I_{\sim}
В	А	В	А	В	А	В	А	В	А	
1.										
2.										
3.										
4.										
5.										
6.										
7.										
8.										
9.										
10.										

6. 3-пунктда олинган ўлчаш натижалари бўйича чўгланма лампанинг в. а. х. си $U_{\sim} = f(I_{\sim})$ қурилсин. Бу эгри чизиқнинг икки нуқтаси (тегишлича лампанинг кучсиз ва кучли қизиган пайтлари) учун асбобнинг қаршилиги ҳисоблансин. Лампа спиралининг қизиши ортаборган сари унинг қаршилигини ҳам ортишига ишонч ҳосил қилинг.

7. 4-пунктда олинган ўлчаш натижалари бўйича битта координатлар системасида диодли нагруканинг манбага тўғри ва тескари қутбликда уланган режимлари учун в. а. х. си $U_{\sim} = f(I_{\sim})$ қурилсин.

Диоднинг манбага тўғри ва тескари қутбликларда улангандаги қаршиликларини (биттадан қийматларини) ҳисоблаб, унинг тескари қутбликда улагандаги қаршилигини тўғри қутбликда

улагандаги қаршиликдан катта эканлигига ишонч ҳосил қилинг. Нагрузка R_n нинг қаршилиги маълум бўлиб, у стенда кўрсатилган.

8. Иш бўйича хулоса чиқаринг:

а) пўлат ўзақли индуктив ғалтак қаршилигининг ундан ўтаётган токнинг турига боғлиқлиги тўғрисида;

б) чўғланма лампа спиралининг қизиши даражаси ортган сари унинг қаршилигини ортиши тўғрисида;

в) диоднинг характеристикасига амалий баҳо бериб, ундан фойдаланиш мумкин бўлган вариантларини кўрсатинг.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Қандай электр занжирлар ночизиқли занжир деб айтилади?

2. Пўлат ўзақли индуктив ғалтак в. а. х. сининг ўзгарувчан токда ночизиқли бўлишини тушунтириб беринг.

3. Чўғланма лампа в. а. х. сининг ночизиқлиги қандай факторлар билан аниқланади?

4. Диод занжири в. а. х. сининг носимметриялиги қандай тушунтирилади?

5. Ночизиқли элементларнинг қўлланиш соҳалари ва функционал имкониётлари.

12- лаборатория иши

ФЕРРОРЕЗОНАНСЛИ КУЧЛАНИШ СТАБИЛИЗАТОРИ

I. Ишни бажаришдан мақсад

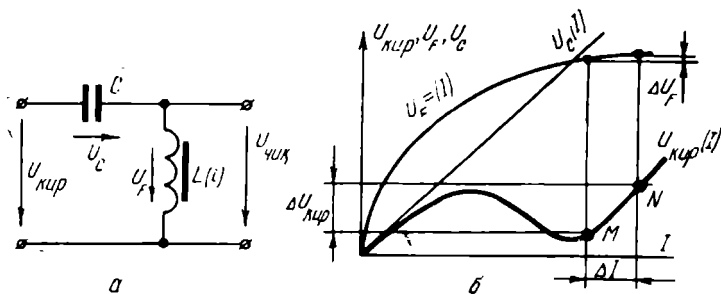
1. Электр миқдорларни (масалан, кучланиш ва тоқларни) стабиллашнинг параметрик принциплари ва ўзгарувчан токда ишлайдиган оддий электромагнитли кучланиш стабилизаторларининг тузилиши билан танишиш.

2. Стабилизаторнинг асосий иш характеристикаларини олиб, унинг айрим элементларининг стабиллаш сифатига таъсирини аниқлаш.

II Ишга оид назарий тушунчалар

Замонавий электр ва радиотехник қурилмаларнинг пишиқлиги, тежамлиги ва узоқ муддат ишлай олиши кўп жиҳатдан уларга берилаётган кучланишнинг стабиллигига боғлиқ. Масалан, катта қувватли радиолампа­ларни қиздиришга бериладиган кучланишнинг қиймати 1% га ортса, уларнинг хизмат муддати 15% га, оддий чўғланма лампага бериладиган кучланишни 10% дан зиёдроқ орттирилса, хизмат муддати 4 марта ка­маяди. Кучланишнинг паст бўлиши ҳам номақбул бўлиб, қурилма нормал иш режими­нинг бузилишига сабаб бўлади.

Шу туфайли кам қувватли манбалардан фойдаланилганда, шунингдек, тармоққа катта қувват уланганда, истеъмолчини стабил кучланиш билан таъминлаш мақса­дида манба билан истеъмолчининг ўртасига уланадиган кучланиш стабилизаторларидан фойдаланилади. Кучланиш ста­билизаторининг қуввати ваттнинг кичик улушларидан то юзлаб киловаттгача бўлиб, стабиллаш аниқлиги



2.37- расм.

мингдан биргача боради. Масалан, замонавий электр ўлчов асбобларининг айрим қисмларини стабил кучланиш билан таъминлаш учун кучланишнинг стабиллаш аниқлиги ўлчов асбобларининг аниқлик классидан бир хона юқори бўлиши керак.

Кучланишни стабиллашга асосан параметрик ва компенсациялаш усули билан эришилади. Параметрик стабилизаторнинг ишлаш принципи чизиқли ва ноизиқли элементларнинг уланиш схемаларини танлашдан ва уларнинг характеристикаларидан фойдаланишдан иборат. Бу элементлар параметрларининг ўзгаришининг манба кучланишига боғлиқлиги шундайки, бунда стабилизаторнинг чиқиш томонидаги кучланишнинг ўзгариши, унинг кириш томонидаги кучланишнинг ўзгаришидан бирмунча кичик бўлади.

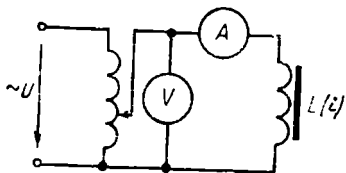
Энди параметрик стабиллаш принципини оддий электромагнитли (феррорезонансли) кучланиш стабилизатори мисолида кўриб чиқайлик. Бундай занжир кетма-кет уланган конденсатор C ва ноизиқли индуктивлик L дан иборат (2.37- расм, а). Занжирнинг вольт-ампер характеристикасидан кўринадики (2.37- расм, б) M ва N нуқталар орасидаги иш зонасида стабилизаторнинг кириш томонидан кучланиш ва токнинг бир қанча ўзгаришига ноизиқли индуктивликдаги кучланишнинг озгина ўзгариши тўғри келяпти. Бу ғалтак ўзагининг магнит тўйиниши бўлиб, кучланишни стабиллаш эффектини таъминлайди.

Кучланиш стабилизаторининг ишини характерловчи асосий кўрсаткич унинг кучланиши бўйича стабиллаш коэффициентидир:

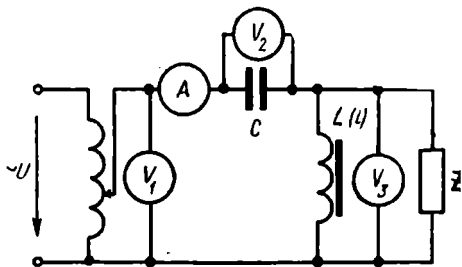
$$K_U = \frac{\Delta U_{\text{кир}}}{U_{\text{кир}}} : \frac{\Delta U_{\text{чиқ}}}{U_{\text{чиқ}}}$$

Бу коэффициент стабилизаторнинг кириш томонидаги кучланишнинг ўзгариши унинг чиқиш томонидаги кучланишнинг ўзгаришидан неча марта катталигини кўрсатади. Оддий феррорезонансли кучланиш стабилизатори (ФКС) да $K_U = 5 \dots 10$ бўлиб, конструкцияси мураккаб ФКС ларда бир неча ўнларни ташкил этади.

ФКС нинг афзаллигига биринчи навбатда унинг ишлатишга қулайлиги, пухталиги, конструкциясининг оддийлиги ва арзонлигини киритиш мумкин. Булардан ташқари, асосий элемент тарзида тўйинган ва тўйинмаган трансформаторларнинг қўлланиши,



2.38- расм.



2.39- расм.

стабилизаторнинг чиқиш томонидаги кучланишни, стабилизаторнинг ўзида ҳеч қандай қўшимча материал сарф қилмай ва стабиллаш сифатини бузмай, истаган миқдорда ўзгартиш мумкин.

III. Ишни бажариш тартиби

1. ФКС нинг асосий элементлари ва ўлчаш асбоблари билан танишиш.

2. 2.38- расмдаги схемани йиғиб, автотрансформатор ёрдамида занжирга берилаётган кучланишни ўзгартириб, 5—6 та ихтиёрий нуқталар учун ток ва кучланишларнинг қийматларини ўлчаб, уларни 2.17-жадвалга ёзилади. Тажрибадан олинган маълумотлар бўйича ночизиқли индуктивликнинг вольт-ампер характеристикаси қурилади.

3. 2.39- расмдаги схемани йиғиб, автотрансформатор ёрдамида занжирга берилаётган кучланишни ўзгартириб, 5—6 та ихтиёрий нуқта учун ток ва кучланишларнинг қийматларини ўлчаб, уларни 2.18-жадвалга ёзилади. Олинган маълумотлар бўйича кетма-кет занжирнинг в. а. х. си қурилади. Индуктив элемент $L(I)$ да кучланишни стабиллаш эффекига эришиш керак. ФКС нинг кириш ва чиқиш характеристикаси қурилади, яъни

$$U_{\text{чик}} = f(U_{\text{кир}}) \text{ ёки } U_3 = f(U_1).$$

ФКС нинг иш зонаси ва стабиллаш коэффиценти аниқланади.

4. Мунтазам ишлаб чиқарилаётган ФКС нинг кириш ва чиқиш томонидаги в. а. х ларини олиб, унинг иш зонасини ва стабиллаш коэффиценти аниқланади. Ўлчаш натижаларини 2.19-жадвалга ёзилади. Олинган характеристикани 2.39-расмда қўрилган ФКС нинг характеристикаси билан таққосланади.

2.17-жадвал

$U, \text{В}$						
$I, \text{А}$						

$U_1, \text{В}$						
$I_1, \text{А}$						
$U_2, \text{В}$						
$U_3, \text{В}$						

$U_{\text{кпр}}, \text{В}$					
$U_{\text{чик}}, \text{В}$					

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Қандай ҳолларда кучланишни стабиллаш зарур?
2. Чизиқли электр зағжирларда кучланишни стабиллаш нима сабабдан мумкин эмас?
3. Кучланишни параметрик стабиллаш нимадан иборат?
4. ФКС да лочизиқли индуктивлик қандай роль ўйнайди?
5. Кучланиш бўйича стабиллаш коэффициентини қандай аниқланади?
6. ФКС нинг асосий афзаллиги ва камчилиги нимадан иборат?

13- лаборатория иши

БИР ФАЗАЛИ ТРАНСФОРМАТОРНИ ТЕКШИРИШ

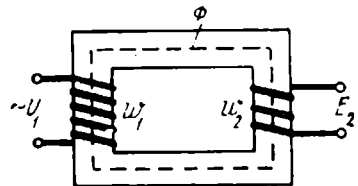
1. Ишни бажаришдан мақсад

1. Бир фазали трансформаторнинг тузилиши ва иш режимлари билан танишиш ҳамда тажрибадан олинган маълумотлар бўйича унинг асосий параметрларини аниқлашни ўрганиш.
2. Трансформаторнинг асосий иш характеристикаларини олиш.

II. Ишга оид назарий тушунчалар

Трансформатор бир хил кучланишли ўзгарувчан ток электр энергиясини, частотасини ўзгартирмай, бошқа хил кучланишли ўзгарувчан ток электр энергиясига айлантириб берадиган электромагнит аппаратдир.

Бир фазали трансформатор пўлат ўзак (магнит ўтказгич) дан ва иккита чулғамдан иборат. Манбага уланадиган чулғам бирламчи, истеъмолчига уланадигани эса иккиламчи чулғам дейилиб, уларнинг ўрамлар сони тегишлича w_1 ва w_2 ҳарфлар билан белгиланади (2.40-расм). Агар бирламчи чулғамни синусоидал кучланиш $u = U_m \sin \times$



2.40- расм.

$\times (\omega t + \psi_u)$ манбаига уласак, ундан $i = I_m \sin(\omega t + \psi_i)$ ток ўтиб, пўлат ўзакда ўзгарувчан магнит оқими $\Phi = \Phi_m \sin(\omega t + \alpha)$ ҳосил бўлади. Частотаси токнинг частотасига тенг бўлган бу ўзгарувчан магнит оқими пўлат ўзак бўйлаб ўтганида чулғамларни кесиб, уларда Э. Ю. К лар индукциялайди. Агар трансформаторнинг пўлат ўзагида f частотали ўзгарувчан ток ҳосил қилган магнит оқимининг амплитуда қиймати Φ_m бўлса, у ҳолда бирламчи ва иккиламчи чулғамларда ҳосил бўлган Э. Ю. К. ларнинг таъсир этувчи қийматлари қуйидагиларга тенг бўлади:

$$E_1 = 4,44 f \omega_1 \Phi_m; \quad E_2 = 4,44 f \omega_2 \Phi_m.$$

Тенгликдан кўринадики, трансформаторнинг чулғамларида индукцияланган ЭЮК лар уларнинг ω_1 ва ω_2 ўрамлар сонига пропорционал экан.

Ҳар бир трансформатор тўла қувватининг номинал қиймати $S_{\text{ном}}$ (ВА, кВА, мВА), чулғамларнинг ўрамлар сони w_1 ва w_2 , номинал кучланишлар $U_{1\text{ ном}}$ ва $U_{2\text{ ном}}$ (В, кВ) билан характерланади.

Трансформатор ҳақидаги тўлароқ маълумотларни унинг салт ишлаш, қисқа туташув ва нагрузка режимларидан олинадиган асосий характеристикаларидан билиш мумкин.

Салт ишлаш тажрибасидан қуйидагилар аниқланади:

1) трансформаторнинг трансформация коэффициенти k ;

$$k = \frac{E_1}{E_2} = \frac{w_1}{w_2}, \quad \text{ёки} \quad k \approx \frac{U_{1\text{ ном}}}{U_{2\text{ ном}}},$$

чунки трансформатор салт ишлаганда $E_1 \approx U_{1\text{ ном}}$ ва $E_2 \approx U_{2\text{ ном}}$ дейиш мумкин;

2) трансформатор салт ишлаганда пўлат ўзакда магнит майдони ҳосил қилиш учун сарф бўлган қувват исрофи P_0 (Вт, кВт);

3) трансформаторнинг салт ишлагандаги токи I_0 . Ток I_0 бирламчи чулғамнинг номинал токи $I_{1\text{ ном}}$ нинг тахминан 5—10% ни ташкил этади.

Тажрибадан олинган маълумотлар бўйича трансформаторнинг тўла, актив ва реактив қаршиликларини аниқлаш мумкин:

$$z_0 = \frac{U_{1\text{ ном}}}{I_0}, \quad \text{Ом}; \quad r_0 = \frac{P_0}{I_0^2}, \quad \text{Ом}; \quad x_0 = \sqrt{z_0^2 - r_0^2}, \quad \text{Ом}.$$

Булар трансформаторнинг эквивалент схемасини тузиш учун керак.

Трансформаторнинг салт ишлаш тажрибаси бажарилаётганда унинг иккиламчи чулғами учлари очиқ қолдирилиб, бирламчи чулғамига номинал кучланиш $U_{1\text{ ном}}$ берилади.

Қисқа туташув тажрибасидан қуйидагилар аниқланади:

1) қисқа туташув кучланиши

$$u_k \% = \frac{U_k}{U_{1\text{ ном}}} \cdot 100,$$

бу ерда U_k — трансформаторнинг иккиламчи чулгам учлари қисқа туташтирилганда иккала чулгамлардан номинал тоқлар оқиб ўтишини таъминлай оладиган даражада бирламчи чулгамга берилган кучланиш;

2) трансформатор чулгамларининг қизишига сарф бўлган қувват исрофи (ёки қувватнинг электр нобудгарчилиги) P_k

$$P_k = P_m = I_{1\text{ном}}^2 \cdot r_1 + (I_{2\text{ном}}^1)^2 \cdot r_2 = I_{1\text{ном}}^2 \cdot r_k,$$

бу ерда r_k — трансформаторнинг қисқа туташув тажрибасидаги тўла қаршилигининг актив ташкил этувчиси ($r_k = r_1 + r_2^1$); $I_{2\text{ном}}^1$ — бирламчи чулгамга келтирилган иккиламчи чулгам тоқи;

3) трансформаторнинг қисқа туташув пайтидаги тўла, актив ва реактив қаршиликлари:

$$z_k = \frac{U_k}{I_{1\text{ном}}}, \text{ Ом}; \quad r_k = \frac{P_k}{\sqrt{z_k^2 - r_k^2}}, \text{ Ом}; \quad X_k = \sqrt{z_k^2 - r_k^2}, \text{ Ом}.$$

Трансформаторнинг қисқа туташув тажрибасини ўтказиш учун унинг иккиламчи чулгам учлари қисқа туташтирилиб, бирламчи чулгам учларига автотрансформатор ёрдамида шундай пасайтирилган кучланиш бериладик, у иккала чулгамлардан номинал тоқлар оқиб ўтишини таъминлай олсин, яъни $I_1 = I_{1\text{ном}}$ ва $I_2 = I_{2\text{ном}}$.

Нагрузка режимдан қуйидагилар аниқланади:

Трансформаторнинг нагрузка тоқи I_2 нагрузка қаршилиги r_n ёрдамида бошқарилади. Трансформаторнинг қандай юкланганлигини юкланиш коэффициентини орқали аниқланади, яъни

$$\beta = \frac{I_2}{I_{2\text{ном}}}.$$

Тажриба вақтида $\beta = 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25$ деб олинади. Тажрибадан олинган маълумотларга кўра кучланишнинг пасаяви аниқланади:

$$\Delta U_2 = \frac{U_{2\text{ном}} - U_2}{U_{2\text{ном}}} \cdot 100\%;$$

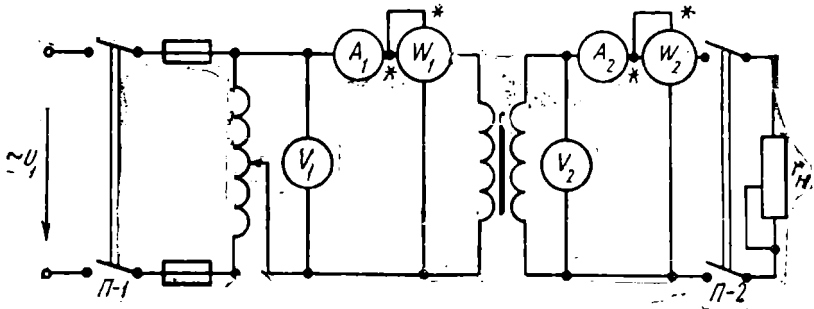
трансформаторнинг фойдали иш коэффициентини:

$$\eta' = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\%;$$

P_1 ва P_2 трансформаторнинг кириш ва чиқиш томонларидаги актив қувватлари.

Трансформаторнинг ташқи характеристикаси қуйидаги боғланишдан иборат:

$$U_2 = f(I_2).$$



2.41- расм.

Таққослаш учун трансформаторнинг нагрзука режимидаги ҳисобий фойдали иш коэффициенти аниқланади:

$$\eta'' = \frac{\beta \cdot S_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi_2}{\beta \cdot S_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi_2 + P_0 + \beta^2 \cdot P_{\text{к}}} \cdot 100\%,$$

бу ерда $S_{\text{ном}}$ — трансформаторнинг номинал тўла қуввати, ВА;
 $\cos \varphi_2$ — нагрзуканинг қувват коэффициенти.

III. Ишни бажариш тартиби

1. Трансформаторнинг конструкцияси ва паспортида берилган маълумотлар билан танишиб, асосийлари ёзиб олинади.

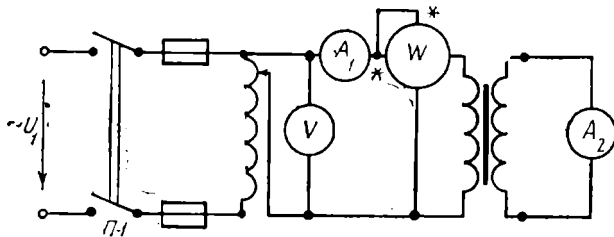
2. 2.41- расмдаги схемани йиғиб, трансформаторнинг салт иш-лаш тажрибаси ўтказилади. Бунинг учун иккиламчи чулғам уч-ларини очиқ қолдириб, бирламчи чулғамга номинал кучланиш берилади. Шу пайтдаги ўлчов асбобларининг кўрсатишлари 2.20-жадвалга ёзилади.

2.20- ж а д в а л

Ўлчашлар				Ҳисоблашлар				
$U_{1\text{ном}}$	U_{20}	I_0	P_0	$I_0/I_{1\text{ном}}$	z_0	r_0	x_0	k
В	В	А	Вт		Ом	Ом	Ом	

3. 2- пунктдаги схемани ўзгаришсиз қолдириб, унга ажрат-кич П-2 ёрдамида нагрзукани улаймиз. Трансформаторнинг ташқи характеристикасини олиш учун r_n қаршилиқни ўзгартиш йўли билан уни турли даражада юклаймиз. Бунда юклаш коэф-фициентлари қуйидагича олиниши керак:

$$\beta = 0, 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25.$$



2.42- расм.

Ўлчаш натижалари 2.21- жадвалга ёзилади.

2.21- ж а д в а л

Ўлчашлар						Ҳисоблашлар				
β	U_1	I_1	P_1	U_2	I_2	P_2	η'	η''	ΔU_2	$\cos \varphi_2$
	В	А	Вт	В	А	Вт	%	%	%	—
0,2										
0,4										
0,6										
0,8										
1,0										
1,25										

4. 2.42- расмдаги схемани йиғиб, трансформаторнинг қисқа туташув тажрибаси ўтказилади. Бунинг учун автотрансформаторнинг дастагини минимал кучланишга келтириб, занжир тармоққа уланади. Сўнгра автотрансформатор ёрдамида кучланишни (яъни қисқа туташув кучланишини U_k гача) чулғамлардан $I_1 = I_{1 \text{ ном}}$ ва $I_2 = I_{2 \text{ ном}}$ қийматлардаги тоқлар оқиб ўтгунча орттирилади. Ўлчаш натижалари 2.22- жадвалга ёзилади.

2.22- ж а д в а л

Ўлчашлар				Ҳисоблашлар			
U_k	$I_{1 \text{ ном}}$	$I_{2 \text{ ном}}$	P_k	Z_k	r_k	X_k	ΔU_k
В	А	А	Вт	Ом	Ом	Ом	%

5. Қуйидаги боғланишларнинг графиклари чизилади:

$$U_2 = f(I_2); \quad \cos \varphi = f(I_2); \quad \eta = f(I_2).$$

6. Иш бўйича хулоса берилади:

а) тажрибадан олинган ва трансформаторнинг паспортида берилган маълумотларнинг мослиги тўғрисида;

б) трансформаторнинг фойдали иш коэффициентини (ФИК) максимум қийматга эришгандаги нагрузка миқдори ҳақида;

в) нагрузка ўзгариши билан трансформатор ФИК нинг, $\cos \varphi$ нинг ва иккиламчи чулғам томондаги кучланишнинг ўзгариш характери тўғрисида.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Трансформаторнинг тузилиши ва ишлаш принципи тўғрисида нималарни биласиз?

2. Трансформация коэффициентини нима ва у қандай аниқланади?

3. Салт ишлаш ва қисқа туташув тажрибалари қандай ўтказилади? Тажрибадан олинган маълумотлар бўйича трансформаторнинг қандай параметрларини аниқлаш мумкин?

4. Трансформаторнинг ташқи характеристикаси нима?

5. Трансформаторнинг ФИК ни қандай усуллар билан аниқлаш мумкин?

6. Пулат ўзақнинг (магнит ўтказгичнинг) вазифаси ва конструкциясини баён этинг.

7. Трансформаторнинг аҳамияти нимадан иборат?

14- лаборатория иши

УЧ ФАЗАЛИ ТРАНСФОРМАТОРНИ ТЕКШИРИШ

1. Ишни бажаришдан мақсад

1. Уч фазали трансформаторнинг тузилиши ва ишлаш принципи билан танишиш.

2. Уч фазали трансформатор чулғамларининг қисмаларини (учларини) белгилашни ўрганиш.

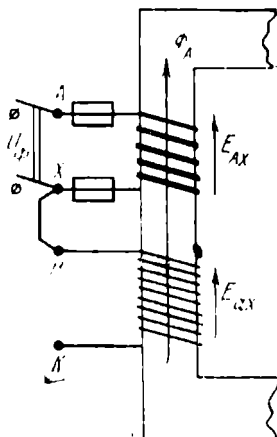
3. Уч фазали трансформатор чулғамларини турлича схемада бириктириб, трансформация коэффициентини аниқлаш.

4. Трансформаторнинг нагрузка режимига оид ўлчашларни, ҳисоблашларни бажариш ва ташқи характеристикасини қуриш.

II. Ишга оид назарий тушунчалар

Ўртача ва кичикроқ қувватли электр установкадаги уч фазали токни трансформациялаш учун уч фазали трансформаторлардан фойдаланилади. Бу трансформаторлар конструктив жиҳатдан учта бир фазали трансформаторни мужассамлаштирган бўлиб, ягона пулат ўзақка эга. Шу туфайли уч фазали трансформаторларнинг фойдали иш коэффициенти кагта, ўлчамлари кичик ва оғирлиги кам бўлади. Уч фазали трансформатор худди шундай қувватли учта бир фазали трансформаторлардан бирмунча арзон туради.

Трансформаторнинг чулғамлари юлдуз ёки учбурчак схемада улашиши мумкин. Улар юлдуз схемада уланганда нолинчи нуқта ташқарига (клемникка) чиқарилиши ёки чиқарилмаслиги мумкин. Юқори кучлишли чулғамнинг бош учларини катта A, B, C , охириги учларини эса тегишлича катта X, Y ва Z ҳарфлари билан белгиланади. Паст кучлишли чулғамнинг бош учларини кичик a, b, c ва охириги учларини эса кичик x, y , ва z ҳарфлари билан белгиланади. Нолинчи нуқтадан чиққан симнинг учи O ҳарфи билан белгиланади.



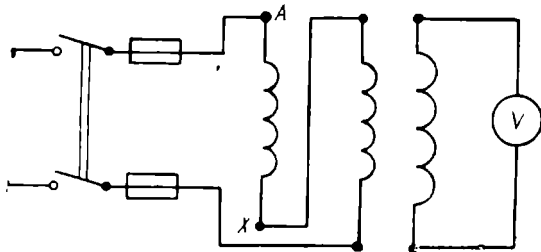
2.43- расм.

Уч фазали трансформаторнинг чулғамларини юлдуз ёки учбурчак схемада бириктирганда чулғамларнинг бош ва охириги учларини аниқ билиш керак.

Чулғам қисмаларини (учларини) белгилаш (яъни маркировка қилиш) қуйидаги тартибда бажарилади:

1. Бир стерженда жойлашган чулғамларнинг қисмаларини белгилаш, магнит оқим Φ_A нинг шу чулғамларда индукциялаган e_{Ax} ва e_{ax} ЭЮК ларининг фазалари мос тушиши бўйича зىқланади (2.43- расм). Ихтиёрий танланган чулғамнинг бош ва охириги учларини A ва X деб белгилаймиз. Чулғамнинг X учини шу фаздаги иккиламчи чулғамнинг биронта (H) учи билан бириктириб, манбадан A ва X учларига $20..30$ В ўзгарувчан кучланиш берамиз. Сўнгра E_{Ax} , E_{Hx} ва E_{AK} ЭЮК ларнинг қийматларини ўлчаймиз. Агар ЭЮК $E_{AK} = E_{Ax} + E_{Hx}$ бўлса, чулғамлар мос уланган бўлиб, қисма H иккиламчи чулғамнинг бош учи ҳисобланади ва a ҳарфи билан белгиланади. Қисма K эса шу чулғамнинг охириги учи бўлиб, x ҳарфи билан белгиланади. Агар ЭЮК $E_{AK} = E_{Ax} - E_{Hx}$ бўлса, бирламчи ва иккиламчи чулғамлар қарама-қарши уланган бўлиб, қисма K иккиламчи чулғамнинг бош учи ҳисобланади ва a ҳарфи билан H , учи эса охириги учи ҳисобланиб x ҳарфи билан белгиланади.

2. Уч фазали трансформаторнинг бошқа стерженларида жойлашган чулғамларнинг қисмаларини аниқлашда улар ҳам мос уланган бўлиб, магнит оқимларининг шартли мусбат йўналиши ҳамма фазаларда бир хил бўлиши керак.



2.44- расм.

Бунинг учун учлари белгиланган бирламчи чулғамни бошқа фазанинг бирламчи чулғами билан кетма-кет уланади. Учинчи фазанинг бирламчи чулғамига вольтметр уланади (2.44-расм). Агар вольтметр аввал ўлчанган ЭЮК $E_{\text{АХ}}$ дан катта қийматни кўрсатса, у ҳолда бирламчи чулғамнинг охириги X учи иккинчи фаза бирламчи чулғамининг бош учи B билан уланган бўлади. Унинг охириги учини эса $У$ ҳарфи билан белгиланади. Агар вольтметрнинг кўрсатиши нолга яқин бўлса, у ҳолда биринчи фаза бирламчи чулғамининг X учи иккинчи фаза бирламчи чулғамининг $У$ учи билан уланган бўлади. Энди учинчи фаза бирламчи чулғамининг учларини аниқлаш учун иккинчи фазанинг бирламчи чулғамини схемадан ажратиб, ўрнига учинчи фазанинг чулғами уланади. Иккинчи фазанинг бирламчи чулғамига вольтметр уланади. Текшириш яна 2.44-расмдаги схема бўйича так-рорланади.

3. B ва C фазаларнинг иккиламчи чулғам учлари v — u ва c — z ни аниқлаш биринчи фазанинг a — x учларини аниқлашдагидек бажарилади (2.43-расм).

Пўлат ўзакнинг битта стерженига жойлашган юқори ва паст кучланиш чулғамларида фазалари бўйича мос тушувчи ЭЮК лар индукцияланади. Юқори ва паст кучланишли чулғамларнинг бир номли учлари орасидаги ЭЮК лар $E_{\text{АВ}}$ ва $E_{\text{АВ}}$ линия ЭЮК лари ҳисобланиб, улар бир-бирлари билан фаза жиҳатдан мос тушиши ёки 30° бурчагига силжиган бўлиши мумкин.

Юқори ва паст кучланишли чулғамларнинг бир номли фазаларидаги ЭЮК лари орасидаги бурчак, уч фазали трансформаторларнинг чулғамларини бириктириш группаларини белгилайди. Гост бўйича уч фазали трансформаторларнинг чулғамларини бириктиришнинг қўйидаги схема ва группалари қабул қилинган:

$$Y/Y - 0; \quad \Delta/\Delta - 0; \quad Y/\Delta - 11.$$

Масалан, $Y/Y - 0$ белгида касрнинг сурати бирламчи чулғамнинг, махражи эса иккиламчи чулғамнинг бириктириш схемасини ва 0 эса бириктириш группасини билдиради. Мазкур уч фазали трансформаторнинг бирламчи ва иккиламчи чулғамлари бир хил юлдуз схемада бириктирилганда уларнинг бир номли $E_{\text{АВ}}$ ва $E_{\text{АВ}}$, $E_{\text{ВС}}$ ва $E_{\text{ВС}}$, $E_{\text{СА}}$ ва $E_{\text{СА}}$ ЭЮК ларининг фазалари мос бўлиб, улар орасидаги силжиш бурчаги нолга тенг. II рақами соатнинг стрелкаларига ўхшаш ўша ЭЮК лар орасидаги бурчакнинг 330° га тенглигини билдиради. Трансформаторлар электр тармогида параллел ишлаганда бириктириш группаларининг бир хил бўлиши зарурий шартлардан бири ҳисобланади.

Бирламчи ва иккиламчи чулғамлар бир хил схемада бириктирилганда (Y/Y ; Δ/Δ) фаза ва линия кучланишларининг нисбати трансформация коэффицентига тенг:

$$K = \frac{U_{1\phi}}{U_{2\phi}} = \frac{U_{1л}}{U_{2л}}$$

Чулғамлар Y/Δ —11 схема бўйича бириктирилганда

$$K = \frac{U_{1\phi}}{U_{2\phi}} = \frac{U_{1л}}{\sqrt{3} U_{2л}}$$

Уч фазали трансформаторнинг салт ишлаш тажрибасини (худди бир фазали трансформатордагига ўхшаш) ўтказиш учун бирламчи чулғамга номинал кучланиш $U_{1\text{ном}}$ берилиб, иккиламчи чулғам учлари очиқ қолдирилади, яъни $I_2 = 0$.

Тажрибани ўтказишдан мақсад трансформаторнинг салт ишлаш токи I_0 нинг қийматини ва пўлат ўзакда гистерезис ва уярма тоқларга сарф бўлган қувват исрофи P_0 ни аниқлашдир.

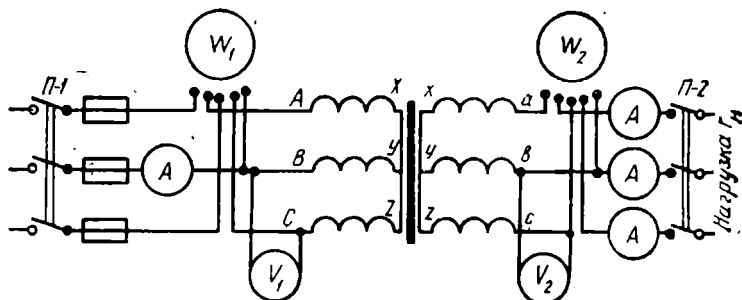
Қисқа туташув тажрибаси (худди бир фазали трансформатордагига ўхшаш) трансформаторнинг қисқа туташув кучланиши U_k ни ва қисқа туташув вақтидаги қувват исрофи P_k ни аниқлаш учун ўтказилади. Қисқа туташув кучланиши U_k манбанинг шундай пасайтирилган кучланишики, у миқдор жиҳатдан иккиламчи чулғам учлари қисқа туташтирилганда иккала чулғамдан ($I_1 = I_{1\text{ном}}$; $I_2 = I_{2\text{ном}}$) номинал тоқлар оқиб ўтишини таъминлай оладиган кучланиш ҳисобланади.

Трансформаторнинг нағрузка билан ишлашини текшириш, унинг чиқиш томонидаги r_n нағрузка қаршилигини ўзгартиш йўли билан бажарилади (2.45-расм). Иложи борича учала фазаларда симметрик нағрузка ҳосил қилиш керак. Нисбат $\beta = \frac{I_2}{I_{2\text{ном}}}$ трансформаторнинг юкланиш коэффиценти дейилади. Уни тажриба вақтида 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 га тенг қилиб олинади.

Трансформаторда кучланишнинг пасаюви куйидагича аниқланади:

$$\Delta U \% = \frac{U_{2\text{ном}} - U_2}{U_{2\text{ном}}} \cdot 100,$$

бу ерда $U_{2\text{ном}}$ —трансформатор салт ишлагандаги иккиламчи чулғам учларидаги кучланиш; U_2 —трансформатор нағрузка билан ишлагандаги иккиламчи чулғам учларидаги кучланиш.



2.45- расм,

Трансформаторнинг фойдали иш коэффициенти унинг наг­руз­ка билан ишлаганда олинган маълумотлари бўйича

$$\eta' \% = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100$$

ёки трансформаторнинг паспортида берилган маълумотлар бўй­и­ча аниқланади:

$$\eta'' \% = 1 - \frac{P_0 + \beta^2 P_K}{\beta \cdot S_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi + P_0 + \beta^2 P_K},$$

бу ерда $S_{\text{ном}}$ — трансформаторнинг номинал тўла қуввати (ВА); $\cos \varphi$ — наг­руз­канинг қувват коэффициенти (мазкур ишда наг­руз­ка актив бўлгани учун $\varphi = 0$); β — юкланиш коэффициенти; P_0 — салт ишлаш вақтидаги қувват исрофи (Вт); P_K — қисқа туга­шув тажрибасидаги қувват исрофи (Вт).

Трансформаторнинг қувват коэффициенти қуйидаги формула билан аниқланади:

$$\cos \varphi = \frac{P_1}{\sqrt{3} U_{1 \text{ ном}} \cdot I_1},$$

бу ерда $U_{1 \text{ ном}}$ — бирламчи чулғамнинг номинал кучланиши (В); I_1 — бирламчи чулғамнинг токи (А); P_1 — истеъмол қилинаётган актив қувват (Вт).

Наг­руз­ка режимдан олинган маълумотлар бўйича трансфор­маторнинг ташқи характеристикаси $U_2 = f(I_2)$ ни ва трансфор­маторнинг ФИК нинг эгри чизиги $\eta' = f(I_2)$ қурилади.

III. Ишни бажариш тартиби

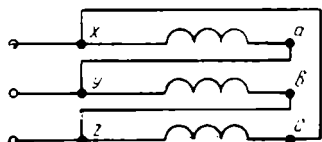
1. Уч фазали трансформаторнинг конструкцияси ва паспорти­да кўрсатилган маълумотлар билан танишинг. Асосий маълумот­ларни дафтарга ёзинг.

2. 2.43- ва 2.44-расмларда берилган схемалар бўйича уч фа­зали трансформатор чулғамларининг учларини аниқлашни (мар­кировка қилишни) ўрганинг.

3. 2.45-расмдаги схемани йиғинг.

4. Трансформаторнинг чулғамлари Y/Y — 0 схема бўйича би­риктирилгандаги трансформация коэффициенти аниқлансин. Бу­нинг учун трансформаторнинг иккиламчи чулғами учларини очик қолдириб бирламчи чулғам учларига ЛАТР ёрдамида номинал кучланиш бериледи.

5. Трансформаторнинг чулғам­лари Y/Δ — II схема бўйича бири­ктирилгандаги трансформация коэф­фициенти аниқлансин. Бунинг учун аввалги схемани манбадан ажратиб, фақат иккиламчи чулғамни қайта учбурчак схемада бириктириш ке­рак (2.46-расм).



2.46- расм.

4 ва 5-пунктлардаги ўлчаш натижаларини 2.23- жадвалга ёзинг.

2.23- ж а д в а л

Чулғамларни бириктириш схемаси	$\frac{U_{AB}}{V}$	$\frac{U_{aB}}{V}$	$\frac{K}{-}$	$\frac{U_{BC}}{V}$	$\frac{U_{bc}}{V}$	$\frac{K}{-}$	$\frac{U_{CA}}{V}$	$\frac{U_{ca}}{V}$	$\frac{K}{-}$	$\frac{K_{\text{ўр.}}}{-}$
	Y/Y — 0									
Y/Δ — 11										

6. 2.45-расмдаги схемани йиғиб, трансформаторни нагрузка режимида текширинг. Қаршилиқ реостатлари ёрдамида учала фазада бир текис нагрузка ҳосил қилинсин. Тажриба жараёнида бирламчи чулғамга берилган кучланишни ўзгаришсиз ушлаб турилсин. Ўлчаш натижаларини 2.24- жадвалга ёзинг.

2.24- ж а д в а л

β	Ўлчашлар										Ҳисоблашлар					
	$\frac{U_a}{V}$	$\frac{U_b}{V}$	$\frac{U_c}{V}$	$\frac{U_{2\phi}}{V}$	$\frac{I_a}{A}$	$\frac{I_b}{A}$	$\frac{I_c}{A}$	$\frac{P_2}{Вт}$	$\frac{U_{1ном}}{V}$	$\frac{I_1}{A}$	$\frac{P_1}{Вт}$	$\frac{I_2}{A}$	$\frac{U_{2\phi}}{V}$	$\frac{\eta'}{\%}$	$\frac{\cos \varphi}{-}$	$\frac{\Delta U\%}{\%}$
0,2																
0,4																
0,6																
0,8																
1,0																

Қуйидаги тахминий формулалар бўйича ҳар бир нагрузка учун фаза кучланишлари ва тоқларининг ўртача қиймати ҳисоблансин:

$$U_{2\phi} = \frac{U_a + U_b + U_c}{3}, \quad I_2 = \frac{I_a + I_b + I_c}{3}.$$

7. Умумий координаталар системасида қуйидаги боғланишларнинг графикларини қуринг:

$$U_2 = f(I_2); \quad \eta = f(I_2); \quad \cos \varphi = f(I_2).$$

8. Трансформаторнинг тажрибадан олинган характеристикаларини назарий йўл билан ҳисобланган характеристикаси билан солиштириб хулоса беринг.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Уч фазали трансформаторнинг умумий тузилиши ва вазифасини баён этинг.

2. Амалда уч фазали трансформаторларнинг чулғамларини бириктиришнинг қандай схемалари қўлланади ва нима сабабдан шундай?

3. Уч фазали трансформатор чулғамларининг бириктириш группаси нима ва ундан фойдаланиш сабаби нимада?

4. Уч фазали трансформаторнинг чулғамлари турлича схемада бириктирилганда трансформация коэффициенти қандай аниқланади?
5. Трансформатор чулғамларининг учларини белгилаш қандай бажарилади?
6. Қисқа туташув тажрибаси қандай ўтказилди ва ундан қандай катталиклар аниқланади?
7. Трансформаторнинг ФИК ни аниқлаш формуларини ёзинг.
8. Трансформаторнинг ташқи характеристикаси нима?
9. Трансформаторда қандай қувват исрофлари мавжуд?

15- лаборатория иши

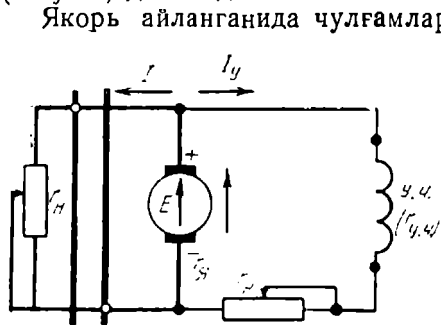
ПАРАЛЛЕЛ УЙҒОТИШЛИ ЎЗГАРМАС ТОК ГЕНЕРАТОРИНИ ТЕКШИРИШ (ШУНТЛИ ГЕНЕРАТОР)

1. Ишни бажаришдан мақсад

1. Параллел уйғотишли ўзгармас ток генераторининг тузилиши ва ишлаш принципи билан танишиш.
2. Генераторнинг паспортида берилган маълумотлар билан танишиш ва асосийларини дафтарга ёзиш.
3. Генераторни бошқаришни ўрганиш, унинг асосий характеристикаларини олиш ва қуриш.

II. Ишга оид назарий тушунчалар

Ўзгармас ток генератори айланма ҳаракатнинг механик энергиясини электр энергиясига ўзгартиб беради. У учта асосий қисмдан: машинанинг қўзғалмас ўзгармас ток электромагнети, механик энергия таъсирида ўзгарувчан ЭЮК ҳосил қилувчи якорь ва ўзгарувчан ЭЮК ни ўзгармас ЭЮК га айлантириб берувчи чўткали коллектордан иборат. Бу лаборатория ишида генератор якорини айлантирувчи механик энергия манбаи сифатида қисқа туташтирилган роторли уч фазали асинхрон двигателъ хизмат қилади. Генераторнинг уйғотиш чулғами (электромагнит чулғами) ёкорга параллел уланган бўлади. Генераторнинг номи шундан келиб чиққан (2.47-расм). Баъзан шунтли генератор деб ҳам аталади. Уйғотиш чулғамини эса шунтли уйғотиш чулғами (ш. у. ч) дейилади.



2.47- расм.

Якорь айланганида чулғамларнинг ўрамлари машинанинг пўлат ўзагида магнитланишдан қолган озгина қолдиқ $\Phi_{кол}$ магнит оқимини кесиб ўтиб, якорь чулғамида озроқ бошлангич ўзгарувчан ЭЮК E_k индукциялайди. Ўзгарувчан ЭЮК коллектор ёрдамида механик равишда тўғриланиб, графит чўткалар орқали ўзгармас йўналишга эга бўлади.

Якорда индукцияланган ЭЮК

$$E_k = c \cdot n \cdot \Phi_{кол}$$

Бу ЭЮК таъсирдан уйғотиш чулғамида ҳосил бўлган ток I_k қўшимча $\Phi_{\text{қўш}}$ магнит оқимини ҳосил қилади. Агар бу оқим қолдиқ магнит оқими билан йўналиши мос бўлса (мос уланиш) машинанинг пўлат ўзагида магнит оқими ортиб, генератор уйғонади (қўзғалади). Магнит оқимларининг йўналиши қарама-қарши бўлса, машина уйғонмайди. Бунинг учун уйғотиш чулғамининг якорга уланадиган қисмаларининг ўрнини алмаштириш керак.

Якорь чулғамларида индукцияланган ЭЮК

$$E = c \cdot n \cdot \Phi,$$

бу ерда c — машинанинг конструктив доимийси; n — генератор якорининг айланиш тезлиги, айл/мин; Φ — якорь чулғами кесиб ўтадиган битта қутбнинг магнит оқими.

Якорь қисмаларида ҳосил бўлган кучланиш

$$U = E - I_a r_a,$$

бу ерда I_a — якорь чулғамидан ўтаётган ток; r_a — якорь занжирининг қаршилиги.

Генератор якорининг айланиш тезлиги ўзгармас ($n = \text{const}$) миқдор бўлганидан якорда индукцияланган ЭЮК ни бошқариш фақат магнит оқими Φ га боғлиқдир. Уни уйғотиш занжиридаги r_p ростлаш реостати ёрдамида уйғотиш токининг кучини ўзгартиш билан бажарилади. Ҳақиқатан ҳам магнит оқими билан уйғотиш токининг орасида қуйидаги боғланиш мавжуд:

$$\Phi = \frac{I_y \cdot w_y}{r_m},$$

бу ерда Φ — битта қутбдаги уйғотиш чулғамидан ўтган ток ҳосил қилган магнит оқими; I_y — уйғотиш чулғамидан ўтаётган ток; w_y — уйғотиш чулғамининг ўрамлар сони; r_m — муҳитнинг магнит қаршилиги.

Генератор ишга тушириляётганда ростлаш реостатининг қаршилиги занжирга максимал уланади. Сўнгра ростлаш реостатининг қаршилигини, генератор қисмаларида $U_{\text{ном}}$ номинал кучланишдан бир оз кўпроқ бўлган салт ишлаш кучланиши U_0 ҳосил бўлгунча камайтирилади.

Генератор салт ишлаганда нагрузка токи $I_n = 0$ бўлиб якорь қисмаларидаги кучланиш $U \approx E$ деб олинади. Электр машиналарининг хоссаларини уларнинг характеристикалари ёрдамида осон тушунилади. Бу характеристикалар машинага оид барча катталиклар ўзгармай туриб, фақат икки асосий параметри ўзгарганда улар орасидаги боғланишни ифода эгувчи эгри чизиқдан иборат. Генератор учун якорнинг айланиш сони амалда ўзгармас бўлиб (барча турбиналар тезлик ростлагичлар билан жиҳозланган), ўзгарувчан катталиклар эса якорь учидидаги кучланиш, якорь токи ва уйғотиш токи ҳисобланади.

Параллел уйғотишли ўзгармас ток генераторини текширганда унинг учта асосий характеристикаси олинади.

1. *Салт ишлаш характеристикаси* — генераторнинг айланиш тезлиги ўзгармас бўлиб, унинг қисмаларидаги кучланиш U нинг уйғотиш токи I_y га боғлиқлигини ифодаловчи эгри чизиқ, яъни

$$I_n = 0; U_0 \approx E = f(I_y); n = \text{const.}$$

Одатда, якорь чулғамида уйғотиш токидан ҳосил бўлган кучланишнинг пасаюви ҳисобга олинмайди. Чунки уйғотиш токи номинал токнинг жуда кичик улушини ташкил этади, яъни:

$$I_y = (0,02 \div 0,05) I_{\text{ном.}}$$

Салт ишлаш характеристикаси генераторнинг ўз-ўзидан уйғотиш жараёнида олинади. Бу характеристика машинанинг магнит хусусиятларини аниқлашга ёрдам беради.

2. *Ташқи характеристика* — уйғотиш занжиридаги ростлаш реостатининг қаршилиги ва якорнинг айланиш тезлиги ўзгармай турганида генератор қисмаларидаги кучланишнинг нағрузка токи билан қандай боғланганлигини кўрсатувчи эгри чизиқ, яъни:

$$n = \text{const ва } r_p = \text{const бўлганда } U = f(I).$$

Истеъмолчи токи $I = \frac{U}{r_n}$ бўлиб, $I_a = I + I_y$.

Ташқи характеристика ростланмайдиган генераторнинг электр хусусиятларини аниқлашга ёрдам беради. Нағрузка токининг пайдо бўлиши якорь қисмаларидаги кучланишни пасайтиради.

Генераторнинг электр мувозанат ҳолатига мувофиқ якорь қисмаларидаги кучланиш:

$$U = E - I_a \cdot r_a \approx E - I \cdot r_a.$$

Истеъмолчи токи I нинг орта бориши билан якорь чулғамларидаги ички кучланишнинг пасаюви тобора кўпайиб, генератор қисмаларидаги кучланишнинг пасайишига сабаб бўлади. Ўз навбатида уйғотиш занжирининг ўзгармас қаршилигида кучланишнинг пасайиши уйғотиш токининг ҳам пасайишига сабаб бўлади.

$$I_y = \frac{U}{r_{y.c.} + r_p},$$

бу ерда $r_{y.c.}$ — уйғотиш чулғамининг қаршилиги.

Натижада магнит оқими Φ ва ЭЮК E камайиб, кучланишнинг бундан кайинги пасаюви ҳосил бўлади.

Миқдор $\Delta U\% = \frac{U_0 - U_{\text{ном}}}{U_{\text{ном}}} \cdot 100\%$ кучланишнинг номинал пасаюви ҳисобланиб, 10 дан 15% гача бўлади. Шундай қилиб, ташқи характеристика нағрузка ўзгарганида генератор кучланишнинг барқарорлигини кўрсатади.

3. *Ростлаш характеристикаси* — генератор қисмаларидаги кучланиш ва якорнинг айланиш тезлиги ўзгармай турганида уйғотиш токининг истеъмолчи токи билан қандай боғланганлигини кўрсатувчи эгри чизиқ, яъни $n = \text{const}$ ва $U_0 = \text{const}$ бўлганда

$$I_y = f(I).$$

Электр энергияси истеъмолчилари (электродвигателлар, лампалар ва б) нинг яхши ишлаши учун, манбадан олинadиган кучланиш, нагрузка ўзгариши билан ўзгармасдан, номиналига тенг бўлиши керак. Шунтли генераторда нагрузка ўзгариши билан кучланишни бир хил сақлаш имконияти бор. Бунинг учун уйғотиш занжиридаги ростлаш реостати r_p ёрдамида уйғотиш токи I_y ни шу билан бирга магнит оқими Φ ни ва ЭЮК E ни ўзгартиб кучланишни $U = \text{const}$ ушлаб турилади. Барча генераторлар кучланиш ростлагичи билан жиҳозланади.

Шундай қилиб, ростлаш характеристикаси турли нагрузкаларда генераторнинг қисмаларидаги кучланишни бир хил (ўзгармас) ушлаб туриш учун уйғотиш токини қанча ўзгартиш кераклигини кўрсатади.

Ўзгармас ток генераторлари саноат қурилмалари (электролиз ва гальваник қурилмалар) га паст кучланишли ўзгармас ток берадиган манбалар ҳисобланиб, синхрон генераторнинг уйғотгичи сифатида ҳам фойдаланилади. Айниқса махсус ўзгармас ток генераторлари (пайвандловчи, поездларни ёритиш учун ишлатилadиган генераторлар, ўзгармас ток кучайтиргичлари, аккумуляторларни зарядлаш учун генераторлар) кўп тарқалган.

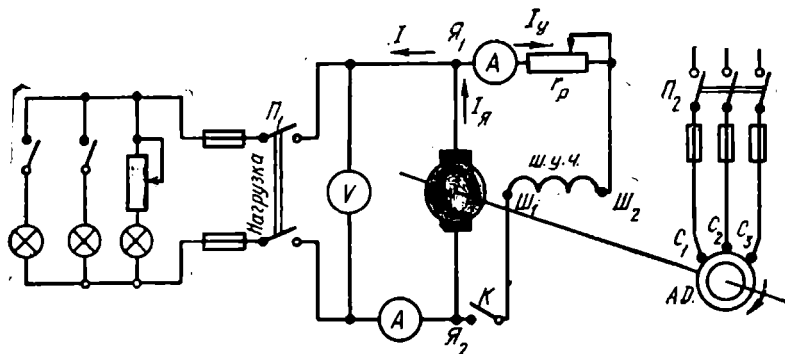
Ҳозирги вақтда СССР да умумсаноат аҳамиятига эга бўлган ўзгармас ток машиналарининг ягона II серияси ишлаб чиқарилмоқда. Бу машиналарнинг қуввати 0,3 кВт дан 2800 кВт гача бўлиб, айланиш тезлиги 24 айл/мин дан 3000 айл/мин гача бўлган диапазонни ташкил этади.

III. Ишни бажариш тартиби

1. Ўзгармас ток машинасининг тузилиши ва қисмларга ажратилган намунаси билан танишиш.

2. Стенд билан танишиб ва машинанинг схемага кирадиган барча қисмларини аниқлаб (якорнинг қисмалари, уйғотиш чулғами, реостатлар, ўлчов асбоблари ва ҳ.), паспортида берилган маълумот билан бирга дафтарга ёзинг.

3. 2.48- расмдаги электр схемани йиғинг.



2.48- расм.

4. Асинхрон двигателни манбага улаб, генераторнинг ишла-
 шини текширинг. Ростлаш реостатининг қаршилигини занжирга
 тўла улаб, вольтметрнинг кўрсатишини кузатинг. Якорда қол-
 диқ магнитланиш оқими $\Phi_{\text{қол}}$ ҳисобига озгина ЭЮК E_k индук-
 цияланади. Агар схема тўғри йиғилган бўлса, ростлаш реостати-
 нинг қаршилиги r_b ни бир текис камайтира борганимизда вольт-
 метрнинг кўрсатиши орта боради, яъни машина уйғонади.

Агар вольтметрнинг кўрсатиши камая борса, у ҳолда уйғо-
 тиш токи ҳосил қилган магнит оқими қолдиқ магнит оқимига
 қарама-қарши йўналган бўлиб, машина уйғонмайди. У ҳолда
 генераторни тўхтатиб, уйғотиш токнинг йўналишини ўзгартиш
 керак. Бунинг учун уйғотиш чулгамининг якорга уланадиган
 қисмаларининг ўрнини алмаштириш кифоя.

Генераторда индукцияланган ЭЮК нинг катталиги (1,1...1,25)
 $U_{\text{ном}}$ гача бўла олишига ишонч ҳосил қилиб, ростлаш реостати-
 нинг қаршилигини максимумгача орттиринг, шундан сўнг якорда
 индукцияланган ЭЮК минимумгача камаяди.

5. Генераторнинг салт ишлаш характеристикасини олиш учун
 уйғотиш токни O дан бир текис орттириб, генератор қисмала-
 ридаги кучланишни (1,2...1,25) $U_{\text{ном}}$ бўлгунга қадар ошириб,
 уйғотиш токнинг аввалдан белгиланган 8...10 та характерли
 нуқталарига оид кучланиш қийматларини ёзиб олишликни тўғри
 (ўсувчи) ва тескари (камаювчи) йўналишда бажариш керак. Уй-
 ғотиш токнинг ноль қиймагига уйғотиш занжиридаги қалит K
 нинг ажратилган (узилган) ҳолати олинади (2.48-расм). Ўлчаш
 натижалари 2.25-жадвалга ёзилади.

6. Генераторнинг ташқи характеристикасини олиш учун гене-
 раторни юклардан туриб, уни аввал салт ишлаш режимида
 (1,05...1,2). $U_{\text{ном}}$ кучланишгача уйғотиб олиш керак. Шу пайт-

2.25-жадвал

I_y, A							
$U \rightarrow, B$							
$U \leftarrow, B$							

2.26-жадвал

I, A							
U, B							
I_y, A							

2.27-жадвал

I, A							
I_y, A							

даги уйғотиш токининг қийматини ёзиб қўйинг. Ажраткич P_1 ни улаб, юклаш токини 0 дан то $I = (1, 1 \dots 1, 2) I_{ном}$ қийматгача ўзгартиб, 6...8 та характерли нуқталар учун генератор қисмаларидаги кучланишни ва уйғотиш токининг ўзгаришини ёзиб олинг.

Улчашдан олинган маълумотларни 2.26-жадвалга ёзинг. Кучланишнинг номинал пасаювини ҳисобланг.

7. Ростлаш характеристикасини олиш учун генераторга истеъмолчи (нагрузка) улаб, ростлаш реостаги r_p ёрдамида генератор қисмаларида номинал кучланиш ҳосил қилинади. Ажраткич P_1 ни улаб, нагрузка токини 6-пунктда айтилгандек ўзгартиш керак. Уйғотиш занжирида ростлаш реостатининг r_p қаршилигини ўзгартиш билан генератор қисмаларидаги кучланишнинг $U = \text{const}$ бўлишига эришилади. Улчашдан олинган маълумотлар 2.27-жадвалга ёзилади. Уйғотиш токининг нисбатан ортиши, яъни

$$\Delta I_y = \frac{I_y - I_{y0}}{I_{y0}} \text{ аниқланади.}$$

8. Генераторнинг барча характеристикалари масштабда қурилади.

9. Иш бўйича хулоса берилади:

а) ҳар бир характеристиканинг хусусийлиги қандай физик процесслар билан тушунтирилиши ҳақида;

б) ташқи характеристикани олишда уйғотиш токининг ўзгариши сабаби тўғрисида.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Шуңтли генераторнинг тузилиши (асосий қисмлари) ва ишлаш принципини баён қилинг.

2. Ўзгармас токнинг олиниш принципини тушунтириб беринг. Коллекторнинг аҳамияти нимадан иборат?

3. Генератор қисмаларидаги кучланиш унинг ЭЮК дан нима билан фарқланади?

4. Ўзгармас ток генераторининг ўз-ўзидан уйғотиш принципини тушунтириб беринг.

5. Нима учун мустақил уйғотишли генераторларда ташқи характеристика олинганда уйғотиш токи ўзгармайди, мазкур ишда эса камаяди?

6. Ўзгармас ток генераторини қандай характеристикалар характертайди?

7. Ўзгармас ток генераторларининг типларини санаб кўрсатинг. Уларнинг принципиал схемаларини чизинг.

16- лаборатория иши

ПАРАЛЛЕЛ УЙҒОТИШЛИ ЎЗГАРМАС ТОК ДВИГАТЕЛИНИ ТЕКШИРИШ

1. Ишни бажаришдан мақсад

1. Параллел уйғотишли ўзгармас ток двигателининг тузилиши ва ишлаш принципи билан танишиш ва схемасини ўрганиш.

2. Двигателни электр тармоғига улашни ўрганиш.

3. Двигателни юргизиш, реверслаш ва тезлигини бошқаришни ўрганиш.

4. Двигателни асосий характеристикаларини олишни ўрганиш ва бундаги физик процессларни тушуниб олиш.

II. Ишга оид назарий тушунчалар

Ўзгармас ток электр машиналари бошқа электр машиналари каби қайтувчанлик хусусиятига эга бўлиб, ҳам генератор, ҳам двигатель режимларида ишлай олади. Шунинг учун двигательнинг тузилиши ўзгармас ток генераторининг тузилишидан фарқ қилмайди. Генераторларга ўхшаб двигателлар ҳам уйғотиш чулғамининг якорга уланиш схемаси бўйича фарқ қилади. Ўзгармас ток двигателларининг махсус хусусиятлари (айланиш тезлигининг кенг доирада 1...10 нисбатда бошқарилиши ва махсус механик характеристикаларни олиш мумкинлиги) катта аҳамиятга эга бўлган жойларда кенг қўлланади. Булар прокат станларида ва кемаларда (эпкак винтларини ҳаракатга келтириш учун) ишлатилаётган ўзгармас ток двигателларидир.

Ягона П серияли ўзгармас ток двигателларининг қуввати 0,2 кВт дан 6800 кВт гача, айланиш тезлиги 21 айл/мин дан 3000 айл/мин гача бўлади.

Мазкур лаборатория ишида параллел уйғотишли (шунгли) двигатель текширилади. Двигатель режимда якорь чулғамига манбадан $I \approx I_a$ ток берилади. Якорь токининг уйғотиш токи I_y ҳосил қилган магнит оқими Φ билан ўзаро таъсирдан электромагнит момент $M = k \cdot \Phi \cdot I_a$ ҳосил бўлади. Момент M таъсирдан якорь айлана бошлайди. Якорь чулғамларининг ўрамлари магнит оқимининг куч чиқиқларини кесиб ўтиши натижасида унда ЭЮК индукцияланади, унинг миқдори:

$$E_T = c \cdot n \cdot \Phi.$$

Аммо бу ЭЮК генератордагидан фарқли равишда ташқи кучланишга қарама-қарши йўналгани учун E_T тескари ЭЮК дейилади. Кирхгофнинг иккинчи қонунига биноан двигательнинг электр мувозанат тенгламаси

$$U - E_T = I_a \cdot r_a \text{ ёки } U = E_T + I_a \cdot r_a.$$

У ҳолда двигательнинг якорь чулғамидан ўтаётган ток

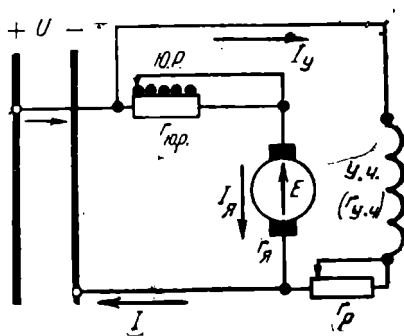
$$I_a = \frac{U - E_T}{r_a}.$$

бу ерда U — манбанинг кучланиши, В; E_T — якорь чулғамидagi тескари ЭЮК, В; r_a — якорь чулғамининг қаршилиги, Ом.

Ўзгармас ток двигателини юргизиш унинг якорь ва уйғотиш чулғамларига манбадан бевосита кучланиш бериш билан амалга оширилади. Аммо двигательни бошланғич юргизиш momentiда якорьнинг айланиш тезлиги $n = 0$ бўлгани учун, тескари ЭЮК $E_T = 0$ бўлади. У ҳолда якорь занжиридаги ток

$$I_a = \frac{U - 0}{r_a}.$$

Якорь чулгамининг қарши-лиги ўта кичик бўлгани учун якорь занжиридан ўтадиган ток $I_{я} = (18 \dots 20) I_{ном}$ ни ташкил этади. Бундай катта ток (қисқа туташув токи) якорь чулғамларини кўйдириб юборади. Ана шундай катта токни чеклаш мақсадида якорь чулғами билан кетма-кет реостат уланади. Уни юргизиш реостати (ю. р.) дейилади (2.49-расм). Бу ҳолда якордаги ток:



2.49- расм.

$$I_{я} = \frac{U}{r_{я} + r_{ю.р.}}$$

Юргизиш реостатининг қаршилиги, юргизиш токи номинал токнинг 1,5... 2 қисмига тенг бўладиган қилиб танланади.

Юргизиш токни сунъий камайтириш айлантирувчи моментнинг камайишига сабаб бўлади. Юргизиш моментининг миқдорини етарлича сақлаш учун двигателни максимал магнит оқимида юргизиш керак. Бунинг учун уйғотиш занжиридаги ростилаш реостатининг қаршилиги $r_{р}$ минимал ҳолатга қўйилади.

Якорь айлана бошлаганда унинг чулғамларида тескари ЭЮК ҳосил бўлади. Бунда якорь токи:

$$I_{я} = \frac{U - E_{т}}{r_{я} + r_{ю.р.}}$$

бу вақтда двигателнинг тезлиги орта борган сари тескари ЭЮК ҳам орта боради. Шу билан бир вақтда юргизиш реостатининг қаршилигини $M_{дв} = M_{к}$ бўлгунга қадар бир текис камайтира бориш керак. Бу вақтда якорь занжиридан қаршилик momenti ($M_{к}$) га мос ток ўта бошлайди:

$$I_{я} = \frac{U - E_{т}}{r_{я}}$$

Номинал нагрузкада тескари ЭЮК тармоқдан берилаётган кучланишнинг 90... 96% ини ташкил этади. Мазкур лаборатория ишида қаршилик momenti $M_{к}$ тарзида реостатли нагрузкага уланган мустақил уйғотишли ўзгармас ток генератори хизмат қилади.

Двигателнинг айланиш тезлиги формуласини якорь токининг формуласидан олиш мумкин. Бунда $E = c \cdot n \cdot \Phi$ эканлигини ҳисобга олиш керак:

$$n = \frac{U - I_{я} \cdot r_{я}}{c \cdot \Phi}$$

Ифодадан кўринадики, шунгли двигателнинг тезлигини унга берилаётган кучланишни ёки якорь занжирининг қаршилигини, айниқса магнит оқимини, яъни уйғотиш токини ўзгартириш йўли билан кенг чегарада бошқариш мумкин.

Қуввати 5 кВт дан 100 кВт гача бўлган двигателларнинг салт ишлашдан номинал нагруккагача юклагандаги тезлигининг номинал ўзгариши қуйидагича аниқланади:

$$\Delta n_n \% = \frac{n_0 - n_n}{n_0} \cdot 100 = 10 \div 25\%$$

демак, параллел уйғотишли двигателнинг тезлиги жуда оз ўзгарар экан.

Двигателнинг айланиш йўналишини ўзгартириш учун якорга ёки уйғотиш чулгамларига келаётган токлардан биронтасининг йўналишини ўзгартириш кифоя. Бу билан қутбларнинг ишораси ўзгаради.

Двигателнинг хусусиятларини батафсил билиш учун унинг қуйидаги характеристикаларини олиш керак.

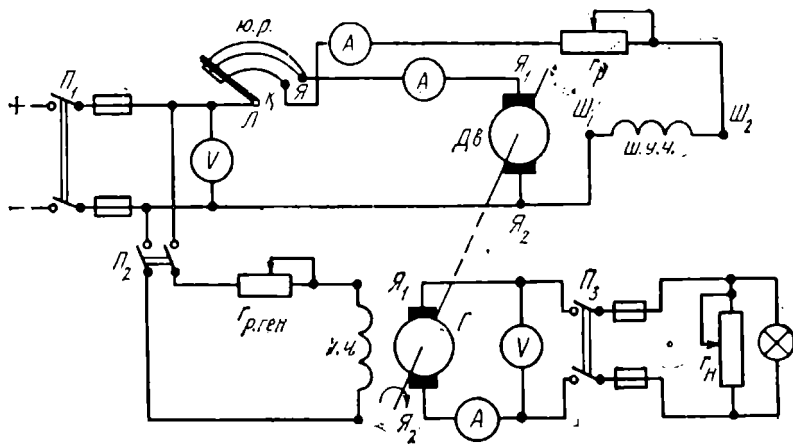
1. *Салт ишлаш характеристикаси*—двигатель қисмаларидаги кучланиш ўзгармаганда ва ўқдаги фойдали қувват $P_2 = 0$ бўлганда якорь айланиш тезлигининг уйғотиш токига боғлиқлигини ифодаловчи эгри чизиқ, яъни $U = U_{\text{ном}} = \text{const}$; $P_2 = 0$ бўлганда, $n = f(I_y)$ бўлади.

Бундай характеристика двигателнинг айланиш тезлиги қандай ўзгаришини кўрсатади.

Двигателни юргизишдан аввал уйғотиш занжирининг ишонччилигига алоҳида эътибор бериш зарур. Агар двигатель ишлаётганда уйғотиш занжирида узилиш содир бўлса, уйғотиш токи $I_y = 0$ бўлади U билан боғлиқ бўлган магнит оқими ва тескари ЭЮК ҳам нолга тенглашиб, якорь токи кескин ортади. Уйғотиш занжирининг индуктивлиги кагта бўлгани туфайли, бу тўсатдан содир бўлмай бирор вақт давом этади. U якорь токининг ортиши магнит оқими Φ нинг камайишидан тезроқ бўлади. Шунинг учун аввал двигателнинг айлантурувчи моменти $M = k \cdot \Phi \cdot I_n$ ортади ва натижада двигателнинг айланиш тезлиги номиналидан бир неча марта ортиб кетади. Бу хавфли ҳисобланади.

2. *Ташқи (тезлик) характеристикаси*—уйғотиш токи ва кучланиш ўзгармас бўлганда, двигатель айланиш тезлигининг якорь токига боғлиқлигини кўрсатувчи эгри чизиқ, яъни $I_y = \text{const}$ ва $U = U_n = \text{const}$ бўлганда $n = f(I_n)$ бўлади.

Нагрукка двигатель билан бир ўққа маҳкамланган мустақил уйғотишли генератор ёрдамида ҳосил қилинади (2.50-расм). Нагруккани улаш учун аввал ажраткич Π_2 ни улаб, сўнгра ажраткич Π_3 ни улаш керак. Генераторнинг уйғотиш занжиридаги $r_{p, \text{ген}}$ қаршилигини ўзгартирганимизда генераторнинг нагруккасини ва шунинг билан двигатель нагруккасини ўзгартирган бўламыз. Двигател нагруккасини ўзгартириш учун истеъмолчи қаршилиги r_n ни ўзгартирса ҳам бўлади. Нагрукка ортиши билан якорь токи ҳам ортиб, двигателнинг тезлиги камая боради. Якорь токи



2.50- расм.

ортиши натижасида якорь реакцияси кучайиб магнит оқими бир оз камаяди ва шу туфайли двигатель айланиш тезлигининг ўзгариши жуда кам бўлади. Бундай характеристикани тезлик характеристикаси ҳам дейилади. Нагрузка ўзгариши билан тезлиги кам ўзгарадиган двигателларнинг ташқи характеристикасини „қаттиқ“ дейилади. Бу шунтли двигателларнинг ўзига хос хусусияти ҳисобланади.

3. *Ростлаш характеристикаси* — айланиш тезлиги ва кучланиши ўзгармас бўлганда двигатель уйғотиш тоқининг якорь тоқига боғлиқлигини ифодаловчи эгри чизиқ, яъни $n = \text{const}$, $U = U_{\text{ном}} = \text{const}$ бўлганда $I_y = f(I_a)$ бўлади. Бу характеристика, двигательни салт ишлашдан ток номинал нагрузкагача юклаганда унинг айланиш тезлигининг ўзгармаслиги учун уйғотиш тоқини қандай ўзгартириб туриш кераклигини кўрсатади.

III. Ишни бажариш тартиби

1. Ўзгармас ток машинасининг тузилиши ва қисмларга ажратилган намунаси билан танишилади.

2. Стенд билан танишиб, машинанинг схемага кирадиган барча қисмларини аниқлаб (якорьнинг қисмалари, уйғотиш чулғами, реостатлар, ўлчов асбоблари ва б.) ва паспортида берилган маълумотлар билан бирга дафтарга ёзилади.

3. 2.50- расмдаги электр схема йигилади.

4. Двигателни манбага улаб, айланиш йўналиши белгиланади:
 а) юргизиш реостатининг (ю. р.) ҳолати текширилади (қаршилик занжирга тўла уланган бўлиши керак);

б) уйғотиш занжиридаги r_p реостатининг ҳолати текширилади (қаршилик $r_p = 0$ бўлиши керак);

в) ажраткич Π_1 ни улаб двигателга кучланиш берилади.

г) аста-секин 6...8 секунд давомида юргизиш реостатининг қаршилиги ноль қийматигача камайтирилади.

5. Салт ишлаш характеристикаси олинади. Уйғотиш токининг ўқитувчи томонидан кўрсатилган қийматлари чегарасида уйғотиш токининг ортиши билан двигателъ айланиш тезлигининг камайишига ишонч ҳосил қилинади ва 6...8 та характерли нуқталар учун олинган ўлчаш маълумотларини 2.28-жадвалга ёзилади.

2.28-жадвал

$I_y, \text{ mA}$						
$n \text{ айл/мин}$						

6. Ташқи характеристикаси олинади.

Бунда двигателни салт ишлашдан то номинал нагруккага-ча юклаганда унинг тезлигининг камайишига ва бу камайишнинг озлигига ишонч ҳосил қилинади ва 6...8 та ихтиёрий танланган нуқталар учун олинган ўлчаш маълумотлари 2.29-жадвалга ёзилади.

2.29-жадвал

$I_y, \text{ A}$						
$n, \text{ айл/мин}$						

7. Ростлаш характеристикаси олинади. Нагрукка токининг аввалги қийматларида двигателъ тезлигининг ўзгармаслиги учун (бу миқдор ўқитувчи томонидан кўрсатилади) I_y уйғотиш токини ва у билан боглиқ магнит оқими Φ ни камайтириш кераклигига ишонч ҳосил қилинади ва 6...8 та ихтиёрий танланган нуқталар учун олинган ўлчаш маълумотлари 2.30-жадвалга ёзилади.

2.30-жадвал

$I_y, \text{ A}$						
$I_y, \text{ mA}$						

8. Двигателнинг айланиш йўналиши ўзгартирилади (реверс-лаш). Бунинг учун якорь чулгамининг ёки уйғотиш чулгамининг схемага уланган қисмаларининг ўрнини алмаштириб, ҳақиқатан, якорнинг тескари томонга айланаётганлигига ишонч ҳосил қилинади.

9. Олинган ўлчаш маълумотлари бўйича двигателнинг салт ишлаш, ташқи ва ростлаш характеристикалари қурилади.

10. Иш бўйича хулоса берилади:

а) двигателъ тезлигининг номинал ўзгаришини аниқлаб, унинг ташқи характеристикасининг „қаттиқлиги“ ҳақида;

б) тезлиги ростланадиган двигателнинг хусусиятлари ҳақида;

в) двигателъ тезлигини бошқаришнинг турли усуллари ҳақида.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Параллел уйғотишли ўзгармас ток двигателининг тузилиши (асосий қисмлари) ва ишлаш принципини баён этинг.
2. Двигателининг манбага уланиши ва юргизиш реостатининг аҳамиятини сўзлаб беринг.
3. Двигателни юргизиш пайтида уйғотиш занжиридаги ростлаш реостати қандай ҳолатда бўлиши керак ва нима учун?
4. Двигатель ишлаётганда уйғотиш занжири узилса, нима содир бўлади?
5. Параллел уйғотишли ўзгармас ток двигателяда абсолют „каттиқ“ характеристикали тезлик характеристикасини олиш мумкинми ва қандай йўллар билан олинади?
6. Двигателининг тезлиги қандай ростланади?
7. Двигателининг электр мувозанат тенгламаси генераторнинг шундай электр мувозанат тенгламасидан нима билан фарқ қилади?
8. Салт ишлаш, ташқи ва ростлаш характеристикалари қандай олинади ва уларнинг анализи.

17- лаборатория иши

КЕТМА-КЕТ УЙЎТИШЛИ ЎЗГАРМАС ТОК ДВИГАТЕЛИНИ ТЕКШИРИШ

I. Ишни бажаришдан мақсад

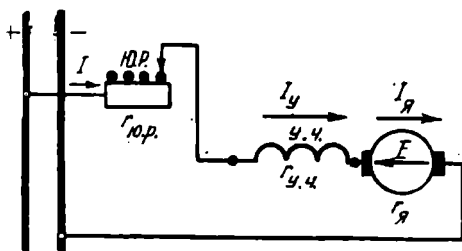
1. Кетма-кет уйғотишли ўзгармас ток двигателининг тузилиши ва схемасини ўрганиш.
2. Двигателининг паспортида берилган маълумотлар билан таъниш.
3. Двигателни манбага улаб юргизишни ўрганиш.
4. Двигателининг характеристикаларини олиш, унинг графикларини қуриш ва анализ қилиш.
5. Двигателининг тезлигини бошқариш ва айланиш йўналишини ўзгартиришни (реверслашни) ўрганиш.

II. Ишга оид назарий тушунчалар

Кетма-кет уйғотишли (серие) ўзгармас ток двигателяда уйғотиш чулғами билан якорь чулғами кетма-кет уланган бўлади (2 51- расм). Шунинг учун уйғотиш токи I_y якорь токи I_a га тенг, яъни

$$I_y = I_a = I.$$

Бу двигатель уйғотиш чулғамининг ўрамлар сони оз, кўндаланг кесими катта, шунинг учун қаршилиги жуда кичик. Масалан, кучланиши 220 В, қуввати 5 кВт дан 100 кВт гача бўлган двигателларнинг параллел уйғотиш чулғамининг қаршилиги 50 ... 300 Ом бўлса, кетма-кет уйғотишли чулғамнинг қаршилиги тахминан 0,01 ... 0,02 Ом ни ташкил этади.



2.51- расм.

Ўзгармас ток двигателларининг хусусиятлари ва характеристикалари механик нагрузка ўзгарганда магнит оқимининг қандай ўзгаришига кўп жиҳаддан боғлиқ. Ўз навбатида магнит оқими двигателнинг уйғотиш усулига ҳам боғлиқдир.

Двигателда электромагнит момент якорь токи $I_{я}$ билан уйғотиш токи ҳосил қилган ($I_{я} = I_{у}$) магнит оқими Φ нинг ўзаро таъсиридан ҳосил бўлади, яъни $M = k_m \cdot \Phi \cdot I_{я}$.

Нисбатан оз нагрузкаларда серияс двигателнинг магнит занжири тўйинмаган бўлади. Бунда магнит оқими якорь токига ($I_{я} = I_{у}$) деярли пропорционал ҳисобланади, яъни $\Phi = k_1 \cdot I_{я}$.

У ҳолда электромагнит момент якорь токининг квадратига пропорционал, яъни

$$M = k_m \cdot k_1 \cdot I_{я}^2.$$

Аммо якорь токи двигатель ўқидаги нагрузка ёки қаршилик моменти $M_{к}$ нинг катталиги билан аниқланади.

Двигателнинг магнит занжири тўйина борган сари юқорида айтилган пропорционаллик бузилади (боғланиш $\Phi = f(I_{у}) = f(I_{я})$ пўлат ўзакнинг магнитланиш эгри чизиги ҳисобланади).

Бу ҳолда ҳам якорь токининг ортиши билан электромагнит момент кучли ортади.

Электромагнит моментнинг катта бўлиши кетма-кет уйғотишли двигателнинг ўзига хос хусусиятларидан бири ҳисобланади. Бу двигателнинг юргизиш вақтини камайтириб, оз нагрузкада керакли моментни ҳосил қилишга имкон беради. Шунинг учун бундай двигателлардан асосан электротранспортда (трамвай, троллейбус, метро поездларида, электровозларда), катта кўтарма қурималарнинг юритмаларида, кранларда ва турли ички ёнув двигателларини юргизиб юборишда (автомашинанинг стартёри ва бошқалар) фойдаланади. Булар қуввати 3 кВт дан 150 кВт гача бўлиб, айланишлар сони 470 айл/мин дан 1550 айл/мин гача бўлган ДП сериядаги кетма-кет уйғотишли ўзгармас ток двигателларидир.

Кирхгофнинг иккинчи қонунига биноан двигателнинг электр мувозанат тенгламаси:

$$U = E_{т} + I_{я} \cdot (r_{я} + r_{у.ч}).$$

Бундан якордаги токнинг ифодаси қуйидагича топилади:

$$I_{я} = \frac{U - E_{т}}{r_{я} + r_{у.ч}} = \frac{U - c \cdot n \cdot \Phi}{r_{я} + r_{у.ч}},$$

бу ерда U — манба кучланиши; $E_{т}$ — якорь айланганида унинг чулғамида ҳосил бўлган тескари ЭЮК.

Юргизиш пайтида якорнинг айланиш тезлиги $n = 0$ бўлгани учун тескари ЭЮК $E_{т} = c \cdot n \cdot \Phi = 0$, шу туфайли двигателнинг юргизиш токи унинг номинал токидан 10...25 марта ортиб кетади. Бундай катта ток двигатель учун хавфли бўлганидан унга йўл қўйиб бўлмайди. Шунинг учун уни камайтириш мақсадида

двигатель якорига кетма-кет қилиб юргизиш реостати $r_{юр}$ уланади ва двигательнинг токи юргизиш вақтида:

$$I_{юр} = \frac{U - 0}{r_{я} + r_{у.ч} + r_{юр}}$$

Юргизиш реостатининг қаршилиги $r_{юр}$ шундай танлаб олиндики, бунда двигательнинг юргизиш токи номинал қийматидан 1,5...2 мартадан ортиб кетмаслиги керак.

Двигательнинг тезлиги орта борган сари тескари ЭЮК нинг қиймати орта бориб, якорь токи камаё боради. Шу билан биргаликда юргизиш реостатининг қаршилигини нолгача бир текис камайтириб, охири қаршилик занжирдан тўла чиқарилади. Бунда якордаги ток ўзининг двигатель ўқидаги нагрузкага, яъни қаршилик моментига мос қийматига эришади, яъни

$$I_{я} = \frac{U - E_{\tau}}{r_{я} + r_{у.ч}}$$

Қаршилик momenti сифатида электромагнит тормоз ёки бирон нагрузкага ишлаётган генератор бўлиши мумкин.

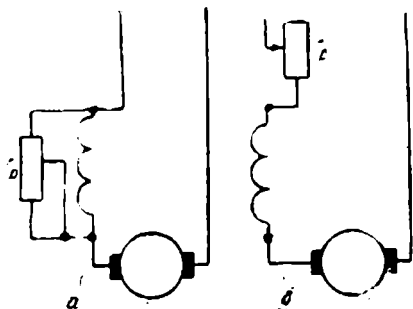
Якорь токининг формуласидан двигательнинг айланиш тезлигини ифодаловчи формулани олиш мумкин, яъни

$$n = \frac{U - I_{я}(r_{я} + r_{у.ч})}{c \cdot \Phi}$$

бу ерда c —машинанинг конструктив доимийси; Φ —уйғотиш токи $I_{у} = I_{я}$ ҳосил қилган магнит оқими.

Кетма-кет уйғотишли ўзгармас ток двигательининг ўзига хос хусусиятларидан бири, уни салт ишлатиб бўлмайди. Чунки двигатель салт ишлаганда ёки оз нагрузка билан ишлаганда якорь токи ва магнит оқими ҳам оз бўлиб (чунки $I_{у} = I_{я}$) двигательнинг тезлиги кескин ортиб кетади ($M = M_{к} \rightarrow 0$; $I_{я} \rightarrow 0$; $\Phi \rightarrow 0$; $n \rightarrow \infty$). Бундай ҳолат двигатель учун хавфли бўлиб, якорнинг механик мустаҳкамлигига зарар етказиши мумкин. Шунинг учун бундай двигательни ўқидаги нагрузкаси номиналидан 25% дан кам бўлмагандагина юргизиш тавсия этилади. Шунингдек, бундай двигательларни ремень орқали нагрузка билан улаш ҳам хавфли ҳисобланади. Демак, нагрузка бириктирилиши „қаттиқ“ механикавий бўлиши керак.

Кетма-кет уйғотишли двигательнинг тезлигини ростлашни уйғотиш токини (яъни магнит оқими Φ ни) ёки якорга берилаётган кучланишни ўзгартиш билан бажариш мумкин (2.52-расм. а ва б).



2.52- расм.

Биринчи ҳолда уйғотиш чулғами ростловчи реостат r_p билан шунтланади (2.52-расм, а). У ҳолда уйғотиш чулғаидаги ток ва магнит оқими камайиб, двигателнинг тезлиги ортади.

Якорга берилаётган кучланишни пасайтириш учун у билан кетма-кет $7 \dots 10$ поғонали ростловчи реостат r_p уланади (2.52-расм, б). Реостатда манба кучланишининг бир қисми пасайиб двигателнинг тезлиги камаяди. Берилган қувватнинг бир қисми реостатда бефойда сарф бўлгани учун бу усул тежамли ҳисобланмайди. Трамвайларда, электровозларда кўпинча $2 \dots 4$ тагача двигател ишлатилади. Кичик тезликларда бу двигателлар кетма-кет, катта тезликларда эса параллел уланади.

Двигателнинг айланиш йўналишини ўзгартириш (реверслаш) учун уйғотиш чулғамларига ёки якорга келаётган симларнинг ўринларини алмаштириш кифоя. Агар манбадан келаётган симларнинг ўринларини алмаштирак, двигателнинг айланиш йўналиши ўзгармайди.

Двигателнинг хусусиятларини аниқлаш учун унинг қўйидаги характеристикалари олинади.

1. *Ташқи ёки тезлик характеристикаси*—манба кучланиши ўзгармас бўлганда двигател айланиш тезлигининг якорь токига боғлиқлигини кўрсатади, яъни $U = \text{const}$ бўлганда $n = f(I_a)$.

Двигателнинг нагрукаси ортганда якордаги кучланиш пасаяди ва магнит оқими ортади (чунки якорь токи ортади). Магнит оқимининг ортиши двигател тезлигининг янада камайишига сабаб бўлади. Шунинг учун бу характеристика параллел уйғотишчи двигателнинг характеристикасига қараганда бирмунча „юшоқ“ ҳисобланади.

Двигателнинг тезлик характеристикасини нагрукка $0,25 P_{ном}$ дан бошлаб олиш керак.

2. *Двигателнинг иш характеристикалари*—манба кучланиши ўзгармас бўлганда двигателнинг айлантурувчи моменти ва фойдали иш коэффициентининг якорь токига боғлиқлигини кўрсатади, яъни $U = \text{const}$ бўлганда $M = f(I_a)$ ва $\eta = f(I_a)$.

3. *Двигателнинг ростлаш характеристикаси*— $r_{p,y}$ ва r_p ўзгарувчан бўлганда двигател айланиш тезлигининг якорь токига боғлиқлигини кўрсатади, яъни $r_y = \text{var}$ ва $r_p = \text{var}$ бўлганда

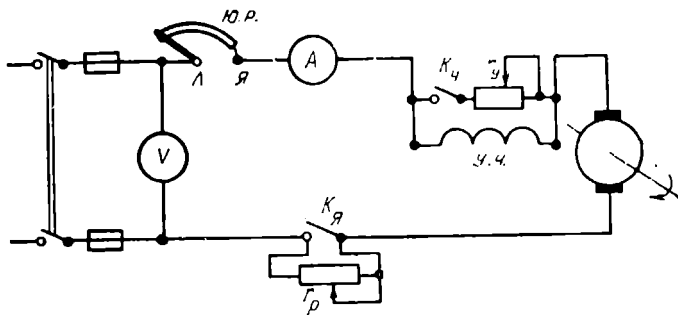
$$n = f(I_a).$$

III. Ишни бажариш тартиби

1. Кетма-кет уйғотишли ўзгармас ток двигателининг тузлиши ва ишлаш принципи билан, шунингдек қисмларга ажратилган намунаси билан танишилади.

2. Стенд билан танишиб, двигателнинг схемага кирадиган қисмларни ва ўлчов асбобларини аниқлаш ҳамда двигателнинг паспортидаги маълумотлар билан танишиб уларни ҳисоботга ёзиб қўйилади.

3. 2.53-расмдаги электр схема йиғилади.



2.53- расм.

4. Юргизиш реостатининг қаршилиги занжирга тўла уланган ҳолда двигателни юргизиш. Айланиш йўналишини билиб қўйиш керак.

5. Двигателни реверслашни бажариб, сўнгра бошланғич йўналишига келтириб қўйилади.

6. Двигателни аввалдан $0,25 P_{\text{ном}}$ нагрузка билан юклаб (амперметр бўйича текширилади), унинг тезлик ва иш характеристикаларини олиш. Ўлчашдан олинган маълумотлар 2.31-жадвалга ёзилади.

Двигателнинг нагрузкеси генератор бўлганда жадвалдаги баъзи катталиқлар қуйидагича ҳисобланади:

$$P_{\text{ген}} = U_{\text{ген}} \cdot I_{\text{ген}}; \quad P_{1 \text{ дв}} = U_{\text{дв}} \cdot I_{\text{я}};$$

2.31- жадвал

Ўлчашлар			Ҳисоблашлар						
Двигатель			Генератор		$P_{\text{ген}}$	$P_{1 \text{ дв}}$	η	$P_{2 \text{ дв}}$	$M_{\text{дв}}$
$U_{\text{дв}}$	$I_{\text{я}}$	n	$U_{\text{г}}$	$I_{\text{г}}$					
В	А	айл мин	В	А	Вт	Вт	%	Вт	Н·м

$$\eta_{\text{ген}} = \eta_{\text{дв}} \text{ деб қабул қилсак (ҳақиқатан ҳам шундай), } \eta_{\text{агр}} = \eta^2 = \frac{P_{\text{ген}}}{P_{1 \text{ дв}}} \text{ ни оламиз, у ҳолда } \eta = \sqrt{\frac{P_{\text{ген}}}{P_{1 \text{ дв}}}}$$

$$P_{2 \text{ дв}} = P_{1 \text{ дв}} \cdot \eta; \quad M = 9,55 \frac{P_{2 \text{ дв}}}{n}, \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Двигателнинг нагрукаси электромагнит тормоз бўлганда ўқдаги момент тормоз шкаласи бўйича аниқланади.

Двигатель ўқидаги қувват $P_{2 \text{ дв}}$ қуйидагича аниқланади:

$$P_{2 \text{ дв}} = \frac{M \cdot n}{9,55}, \text{ Вт.}$$

$$\text{Двигателнинг ФИК эса } \eta = \frac{P_{2 \text{ дв}}}{P_{1 \text{ дв}}}.$$

7. Двигателнинг тезлигини ростлаш (реостатли) характеристикалари олинади. Бунинг учун двигателни уйғотиш чулғамини шунтовчи қаршилик r_k ни занжирга тўла улаб, калит K_y ни улаймиз. Нагрукани $0,25 P_{\text{ном}}$ дан $P_{\text{ном}}$ гача ошириб, $5 \div 6$ та ихтиёрй нуқталар учун ўлчаш маълумотлари олинади. Қаршилик r_k ни камайтириб ўлчашлар такрорланади. Ўлчашдан олинган маълумотлар 2.32-жадвалга ёзилади.

Калитлар K_y ва K_n ни ажратиб, якорга қўшимча қаршилик r_p ни улаб, аввалги қийматларда $5 - 6$ та ихтиёрй нуқталар билан ўлчаш маълумотлари олинади.

Ўлчаш натижалари 2.32-жадвалга ёзилади.

2.32-жадвал

	I_n	A						
r_{k_1}	n_1	$\frac{\text{ай.л}}{\text{мин}}$						
r_{k_2}	n_2	$\frac{\text{ай.л}}{\text{мин}}$						
r_p	n_3	$\frac{\text{ай.л}}{\text{мин}}$						

8. Битта графикда двигателнинг тезлик (табийй ва реостатли) характеристикалари қурилади.

9. Бошқа графикда двигателнинг ишчи характеристикалари n , M , $\eta = f(I_n)$ қурилади.

10. Иш бўйича хулоса берилади.

а) кетма-кет уйғотишли ўзгармас ток двигатели ҳақида характеристика бериш;

б) двигателни тезлигини ростлаш усуллари ҳақида маълумот бериш;

в) двигателнинг қўлланиш соҳалари ҳақида маълумот бериш.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Кетма-кет уйғотишги двигатель шунгли двигательдан конструктив жиҳатдан нима билан фарқланади?
2. Двигатель манбага қандай уланади?
3. Двигательнинг айлаиш йўнаиши қандай ўзгартирилади?
4. Нима учун кетма-кет уйғотишли двигательни нагрзука билан тасма орқали бириктириб бўлмайди?
5. Нима учун двигательнинг тезлик характеристикаси „юмшоқ“ ҳисобланади?
6. Двигательнинг айлантурувчи моментги якорь токи билан қандай боғланган?
7. Қайси двигательда (шунгли ёки сериес) $M > M_{ном}$ га эришиш учун ток бўйича кичик нагрзука бўлади?
8. Нима учун юргизиш шаронги оғир бўлган юритмаларда (электротранспортда ва кўтарма қурилмаларда) кетма-кет уйғотишли двигательни қўллаш фойдалади ҳисобланади?
9. Шунгли ёки сериес двигательнинг қайси биридан автомобиль стартёри учун фойдаланилади ва нима учун?
10. Сериесли двигательнинг тезлигини қандай ростлаш мумкин?

18- лаборатория иши

УЧ ФАЗАЛИ ҚИСҚА ТУТАШТИРИЛГАН РОТОРЛИ АСИНХРОН ДВИГАТЕЛНИНГ ИШ РЕЖИМИНИ ТЕКШИРИШ

I. Ишни бажаришдан мақсад

1. Уч фазали қисқа туташтирилган роторли асинхрон двигательнинг тузилиши ва ишлаш принципи билан танишиш.
2. Двигательнинг манбага уланидиган электр схемаси билан батафсил танишиш.
3. Двигательнинг ўзига хос хусусиятлари билан танишиш, характеристикаларини олиш, уларни қуриш ва анализ қилиш.
4. Двигательни юргизишни ва реверслашни ўрганиш.
5. Юргизиш токининг катта бўлиб, юргизиш моментининг кичик бўлиш сабабларини ўрганиш.

II. Ишга оид назарий тушунчалар

Асинхрон машиналар саноатда асосан двигатель тарзида қўланади. У қўзгалмас статор ва ҳаракатланувчи ротордан иборат бўлиб, ҳаволи кичик тирқиш билан ажралиб туради. Статор чулғами уч фазали бўлиб, тармоқ кучланишига қараб юлдуз ёки учбурчак схемада уланиши мумкин. Роторнинг чулғами унинг пазларига (конуссимон ариқчалар) суяюқ ҳолда қўйилган алюминий стерженлардан иборат бўлиб, бу стерженларнинг икки учи томонидан алюминий гардиш билан қисқа туташтирилган. Двигательнинг номи ҳам шундан келиб чиққан.

Асинхрон двигательнинг ишлаши айланувчи магнит майдони ҳодисасига асосланади. Асинхрон двигательнинг статор чулғамлари орқали уч фазали ўзгарувчан ток ўтганда айланувчи магнит майдони ҳосил бўлади. Бу айланувчан магнит майдонининг айлаиш частотаси (тезлиги) n_0 манба кучланишининг частотаси f га

ва уч фазали статор чулгами ҳосил қилган жуфт қугблар сони p га боғлиқ

$$n_0 = \frac{60 \cdot f_1}{p} = \frac{60 \cdot 50}{1} = 3000 \text{ айл/мин}$$

бу ерда $f_1 = 50$ Гц, $p = 1$.

Айланувчан магнит майдонининг тезлигини (ёки асинхрон двигателнинг синхрон тезлиги ҳам дейилади) статор чулғамлари ва жуфт қутблари сонига боғлиқлигини жадвал кўринишида бериш мумкин.

m — чулғамлар сони	3	6	9	12	15	18
p — жуфт қутблар сони	1	2	3	4	5	6
n_0 — айл/мин	3000	1500	1000	750	600	500

Синхрон тезлик билан айланаётган айланувчан магнит майдони статор ва ротор чулғамларининг ўрамларини кесиб ўтиб, уларда тегишлича ўзиндукция ва ўзароиндукция ЭЮК ларини индукциялайди. Бу ЭЮК ларнинг таъсир эгувчи қийматлари:

статорнинг фаза чулғамида $E_1 = 4,44 k_1 \cdot f_1 \cdot \omega_1 \cdot \Phi$;

роторнинг фаза чулғамида $E_2 = 4,44 k_2 \cdot f_2 \cdot \omega_1 \cdot \Phi$,

бу ерда ω_1 ва ω_2 — статор ва ротор чулғамларининг ўрамлар сони; k_1 ва k_2 — статор ва роторнинг чулғам коэффициентлари ҳасобланиб, қиймати бирга яқин бўлади.

Ротор чулғамлари конструктив қисқа туташганлиги учун ундан ЭЮК E_2 таъсиридан ротор токи I_2 ўта бошлайди. Айланувчан магнит майдонининг ротор токи билан ўзаро таъсиридан ҳосил бўлган электромагнит айлантирувчи момент роторни айланувчан магнит майдони йўналишда ҳаракатланишга мажбур этади. Асинхрон двигатель роторининг айланиш тезлиги n айланувчан магнит майдонининг тезлиги n_0 дан доимо кичик (акс ҳолда роторда ЭЮК индукцияланмайди). Буни асинхрон двигателнинг сирпаниши дейилади, у қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$S = \frac{n_0 - n}{n_0}$$

Двигателни бошланғич юргизиш пайтида (ўзининг тинч инерцияси бўйича ротор 1... 2 секунд ҳаракатсиз туради) $n = 0$, $S = 1$ бўлади. Двигатель салт ишлаганда роторнинг тезлиги айланувчан магнит майдонининг айланиш тезлигига деярли яқин бўлиб, сирпаниш ҳам нолга яқин бўлади. Номинал нагрузка билан ишлаётган асинхрон двигателларнинг номинал сирпаниши 3... 5% ни (ёки 0,03... 0,05) ташкил этади. Двигателнинг қуввати ортган сари сирпанишнинг қиймати орта боради. Ротор токининг частотаси сирпаниш тезлиги $n_s = n_0 - n$ га боғлиқ бўлиб, $f_2 = f_1 \cdot S$. У ҳолда айланаётган ротордаги ЭЮК $E_{2s} = E_2 \cdot S$ двигатель юргизилаётган пайтдаги ЭЮК нинг 3... 5% ини ташкил этади.

ЭЮК E_2 таъсиридан роторда ҳосил бўлган ток Ом қонунига биноан:

$$I_2 = \frac{E_2 S}{\sqrt{r_2^2 + X_{2S}^2}} = \frac{E_2 \cdot S}{\sqrt{r_2^2 + x_2^2 \cdot S^2}},$$

бу ерда r_2 — ротор занжирининг актив қаршилиги, Ом; x_{2S} — ротор занжирининг индуктив қаршилиги, Ом;

$$x_{2S} = \omega_2 L_2 = 2\pi f_1 L_2 \cdot S = x_2 \cdot S.$$

Ифодалардан кўринадики двигателни бошланғич юргизиш пайтида роторининг тезлиги $n=0$ бўлиб, сирпаниш $S=1$ бўлганда ротордаги ток частотаси, ЭЮК ва ротор токи ўзларининг максимал қийматларига эришади. Ротор айлана бошлаб, тезлиги ортган сари бу катталиклар камая боради ва нагрузка номиналга етганда улар ўз номинал қийматларига эришади.

Қисқа туташган роторли асинхрон двигателларда юргизиш токи номинал токдан 5...7 марга катта бўлади. Бундай катта юргизиш токи тармоқ кучланишини пасайишига сабаб бўлади.

Шунинг учун катта қувватли қисқа туташган роторли асинхрон двигателни юргизиш пайтида юргизиш токини камайтириб, тармоқ кучланишини кескин ўзгаришини (пасайишини) камайтирадиган махсус юргизиш схемаларидан фойдаланилади. Автотрансформатор ёрдамида юргизиш ва статор чулғамларини „учбурчак“ дан „юлдуз“ га ўтказиб юргизиш схемалари мавжуд. Кичик ва ўрта қувватли двигателларни электр тармоғига бевосита улаб юргизилади.

Двигателнинг айланиш йўналишини ўзгартириш учун айланувчан магнит майдонининг айланиш йўналишини ўзгартириш керак. Бунинг учун статорнинг учта фаза симларидан истаган иккитасининг манбага уланадиган ўринларини алмаштириш кифоя.

Роторда ҳосил бўлган электромагнит момент магнит оқими Φ ва ротор токи I_2 орқали аниқланади:

$$M = c_m \cdot \Phi \cdot I_2 \cdot \cos \psi_2,$$

бу ерда c_m — двигателнинг конструктив доимийси; $I_{20} = I_2 \times X \cos \psi_2$ — ротор токининг актив ташкил этувчиси; $\cos \psi_2$ — ротордаги ЭЮК билан ток орасидаги силжиш бурчаги. Агар $\cos \psi_2 = \frac{r_2}{\sqrt{r_2^2 + x_2^2 \cdot S^2}}$ эканлигини ва магнит оқими Φ нинг қийматини

статордаги ЭЮК ифодасидан ва ротор токини ҳисобга олсак, маълум ўзгартишлардан сўнг электромагнит айлантيرувчи моментнинг манба кучланишининг ўзгаришига ўта сезгирлигини ифодаловчи натижавий формулани олиш мумкин, яъни

$$M = c \cdot U_1^2 \cdot \frac{r_2 \cdot S}{r_2^2 + x_2^2 \cdot S^2}.$$

Шунинг учун двигателни ишлатиш манба кучланишининг ўзгариши $\pm 5\%$ ни ташкил этганда рухсат этилиши мумкин. Саноат қуввати 0,6 кВт дан 1000 кВт гача бўлган А2 ва А02 (А0Л2) типдаги ягона серияли қисқа туташган роторли асинхрон двигателларни ишлаб чиқарган.

1975 йилдан бошлаб қуввати 0,06 кВт дан то 400 кВт гача бўлган янги 4А (4АН) серияли уч фазали қисқа туташган роторли асинхрон двигателлар қўллана бошланди.

Асинхрон двигателнинг иш характеристикалари манба кучланиши U_1 ва частотаси f_1 ўзгармас бўлганда двигателнинг айланиш тезлиги n , сирпаниши S , айлангирувчи моменти— M , ФИК— η , қувват коэффициенти $\cos \varphi$ ва статор токи I_1 ларнинг двигатель ўқидаги фойдали қувват P_2 га боғлиқлигини ифодаловчи эгри чиқиқлардан иборат.

1. Двигатель айланиш тезлигининг фойдали қувватга боғлиқлиги характеристикаси $n = f(P_2)$ ёки $s = f(P_2)$. Асинхрон двигателлар салт ишлашдан то номинал нагрузкагача юкланганда тезлиги жуда оз ўзгаради. Шунинг учун бу двигателни тезлик характеристикаси „қаттиқ“ ҳисобланган двигателлар тоифасига киритиш мумкин.

Сирпаниш формуласидан двигателнинг айланиш тезлигини аниқловчи ифодани ёзиш мумкин, яъни $n = n_0(1-s) = \frac{60f_1}{p}(1-s)$.

Демак, двигателнинг тезлигини жуфт қутблар сонини ва манбанинг частотасини ўзгартириб бошқариш мумкин. Жуфт қутблар сони ўзгартирилиб бошқарилганда двигателнинг тезлиги поғонали ўзгаради. Саноат вентиляторларнинг ва металлни қайта ишловчи станокларнинг юритмалари учун икки ва уч поғонали, яъни кўп тезликли двигателларни ишлаб чиқаради.

Двигателнинг тезлигини частотавий бошқариш усули уни бир текис ва кенг доирада ўзгартириш имконини беради. Аммо бу усул махсус частота ўзгартгич қурилмани талаб этади.

2. Айлангирувчи моментнинг фойдали қувватга боғлиқлик характеристикаси $M = f(P_2)$. Моментни қуйидаги формула бўйича ҳисоблаш мумкин:

$$M = 975 \frac{P_2}{n} \text{ (кГм)} = 9550 \frac{P_2}{n} \text{ (Нм)},$$

бу ерда P_2 —двигатель ўқидаги фойдали қувват (кВт).

3. Двигатель ФИК нинг фойдали қувватга боғлиқлиги характеристикаси $\eta = f(P_2)$.

Асинхрон двигателнинг ФИК қуйидагича аниқланади:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + \sum \Delta P},$$

бу ерда $\sum \Delta P$ —двигателдаги барча қувват исрофгарчиликларининг йиғиндиси.

$$\sum \Delta P = \Delta P_{\text{чул}_1} + \Delta P_{\text{чул}_2} + \Delta P_{\text{п}} + \Delta P_{\text{мех}};$$

бу ерда $\Delta P_{\text{чул}}$, $\Delta P_{\text{чул}}$ — статор ва ротор чулгамларининг қизишига сарф бўлган қувват исрофгарчиликлари. Нагрузкага боғлиқ бўлганидан ўзгарувчан ҳисобланади. $\Delta P_{\text{п}}$; $\Delta P_{\text{мех}}$ — статорнинг пўлат ўзагидаги ва механик қувват исрофгарчиликлари. Бу исрофгарчиликлар нагрузкага боғлиқ бўлмай доимий ҳисобланади (роторнинг пўлат ўзагидаги қувват исрофи одатда ҳисобга олинмайди).

Асинхрон двигателларнинг ФИК 0,7 ... 0,94 атрофида бўлиб, қуввати катта двигателларнинг ФИК ҳам юқори бўлади. Нагрузка 0,3 дан то 1,2 $P_{\text{ном}}$ гача бўлганда двигателнинг ФИК кам ўзгаради. Бу энергетик нуқтаи назардан қулай ҳисобланади. Мазкур лаборатория ишида ФИК қуйидагича аниқланади:

$$\eta_{\text{дв}} = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\%.$$

4. Қувват коэффициентининг фойдали қувватга боғлиқлиги характеристикаси $\cos \varphi = f(P_2)$. Асинхрон двигатель манбадан истеъмол қилаётган энергиясини фақат фойдали механик ишга ва чулгамларнинг қизишига сарфламай, шунингдек, унинг бир қисмини машинанинг магнит майдонида даврий равишда тўплайди:

$$\cos \varphi = \frac{P_1}{S_1} = \frac{P_1}{\sqrt{P_1^2 + Q_1^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + (Q_1/P_1)^2}},$$

Мазкур лаборатория ишида двигателнинг қувват коэффициенти ўлчов асбобларининг кўрсатиши бўйича аниқланади:

$$\cos \varphi = \frac{P_1}{3 \cdot U_{\text{ф}} \cdot I_{\text{ф}}}.$$

Двигатель салт ишлаганда унинг қувват коэффициенти $\cos \varphi = 0,08 \dots 0,015$ бўлиб, номинал нагрузка билан ишлаганда эса $\cos \varphi = 0,75 \dots 0,95$ бўлади. Нагрузка кўпайиши билан актив қувват орта боради. Реактив қувват эса ўзгармайди, чунки манба кучланишининг ўзгармас амплитудасида магнит оқими ҳам, ўзгармас бўлади. Нисбат $\frac{Q_1}{P_1}$ двигателнинг юкланишига боғлиқ демак, асинхрон двигателнинг қувват коэффициенти юқори бўлиши учун унинг тўла юкланиши муҳим аҳамиятга эга.

5. Статор токиннинг фойдали қувватга боғлиқлиги характеристикаси $I_1 = f(P_2)$.

Двигателнинг пўлат ўзагида (магнит занжирида) ҳавойй тирқишлар бўлгани учун, статор токиннинг маълум қисми реактив ток ташкил этувчисидан иборат. Двигатель салт ишлаганда статор токи номинал токнинг 0,25 ... 0,4 қисмини ташкил этади.

Мазкур лаборатория ишида двигателнинг нагрузкиси қилиб параллел уйғотишли ўзгармас ток генератори олинган. Генераторнинг ФИК характеристикаси $\eta_{\text{ген}} = f(P_{\text{ген}})$ бўлиб, бунинг ёрдамида двигателнинг ўқидаги фойдали қувват $P_2 = \frac{P_{\text{ген}}}{\eta_{\text{ген}}}$ аниқланади.

III. Ишни бажариш тартиби

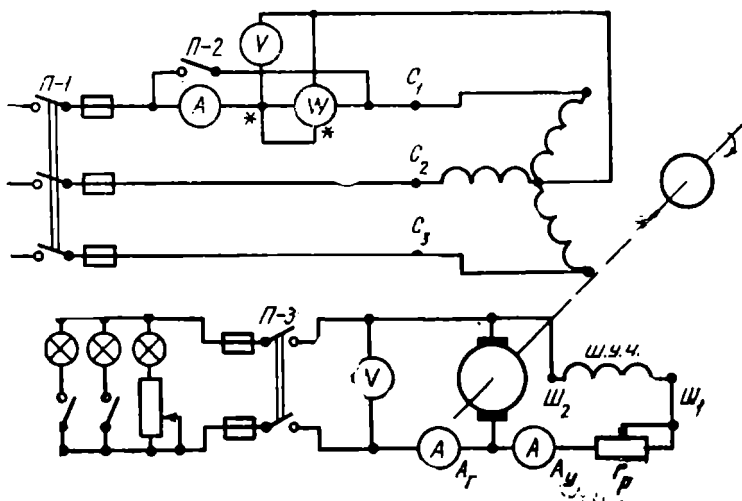
1. Уч фазали қисқа туташган роторли асинхрон двигателнинг тузилиши ва қисмларга ажратилган намунаси билан танишиш.

2. Стенд билан танишиб, двигатель генераторнинг схемасига кирадиган барча қисмлари билан танишиш. Машинанинг паспортида берилган маълумотлар билан танишиб, уларни дафтарга ёзиб қўйиш, стенднинг схемаси 2.54-расмда кўрсатилган.

3. Ажраткич П-2 ни улаб ўлчов асбобларини двигателнинг юргизиш токидан вақтинча муҳофаза қиламиз.

4. Генераторнинг нагрузкаси уланмаган ҳолда (ажраткич П-3 узилган), двигательни ажраткич П-1 ёрдамида манбага улаб юргизиш. Амперметр юргизиш токининг таъсиридан муҳофаза қилинган бўлса ҳам барибир двигательни юргизиш пайтида амперметр стрелкасининг оғишига эътибор беринг. Двигатель юргизиб юборилгандан 5...6 секунд ўтгандан сўнг, ажраткич П-2 ни узиб, ўлчашларни бажариш мумкин. Ажраткич П-3 ни улаб генераторнинг шу билан биргаликда двигателнинг нагрузкасини бир текис орттира борилади. 6...7 та ихтиёрий нуқталар учун ўлчашларни бажариш лозим. Ўлчашдан олинган маълумотлар 2.33-жадвалга ёзилади.

5. Ўлчаш ва ҳисоблаш натижалари 5ўйинча битта координатада двигателнинг иш характеристикалари қурилади. Двигателнинг айланишлар сони тахогенератор ёрдамида ўлчанади.



Ўлчашлар							Ҳисоблашлар						
Генератор			Двигатель				$P_{\text{ген}}$	$P_{1\text{дв}}$	$P_{2\text{дв}}$	M	$\eta_{\text{дв}}$	S	$\cos\varphi$
I	I_y	U_{Γ}	U_{Φ}	I_{Φ}	P_{Φ}	η							
А	А	В	В	А	Вт	айл мин	Вт	Вт	Вт	Н м	%	%	—

Жадвалда $P_{\text{ген}} = U_{\Gamma}(I + I_y)$, Вт ;
 $P_{1\text{дв}} = 3 \cdot P_{\Phi\text{дв}}$, Вт ;
 $P_{2\text{дв}} = P_2 = P_{\text{ген}}/\eta_{\text{ген}}$, Вт ;
 $\eta_{\text{дв}} = \frac{P_{2\text{дв}}}{P_{1\text{дв}}} \cdot 100$, %.

6. Двигателга уч фазали автотрансформатор ёки реостат ёрдамида пасайтирилган кучланиш бериб, яъни ажраткич $II-I$ ни бошқа ҳолатга ўтказиб 4-пунктдаги ўлчашларни такрорлаб, олинган маълумотлар 2. 34- жадвалга ёзилади.

Ўлчашлар							Ҳисоблашлар				
Генератор			Двигатель				$P_{\text{ген}}$	$\eta_{\text{ген}}$	$P_{2\text{дв}}$	M	S
I	I_y	U_{Γ}	U_{Φ}	I_{Φ}	P_{Φ}	η					
А	А	В	В	А	Вт	айл мин	Вт	%	Вт	Н.м	%

7. 2. 34- жадвалдаги маълумотлар бўйича двигателга пасайтирилган кучланиш таъсир этирилгандаги механик характеристикаси $n = f(M)$ қурилади. Ана шу графикда двигателга номинал кучланиш берилгандаги (2. 33- жадвалдаги маълумотлар бўйича) механик характеристикаси ҳам қурилади.

8. Иш бўйича хулоса берилади:

а) двигатель тезлигининг ўзгариши ҳақида;

б) манба кучланишининг таъсири ҳақида;

в) қувват коэффициенти $\cos\varphi$ нинг двигателнинг юкланишига боғлиқлиги ҳақида.

г) қисқа туташган роторли асинхрон двигателнинг афзаллиги ва камчиликлари ҳақида.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Уч фазали қисқа туташган роторли асинхрон двигателнинг тузилиши ва ишлаш принципини баён этинг.

2. Асинхрон двигатель деб қандай двигателга айтилади? Роторнинг сирпаниши нима?

3. Асинхрон двигателнинг айлантурувчи моменти қандай катталикларга боғлиқ?

4. Юргизиш токининг катта бўлиб, юргизиш моментининг кичик бўлишини тушунгириб беринг.

5. Асинхрон двигателларнинг тезликларини бошқаришнинг қандай усуллари бор?

6. Нима учун қисқа туташтирилган роторли асинхрон двигателнинг тезлигини бошқариш қийин.

7. Двигателни реверслаш қандай бажарилади?

8. Нима учун двигателнинг қувват коэффициенти $\cos\varphi$ унинг ўқидаги механик нагрузкага боғлиқ?

9. Статор чулғамларини юлдуз ёки учбурчак схемада улаш қандай танланади?

19- лаборатория иши

ФАЗА РОТОРЛИ УЧ ФАЗАЛИ АСИНХРОН ДВИГАТЕЛНИНГ ИШ РЕЖИМИНИ ТЕКШИРИШ

I. Ишни бажаришдан мақсад

1. Фаза роторли уч фазали асинхрон двигателнинг тузилиши ва ишлаш принципи билан танишиш.

2. Двигателнинг манбага уланадиган электр схемаси билан батафсил танишиш.

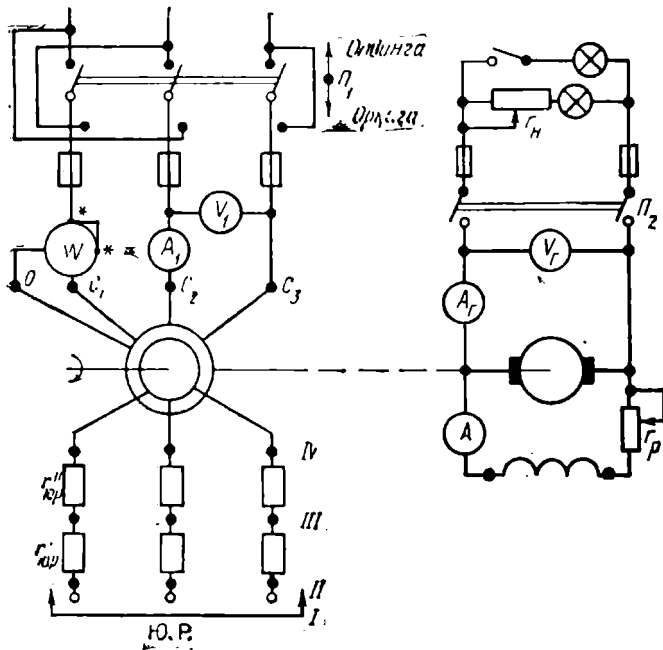
3. Двигателнинг ўзига хос хусусиятлари билан танишиш, иш характеристикаларини олиш, уни қуриш ва анализ қилиш.

4. Двигателни юргизишни ва реверслашни ўрганиш.

5. Юргизиш токининг кичик бўлиб, юргизиш моментининг катта бўлиш сабабларини ўрганиш.

II. Ишга оид назарий тушунчалар

Асинхрон двигателнинг ишлаш принципи 18-лаборатория ишида баён этилган. Фаза роторли асинхрон двигатель қисқа туташтирилган роторли двигателдан роторининг тузилиши билан фарқ



2.55- расм.

қилади. Фазали ротор қалинлиги 0,35...0,5 мм бўлган электротехник пўлат тунука (пластинка) лардан штампланиб йигилган цилиндрдан иборат. Статордаги каби роторнинг ҳам пазларига уч фазали чулғам жойлаштирилган. Ротор чулғамлари юлдуз схемада уланади. Ҳар бир фазанинг бош учлари ўқдан изоляция қилинган учта мис контакт ҳалқаларга бириктирилган. Мис ҳалқалар чўткалар орқали уч фазали юргизиш реостати билан бириктирилган (2.55-расм). Юргизиш реостатининг вазифаси биринчидан юргизиш токини $I_{ю} = (2,5 \div 3,5) I_{ном}$ гача камайтириш (қисқа туташган роторли асинхрон двигателларда эса $I_{ю} = (5 \div 7) I_{ном}$ эди). Дарҳақиқат, юргизиш пайтида ротордаги ток:

$$I_2 = - \frac{E_2 \cdot S}{\sqrt{(r_2 + r_{юр})^2 + x_2^2 \cdot S^2}}$$

бўлиб юргизиш қаршилиги билан чекланган.

Иккинчидан юргизиш реостатининг вазифаси юргизиш моментини максимумгача ошириш, чунки $\cos \psi_2$ ва ротордаги актив ток ортади, яъни

$$\cos \psi_2 = \frac{r_2 + r_{юр}}{\sqrt{(r_2 + r_{юр})^2 + x_2^2 \cdot S^2}}; \quad M = c_m \cdot \Phi \cdot I_2 \cdot \cos \psi_2.$$

Юқоридаги барча ифодаларда сирпаниш $S = 1$ деб қабул қилинади.

$$S = \frac{r_2 + r_{юр}}{x_2} = 1.$$

Юргизиш momenti катта бўлганидан фаза роторли асинхрон двигателъ нагрузка билан юргизиш керак бўлган (марказдан қочма насослар, компрессорлар, лифтлар, кран двигателлари ва ҳ.) механизмларда қўлланади.

Фаза роторли ва қисқа туташган роторли асинхрон двигателларнинг роторлари иш вақтида берк контур ҳосил қилади. Фақат фаза роторли асинхрон двигателъ роторининг чулгами билан кетма-кет қўшимча қаршилиқ (реостат) улаб, внинг актив (эҳтиёж бўлса индуктив) қаршилигини ўзгартириш мумкин бўлса, қисқа туташган роторли асинхрон двигателда бундай имконият йўқ.

Двигателъ роторининг айланиш йўналишини ўзгартириш учун айланувчан магнит майдонининг айланиш йўналишини ўзгартириш керак. Бунинг учун статорнинг учта фаза симларидан истаган иккитасининг манбага уланадиган ўринларини алмаштириш кифоя.

Двигателнинг иш характеристикаси — манба кучланиши ва частотаси ўзгармас бўлганда истеъмол қилинаётган қувват P_1 , ток I_1 , айлантурувчи момент M , сирпаниш S , айланишлар сони n , ФИК η , қувват коэффициентини $\cos \varphi$ нинг двигателъ ўқидаги фойдали қувват P_2 га боғлиқлигини ифодаловчи эгри чизиқлардан иборат, яъни:

$$U_1 = \text{const}, f = \text{const} \text{ бўлганда } P_1, I_1, M, S, n, \eta, \cos \varphi = f(P_2).$$

Двигателга нагрузка сифатида двигателъ ўқи билан механик боғланган параллел уйғотишли ўзгармас ток генераторидан фойдаланади. Генераторнинг нагрузкасини ўзгартириш нагрузка қаршилиги r_n миқдорини, шунингдек, генераторнинг уйғотиш занжиридаги уйғотиш реостати ёрдамида уйғотиш токени ўзгартириш билан бажарилади.

Генераторнинг ФИК характеристикаси $\eta_{ген} = f(P_{ген})$ дан двигателнинг ўқидаги фойдали қувват P_2 (бу генераторнинг истеъмол қиладиган қуввати $P_{ген}$ га тенг) аниқланади:

$$P_2 = P_{ген} = \frac{P_{ген}}{\eta_{ген}} = \frac{U_r \cdot I_r}{\eta_{ген}}.$$

III. Ишни бажариш тартиби

1. Фаза роторли асинхрон двигателнинг тузилиши ва ишлаш принципи билан, шунингдек, қисмларга ажратилган намунаси билан танишади.

2. Стенд билан танишиб, двигателъ—генераторнинг схемасига кирадиган барча қисмлари ва ўлчов асбобларини аниқлаш ҳамда агрегатнинг паспортидаги маълумотлар билан танишиб, уларни ҳисоботга ёзиб қўйилади.

3. 2. 55-расмдаги электр схема йиғилади.

4. Генераторнинг нагрукаси уланмаган ҳолда (ажраткич P_2 узилган) двигатель юргизилади. Юргизишдан аввал юргизиш реостатининг дастаги салт ишлаш ҳолатида (I-поғонада) турганлигига ва ротор занжирининг ажратилганига ишонч ҳосил қилинг. Шундан сўнг магнитли юргизгич P_1 ни улаб, юргизиш реостатининг дастаги (ю.р.) II ҳолатга ўтказилади. Двигатель айлана бошлайди. Унинг тезлиги орта борган сари (5...8 секунд давомида) юргизиш реостатининг дастагини III ва IV ҳолатларга ўтказилсин.

5. Энди двигательнинг иш характеристикаси олинади. Бунинг учун P_2 ажраткич ёрдамида генераторнинг нагрукасини улаб, уни номинал миқдоригача юкланади. Ихтиёрий танланган 6...7 та нуқталар учун ўлчаш маълумотларини олиб, уни 2.35-жадвалга ёзилади.

2.35-жадвал

Ўлчашлар					Ҳисоблашлар							
U_1	I_1	P_Φ	n	генератор		$P_{\text{ген}}$	P_2	P_1	M	η	$\cos \varphi$	S
				$U_{\text{ген}}$	$I_{\text{ген}}$							
В	А	Вт	айл/мин	В	А	Вт	Вт	Вт	Н·м	%	—	%

Жадвалдаги айрим катталиклар қуйидагича аниқланади:

$P_{\text{ген}} = U_{\text{ген}} \cdot I_{\text{ген}}$ — генераторнинг қуввати, Вт;

$P_2 = \frac{P_{\text{ген}}}{\eta_{\text{ген}}}$ боғланиш $\eta_{\text{ген}} = f(P_{\text{ген}})$ нинг графигидан аниқланадиган двигатель ўқидаги қувват, Вт;

$P_1 = 3P_\Phi$ — манбадан истеъмол қилинадиган уч фазали қувват, Вт;

$M = 9,55 \frac{P_2}{n}$, Н·м агар P_2 Вт да бўлса;

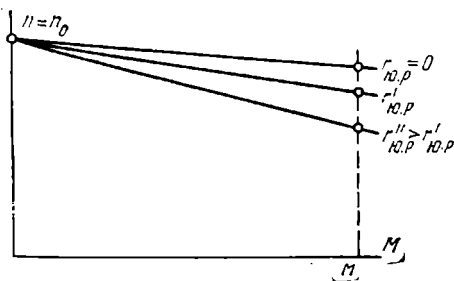
$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\%$; $\cos \varphi = \frac{P_1}{\sqrt{3}U_1 I_1}$; $S = \frac{n_0 - n}{n_0} \cdot 100\%$.

6. Ротор занжиридаги юргизиш (реостат) қаршилиги $r_{\text{юр}}$ нинг турли қиймагларида двигательнинг сунъий (реостат) $n = f(M)$ характеристикалари олинади.

Двигатель механик характеристикасининг иш қисми сирпаниш: $S=0$ дан $S < S_{\text{кр}}$ гача бўлган оралиқдаги эгри чизиқ ҳисобланади. Эгри чизиқнинг бу қисми учун боғланиш $M = f(S)$ чизиқлидир.

Асинхрон двигательнинг табиий ва сунъий характеристикалари учун қуйидаги ифодалар умумий ҳисобланади:

$$M = cU_1^2 \cdot \frac{r_2}{(r_2 + r_k)^2 + X_2^2 S^2} \cdot S; \quad n = n_0 \left(1 - \frac{1}{C_1} \cdot \frac{r_2 + r_k}{r_2} M \right).$$



2.56- расм.

Механик характеристика-сини қуриш учун битта иш нуқтасининг бўлиши кифоя. Иккинчи нуқта двигател-нинг синхрон тезлигига тўғ-ри келади (2.56-расм) ва бу нуқтада табиий ва сунъий характеристикалар кесиша-ди. Ротор занжиридаги қар-шиликлар катта бўлганда сунъий характеристика бир-мунча юмшоқ бўлади.

Характеристикаларни олиш учун юргизиш рео-статининг турли ҳолатларида двигатель ўқидаги қувватни бир хил сақлаш керак. Ўлчашдан олинган маълумотлар 2.36- жадвал-га ёзилади.

2.36- ж а д в а л

Юргизиш реостатининг ростлаш поғоналари	Ўлчашлар			Ҳисоблашлар			
	$U_{\text{ген}}$	$I_{\text{ген}}$	n	n_0	$P_{\text{ген}}$	P_2	M
	В	А	айл мин	а йл мин	Вт	Вт	Н.м
II							
III							
IV							

7. Ўлчаш ва ҳисоблаш натижалари бўйича битта чизмала двига-телнинг иш характеристикаси, алоҳида чизмада эса табиий ва сунъий характеристикаси қурилади (юргизиш реостатининг IV по-ғонаси учун маълумотлар 2.35- жадвалдан олинади).

8. Иш бўйича хулоса бериллади:

- юргизиш реостатининг аҳамияти ҳақида;
- тезликни ростлаш ҳақида;
- $\cos \varphi$ ва η нинг двигателни юкланишига боғлиқлиги ҳақида;
- фаза роторли асинхрон двигателларни қандай ҳолларда қў-лаш яхши эканлиги ҳақида.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Фаза роторли асинхрон двигателнинг тузилиши ва ишлаш принципини баён этинг.
2. Юргизиш реостатининг аҳамияти, унинг двигателни юргизиш токи ва моментига таъсири нимадан иборат?
3. Роторнинг сирпаниши нима ва двигатель ишлаганда у нимага тенг?
4. Асинхрон двигателнинг электромагнит моментининг катталиги нималарга боғлиқ?
5. Фаза роторли асинхрон двигателни юргизиш тартиби қандай?
6. Двигателни реверслаган қандай бажарилади?
7. Қандай сирпанишларда двигателни ортиқча юкланишлардан ва тўхтаб қолишидан хавотир бўлмай ишлатиш мумкин?
8. Двигателнинг сунъий механик характеристикаси табиийсига нисбатан қандай жойлашган?
9. Паспортида икки хил 220/380 В кучланиш кўрсатилган двигателнинг статор чулғамаларни юлдуз ёки учбурчак схемада улаш нималарга боғлиқ?
10. АК 2-51-4 типдаги асинхрон двигателнинг белгиланишидаги рақам ва ҳарфлар нимани билдиради ва бундай двигателнинг тезлиги нимага тенг?

20- лаборатория иши

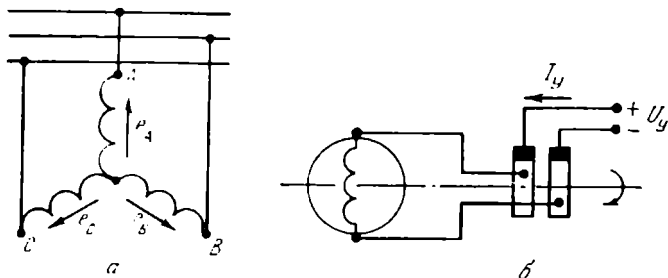
УЧ ФАЗАЛИ СИНХРОН ГЕНЕРАТОРНИНГ ИШЛАШ РЕЖИМИНИ ТЕКШИРИШ

I. Ишни бажаришдан мақсад

1. Уч фазали синхрон генераторнинг тузилишини, ишлаш принципини ва схемасини ўрганиш.
2. Алоҳида истеъмолчига ишлаётган синхрон генераторнинг характеристикаларини олиш ва қуриш.
3. Синхрон генераторни параллел ишлатиш учун тармоққа улашни ўрганиш.
4. Генераторни электр тармоғига параллел улагандан сўнг унинг актив ва реактив қувватларини бошқаришни ўрганиш.

II. Ишга оид назарий тушунчалар

Уч фазали синхрон генератор бирламчи двигателнинг механик энергиясини ўзгарувчан ток электр энергиясига айлантириб беради. Генераторнинг статори уч фазали асинхрон двигателнинг статорига ўхшаш бўлиб (2-57- расм, а) ротори эса вал, пўлат ўзакдан ва уйғотиш чулғамидан иборат. Уйғотиш чулғами контакт



2.57- расм.

ҳалқа ва графиг чўткалар орқали ўзгармас ток манбаига уланган. Контакт ҳалқалари ротор ўқидан ва ўзаро изоляция қилинган (2.57-расм, б). Ротор чулғамидан ўтган уйғотувчи ўзгармас ток уйғотиш магнит оқими Φ_y ни ҳосил қилади.

Бирламчи двигателнинг айланиш тезлигига (мазкур лаборатория ишида параллел уйғотишли ўзгармас ток двигателидан фойдаланилган) тенг n тезлик билан айланаётган роторнинг уйғотувчи магнит оқими статорнинг уч фазали чулғамида $f = \frac{pn}{60}$ частотали ўзгарувчан ЭЮК ни ҳосил қилади:

$$E_0 = 4,44 \cdot \Phi_y \cdot f \cdot \omega \cdot K_u,$$

бу ерда p —генераторнинг жуфт қутблари сони; n — роторнинг айланиш тезлиги, айл/мин; Φ_y —қутбларнинг магнит оқими, Вб; ω —генератор бир фазаси чулғамининг ўрамлар сони; K_u —статорнинг (якорнинг) чулғам коэффиценти.

Агар статор чулғамларининг учларини бирон қаршиликка уласак, фазалардан I_A, I_B, I_C тоқлар оқиб ўтади. Бу фаза тоқлари статорнинг (ёки якорнинг) $n_0 = \frac{60f}{p}$ тезлик билан айланаётган магнит оқими Φ_y ни ҳосил қилади. Демак, ротор ва статорнинг магнит оқими бир хил тезлик билан айланыпти, яъни $n = n_0$. Шунинг учун ҳам синхрон машина дейилади.

Кичик қувватли синхрон машиналарда уйғотиш чулғамли қутблар кўзгалмас корпусга, ўзгарувчан ток чулғамлари эса айланувчан роторга ўрнатилган бўлади (мазкур лаборатория ишида ана шундай машинадан фойдаланилган).

Алоҳида тармоққа ишлаётган синхрон генераторнинг асосий хусусиятларини аниқлаш учун қуйидаги характеристикалар олинади.

1. Салт ишлаш характеристикаси—нагрузкa (якорь) токи $I_y = 0$ ва айланиш тезлиги $n = \cos \varphi$ бўлганда генератор қисмаларидаги кучланиш (ёки ЭЮК) U нинг уйғотиш токи I_y билан қандай боғланганлигини кўрсатади, яъни $I_y = 0$; $n = \cos \varphi$ ва $f = \cos \varphi$ бўлганда $U = f(I_y)$

2. Генераторнинг ташқи характеристикаси — уйғотиш токи I_y , қувват коэффиценти $\cos \varphi$, айланиш тезлиги n ўзгармас бўлганда генератор қисмаларидаги кучланиш U нинг нагрузкa (ёки якорь) токи I_y билан қандай боғланганлигини кўрсатади, яъни $I_y = \cos \varphi$; $\cos \varphi = \text{const}$, $n = \text{const}$ ва $f = \text{const}$ бўлганда $U = f(I_y)$.

3. Ростлаш характеристикаси — қувват коэффиценти $\cos \varphi$, айланиш тезлиги n ва частота f ўзгармас бўлганда генератор қисмаларидаги кучланишни миқдор жиҳатдан доимийлигини таъминлаш учун нагрузкa токи ўзгарганда уйғотиш токни қандай ўзгартириш кераклигини кўрсатади, яъни $U = \text{const}$, $\cos \varphi = \text{const}$, $f = \text{const}$ ва $n = \text{const}$ бўлганда $I_y = f(I_y)$.

Лаборатория ишида генераторнинг ҳар бир фазасига симли реостат r_n уланган.

Генераторнинг бошқа генераторлар билан параллел ишлаши учун уни электр тармоғига улашдан аввал синхронлаштириш керак. Синхронлаштириш жараёни қуйидаги шартларни бажаришдан иборат:

1. Генератор қисмаларидаги кучланиш тармоқ кучланишига тенг бўлиши керак ($U_r = U_T$).

2. Генератор частотаси тармоқ частотасига тенг бўлиши керак ($f_r = f_T$).

3. Генератор фазаларининг кетма-кетлик тартиби тармоқ фазаларининг кетма-кетлик тартиби билан бир хил бўлиши керак.

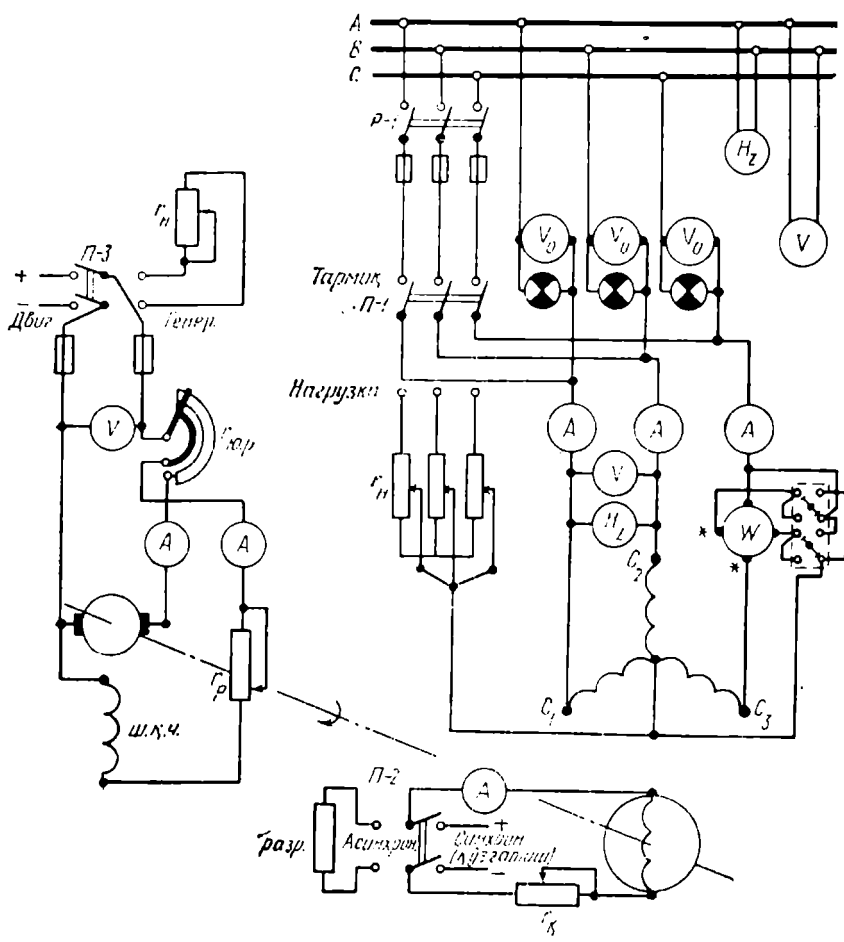
4. Синхронлаштириш қуйидаги тартибда олиб борилади. Генератор бирламчи двигатель ёрдамида унинг паспортида кўрсатилган синхрон тезлик $n_0 = \frac{60f}{p}$ га қадар айлантрилади. Бу билан генераторнинг частотаси тармоқ частотаси билан тенглаштирилади. Генераторнинг айланиш тезлигини синхрон тезликка эришганлигини билиш учун уни тахометр ёки синхроскоп билан контрол қилиб турилади.

Генераторнинг уйғотиш токини ўзгартириб, унинг кучланишини (яъни ЭЮК ни) тармоқ кучланишига тенглаштирилади. Частоталарнинг тенглиги, шунингдек, генератор ва тармоқ кучланишларининг тенглиги иккита частотаметр ва иккита вольтметр ёрдамида кузатиб турилади (2. 58-расм). Фазаларнинг кетма-кетлик тартиби, шунингдек генератор ва тармоқ кучланишларининг тенглиги, фазалар бўйича мослиги учта вольтметрлар V_0 ёрдамида текширилади.

Агар вольтметрларнинг стрелкалари бир вақтда тебраниб ҳаммаси ноль ёки бирон қийматни кўрсатса, бу тармоқ ва генератор фазаларининг кетма-кетлик тартиби бир хил эканлигини кўрсатади. Агар вольтметрларнинг стрелкалари турлича тебранса, тармоқ ва генератор фазаларининг кетма-кетлик тартиби бир хил эмаслигини кўрсатади. Бу ҳолда генератор фазаларининг кетма-кетлик тартибини ўзгартириш керак, бунинг учун генератор томонидан П—I қайта улагичнинг қисмаларидаги иккита симнинг ўрнини алмаштириш керак. Агар нолинчи вольтметр V_0 ларнинг стрелкалари бир вақтда ва жуда секин тебранса, синхронлаштиришнинг юқоридаги шартлари бажарилган бўлади. Вольтметрларнинг стрелкалари ноль қийматдан ўтаётган пайтда, қайта улагич П—I ни „тармоқ“ ҳолатига улаш керак.

Генератор параллел ишлашга улангандан сўнг нолинчи вольтметрларнинг стрелкалари нолда туради (чунки П—I қайта улагич орқали вольтметр қисмалари туташтирилган бўлади).

Параллел ишлашга уланган синхрон генераторни актив қувват билан юклаш учун, бирламчи двигательнинг қувватини ошириш керак. Бунинг учун двигательнинг уйғотиш токини камайтириш лозим. У ҳолда двигательнинг ўқидаги момент ортиб генератор-



2.58- расм.

нинг ротори айланиш йўналиши бўйича салт ишлаганлиги ҳолатига нисбатан θ бурчакка бурилади.

Актив қувват $P = \text{const}$ бўлганда генератор ўқидаги айлантурувчи момент ҳам ўзгармас бўлади.

Синхрон генераторни реактив қувват билан юклаш учун, унинг уйғотиш токи I_y ни ўзгартириш керак (2.58-расм.) Генераторнинг оптимал деб аталувчи жуда қулай уйғотиш токи I_{y_0} да ва унинг ишлаб чиқараётган ўзгармас актив қувватида, генератор токи минимал бўлиб (I_0), машинанинг номинал уйғотилишига ва қувват коэффициентининг $\cos \varphi = 1$ бўлишига тўғри келади. Генераторнинг уйғотиш токини ўзгартириб бунга ишонч ҳосил қилиш мумкин. Агар $I_y < I_{y_0}$ бўлса магнитловчи ток миқдор жиҳатдан

етарли бўлмайди, у ҳолда генераторнинг кучланиши, тармоқ кучланишидан кам бўлиб, етишмаётган магнитловчи токни тармоқдан истеъмол қила бошлайди, натижада $I > I_0$ бўлиб, генераторнинг умумий токи ортади. Бунда $\varphi > 0$ бўлиб, қувват коэффициенти $\cos\varphi < 1$ бўлади. Агар $I_y > I_{y.0}$ бўлса, ортиқча магнитловчи ток ҳосил бўлади. Бу ҳолда генераторнинг кучланиши тармоқ кучланишидан ортиқ бўлиб, тармоқдан магнитсизловчи ток истеъмол қила бошлайди, натижада яна генераторнинг умумий токи $I > I_0$ ортиб кетади. Бунда $\varphi < 0$ бўлиб, қувват коэффициенти $\cos\varphi < 1$ бўлади.

Магнитловчи ва магнитсизловчи ток реактив ток ҳисобланади, шунинг учун уларнинг ўзгариши генератор реактив қувватининг ўзгаришига олиб келади.

Умуман, синхрон генераторнинг нагрузка режими унинг актив қувватини аниқловчи бирламчи двигателнинг айлантирувчи моментига, шунингдек реактив қувватини белгилувчи уйғотиш токига боғлиқ.

III. Ишни бажариш тартиби

1. Синхрон генераторнинг тузилиши ва ишлаш принципи, шунингдек, экспериментал қурилмага кирадиган барча ускуналар билан танишиш.

2. Стенд билан танишиб, генераторнинг схемага кирадиган қисмлари ва ўлчов асбобларида аниқлаш ҳамда генераторнинг паспортида кўрсатилган техник маълумотлар билан танишиб, уларни ҳисобот дафтарига ёзиб қўйиш.

3. Синхрон генераторни юргизиш юборишни бажариш. Бунинг учун қайта улагич П—Э ни „двигатель“ ҳолатига ўтказиб, бирламчи-двигателни юргизиш ва юргизиш реостатининг қаршилигини $r_{юр}$ бир текис камайтира бориш керак. Қайта улагич П—2 ни „уйғотиш“, яъни „синхрон“ ҳолатига ўтказилади. Рубильник Р—1 тармоқдан ажратилган бўлиши керак.

4. Бирламчи двигателнинг ростлаш реостати r_r ёрдамида унинг номинал айланиш тезлигини ҳосил қилиб, генератор ЭЮК частотасининг 50 Гц бўлишига эришилади.

5. Синхрон генераторнинг салт ишлаш характеристикаси олинади. Бунинг учун ротор занжиридаги уйғотиш реостати r_y ёрдамида бошланғич минимал уйғотиш токи ҳосил қилинади. Характеристика уйғотиш токининг 0 дан 1 А гача ортиб боровчи ва 1 А дан 0 гача камаювчи қийматларида олинади. Тажрибадан олинган маълумотлар 2.37-жадвалга ёзилади.

6. Генераторнинг ташқи характеристикаси олинади. Бунинг учун қайта улагич П—1 ни „нагрузка“ ҳолатига ўтказиб, уйғотиш токининг шундай қиймати танланадики, бунда генераторнинг ЭЮК и унинг номинал кучланишига тенг бўлсин.

Нагрузка токини 1 А дан кўпайтира бориб номинал қийматига гача ўзгартирилади. Нагрузка ортган сари кучланишнинг пасаявиги эътибор беринг. Улчаш маълумотлари 2.38-жадвалга ёзилади.

I_y, A	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	
E_B												
E_B												

2.38-жадвал

I_y	A								
U	B								

2.39-жадвал

I_y	A								
I_y	A								

7. Генераторнинг ростлаш характеристикаси олинади. Генераторнинг салт режимида кучланиш $U_{ном} = 220 \text{ В}$ ҳосил қилиниб, нагрузка нолдан номиналигача ўзгартирилади. Нагрузка ортиши билан кучланишнинг ҳар пасайишида, уни $U = 220 \text{ В} = \text{const}$ сақлаш учун уйғотиш токини ҳар гал орттириб бориш керак. Ўлчашдан олинган маълумотлар 2.39-жадвалга ёзилади.

8. Синхрон генераторни электр тармоғи билан синхронлаштирилади. Бунинг учун частотаметрлар ва вольтметрлар ҳолатининг бир хил бўлишини таъминлаб, нолинчи вольтметрлар стрелкаларининг аста-секин ноль қўйматларга келишига эришиш керак. Учала вольтметр стрелкаларининг ноль қўйматлардан ўтиш momentiда қайта улагич П-1 ни „тармоқ“ ҳолатига улаш керак.

9. Бирламчи двигателнинг уйғотиш токини ўзгартириб, генераторни актив қувват билан юкланади. Актив қувватнинг катталиги ваттметрнинг кўрсатиши бўйича аниқланади.

10. Генераторни реактив қувват билан юклаш учун унинг ротор занжиридаги уйғотиш реостатининг қаршилигини ўзгартириш керак. Статорнинг фазаларидаги амперметрларнинг кўрсатишлари бўйича статор тоқларининг ортаёганлигига ишонч ҳосил қилинади.

11. Синхрон генераторнинг характеристикалари қурилади.

12. Иш бўйича хулоса берилади.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Уч фазали синхрон генераторнинг тузилиши ва ишлаш принципи қандай?
2. Генераторнинг ЭЮК и нимага боғлиқ ва унинг миқдорини қандай ўзгартириш мумкин?
3. Уч фазали синхрон генераторни катта қувватли электр тармоғига параллел ишлаши учун улашда қандай шартлар бажарилиши керак?
4. Генераторни тармоққа улаш мумкинлиги пайгини қандай кўрсаткичлар бўйича аниқлаш мумкин?
5. Электр тармоғи билан параллел ишлаётган генераторнинг актив ва реактив нагруксининг миқдорини нималар ҳисобига ўзгартириш мумкин?
6. Синхрон генераторни бирламчи шунгли двигатель ёрдамида юргизиш юборишини тартиби қандай?

21-лаборатория иши

УЧ ФАЗАЛИ СИНХРОН ДВИГАТЕЛНИ ТЕКШИРИШ

1. Ишни бажаришдан мақсад

1. Уч фазали синхрон двигательнинг тузилиши, ишлаш принципи ва схемасини ўрганиш.
2. Синхрон двигательни асинхрон юргизишни бажариш ва салт ҳамда нагрукка режимларида U нусха характеристикаларини олишни ва қуришни ўрганиш.
3. Синхрон двигательнинг иш характеристикаларини олиш ва қуришни ўрганиш.

II. Ишга оид назарий тушунчалар

Ушбу лаборатория ишида 20-лаборатория ишида ишлатилган агрегатдан фойдаланилади. Текширилатган синхрон двигатель параллел уйгоштириш ўзгармас ток машинаси билан бир ўққа жойлашган, Бу гал ўзгармас ток машинаси генератор режимида ишлаб, синхрон двигатель учун нагрукка вазифасини ўтайди.

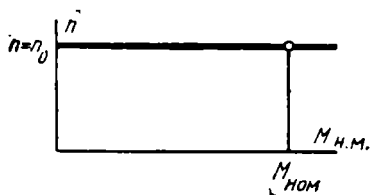
Уч фазали синхрон двигатель генератор каби қўзгалмас статор ва ҳаракатланувчи ротордан иборат. Статор чулғамларини уч фазали кучланиш манбаига улаганда чулғамлардан ток ўтиб, $n_0 = \frac{60f}{p}$ тезлик билан айланадиган айланувчи магнит майдони ҳосил бўлади.

Ротор чулғами контакт ҳалқа ва графит чўткалар орқали ўзгармас ток манбаига уланган. Синхрон двигательни асинхрон юргизиш учун, роторда юргизиш чулғами тарзида фойдаланиладиган қўшимча қисқа туташтирилган чулғам бўлади.

Рухсат этилган нагрукка доирасида роторнинг айланиш тезлиги доимо ўзгармас бўлиб, синхрон тезликка тенг. Шунинг учун ҳам синхрон двигательнинг механик характеристикаси абсют „қагтик“ ҳисобланади (2.59- расм).

Синхрон двигательни асинхрон юргизишдан аввал 2.58- расмдаги схемада кўрсатилган қайта улагич $\Pi-2$ ни асинхрон ҳолатга ўтказиб, роторнинг чулғамига разряд қаршилиги r разрядни улаш керак. Қайта улагич $\Pi-3$ нейтрал ҳолатда туриши керак.

Разряд қаршилиқ синхрон двигательни юргизиш вақтида унинг



2.59- расм.

фазали ток берилади. Статорда n_0 тезликка эга бўлган айланувчан магнит майдони ҳосил бўлади. Ротор синхрон тезликка яқин тезликка эришгандан сўнгра (шу билан синхрон двигателни асинхрон юргизиш процесси тугайди) қайта улагич П-2 ни „синхрон“ ҳолатга ўтказиб, ротор чулғамига ўзгармас ток берилади. Энди двигатель синхрон режимга ўтиб ишлайди, яъни ротор $n = n_0$ тезликка эришади.

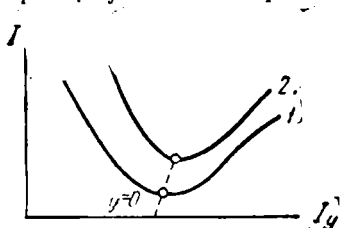
Синхрон двигателнинг турлича қувват коэффициентини $\cos\varphi$ да ишлаши, унинг уйғотиш токи I_y билан аниқланади. Уйғотиш токининг маълум оптимал қиймати $I_{y.о.}$ да двигателнинг уйғотиш токи номиналга тенг бўлиб, қувват коэффициенти $\cos\varphi = 1$. Шу пайтда статордаги ток ўзининг энг кичик қийматига эришади. Агар $I_y < I_{y.о.}$ бўлса, двигатель чала уйғотилган бўлиб, статордаги ток ортади. Бу ҳолда двигателдаги магнитловчи уйғотиш токи катталиги жиҳатидан етишмайди ва двигатель тармоқдан қўшимча магнитловчи токни (яъни реактив қувватни) истеъмол қила бошлайди.

Агар $I_y > I_{y.о.}$ бўлса, двигатель ўта уйғотилган бўлиб, яна статордаги ток ортади. Энди двигателда ортиқча магнитловчи ток ҳосил бўлиб, уни тармоққа бера бошлайди. Иккала ҳолда ҳам двигателнинг қувват коэффициенти $\cos\varphi < 1$ бўлади. Двигатель истеъмол қилаётган актив ток (қувват) ўзгармайди, чунки у нарзукага боғлиқ.

Синхрон двигателнинг ўта уйғотиш режимида ишлаши тармоқдаги реактив қувватни компенсация қилади ва унинг қувват коэффициентини оширади. Бу эса электр тармоқларининг ишлаши учун қулайдир.

Синхрон двигателнинг U нусха характеристикаси (2.60-расм) тармоқ кучланиши U_1 ва двигатель ўқидаги қувват P_2 ўзгармас бўлганда, статор токи I_1 нинг уйғотиш токи I_y га боғлиқлигини кўрсатади. Яъни $U_1 = \text{const}$ ва $P_2 = \text{const}$ бўлганда $I_1 = f(I_y)$. Графикдаги 1 эгри чизиқ двигателнинг салт ишлаш режимида, 2 эгри чизиқ эса нарзука режимида тўғри келади.

Синхрон двигателнинг хусусиятлари унинг ишчи характеристикалари билан аниқланади.



2.60- расм.

Двигателнинг ишчи характеристикалари тармоқ кучланиши, частотаси ва уйғотиш токи ўзгармас бўлганда айлантурувчи момент M , фойдали иш коэффициенти η , қувват коэффициенти $\cos\varphi$, истеъмол қилаётган қувват P_1 ва статор токи I_1 ларнинг двигатель ўқидаги қувват P_2 билан қандай боғланганлигини кўрсатади, яъни

$U = \text{const}$, $f = \text{const}$ ва $I_y = \text{const}$ бўлганда

$$M, P_1, \cos\varphi, \eta, I_1 = f(P_2).$$

Двигатель ўқидаги P_2 қувват, ўзгармас ток генераторига келтирилган қувват ҳисобланади. Генераторнинг ФИК ни 0,8 га тенг деб ҳисоблаб, уни қуйидагича аниқлаш мумкин.

$$P_2 = \frac{P_{\text{ген}}}{\eta} = \frac{U_{\text{Г}} \cdot I_{\text{Г}}}{0,8},$$

бу ерда $U_{\text{Г}}$ —генератор қисмаларидаги кучланиш, $I_{\text{Г}}$ —генераторнинг нагрзука токи, A .

Двигатель ўқидаги айлантурувчи момент эса

$$M = 9550 \frac{P_2}{n}, \text{ Н} \cdot \text{м},$$

бу ерда n —ротопнинг айланиш тезлиги, айл/мин.

Синхрон двигательнинг қувват коэффициенти

$$\cos\varphi = \frac{P_1}{\sqrt{3} \cdot U_1 I_1},$$

бу ерда P_1 —двигателнинг статори тармоқдан қабул қилаётган қуввати, $P_1 = 3P_{\text{Ф}}$, Вт, $P_{\text{Ф}}$ —ваттметр кўрсатган катталиқ, U_1 ва I_1 тегишлича линия кучланиши ва токи. Двигателнинг фойдали иш коэффициенти

$$\eta = \frac{P_2}{P_1 + P_y} = \frac{P_2}{P_1 + U_y \cdot I_y},$$

бу ерда U_y ва I_y уйғотиш кучланиши ва токи.

III. Ишни бажариш тартиби

1. Синхрон двигательнинг тузилиши ва ишлаш принципи, шунингдек экспериментал қурилмага кирадиган барча ускуналар билан танишилади.

2. 2.58-расмдаги схемани мазкур лаборатория ишига монандлиги ўрганиб чиқилади.

3. Синхрон двигательни асинхрон юргизиш учун: қайта улагич $\Pi-2$ ни „асинхрон“ ҳолатга ўтказиб, рубильник $P-I$ ва қайта улагич $\Pi-I$ ни „тармоқ“ ҳолатига уланади.

Двигатель маълум тургун тезликка эришганда қайта улагич $\Pi-2$ ни „синхрон“ ҳолатга ўтказиб ротор чулгами ўзгармас токка уланади.

4. Двигателнинг салт ва нагрзука режимлари учун U нусха характеристикалари олинади. Бу характеристикаларни олишдан

яввал статордаги ток минимал бўладиган даражадаги оптимал уйғотиш токи ўрнатилади. Сўнгра характеристиканинг ўнг ва чап шахобчалари олинади. Нагрузка номиналдан ортиб кетмасин.

Ўлчашдан олинган маълумотлар 2.40-жадвалга ёзилади.

5. Синхрон двигателнинг иш характеристикалари олинади. Бунинг учун уйғотиш токини қувват коэффициенти $\cos\varphi = 1$ бўладиган қилиб танланади ва шу ҳолатдаги уйғотиш токининг қиймати нагрузка ўзгариши жараёнида ўзгаришсиз ушлаб турилади. Нагрузкани I A дан оралатиб номиналгача ўзгартиришлик, ўз-

2.40-жадвал

Двигатель салт ишлаганда		I_y, A											
		I_1, A											
Ваттметрнинг кўрсатиши	150 Вт	I_y, A											
		I_1, A											
	250 Вт	I_y, A											
		I_1, A											
	350 Вт	I_y, A											
		I_1, A											
	500 Вт	I_y, A											
		I_2, A											

2.41-жадвал

Ўлчашлар						Ҳисоблашлар							
I_T	U_T	I_y	U_y	I_1	U_1	P_Φ	P_T	P_2	M	P_y	P_1	η	$\cos\varphi$
A	B	A	B	A	B	Вт	Вт	Вт	Н·м	Вт	Вт	%	—

гармас ток генераторига уланган реостат r_n ёрдамида бажарилади. Ўлчашдан олинган маълумотлар 2.41-жадвалга ёзилади

6. Синхрон двигателнинг U нусха ва иш характеристикалари қурилади.

7. Олинган маълумотларни анализ қилиб лаборатория ишига хулоса берилади.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Уч фазли синхрон двигателнинг тузилиши ва ишлаш принципи қандай?
2. Синхрон двигателнинг механик характеристикаси қандай?
3. Синхрон двигателни асинхрон юризишнинг кетма-кетлиги қандай?
4. Разряд қаршилиқнинг аҳамияти нимада?
5. Синхрон двигателнинг айланиш йўналишини қандай ўзгартириш мумкин?
6. Синхрон двигателнинг U нусха характеристикаси деб нимага айтилади?
7. Иш характеристикалар деб нимага айтилади ва улар қандай олинади?
8. Двигателнинг ўйгоғиш токи унинг ишига қандай таъсир кўрсатади?
9. Синхрон двигателлар қайси соҳаларда ишлатилади?

22-лаборатория иши

КОНДЕНСАТОРЛАР ЁРДАМИДА АСИНХРОН ДВИГАТЕЛНИНГ ҚУВВАТ КОЭФФИЦИЕНТИНИ ОШИРИШ

I. Ишни бажаришдан мақсад

1. Уч фазали асинхрон двигател қувват коэффициентининг унинг ўқидаги механик нагрузкага боғлиқлигини текшириш.

2. Асинхрон двигателнинг статор чулғамларига параллел уланган конденсаторлар сифмининг двигател қувват коэффициентининг миқдорига таъсирини текшириш.

II. Ишга оид назарий тушунчалар

Ўзгарувчан ток электр энергиясининг истеъмолчилари кўпгина ҳолларда актив—индуктив характерга эга. Бундай истеъмолчиларнинг манадан истеъмол қилаётган қуввати

$$S = U \cdot I = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (\text{ВА, кВА})$$

ифода бўйича аниқланади.

Бунда P —актив қувват бўлиб, умумий қувват S нинг фойдали ишга сарф бўлаётган қисмини белгилаб, $P = UI \cos \varphi = S \cdot \cos \varphi$ ифода билан аниқланади, Вт ва кВт ларда ўлчанади. Бу ерда қувват коэффициенти $\cos \varphi$ тўла қувватнинг қандай қисми фойдали ишга сарф бўлганини кўрсатади.

Q —реактив қувват, двигател чулғамларининг индуктивлиги туфайли юзага келган бўлиб, двигател ўқидаги механик қувватга боғлиқ эмас.

Агар корхонада фақат асинхрон двигателлар ўрнатилган бўлса, таъминловчи тармоқнинг қувват коэффициенти паст бўлади.

Бу эса ўз навбагида истеъмолчига келаётган токнинг кўпайишига сабаб бўлади, яъни:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} = \frac{P}{3U_{\phi} \cdot \cos\varphi}.$$

Шу билан биргаликда узатиш линиясидаги энергия исрофи ҳам ортиб кетади:

$$\Delta W = 3 \cdot I^2 \cdot r_{\text{лин}} \cdot t.$$

СССРда электр тармоқларининг (шунингдек корхоналарнинг) директив қувват коэффициентини $\cos\varphi = 0,9 \dots 0,92$ қабул қилинган. Қувват коэффициентини оширишнинг турли усуллари мавжуд.

Қувват коэффициентини $\cos\varphi < 0,9$ бўлганда реактив индуктив қувватни компенсация қилиш учун, истеъмолчи билан параллел қилиб статик конденсаторларни ўрнатиш мақсадга мувофиқ ҳисобланади.

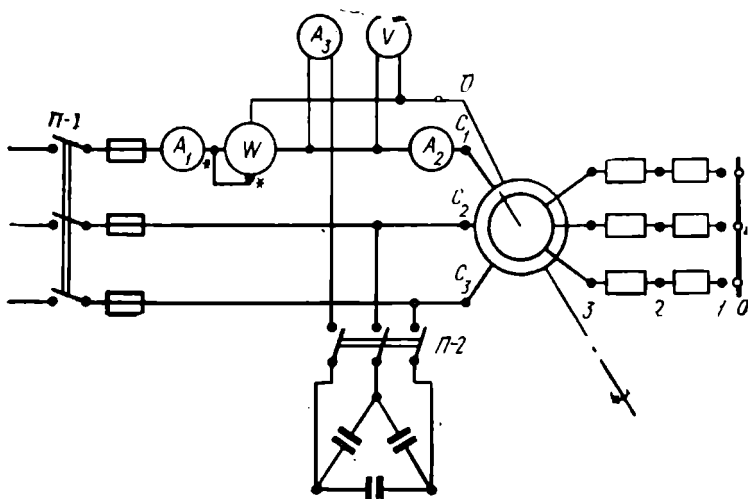
Компенсациялаш учун зарур бўлган сизим реактив қувват қуйидагича аниқланади:

$$Q_c = P(\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_2), \text{ [ВАр, кВАр]},$$

бу ерда $\operatorname{tg}\varphi_1$ — электр қурилманинг конденсаторлар уланмагандаги қувват коэффициенти $\cos\varphi_1$ га тўғри келади; $\operatorname{tg}\varphi_2$ — электр қурилманинг конденсаторлар улангандан кейинги қувват коэффициенти $\cos\varphi_2$ га тўғри келади (яъни мўлжалдаги қувват коэффициенти $\cos\varphi_2$).

Конденсатор сизимининг қиймати қуйидагича аниқланади:

$$C = \frac{P}{U_{\text{н}}^2 \cdot \omega} (\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_2) \cdot 10^6, \text{ мкФ.}$$



III. Ишни бажариш тартиби

1. 2—61-расмдаги электр схема йиғилади.

2. Двигателни юргизилади. Мазкур лаборатория ишида фаза роторли асинхрон двигатель ишлатилган. Нагрузка тарзида ўзгармас ток генератори уланган.

Двигателни юргизишдан аввал юргизиш реостатининг дастагини „О“ — ҳолатга ўтказиб, салт контактга уланади. Ажраткич П—1 ни электр тармоғига улангандан сўнг юргизиш реостатининг қаршилигини нолга камайтириб, 3-ҳолатга ўтказилади.

3. Конденсаторларни уламасдан аввал двигатель салт ишлаётгандаги ўлчов асбобларининг кўрсагишлари ёзиб олинади. Сўнг-ра двигателни номинал нагрузкага бир текис юклаб, ихтиёрий 5 ... 6 та нуқталар учун ўлчашлар бажарилади. Ўлчашдан олинган маълумотлар 2.42-жадвалга ёзилади.

2.42-жадвал

Т.№	Ўлчашлар						Ҳисоблашлар			
	$P_{1ф}$	$U_{1ф}$	$I_{2дв}$	$U_{ген}$	$I_{ген}$	$P_{1дв}$	$P_{ген}$	η	$P_{мех}$	$\cos\varphi$
Вт	В	А	В	А	Вт	Вт	%	Вт	—	
1										
2										
3										
4										
5										
6										

4. Ажраткич П—2 ни тармоқ ҳолатига ўтказиш билан конденсаторлар двигателга параллел уланади. Двигатель салт ($P_{мех. дв.} = 0$) ва ўзгармас номинал нагрузка ($P_{мех} = P_{н}$) билан ишлаганда конденсаторларнинг сифимини ўзгартириб 4—5 та ўлчашлар бажарилади. Ўлчашдан олинган маълумотлар 2.43-жадвалга ёзилади.

5. Ток ва кучланишларнинг вектор диаграммасини қуриб, ундаги бурчак φ ни ва қуввага коэффициенти $\cos\varphi$ аниқланади.

6. 2.43-жадвалдаги маълумотлар бўйича двигателнинг иккига иш режими учун $\cos\varphi = f(C)$ боғланишнинг графикалари қурилади.

7. Иш бўйича хулоса берилди:

а) двигателни юклаш унинг қувват коэффициенти $\cos\varphi$ га қандай таъсир этиши ҳақида;

б) қувват коэффициенти $\cos\varphi$ нинг двигателни тармоқдан истеъмол қиладиган токи ва қувватига таъсири ҳақида.

2.43-жа д в а л

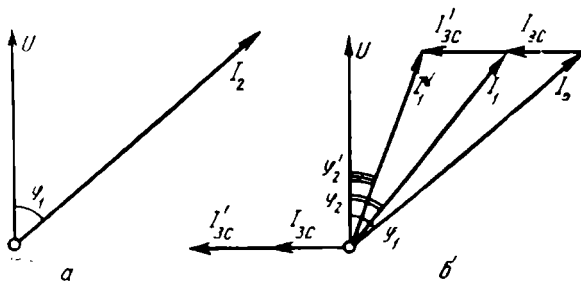
№ Т	Ўлчашлар								Ҳисоблаш	
	C	I_1	I_2	$I_3(C)$	$P_{1\phi}$	U_{ϕ}	$U_{ген}$	$I_{ген}$	φ	$\cos\varphi$
	мкФ	А	А	А	Вт	В	В	А	град	—
1	$P_{мех. дп} = 0$									
2										
3										
4										
5										
1	$P_{мех. дп} = P_H$									
2										
3										
4										
5										

8. Вектор диаграммаларни қуришга оид кўрсатмалар.

Вектор диаграмма двигателнинг битта фазаси учун қурилади:

а) конденсаторлар уланмасдан аввалги (яъни $C=0$) двигателнинг токи билан тармоқ кучланиши орасидаги фаза силжиш бурчаги φ_1 ҳисобланади. 2.62-рasm, а даги вектор диаграмма қурилади;

б) конденсаторлар уланганда двигателнинг ток вектори I_2 га конденсаторнинг ток вектори $I_3(C)$ қўшилади. Тармоқдан истеъмол қилинаётган ток I_1 ана шу тоқларнинг геометрик йигиндиси ҳисобланади. Вектор диаграммадан бурчак φ_2 ва $\cos\varphi_2$ аниқланади (2.62-рasm, б).



2.62- расм.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Қувват коэффициентини нима?
2. Нима учун ишлаб чиқаришда электр энергиясидан фойдаланишда қувват коэффициентини $\cos\varphi$ иқтисодий кўрсаткич ҳисобланади?
3. Саноат электр қурилмаларининг қувват коэффициентини бирга тенг бўлиши мумкинми?
4. Двигатель истеъмол қилаётган ток нима ҳисобига камайиши мумкин?
5. Қувват коэффициентини ошириш учун конденсаторли қурилмаларнинг сигми қандай аниқланади?

23- лаборатория иши

ЭЛЕКТРОН АСБОБЛАР ДИОД, ТРИОД, ТЕТРОД ВА ПЕНТОДЛАРНИНГ ХАРАКТЕРИСТИКАЛАРИНИ ОЛИШ ВА ПАРАМЕТРЛАРИНИ АНИҚЛАШ

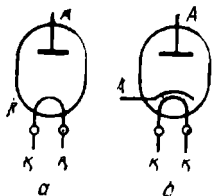
I. Ишни бажаришдан мақсад

1. Электрон лампаларнинг тузилиши ва ишлаш принципини ўрганиш.
2. Электрон лампаларнинг маркировкалари (белгилари) билан танишиш.
3. Электрон лампаларнинг характеристикаларини олишни ўрганиш.
4. Электрон лампаларнинг параметрларини аниқлашни ўрганиш.

II. Ишга оид назарий тушунчалар

Электрон лампаларнинг ишлаши термоэлектрон эмиссия ҳолисасига, яъни қиздирилган металлдан эркин электронларнинг вакуумга учиб чиқа бошлашига асосланган. Бундай вазифани ҳар қандай лампанинг асосий элементларидан бири ҳисобланган катод бажаради. Катодни $900 \dots 2000^\circ\text{C}$ гача қиздириш учун паст кучланишли ($U_k = 2 \dots 15 \text{ В}$) манбалардан фойдаланилади.

Электронларни анодга юбориб электр токи ҳосил қилиш учун катод билан анод ўртасида аноддан катодга йўналган электр



2.63- расм.

майдонни ҳосил қилиш керак. Бунинг учун анодга $U_a = 50 \dots 250$ В кучланиш бериш керак.

Оддий электрон лампа — диоднинг иккита электроди, яъни катод ва аноди бор. Бунда катод бевосита ёки билвосита қиздирилиши мумкин (2.63-расм, *a* ва *b*). Анодга мусбат потенциал берилганда электр майдон электронлар оқимининг анод томонга ҳаракатини тезлаштириб, ўз навбатида занжирда анод токи I_a ни ҳосил қилади.

Анодга манфий погенциал берилганда лампа ичидаги электр майдон тормозловчи бўлиб, электронларнинг анод томон ҳаракати тўхтайтилади. Лампа „берк“ бўлиб қолади. Шундай қилиб, диод бир томонлама ўтказиш хусусиятига эга бўлиб, унинг бундай хусусиятидан ўзгарувчан токни ўзгармас токка айлантиришда фойдаланилади.

Диоднинг асосий характеристикаси унинг анод (вольт-ампер) характеристикаси (в. а. х) ҳисобланади. Бу характеристика қиздириш кучланиши ўзгармас бўлганда анод тоқининг анод кучланишига қандай боғланганлигини кўрсатади (2.64-расм), яъни $U_k = \text{const}$ бўлганда $I_a = f(U_a)$.

Диод лампанинг параметрларига: характеристикасининг тиклиги S , ички қаршилиги r_i ва аноднинг бера оладиган қуввати P_a киради.

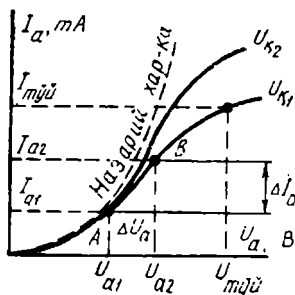
Характеристика тиклиги S анод тоқи ортиши ΔI_a нинг анод кучланиши ортиши ΔU_a га нисбатидан иборат, яъни: $S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_a} \left[\frac{mA}{B} \right]$, бунда $\Delta I_a = I_{a2} - I_{a1}$, $\Delta U_a = U_{a2} - U_{a1}$ (2.64-расм).

Ички қаршилиқ r_i характеристика тиклигига тескари бўлган катталиқ ҳисобланади, яъни:

$$r_i = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a} = \frac{1}{S} \quad (\text{агар } \Delta I_a \text{ mA да ўлчанса}).$$

Аноднинг бера оладиган электр қуввати

$$P_a = U_a \cdot I_a.$$



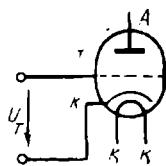
2.64- расм.

Триод — уч электродли лампа бўлиб, катод, анод ва бошқарувчи тўрдан иборат (2.65-расм).

Тўрга мусбат потенциал берилганда ($U_T > 0$) аноднинг тезлаштирувчи электр майдонига тўрнинг тезлаштирувчи электр майдони қўшилади. Бунда катоддан чиқаётган электронларнинг оқими ортади.

Тўр кучланиши $U_T = 0$ бўлганда триоднинг диоддан фарқи бўлмайди. Тўрга манфий потенциал берилганда ($U_T <$

< 0) унинг ўрамлари орасида электронларни катодга қайтарувчи потенциал — тўсиқ пайдо бўлади.



2.65- расм.

Шундай қилиб, тўрнинг потенциални ўзгартириш анод токини ўзгартиришга ёрдам беради. Тўр лампанинг электронлар оқимини бошқаришга имкон беради. Ана шу хусусиятларига кўра триодлар электр сигналларни кучайтириш учун кенг қўлланади.

Триоднинг статик характеристикалари:

1. Анод характеристикаси — тўр кучланиши ўзгармас бўлганда анод токининг анод кучланишига қандай боғланганлигини кўрсатади, яъни $U_T = \text{const}$ бўлганда $I_a = f(U_a)$;

2. Анод-тўр характеристикаси — анод кучланиши ўзгармас бўлганда анод токининг тўр кучланишига қандай боғланганлигини кўрсатади, яъни: $U_a = \text{const}$ бўлганда $I_a = f(U_T)$ (қизитиш кучланишининг миқдори ўзгармас).

2.66- расмда триоднинг анод характеристикаларининг туркуми кўрсатилган.

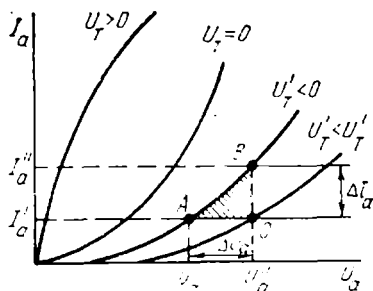
Тўр токининг кераксиз таъсирини йўқотиш учун тўрга кичик манфий потенциал бериб турилади. Анод-тўр характеристикаларининг туркуми 2.67- расмда кўрсатилган.

Триоднинг параметрлари:

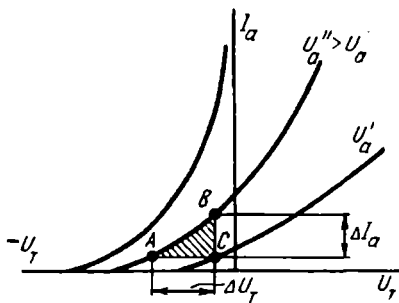
1. Тўр кучланиши $U_a = \text{const}$ бўлганда триоднинг ички қаршилиги $r_i = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a}$ бўлиб, 0,5 ... 100 кОм ни ташкил этади.

2. Анод кучланиши $U_a = \text{const}$ бўлганда тўр характеристикасининг тиклиги $S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_T}$ бўлиб, 2 ... 10 м А/В ни ташкил этади.

3. Кучайтириш коэффициенти $\mu = \left| \frac{\Delta U_a}{\Delta U_T} \right|$, яъни $I_a = \text{const}$ бўлганда абсолют қиймати бўйича аниқланиб, 4 ... 100 гача бўлиши мумкин.



2.66- расм.



2.67- расм.

Лампа параметрлари ўзаро қуйидагича нисбатда боғланган, яъни:

$$\mu = S \cdot r_t.$$

Триоднинг параметрларини 2.66 ва 2.67-расмлардаги характеристикалардан аниқлаш мумкин.

Характеристиканинг A нуқтадаги параметрларини аниқлаш учун танланган режимга мос (берилган U'_a ва I'_a , шунингдек, U_T нинг маълум қийматига кўра) характеристик учбурчак ABC ни қуриб (2.62-расм), ундан:

$$r_t = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a} = \frac{AC}{BC}$$

нисбат аниқланади.

A нуқтадан C нуқтага ўтганда тўрнинг ва аноднинг кучланиши ўзгариб, анод токи ўзгаришсиз қолади, шунинг учун

$$\mu = \frac{\Delta U_a}{\Delta U_T} = \frac{A'C'}{U_T'' - U_T'}$$

Характеристиканинг тиклиги

$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_T} = \frac{BC}{U_T'' - U_T'}$$

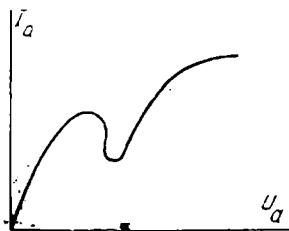
2.67-расмда анод-тўр характеристикалари бўйича лампа параметрларини аниқлаш учун характеристик учбурчакни қуриш ва ΔI_a , ΔU_a , ΔU_T орттирмаларни аниқлаш кўрсатилган.

Тетрод—бу тўртта электродли лампа бўлиб, унинг кучайтириш коэффициентини ошириш учун қўшимча (экранловчи) тўр киритилади. Экранловчи тўрга мусбат кучланиш U_{T2} (20 ÷ 60)% U_a берилади.

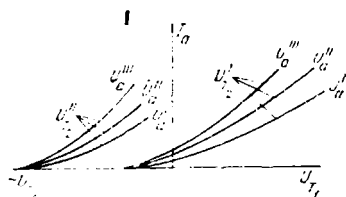
Тетроднинг анод ва анод-тўр характеристикалари 2.68 ва 2.69-расмларда кўрсатилган.

Тетроднинг камчилиги кичик анод кучланишларида анод токининг кескин камайишидир (анод характеристикасида ўпирилиш). Буни динатрон эффект дейилади.

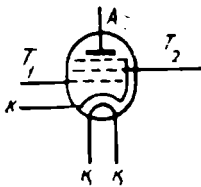
Пентод. Динатрон эффектни йўқотиш учун лампага анод билан экранловчи тўр орасига яна битта муҳофаза тўри (динатронга қарши) жойлаштирилиб, кўпинча катод билан бириктириб



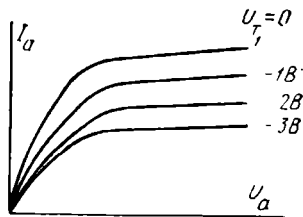
2.68- расм.



2.69- расм.



2.70- расм.



2.71- расм.

қўйилади (2.70- расм). Муҳофаза тўрининг ўрамлари катоднинг потенциалига эга ($U_{T_3} = 0$), шунинг учун электр майдон нуқталарининг потенциаллари муҳофаза тўрининг ўрамлари текислигида бирмунча пасаяди. Анод билан муҳофаза тўри орасидаги фазода иккиламчи электронлар учун тормозловчи электр майдон ҳосил қилинади. Иккиламчи электронлар анодга қайтарилиб, диатрон эффект йўқотилади.

Пентод учун анод характеристикалар асосий ҳисобланади (2.71- расм), яъни $U_{T_1} = \text{const}$ ва $U_{T_2} = \text{const}$ бўлганда

$$I_a = f(U_a).$$

Тетрод ва пентодларнинг параметрлари триоддаги каби характеристика тиклиги S , ички қаршилиқ r_i ва кучайтириш коэффициенти μ дан иборат:

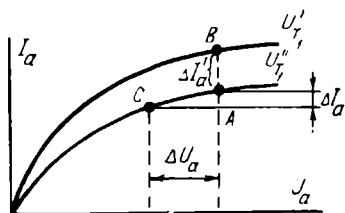
$$U_a = \text{const} \text{ ва } U_{T_1} = \text{const} \text{ бўлганда } S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_{T_1}}$$

$$U_{T_1} = \text{const} \text{ ва } U_{T_2} = \text{const} \text{ бўлганда } r_i = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a}$$

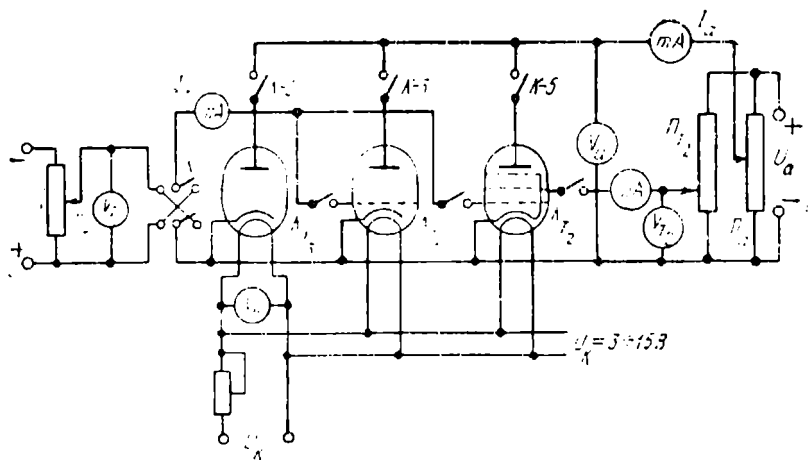
$$U_{T_1} = \text{const} \text{ ва } I_a = \text{const} \text{ бўлганда } \mu = \frac{\Delta U_a}{\Delta U_{T_1}}.$$

Тетрод ва пентодларнинг параметрларини анод характеристикалар туркумидан аниқланади. Аммо пентод анод характеристикасининг тиклиги триодникига қараганда бирмунча ётиқроқ бўлгани учун уни бошқача усул билан аниқланади. 2.72- расмдаги характеристиканинг A нуқтасидаги параметрлари қуйидагича аниқланади:

1. Характеристиканинг тиклиги $S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_{T_1}}$ ҳисобланади. Бунда анод токининг ортиши ΔI_a анод кучланишининг бир хил қийматида қўшни характеристикаларда жойлашган A ва B нуқталардаги токларнинг айирмасидир. Тўр кучланишининг ортиши бошқарувчи тўр кучланишининг айирмасига тенг, яъни



2.72- расм.



2.73 -расм.

$$\Delta U_{T_1} = U'_{T_1} - U''_{T_1}.$$

2. Лампанинг ички қаршилиги $r_i = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a}$ ҳисобланади.

3. Лампанинг параметрлари тенгламасидан фойдаланиб, кучайтириш коэффициентини $\mu = S \cdot r_i$ ҳисобланади.

III. Ишни бажариш тартиби

1. 2.73-расмдаги электрон лампаларнинг текшириш схемаси йиғилади. Қиздириш тоалари трансформаторнинг иккиламчи чулғамига уланган. Қиздириш кучланишини ростлаш учун реостат r_k дан фойдаланилади.

Қайтаулагич К ёрдамида тўр кучланишининг қутби ўзгартирилади. Потенциометрлар Π_a , Π_{T_1} ва Π_{T_2} лар ёрдамида анод ва тўр кучланишлари бошқарилади.

2. Электрон лампаларнинг цоколевкасини кўчириб чизиш ва паспортида берилган маълумотларни ҳисоботга ёзиб қўйиш.

3. Калиг $K-2$ ни улаб, қиздириш кучланишининг турли қиймагларига ($U'_k = 3,5$ В; $U''_k = 6,3$ В) анод кучланишини O дан $U_{a, ном}$ гача ўзгартириб, диоднинг анод характеристикаларининг туркуми олинади, яъни $I_a = f(U_a)$ ўлчашдан олинган маълумотлар 2.44-жадвалга ёзилади.

4. Олинган анод вольт-ампер характеристика бўйича диоднинг ички қаршилиги r_i ва характеристика тиклиги S аниқланади.

5. Калиг K_3 ни ва K_{T_2} ни улаб, бошқарувчи тўрга турли кучланишлар бериб, триоднинг статик анод характеристикалари туркуми $I_a = f(U_a)$ олинади. Бунда анод кучланишининг ўзгаришини бир хил, масалан 50 В дан (50—100—150—200—250) ортгириб

$U'_K = 3,5B$	U_a, B						
	I_a, mA						
$U''_K = 6,3B$	U_a, B						
	I_a, mA						

бориш керак. Ўлчашдан олинган маълумотлар 2.45-жадвалга ёзилади.

2.45-жадвал

U'_T	U_a, B						
	I_a, mA						
U''_T	U_a, B						
	I_a, mA						
U'''_T	U_a, B						
	I_a, mA						
U''''_T	U_a, B						
	I_a, mA						

Бошқарувчи тўрдаги кучланиш (ўқитувчининг кўрсатмасига биноан) $U_T = -8 B; -4 B; -2 B; 0; +2 B$ дан олинади.

6. Анод кучланишининг турли қийматларида ($U_a = 100, 150, 200, 250 B$) триоднинг анод-тўр характеристикалари туркуми олинади. Ўлчашдан олинган маълумотлар 2.46-жадвалга ёзилади.

7. Анод кучланиши $U_a = 100 B$ ва $U_a = 150 B$ бўлганда тўрнинг беркитувчи кучланиши аниқланади.

8. Триоднинг анод ва анод—тўр характеристикаларининг туркуми қурилади.

9. Характеристикалар бўйича триоднинг асосий параметрлари Γ_i, S ва μ аниқланади, Аниқланган параметрларни лампанинг

$U_a^I =$	U_T	В							
	I_a	мА							
$U_a^{II} =$	U_T	В							
	I_a	мА							
$U_a^{III} =$	U_T	В							
	I_a	мА							
$U_a^{IV} =$	U_T	В							
	I_a	мА							

паспортида ва справочникларда берилган маълумотлари билан таққосланади. Топилган параметрларни триоднинг асосий тенгламаси $\mu = S \cdot r_i$ га қўйиб, унинг тўғрилиги текширилади.

10. $U_{T_2} = (60 - 80)\% U_a$ ном бўлганда, тўр кучланиши U_{T_1} нинг турли қийматларида тетроднинг статик анод характеристикаларининг туркуми олинади ($U_{T_2} = \text{const}$). Ўлчашлан олинган маълумотлар 2.47-жадвалга ёзилади.

2.47- жадвал

$U_{T_1}^I =$	U_a	В							
	I_a	мА							
$U_{T_1}^{II} =$	U_a	В							
	I_a	мА							
$U_{T_1}^{III} =$	U_a	В							
	I_a	мА							

11. Анодга турли қийматдаги кучланишлар бериб, тетроднинг тўр-анод характеристикаларининг туркуми $I_a = f(U_{T_1})$ олинади,

$U_{T_1} = \text{const.}$ Ўлчашдан олинган маълумотлар 2.48-жадвалга ёзилади.

2.48-жадвал

$U'_a =$	U_{T_1}	В						
	I_a	мА						
$U''_a =$	U_{T_1}	В						
	I_a	мА						
$U'''_a =$	U_{T_1}	В						
	I_a	мА						

12. Тетроднинг анод ва анод-тўр характеристикаларининг туркумини қуриб, унинг параметрлари r_p , S ва μ аниқланади. Топилган параметрларни лампанинг паспортида ва справочникда берилган маълумотлар билан таққосланади.

13. $U_{T_1} = (60 - 80)\% U_{a, \text{ном}}$ бўлганда, тўр кучланиши U_{T_1} нинг турли қийматларида пентоднинг стагик анод характеристикалари туркуми $I_a = f(U_a)$ олинади, бунда $U_{T_1} = \text{const.}$ Ўлчашдан олинган маълумотлар 2.49-жадвалга ёзилади.

2.49-жадвал

$U'_{T_1} =$	U_a	В						
	I_a	мА						
$U''_{T_1} =$	U_a	В						
	I_a	мА						
$U'''_{T_1} =$	U_a	В						
	I_a	мА						

14. Пентоднинг анод характеристикалари туркумини қуриб, унинг параметрлари r_p , S ва μ аниқланади. Топилган параметр-

ларни лампанинг паспортда ва справочникда берилган маълумотлар билан таққосланади.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Термэлектрон эмиссия деб нимага айтилади?
2. Электрон лампа қандай элементлардан иборат?
3. Электрон лампада катоднинг вазифаси нимадан иборат?
4. Диод деб қандай электрон лампага айтилади?
5. Қандай шароитларда диод занжирдан ток оқиб ўтади?
6. Характеристика тиклиги деб нимага айтилади?
7. Уч электродли лампа қандай тузилиш?
8. Уч электродли лампада кучайтириш принципи қандай?
9. Лампанинг кучайтириш коэффициенти нима ва у қандай аниқланади?
10. Тетрод деб қандай электрон лампага айтилади? Кучайтириш режимда тетрод триоддан нима билан фарқ қилади?
11. Динатрон эффекти деб нимага айтилади?
12. Пентоддаги муҳофаза тўрининг вазифаси нима?
13. Триод, тетрод ва пентодларнинг характеристикалари бўйича параметрлари қандай аниқланади? Лампа параметрларининг тенгнамаси қандай?
14. Катодни қизитувчи кучланиши органда ёки камайганда лампа қандай ишлайди?
15. Электрон лампалар техниканинг қайси соҳаларида қўлланилади?

24- лаборатория иши

ЯРИМ ЎТКАЗГИЧЛИ ДИОД, СТАБИЛИТРОН ВА ТИРИСТОРЛАРНИНГ СТАТИК ХАРАКТЕРИСТИКАЛАРИНИ ТЕКШИРИШ

I. Ишни бажаришдан мақсад

1. Ярим ўтказгичли диод, стабилитрон ва тиристорларнинг тузилиши ва ишлаш принципини ўрганиш.
2. Диод, стабилитрон ва тиристорларнинг статик характеристикалари ва параметрлари билан танишиш.
3. Ярим ўтказгичли диод, стабилитрон ва тиристорларнинг қўлланиш соҳалари билан танишиш.

II. Ишга оид назарий тушунчалар

Ярим ўтказгичли диод, стабилитрон ва тиристорлар ўзгарувчан токни тўғрилашда (ўзгармас токка айлантиришда), ўзгармас кучланишни бошқа миқдордаги ўзгармас кучланишга айлантиришда ва ўзгармас кучланишни ўзгарувчан кучланишга айлантириб беришда ишлатилади. Бундай асбоблар ўзгарувчан ва ўзгармас ток стабилизаторларида, бошқарилувчи тўғрилагичлар яратишда, умуман ўзгартириб берувчи техниканинг бошқа қурилмаларида, шунингдек, бошқариш системаларида кенг қўлланилади.

Мамлакатимиз саноати ишлаб чиқараётган ярим ўтказгичли диодлар ва тиристорлар ихчам, кичик ўлчамли статик ток ўзгарткичлар яратишга имкон беради. Булар саноатда, темир йўлда, шаҳар транспортида, самолётлар ва бошқа жойларда кенг

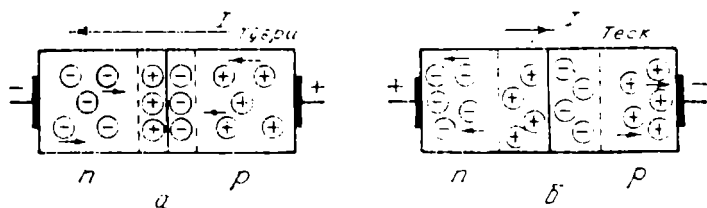
қўлланилади. Турли тўғрилагичлар электр машиналарининг магнит майдонини ҳосил қилишда, ўзгармас ток электр юритмаси системасида двигателларни, шунингдек, химия саноатида электрролиз қурилмаларини электр энергияси билан таъминлашда, рангли металлургияда ва ҳоказоларда кенг қўлланади.

Ярим ўтказгичли асбоблар ион ва электрон асбобларга нисбатан: ишга доим тайёрлиги, Ф. И. К. нинг ва мустаҳкамлигининг юқорилиги, истаган фазовий ҳолатда ишлай олиши, катта инерцион нагрузкаларда ишлатиш мумкинлиги, катта бошқариш системаларининг қурилмаларини микроминиатюризациялаш ва интеграция қилиш мумкинлиги каби афзалликларга эга.

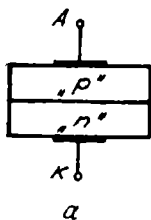
А. ЯРИМ ЎТКАЗГИЧЛИ ДИОДЛАРНИНГ ТУЗИЛИШИ ВА ИШЛАШ ПРИНЦИПИ

Ярим ўтказгичли асбобларнинг ишлаш принципи, электр ўтказувчанлиги турлича бўлган ярим ўтказгичли материалларнинг бир томонлама ўтказиш хусусиятига асосланган. Булар электрон (n -типдаги) ва тешикли (p -типдаги) электр ўтказувчанликлардир. n -типдаги электр ўтказувчанлик соҳасида токнинг ўтиши манфий зарядланган электронларнинг кўчиши ҳисобига содир бўлади. Бу электронларнинг ортиқча миқдори ярим ўтказгичнинг монокристаллига донорли қўшилмаларнинг (масалан, сурьма, мышьяк ва фосфор) киритилиши билан ҳосил қилинади. p -типдаги электр ўтказувчанлик соҳасида эса токнинг ўтиши мусбат зарядланган „тешик“ ларнинг кўчиши ҳисобига содир бўлади. „Тешик“ бу электрон етишмаган атом бўлиб, мусбат зарядга эгадир, абсолют миқдори бўйича электроннинг зарядига тенг. Тешиклар ярим ўтказгичнинг монокристаллига акцепторли қўшилмани (масалан, индий, бор ва алюминий) киритиш билан ҳосил қилинади.

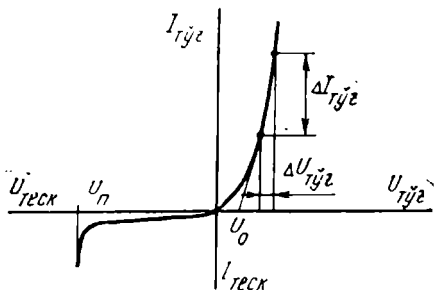
Биттаси электрон, иккинчиси тешикли электр ўтказувчанликка эга бўлган ярим ўтказгичларни бевосита бирлаштирганда (контактлашганда) электрон — тешик ўтиш ($p - n$ ўтиш) ҳосил бўлади. Ўтишнинг асосий хусусияти унинг қаршилигини миқдори берилаётган кучланишнинг қутбига боғлиқлигидадир (2.74-расм), $p - n$ ўтишли ярим ўтказгичларни ташқи занжирга улаш учун унинг қисмалари билан контакт ҳосил қилинади. Ярим ўтказгични тўғри улаганда, унинг p соҳасига кучланишнинг мусбат қутбини, n соҳасига эса манфий қутбини берганимизда $p - n$



2.74- расм.



2.75- расм.



2.76- расм.

ўтишнинг қаршилиги минимумгача камаяди. Тескари улаганда эса $p-n$ ўтишнинг қаршилиги катта бўлади.

Структураси $p-n$ ўтишли икки қатламли ярим ўтказгич асосида ишланган асбоб диод ёки бошқарилмайдиган вентиль дейилади. n типдаги электр ўтказувчанлики ярим ўтказгич қатламга уландиган электрод катод, p типдаги электр ўтказувчанлик қатламга уландиган электрод эса анод ҳисобланади (2.75-расм, а). Диоднинг шартли белгиси эса 2.75-расм, б да кўрсатилган.

I. Электрон — тешик ўтишнинг хусусияти, $p-n$ ўтишдаги токнинг катталиги ва қутби, унга берилган кучланишга боғлиқлигини кўрсатувчи вольт-ампер характеристикасида яққол тасвирланган (2.76-расм). Вольт-ампер характеристика қуйидагиларни аниқлашга ёрдам беради:

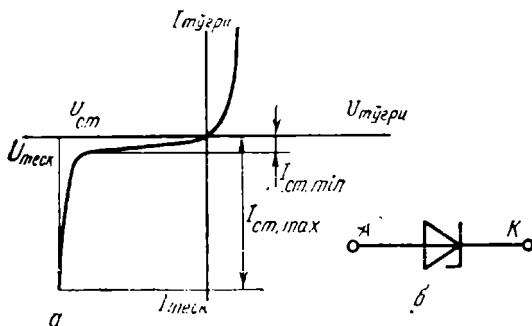
- тескари тўйиниш токи — $I_{\text{теск}}$;
- максимал тескари кучланиш — $U_{\text{теск. макс}}$;
- дифференциал қаршилик — $r_d = \frac{\Delta U_{\text{тўғр.}}}{\Delta I_{\text{тўғр.}}}$;

тўғрилашнинг статик ва динамик коэффициентлари

$$K_{\text{тўғр. ст.}}; K_{\text{тўғр. дин.}}$$

минимал ёниш (пороговое) кучланиши — U_0 ;
 $p-n$ ўтишнинг хусусиятига температуранинг таъсири.

II. Диодларнинг асосий параметрлари: тўғриланган максимал ток $I_{\text{тўғр. макс}}$ да кучланишнинг тўғри йўналишдаги пасажуви $U_{\text{тўғр. макс}}$, максимал тескари кучланиш — $U_{\text{теск. макс}}$, максимал



2.77- расм.

тескари ток $I_{\text{теск. макс}}$ максимал сочилган қувват $P_{\text{сов. макс}}$; электродлараро сизим — C ; мумкин бўлган максимал частота — f ; ишлаш температурасининг диапазони.

Аралашмасининг концентрацияси катта бўлган кремнийдан ясалган ясси диод ярим ўтказгичли диод ҳисобланади. Стабилитроннинг статик вольт-ампер характеристикаси ва шартли белгиланиши 2.77-расм, a ва b да кўрсатилган.

III. Стабилитрон вольт-ампер характеристикасининг биринчи чоракдаги бўлаги кремнийли диоднинг характеристикасидан фарқ қилмайди. Унинг учинчи чоракдаги бўлаги эса, ток ўқига деярли параллель ўтувчи вертикаль тўғри чизиқ кўринишига эга. Шунинг учун ток кенг чегарада ўзгарганда асбобдаги кучланишнинг пасаюви амалда ўзгармайди. Кремнийли диодларнинг бу хусусияти улардан кучланиш стабилизаторлари тарзида фойдаланишга имкон беради.

Стабилитроннинг параметрлари:

Стабилланган кучланиш — $U_{\text{ст. макс}}$;

максимал стабилланган ток — $I_{\text{ст. макс}}$;

минимал стабилланган ток — $I_{\text{ст. мин}}$;

дифференциаль қаршилик $r_d = \frac{\Delta U_{\text{ст}}}{\Delta I_{\text{ст}}}$,

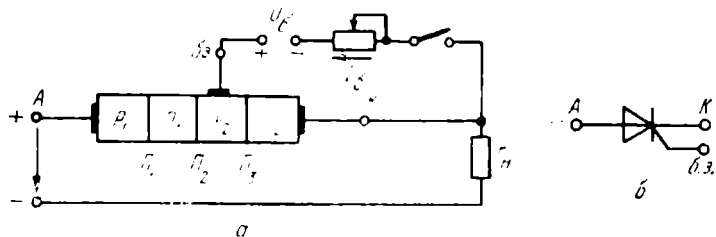
бу ерда: $\Delta U_{\text{ст}}$ — стабилитрондаги кучланишнинг ортиши;

$\Delta I_{\text{ст}}$ — стабиллаш режимда токнинг ортиши.

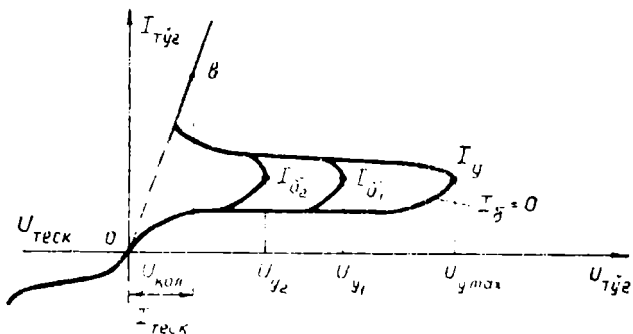
Б. ЯРИМ ЎТКАЗГИЧЛИ БОШҚАРИЛАДИГАН ВЕНТИЛЬ — ТИРИСТОРЛАРНИНГ ТУЗИЛИШИ ВА АСОСИЙ ПАРАМЕТРЛАРИ

Тиристорлар тўртта кетма-кет алмашиб келувчи p ва n типлардаги ўтказувчанлик соҳаларидан иборат бўлиб, тўрт қатламли ярим ўтказгичли асбоблар синфига киради. Тиристор учта P_1 , P_2 ва P_3 p - n ўтишли ярим ўтказгичли кремнийли бошқариладиган вентиль ҳисобланади. 2.78-расм, a ва b да тиристорнинг тузилиши ва шартли белгиланиши кўрсатилган.

Бошқарувчи электрод узук бўлганда, манба кучланиши шундай танланадики, унинг қийматида P_1 ва P_3 ўтишлар ўтказувчанлик йўналишида (очиқ), P_2 ўтиш эса ўтказмайдиган йўналишда (ёпиқ) бўлади. Бунда занжирдаги ток кучи кичик бўлиб, манбанинг барча кучланиши ана шу ўтишда йўқолади. Куч-



2.78- расм



2.79- расм.

ланиш ортганда ток бир оз кўпаяди. Таъминловчи манбанинг кучланиши тешиб ўтиш (пробой) кучланиши миқдорига етганда Π_2 ўтишда токнинг қиймати жадал равишда ўтиш токи I қийма-тигача ортади. Π_2 ўтишдаги кучланиш минимумгача кескин ка-майиб, вентиль очилади. Вентилнинг очилишига вольт-ампер ха-рактеристиканинг (2.79- расм) *об* қисми тўғри келади. Характе-ристиканинг *бв* қисми эса кремнийли вентилнинг вольт-ампер характеристикасининг ўзидир.

Агар бошқарувчи электродга бошқарувчи кучланиш U_6 ни берсак, бошқарувчи ток I_6 Π_2 ўтишнинг очилиш (уланиш) куч-ланишини пасайтиради. Бунда манбанинг кучланиши кам бўлса ҳам тиристор очилади. Бошқарувчи ток I_6 да тиристор бамисоли бошқарилмайдиган вентиль (характеристиканинг *обв* қисми) каби ишлайди. Шундай қилиб, тиристорга маълум миқдордаги бош-қарувчи ток I_6 ни бериб, маълум ўтиш кучланиши $U_{ўтиш}$ да ти-ристорни ёпиқ ҳолатдан очик ҳолатга ўтказиш мумкин.

Тиристорнинг қисмаларига тескари кучланиш $U_{теск}$ ни улага-нимизда, бошқарувчи ток I_6 дан қатъи назар Π_1 ва Π_2 ўтишлар ёпиқ бўлади.

Тиристор автоматика ва ҳисоблаш техникасининг схемалари-да контактсиз қайтаулагичлар тарзида ишлатилади.

Тиристорнинг асосий параметрлари:

қайта уланиш кучланиши — $U_{к. у}$;

қолдиқ кучланиш — $U_{кол}$;

тескари ток — $I_{теск}$;

бошқарувчи ток — I_6 ;

максимал тўғри ток — $I_{тўғр. макс}$;

қайтауланиш токи — $I_{к. у}$;

тескари максимал кучланиш — $U_{теск макс}$;

уланиш вақти — $\tau_{ул}$;

узилиш вақти — $\tau_{вз}$.

III. Ишни бажариш тартиби

1. Диоднинг асосий параметрлари билан танишиб, уларни ҳисобот дафтариغا ёзинг.

2. 2.80- расмдаги диодни текшириш схемасини йиғинг.

3. Қайтаулагич П-1 ни „а“ ҳолатга, П-2 ни эса „1“ ҳолатга ўтказиб r_1 ва r_3 резисторларнинг қаршиликларини ўзгартириш билан диодга берилаётган кучланиш ўзгартирилади (ўзгартириш чегарасини ўқитувчи кўрсатади). Ўлчашдан олинган маълумотларни 2.50- жадвалга ёзинг.

2.50- жадвал

$U_{тўғр}$	В						
$I_{тўғр}$	мА						
$U_{теск}$	В						
$I_{теск}$	мА						

4. Қайтаулагич П-1 ни „в“ ҳолатга, П-2 ни эса „2“ ҳолатга ўтказиб диоднинг тескари характеристикасини олинг. Бунда диоднинг тешилишига (пробой бўлишига) йўл қўймасдан, унга берилаётган кучланишни $U_{теск. max}$ гача ўзгартириш керак. Ўлчашдан олинган маълумотларни 2.50- жадвалга ёзинг.

5. 2.50- жадвалда ёзилган маълумотлар бўйича диоднинг вольт-ампер характеристикасини қуринг.

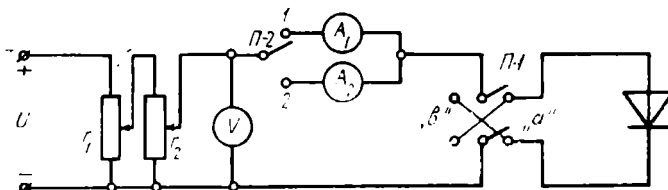
6. Диоднинг вольт-ампер характеристикаси бўйича r_1 ва U_0 ни, шунингдек, $U_{тўғр} = U_{теск}$ бўлганда статик тўғрилаш коэффициенти

$$K_{тст} = \frac{I_{тўғр}}{I_{теск}}$$

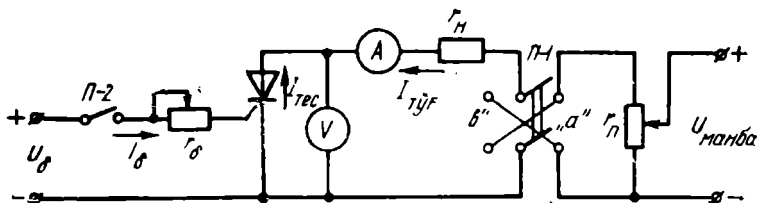
ни аниқланг.

7. 2.80- расмдаги схемада диод ўрнига стабилитрон уланг.

8. Стабилитроннинг асосий параметрлари билан танишиб уларни ҳисобот дафтариغا ёзиб қўйинг.



2.80- расм.



2.81- расм.

9. 3 ва 4 пунктлардаги текширишларни бажариб, ўлчашдан олинган маълумотларни 2.51-жадвалга ёзинг.

2-51-жадвал

U_{TUF}	В						
I_{TUF}	mA						
U_{TESC}	В						
I_{TESC}	mA						

10. Олинган маълумотлар бўйича стабилитроннинг вольт-ампер характеристикасини қуриб, ундан стабилитроннинг асосий параметрларини аниқланг.

11. Тиристорнинг асосий параметрлари билан танишиб, уларни ҳисобот дафтарига ёзиб қўйинг.

12. 2.81-расмдаги тиристорни текшириш схемасини йиғинг.

13. Қайтаулагич П-1 ни *a* ҳолатга ўтказиб, П-2 нинг ажратилган ҳолатида I_{TUF} нинг тегишли қийматларини аниқлаб, манбанинг кучланишини ўзгартиринг. Ўлчашдан олинган маълумотларни 2-52-жадвалга ёзинг.

14. Қайтаулагич П-2 ни улаб, реостат r_6 нинг иккита ҳолати учун манба кучланишини ўқитувчи кўрсатган чегарада ўзгартиринг. Ўлчашдан олинган маълумотларни 2.52-жадвалга ёзинг.

15. Қайтаулагич П-2 ни ажратиб, П-1 ни эса *b* ҳолатга ўтказиб, манба кучланишини ўзгартирган ҳолда I_{TESC} токнинг қийматини аниқланг. Ўлчашдан олинган маълумотларни 2.52-жадвалга ёзинг.

$I_{60} = 0$	$U_{\text{тўғр. В}}$						
	$I_{\text{тўғр. мА}}$						
$I_{61} > I_{60}$	$U_{\text{тўғр. В}}$						
	$I_{\text{тўғр. мА}}$						
$I_{62} > I_{61}$	$U_{\text{тўғр. В}}$						
	$I_{\text{тўғр. мА}}$						
$I_6 = 0$	$U_{\text{теск. В}}$						
	$I_{\text{теск. мА}}$						

16. Тиристор вольт-ампер характеристикасининг туркумини қуриб, ундаги асосий характерли нуқталарни белгиланг.

Ўз-ўзини текшириш үчүн саволлар

1. „р-п“ ўтиш деб нимага айтилади?
2. Ярим ўтказ ичли диоднинг ва стабилитроннинг тузилиши ва ишлаш принципини тушунтириб беринг.
3. Диод, стабилитрон ва тиристорнинг вольт-ампер характеристикалари қандай кўринишга эга?
4. Тиристорнинг тузилиши ва ишлаш принципини тушунтириб беринг.
5. Диод стабилитрон ва тиристор қайси соҳаларда қўлланилади?

25- лаборатория иши

ЛАМПАЛИ ВА ЯРИМ ЎТКАЗГИЧЛИ КУЧАЙТИРГИЧЛАР

I. Ишни бажаришдан мақсад

1. Электрон лампали ва ярим ўтказгичли кучайтиргичларнинг асосий схемалари билан танишиш.
2. Бир каскадли кучланиш кучайтиргичларнинг ўрта частота-лардаги характеристикаларини текшириш.
3. Ярим ўтказгичли триодлардан ясалган бир каскадли кучайтиргични текшириш.

II. Ишга оид назарий тушунчалар

Кучайтиргичнинг вазифаси берилган кучсиз сигнални кучай-тириш ёки қувватини оширишдан иборат. Бунда кучайтириш ток

манбаининг ҳисобига бўлиб, унинг қуввати ижро механизмини ишга тушириш учун етарлича бўлиши керак.

Кучайтиргичнинг кириб келаётган сигналнинг бир поғона кучайишини таъминловчи схемаси каскад дейилади.

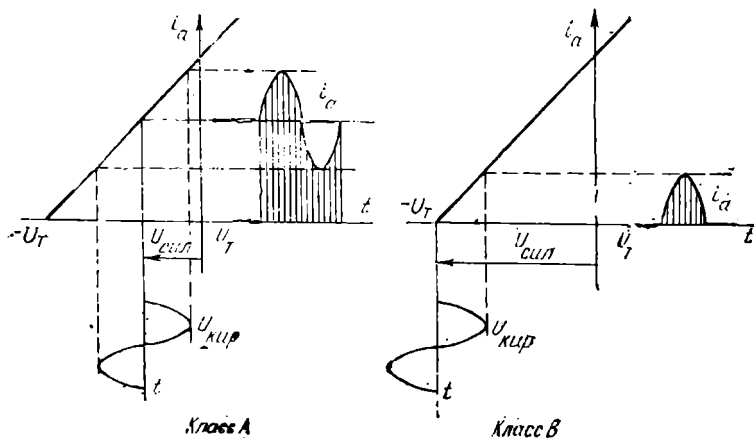
Одатда ижро механизмларини ишга тушириш учун бир нечта каскадли кучайтиргичлар қўлланади.

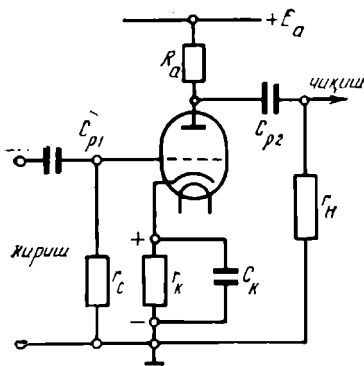
А. ЭЛЕКТРОН ЛАМПАЛИ КУЧАЙТИРГИЧЛАР

Кучайтиргичлар схемаларининг каскадлараро боғланишига қараб қуйидагича классификацияланади:

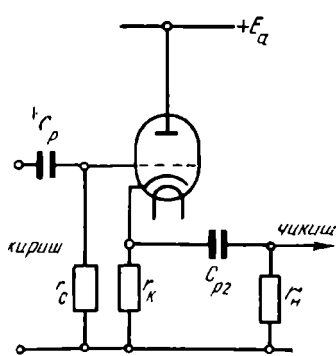
а) бевосита ёки гальваник боғланишли, бунда каскадларнинг лампалари электр тоқлар бўйича ажратилмаган бўлади; б) реостат—сиғим боғланишли, бунда каскаднинг кириш томонидаги кучланиш актив қаршиликдаги кучланишнинг пасаяви билан ҳосил қилинади. Аммо лампанинг анод занжири кейинги каскад лампасининг тўридан сиғим билан ажратилган бўлади; в) трансформаторли боғланиш, бунда олдинги лампа анод тоқининг ўзгариши кейинги каскад лампасининг тўрига таъсири трансформатор орқали бўлади.

Кучайтиргичнинг иш режими тўрдаги силжиш кучланишининг ўзгармас манфий миқдори билан аниқланади. 2.82-расмда кучайтиргичнинг иккита иш режими кўрсатилган. Биринчи ҳолда А класс режимида тўр силжиш кучланишининг нисбатан оз бўлиши натижасида анод тоқи сигналнинг бутун даври давомида сигналнинг қонуни бўйича ўзгаради, яъни барча сигнал кучайтиргичдан шакли сақланган ҳолда узатилади. Иккинчи ҳол В класс режимида эса тўр силжиш кучланиши лампанинг беркитиш кучланишига тенг бўлиб, кучайтиргич гармоник сигналнинг мусбат ярим тўлқинини узатади. Сигнал бўлмаган пайтида анод тоқи нолга тенг. Шунинг учун сигналнинг манфий ярим тўлқини умуман узатилмайди.





2.83- расм.



2.84- расм.

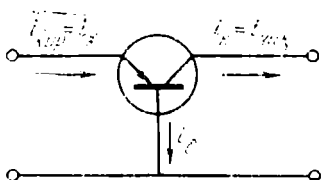
Кучайтиргичлар қандай катталикни кучайтиришига қараб кучланиш кучайтиргичи ва қувват кучайтиргичларига бўлинади. Кучланиш кучайтиргичларида нагрукаси анодда ёки катодда бўлиши билан ҳам фарқ қилинади (тегишлича 2.83- ва 2.84-расмлар).

Лампанинг анодига мусбат кучланиш берилганда, лампа тўридаги кучланишнинг ($U_{кнр}$) ўзгариши анод занжиридаги токнинг ўзгаришига ва тегишлича анод r_a (2.83-расм) ёки катод r_n (2.84-расм) занжирига уланган қаршиликлардаги кучланиш тушувининг ҳам ўзгаришига олиб келади.

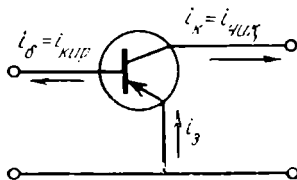
Кучайтиргич схемасидаги (2.82-расм) қаршилик r_k анод токининг доимий ташкил этувчиси ҳисобига бошқариш тўрига ўзгармас манфий силжиш бериш учун ишлатилади. Ажратувчи конденсатор C_{p1} тўр занжирига манба кучланишнинг доимий ташкил этувчисини ўтказмаслик учун уланган. Конденсатор C_k анод токининг ўзгарувчан ташкил этувчисини шунглайди. Ажратувчи конденсатор C_{p2} эса кучайтиргичнинг чиқиш занжирига анод кучланишнинг доимий ташкил этувчисини ўтказмайди.

Б. ЯРИМ ЎТКАЗГИЧЛИ ТРИОДЛАРДАН ЯСАЛГАН КУЧАЙТИРГИЧЛАР

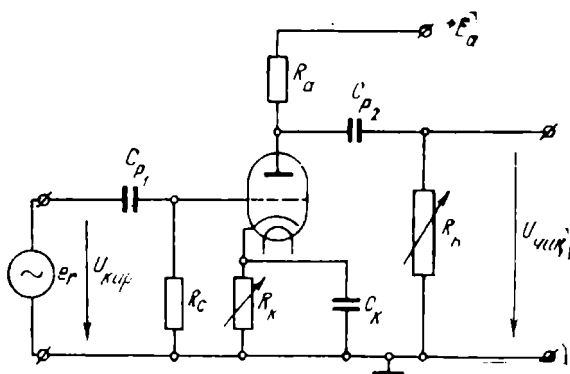
Ярим ўтказгичли триод ёрдамида сигнални кучайтиришнинг учта асосий схемаси фарқ қилинади: умум базали схема (ОБ — общая база) — 2.85 расм, умум эмиттерли схема (ОЭ — общий



2.85- расм.



2.86- расм.



2.89- расм.

2. Анод кучланиши $E_a = 250$ В; кириш кучланиши $U_{кир} = 0 \dots 10$ В (1 В дан оралатиб) бўлганда кучайтиргичнинг амплитуда характеристикасини олиш ва қуриш, яъни $U_{чиқ} = f(U_{кир})$. Қаршилик r_k ни 2 кОмга тенг қилиб олинади. Ўлчашдан олинган маълумотлар 2.53- жадвалга ёзилади.

2.53- жадвал

$U_{кир}$	$U_{чиқ}$	E_a	K_U
В	В	В	—

Каскаднинг кириш ва чиқиш томонидаги кучланишлар лампа вольтметр ВК — 7- ёрдамида ўлчанади.

3. Кучланиш бўйича кучайтириш коэффициентининг кириш кучланишига боғлиқлиги аниқланади ва унинг графиги

$$K_U = \frac{U_{чиқ}}{U_{кир}} = f(U_{кир}) \text{ қурилади.}$$

4. Анод кучланиши $E_a = 250$ В, катод қаршилиги $r_k = 2$ кОм ва кириш кучланиши $U_{кир} = 0,5$ В бўлганда, аноди юкланган каскаднинг кучланиш бўйича кучайтириш коэффициентининг нагрузка қаршилиги r_n билан боғланиши олиниб, унинг графиги қурилади. Ўлчашдан олинган маълумотлар 2.54- жадвалга ёзилади.

$r_{к}$	кОм					
$U_{кнр}$	В					
$U_{чнқ}$	В					
$K_{и}$	—					

5 Кириш кучланиш $U_{кнр} = 2$ В бўлганда осциллограф экрандан $U_{кнр}$ ва $U_{чнқ}$ ларнинг эгри чизиқлари чизиб олинади. Катод қаршилиги $r_{к} = 0$ ва 10 кОм га қўйилади. Чиқиш кучланишининг графигида ночизиқликнинг борлиги аниқланади ва уларнинг пайдо бўлиш сабаблари тушунтирилади.

6. Кучайтиргичнинг частота характеристикаси $U_{чнқ} = f(f_r)$ ни олинади ва қурилади. Генераторнинг частотасини 200 Гц дан ора-латиб 100 . . . 2000 Гц атрофида ўзгартирилади. Каскаднинг кириш кучланишини ўзгартирмасдан ушлаб турилади. Ўлчашдан олинган маълумотлар 2.55-жадвалга ёзилади.

2.55-жадвал

f	Гц					
$U_{чнқ}$	В					

7. 2.88-расмдаги схема йиғилади.

Схеманинг асосий параметрлари: триод Т — МП — 14; $C_{p_1} = C_{p_2} = 10$ мкФ; $C_3 = 50$ мкФ; $r_3 = 1$ кОм; $r_{к} = 1,5$ кОм; $r_1 = 10$ кОм; $r_2 = 3$ кОм; $r_{н} = 8,2$ кОм.

8. Кучайтиргични манбага улаб, ишнинг бошида ва охирида коллектор билан эмиттер орасидаги ($K - Э$ нуқталари) ўзгармас кучланиш ўлчанади. Температура ўзгарганда кучланиш режими-нинг стабиллиги ҳақида хулоса чиқарилади.

9. Асбобларнинг кўрсатишлари ва триоднинг параметрлари бўйича кучайтириш коэффицентларини: ток (K_I) кучланиш (K_U) ва қувва (K_p) бўйича ҳисоблаб, шунингдек, кириш қаршилиги $r_{кнр}$ аниқланади. Ўлчашдан ва ҳисоблашдан олинган маълумотлар 2.56-жадвалга ёзилади. Юқоридаги коэффицентлар қуйи-дагича ҳисобланади.

$$K_I = \frac{I_n}{I_{кнр}}; \quad K_U = \frac{U_n}{E_r};$$

$$K_p = K_I \cdot K_v; \quad r_{кнр} = \frac{U_{кнр}}{I_{кнр}}$$

E_r В	$U_{\text{кир}}$ мВ	$U_{\text{чиқ}}$ В	$I_{\text{кир}}$ мкА	I_n мА	E_n В	I мА	K_U	K_I	K_p	$r_{\text{кир}}$ Ом

10. Нагрузка қаршилиги r_n нинг иккита қийматида каскаднинг амплитуда характеристикаси $U_{\text{чиқ}} = f(E_r)$ олинади ва қурилади. Ўлчашдан олинган маълумотлар 2.57-жадвалга ёзилади.

2.57-жадвал

$r_n =$ Ом				$r_n =$ Ом			
E_r мВ	$I_{\text{кир}}$ мкА	$I_{\text{чиқ}}$ мА	$U_{\text{чиқ}}$ В	E_r мВ	$I_{\text{кир}}$ мкА	$I_{\text{чиқ}}$ мА	$U_{\text{чиқ}}$ В

11. Кучайтиргич параметрларининг битта қийматида каскаднинг кириш ва чиқиш томонларидаги кучланишлар $U_{\text{кир}}$ ва $U_{\text{чиқ}}$ ларнинг эгри чизиқлари осциллограф экранидан кўчириб чиқилади. Осциллограммаларда ночизиқликларнинг борлиги аниқланади.

IV. Иш бўйича хулоса берилади

1. Текширилаётган кучайтиргич каскадларининг кучланиш бўйича кучайтиришининг сифати ҳақида.

2. Олинган осциллограммаларда ночизиқликларнинг борлиги ёки йўқлигини баҳолаш.

3. Электрон ва ярим ўтказгичли кучайтиргичларнинг амплитуда характеристикаларини таққослаш.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Кучайтиргичларнинг вазифаси ва классификациясini сўзлаб беринг.
2. Анод нагрузкали кучланиш кучайтиргичининг ишлаш принцили қандай?
3. Анод нагрузкали каскад барча элементларининг вазифаси нимадан иборат?
4. Текширилаётган схемадаги лампанинг бошқарувчи тўрида манфий сидажиишнинг олиниш принципини ва унинг вазифасини тушунтириб беринг.
5. Кучланиш бўйича кучайтириш коэффициентининг кириш кучланишига ва нагрузка қаршилгининг миқдорига боғлиқлиги қандай?
6. Ёрим ўтказгичли триоддаги кучайтиргичларнинг асосий схемалари ва уларнинг хусусийлиги келтирилсин.
7. Умум эмиттерли схема бўйича ишлайдиган кучайтиргичнинг ишлаш принципи ва схема элементларининг вазифаси нимадан иборат?
8. Ток, кучланиш ва қувват бўйича кучайтириш коэффициентлари қандай аниқланади?
9. Схеманинг қайси элементлари температура бўйича стабиллашни таъминлайди ва уларни танлашга қандай талаблар қўйилади?
10. Кучайтиригичларда нозизиқликларнинг пайдо бўлиш сабаблари.
11. Кучайтиригичларда кириш ва чиқишдаги кучланиш ва токларни ўлчаш учун қандай асбоблардан фойдаланилади?

26- лаборатория иши

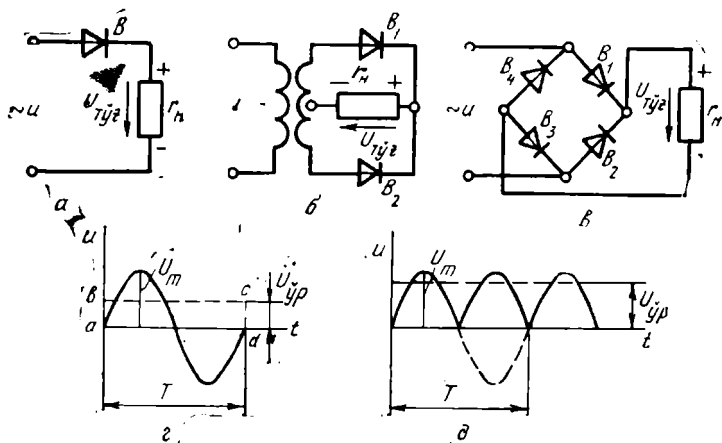
ЎЗГАРУВЧАН ТОКНИ ТЎҒРИЛАШ ЗАНЖИРЛАРИ

I. Ишни бажаришдан мақсад

1. Синусоидал ўзгарувчан токни (кучланишни) тўғрилаш схемалари билан танишиш ва тўғриланган токнинг (кучланишнинг) сифатини аниқлашни ўрганиш.
2. Тўғрилаш коэффициентини экспериментал аниқлаб, уни назарий ҳисоблар билан солиштириш.
3. Тўғриланган кучланиш ва токнинг шаклларини индуктив-сигим филтърлари ёрдамида яхшилаш принципини ўрганиш.

II. Ишга оид назарий тушунчалар

Электр энергиясининг бир қанча истеъмолчилари (электр транспорти, электролиз, алоқа аппаратлари, автоматика ва телемеханика асбоблари ва б.) ўзгармас ток манбаидан ишлайдилар. Аммо бу истеъмолчиларни ўзгармас токнинг алоҳида манбаи (ўзгармас ток генераторлари ва химиявий манбалари ва б.) билан таъминлаш ҳамма вақт ҳам мумкин бўлавермайди. Ўзгарувчан ток манбаларининг кенг тарқалганлиги, ўз навбатида ўзгарувчан токни ўзгармас токка айлантириш вазифасини қўйди. Бундай ўзгартиришнинг маъноси истеъмолчига ўзгарувчан ток (кучланиш) манбаидан келаётган электр зарядларининг бир томонлама ҳаракатини таъминлашдан иборат. Шундай қилиб, бундай ўзгарткичларнинг чиқиш томонига уланган истеъмолчиларда ток бир томонга оқайди. Ўзгарувчан токни тўғрилаш деган ном ана шундан келиб чиққан. Ўзгарувчан токни тўғрилаш учун бир томонлама ўтказиш хусусиятига эга бўлган асбоблардан, яъни тўғрилагичлардан фойдаланилади. Тўғрилагичларнинг электронли, ионли, ярим ўтказгичли ва электромеханикали турлари бор. Ҳозирги



2.90- расм.

замон техникасида ярим ўтказгичли тўғрилагичлар кенг тарқалган.

2.90- расмда бир фазали ўзгарувчан токни ярим ўтказгичли тўғрилагичлар ёрдамида (B вентилярда) тўғрилашнинг битта ярим даврли (2.90- расм, a), иккита ярим даврли трансформаторнинг ўрта нуқтаси билан (2.90- расм, b) ва ниҳоят кўприк (2.90- расм, c) схемалари кўрсатилган. Барча схемаларда ток венгиль орқали фақат бир томонга (схемаларда чапдан ўнгга) ўтиши мумкин, чунки ярим ўтказгични тўғри йўналишда улаганда унинг ўтиш (ички) қаршилиги бўлади. Тескари йўналишда ток ўта олмайди, чунки $r_n = \infty$. Масалан, 2.90- расм, a даги занжир учун кучланиш синусоидасининг битта даври T давомида (2.89 расм, z) нагрузка қаршилиги r_n да синусоиданинг мусбат ярим тўлқинига тенг кучланишнинг пасаюви ҳосил бўлади. Бундаги кучланишнинг ўртача қиймати U_{yp} ана шу мусбат ярим тўлқиннинг юзасига тенг, яъни

$$\begin{aligned}
 U_{yp} &= \frac{1}{T} \int_0^{T/2} u dt = \frac{1}{T} \int_0^{\pi} U_m \sin \omega t dt = \frac{1}{\omega T} \int_0^{\pi} U_m \sin \omega t d(\omega T) = \\
 &= \frac{U_m}{2\pi} \left| -\cos \omega t \right|_0^{\pi} = \frac{U_m}{\pi} = \frac{\sqrt{2} U}{\pi} = 0,45 U.
 \end{aligned}$$

Демак, синусоидал кучланишнинг ўртача ёки тўғриланган U_{yp} қиймати, юзаси бир давр ичидаги мусбат ярим тўлқиннинг юзасига тенг бўлган $abcd$ тўғри тўртбурчакнинг баландлигига тенг.

Битта ярим даврли тўғрилагичда тўғриланган кучланишнинг ўртача қиймати, занжирга берилган ўзгарувчан кучланиш таъсир этувчи қийматининг 45% ни ташкил этади. У ҳолда тўғрилагичнинг тўғрилаш коэффициенти $K_T = 0,45$.

Иккита ярим даврли тўғрилаш схемаларида эса, венти́ллар B_1 ва B_2 (2.90-расм, б) ҳамда $B_1 - B_3$ ва $B_2 - B_4$ (2.90-расм, в) навбатма-навбат ишлаб, синусоиданинг иккала ярим тўлқинини битта йўналишда ўтишини (2.89-расм, д) таъминлайди. Бу ҳолда кучланишнинг ўртача ёки тўғриланган қиймати:

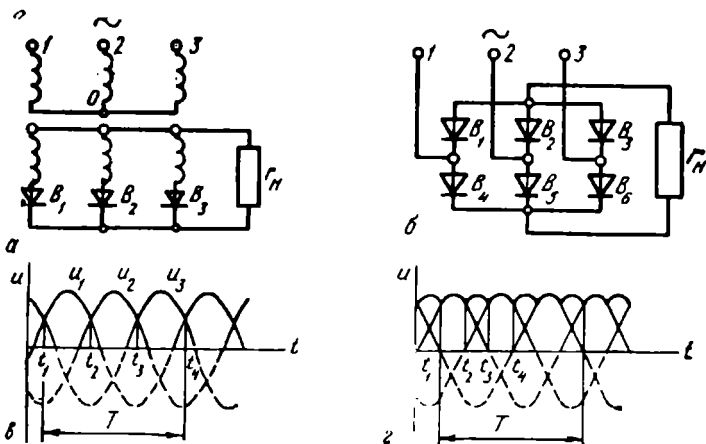
$$U_{\text{ср}} = \frac{2}{T} \int_0^{T/2} u dt = \frac{2\sqrt{2}U}{\pi} = 0,9U.$$

Тўғрилагичнинг тўғрилаш коэффициенти $K_T = 0,9$.

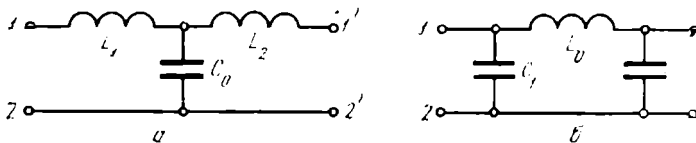
Бир фазали ўзгарувчан токни тўғрилаш учун асосан кўприк схема (2.90-расм, в) қўлланилади. Масалан, радиоприёмникларда ва телевизорларда ана шундай схемадан фойдаланилади.

Кўп фазали тўғрилагичларда тўғриланган кучланишнинг сифати бирмунча мукамал ҳисобланади. Буларнинг ичида энг кўп тарқалгани уч фазали ўзгарувчан токни ўзгармас токка айлантириб берувчи уч фазали тўғрилагичлар ҳисобланади. 2.91-расм, а ва б да уч фазали тоқларни битта ва иккита ярим даврли тўғрилаш схемалари кўрсатилган. Бу схемаларда, масалан 2.91-расм, а даги занжирда B_1, B_2 ва B_3 венти́лларнинг ҳар бири учдан бир $T/3$ даврда 2.91-расм, б даги занжирда эса венти́лларнинг ҳар бири олтидан бир $T/6$ даврда ишлайдилар.

Агар уч фазали битта ярим даврли тўғрилагичнинг (2.91-расм, а) ишлашини кўрадиган бўлсак, унда венти́ль B_1 вақт t_1 дан t_2 гача, B_2 венти́ль t_2 дан t_3 гача ва, ниҳоят, B_3 венти́ль t_3 дан t_4 гача бўлган интервалларда ишлайди. Шундай қилиб, ҳар бир венти́лга синусоидаларнинг $\omega t_1 = \frac{\pi}{6}$ ва $\omega t_2 = \frac{5\pi}{6}$ фазалари ораси-



2.91-расм



2.92- расм

даги мусбат тўлқиннинг бир қисми тўғри келади (2.91-расм, *в*) у ҳолда тўғриланган кучланишнинг ўртача қиймати

$$U_{\text{ур}} = \frac{3U_m}{T} \int_{\pi/6}^{5\pi/6} \sin \omega t dt = \frac{3\sqrt{2}U}{2\pi} \left| \cos \omega t \right|_{\pi/6}^{5\pi/6} = \frac{3\sqrt{2} \cdot \sqrt{3}U}{2\pi} = 1,17U.$$

Демак, тўғрилагичнинг тўғрилаш коэффициенти $K_T = 1,17$. Умумий ҳолда m — фазали тўғрилагичнинг тўғрилаш коэффициенти

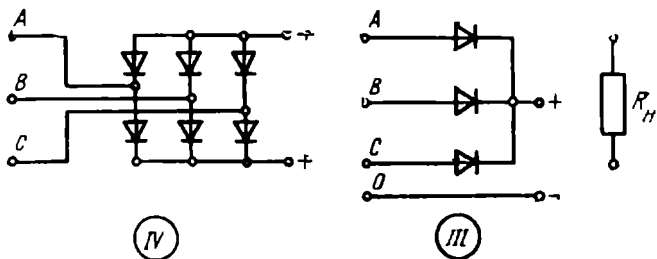
$$K_T = \frac{m\sqrt{2}}{\pi} \sin \frac{\pi}{m} = \sqrt{2} \frac{\sin \frac{\pi}{m}}{\pi/m}.$$

Масалан, уч фазали кўприк схемаси учун (2.91-расм, *б* да $m = 6$) тўғрилаш коэффициенти $K_T = 1,35$. Назарий жиҳатдан $m = \infty$ да $K_T = 1,41$ бўлиб, тўғриланган кучланиш занжирнинг кириш томонидаги ўзгарувчан кучланишнинг амплитуда қийматига тенгдир. Тўғриланган кучланиш эгри чизиғининг шаклидан кўринадики (2.90-расм, *г* ва *д*; 2.91-расм, *в* ва *з*), тўғрилагичларнинг чиқиш томонидаги кучланишларнинг фақат йўналиши ўзгармас бўлиб, миқдори (амплитудаси) жиҳатдан пульсацияланувчидир. Пульсацияни камайтириб, тўғриланган кучланиш шаклининг эгрилигини иложи борица тўғри чизиққа яқинлаштириш учун текисловчи фильтрлардан (2.92-расм, *а* ва *б*) фойдаланилади.

III. Ишни бажариш тартиби

1. Уч фазали синусоидал кучланишнинг бирор фазасига 2.93-расмнинг 1 схемасидаги битта ярим даврли режимда ишлайдиган тўғрилагич уланади. Ўзгарувчан ва ўзгармас кучланиш вольтметрлари V_1 ва V_2 тегишлича тўғрилагичнинг кириш ва чиқиш қисмаларига уланади. Электрон осциллографни электр тармоғига улаб, унинг кириш клеммаларига тўғрилагичнинг чиқиш қисмалари уланади. Стендни манбага улаб, ўлчанган U_1 ва U_2 кучланишларнинг қийматлари 2 — 58-жадвалга ёзилади. Осциллограф унинг экранига кучланиш эгри чизиғи $U_2(t)$ жойлашадиган даражада созиланади. Эгри чизиқни шаффоф қоғозга кўчириб олиб, уни ҳисоботга киритиш керак.

2. Стендни электр манбаидан ажратиб, тўғрилагичнинг чиқиш қисмасига текисловчи фильтрнинг кириш қисмаси уланади. Фильтрнинг чиқиш қисмаларига вольтметр ва осциллограф уланади.



2.93- расм

Стендни тармоққа улагандан сўнг, U_1 ва U_2 кучланишларни ўлаб, олинган маълумотларни 2.58-жадвалга ёзилади. Осциллограф экрандаги эгри чизиқни шаффоф қоғозга кўчириб олилади.

3. 1 ва 2-пунктлар нагрузка режими учун қайтарилди. Нагрузка қаршилиги r_n амперметр орқали уланади.

2.58- ж а д в а л

Тўғрилагичнинг тип	Салт ишлаш режими						Нагрузка режими					
	Фильтрсиз			Фильтр билан			Фильтрсиз			Фильтр билан		
	U_1	U_2	$K = \frac{U_2}{U_1}$	U_1	U_2	$K = \frac{U_2}{U_1}$	U_1	U_2	$K = \frac{U_2}{U_1}$	U_1	U_2	$K = \frac{U_2}{U_1}$
В	В		В	В		В	В		В	В		
I												
II												
III												
IV												

4. 1, 2 ва 3-пунктларда кўрсатилган ишларни тўғрилагичнинг бир фазали кўприк (II) схемаси учун ҳам бажариш керак.

5. Стендни манбадан ажратиб, осциллографнинг ўзини ўчирмасдан унинг қисмаларини филтърнинг клеммаларидан узилади. Уч фазали ток тўрт симли тармоғининг *OABC* қисмаларига уч фазали тўғрилагичнинг (2.93-расм, III схема) бир номли клеммалари уланади. Вольтметр V_1 ни уч фазали тармоқнинг *O—A* қисмаларига, вольтметр V_2 ни эса тўғрилагичнинг „+“ ва „—“ клеммаларига уланади. Вольтметр V_2 га параллел қилиб осциллографнинг қисмалари уланади. Стендни манбага улаб, ўлчашдан олинган маълумотларни 2.58-жадвалга ёзилади. Осциллографни созлаб олинган эгри чизиқлар шаффоф қоғозга кўчириб олинади.

6. Филтърни улаб, 2-пунктда айtilган тартибни сақлаган ҳолда, 5-пунктда кўрсатилган ишлар такрорланади.

7. Осциллографияи ўчирмасдан, стендни манбадан ажратиб схема бузилади. Кўприк схемали уч фазали тўғрилагич уч фазали тармоқнинг *A, B, C* қисмаларига 2.92-расмнинг IV схемасида кўрсатилгандек уланади. Тўғрилагичнинг „+“ ва „—“ клеммаларига осциллографнинг кириш қисмалари уланади. Стендни манбага улаб, ўлчашдан олинган маълумотларни 2.58-жадвалга ёзилади. Осциллограф экранида ҳосил бўлган эгри чизиқлар шаффоф қоғозга кўчириб олиниб, ҳисоботга киритилади.

8. Схемага филтърни 2-пунктда айtilган тартибда улаб, 7-пунктда кўрсатилган ишлар такрорланади.

9. 7 ва 8-пунктларда кўрсатилган ишлар тўғрилагичнинг нагрузка режими учун такрорланади.

10. Тўғрилагичнинг салт ишлаш ва нагрузка режимларидан олинган маълумотлар бўйича нагрузка қаршилиги r_n ни ва вентиллардан биронтасининг ички қаршилиги r_n аниқланади.

Бунда

$$r_n = \frac{U_{2n}}{I_n}; \quad r_n = \frac{U_{20} - U_{2n}}{I_n}.$$

11. Иш бўйича хулоса берилади.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Ўзгарувчан токни тўғрилаш процесси нимадан иборат?
2. Синусоидал ўзгарувчан кучланишнинг ўртача ёки тўғриланган қиймати нимага тенг?
3. Кўп фазали тўғрилагичларнинг бир фазали тўғрилагичлардан афзаллиги нимадан иборат?
4. Текисловчи филтърларнинг вазифаси нимадан иборат?
5. Ўзгармас токнинг манбаи тарзида унинг махсус манбаларидан (электромашинани, химиявий ва б.) ёки ўзгарувчан токни тўғрилаб фойдаланишнинг қайси бири иқтисодий жиҳатдан маъқул ҳисобланади?
6. Тўғриланган токдан қайси соҳаларда фойдаланилади?
7. Ўзгарувчан токни тўғрилаш учун қандай асбоблардан фойдаланилади?

27- лаборатория иши

ЯРИМ ЎТКАЗГИЧЛИ ЎЗГАРМАС КУЧЛАНИШ СТАБИЛИЗАТОРЛАРИ

I. Ишни бажаришдан мақсад

Ярим ўтказгичли ўзгармас кучланиш стабилизаторларининг ишлаш принципи ва характеристикалари билан танишиш.

II. Ишга оид назарий тушунчалар

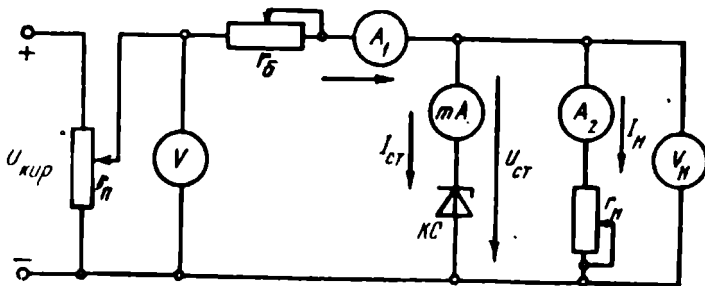
Берилган кучланишнинг қийматини маълум чегарада ўзгартирувчи (ностабилловчи) факторлар таъсир этганда нарузкадаги кучланишнинг (ёки токнинг) қийматини амалда ўзгаришсиз сақлаб тура оладиган қурилма кучланиш (ёки ток) стабилизатори дейилади (2.94- расм). Ностабилловчи факторларга нарузка характери ва токнинг ўзгариши, шунингдек, манба кучланишининг ўзгариши киради.

Кучланишни ёки токни стабиллашнинг параметрик ва компенсацион усуллари фарқ қилинади.

Параметрик стабилизаторларда стабиллаш хусусияти ночизиқли элементнинг (н. э.) характеристикалари билан аниқланади. Ночизиқли элементларда кучланиш билан ток орасидаги боғланиш ночизиқлидир. Ночизиқли элемент тарзида стабилитронлар, термисторлар, бареттерлар, транзисторлар, ночизиқли индуктивлик ва ҳоказолардан фойдаланилади.

Компенсацион стабилизаторларда чиқиш томондаги кучланишнинг берилган эталон кучланишга нисбатан ўзгариши ўлчанади ва шу миқдордаги сигналнинг ростловчи элементга таъсири таққосланади. Бунда ростловчи элементнинг қаршилиги стабилизаторнинг чиқиш томонидаги кучланишнинг белгиланган эталон миқдордан оғишини (ўзгаришини) компенсациялайдиган даражада ўзгаради.

Стабилизаторлар турли автоматик ва бошқариш системалари қурилмаларининг электр манбаи тарзида кенг қўлланади. Масалан, ҳисоблаш машиналарининг, шунингдек, телевизорлар ва



2.95- расм.

бошқа радиоэлектрон аппаратларининг электр манбаи тарзида ишлатилади.

2.95-расмда параметрик стабилитроннинг (ПС) принципиал схемаси кўрсатилган бўлиб, унга ноқизиқли элемент (н. э.) тарзида кремнийли стабилитрондан фойдаланилган.

Стабилизатор кетма-кет уланган балласт қаршилик r_b , кремнийли стабилитрон КС ва унга параллел уланган нагрузка r_n дан иборат. Бундай параметрик стабилизатор, ҳар қандай но-стабилловчи факторлар таъсир эганда, айниқса, кириш томондаги кучланиш $U_{кир}$ ўзгарганда ҳам нагрузкаидаги ўзгармас кучланишнинг стабиллигини таъминлайди.

Схеманинг ишлаш принципи

Схемадаги ток ва кучланишлар Кирхгоф қонунларига биноан аниқланади:

$$I_{кир} = I_{ст} + I_n; U_{кир} = U_{ст} + I_{кир} \cdot r_b.$$

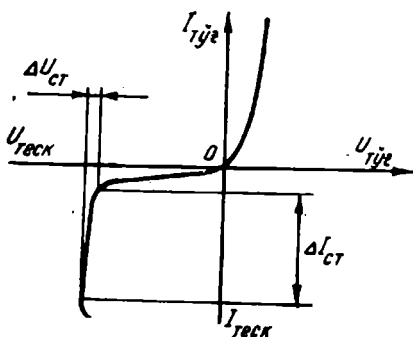
Стабилизаторнинг кириш томонидаги кучланиш $U_{кир}$ ортганда, унинг чиқиш томонидаги кучланиш $U_{чик}$ ҳам ортишга интилади. Стабилитронда кучланишнинг озгина ортиши, унинг вольт-ампер характеристикасига биноан (2.96-расм) токнинг кескин ортишига сабаб бўлади. Стабилитрондан ўтаётган $I_{ст}$ токнинг ортиши билан балласт қаршиликдаги кучланишнинг тушуви ҳам ортади, чунки $I_{ст}$ токи $I_{кир}$ токнинг ташкил этувчисидир. Стабилизаторнинг нагрузкеси r_n даги кучланиш шундай $\Delta U_{ст}$ қийматига ўзгарадик, стабилитроннинг қаршилиги қанчалик кичик бўлса, бу қиймат ҳам шунчалик кичик бўлади.

Шундай қилиб, стабилитроннинг кириш томонидаги ($U_{кир}$) кучланишнинг ортиши балласт қаршилик билан стабилитрондаги ΔU_{r_b} ва $\Delta U_{ст}$ кучланишларнинг ўзгаришлари орасида тақсимланади, яъни:

$$\Delta U_{кир} = \Delta U_{r_b} + \Delta U_{ст}.$$

Кремний стабилитронли параметрик стабилизаторларда балласт қаршилиги стабилитрон характеристиканинг динамик қаршилигидан кўп марта катта ($r_b \gg r_d$) бўлганда стабил (барқарор) ўзгармас кучланишни таъминлаши мумкин. $\Delta U_{ст} \rightarrow 0$ да $\Delta U_{кир} \approx \Delta U_{r_b}$

$$\left(\text{бу ерда } r_d = \frac{\Delta U_{ст}}{\Delta I_{ст}} \right).$$



2.96- расм.

Стабилизаторнинг кириш томонидаги кучланиш камайганда унинг ишлаши юқоридагига тесқари бўлади. Шундай қилиб, стабиллаш процесси стабилизаторнинг кириш томонидаги кучланишнинг анчагина $\pm \Delta U_{кир}$ миқдорига ўзгарганда, унинг чиқиш

2.97- расм.

томонидаги кучланишнинг жуда озгина $\pm \Delta U_{ст}$ миқдорга ўзгариши таъминлайди.

Оддий компенсацион кучланиш стабилизаторининг схемаси 2.97-расмда кўрсатилган.

Схемадаги транзистор — T ростловчи элемент ҳисобланади. Унинг базасига кучланиш, стабилитрон $Ст$ ва резистор r ёрдамида берилади. r_n нагрукдаги кучланиш стабилитронга берилган кучланишдан транзистор T нинг эмиттер — база ўтишидаги кучланишнинг пасаяви миқдорича (тахминан 0,5 В) кичик бўлиб, базасидаги ток эса

$$I_б = I_n \cdot (\beta + 1),$$

бу ерда: β — транзисторнинг кучайтириш коэффициенти; I_n — нагрукка токи.

Мазкур стабилизаторда кириш кучланиши $U_{кир}$ нинг ўзгариши транзисторнинг „коллектор — эмиттер“ ўтишидаги кучланишнинг ўзгариши $U_{к.э.}$ билан компенсацияланади.

Стабилизаторнинг кириш томонидаги кучланиш органда резистор r даги кучланиш ҳам ортиб, транзистор базасининг потенциали эса коллекторга нисбатан камаяди. Бунинг натижасида транзистор базасининг токи камайиб, унинг „коллектор — эмиттер“ ўтишидаги ўзгармас ток бўйича қаршилиги ортиб, стабилизаторнинг чиқиш томонидаги кучланишнинг ортишини компенсациялайди.

Стабилизаторнинг ишлаш сифати унинг стабиллаш коэффициенти билан аниқланади:

$$K_v = \frac{\Delta U_{кир}}{U_{кир}} : \frac{\Delta U_{ст}}{U_{ст}},$$

бу ерда: $U_{кир}$ ва $\Delta U_{кир}$ — стабилизаторнинг кириш томонидаги номинал кучланиши ва унинг ўзгариши; $U_{ст}$ ва $\Delta U_{ст}$ — стабилизаторнинг чиқиш томонидаги номинал кучланиши ва унинг ўзгариши.

Кучланиш стабилизаторининг сифати чиқиш томондаги кучланишнинг нисбий ностабиллиги — δ миқдори билан ҳам аниқла- ниши мумкин:

$$\delta\% = \left(\frac{\Delta U_{ст}}{U_{ст}} \right) \cdot 100.$$

Стабиллаш коэффициенти $K_{ст}$ қанчалик катта бўлиб, нисбий ностабиллик — $\delta\%$ қанча кичик бўлса, кучланиш стабилизатори- нинг сифати шунчалик юқори бўлади.

Стабилизаторнинг чиқиш томонидаги кучланишнинг номинал қийматидан ўзгаришига асосий сабаб, унинг кириш томонидаги кучланишнинг ёки нагрузка токи миқдорининг ўзгариши ҳисоб- ланади. Шу туфайли кучланиш стабилизатори учун боғлианиш $U_{ст} = f(U_{кир}; I_n)$ асосий ҳисобланади.

III. Ишни бажариш тартиби

1. 2.95- расмдаги параметрик стабилизаторнинг электр схема- си йиғилади. Потенциометрнинг r_n қаршилигини ўзгартириб, ста- билизаторнинг „кириш-чиқиш“ статикавий характеристикаси $U_{ст} = f(U_{кир})$ ни олинади. Ўлчашдан олинган маълумотларни 2.59- жадвалга ёзиб, улар бўйича стабилизаторнинг статик характе- ристикасини қурилади.

2.59- жадвал

$U_{кир}$								
$U_{ст}$								
I_n								

2. 2.96- расмдаги компенсацион стабилизаторнинг электр схе- маси йиғилади. Потенциометрнинг r_n қаршилигини ўзгартириб, стабилизаторнинг „кириш-чиқиш“ статик характеристикаси $U_{ст} = f(U_{кир})$ ни олинади. Ўлчашдан олинган маълумотларни 2.60- жадвалга ёзиб, улар бўйича стабилизаторнинг статика характе- ристикасини қурилинг.

2.60- жадвал

$U_{кир}$								
$U_{ст}$								
I_n								

3. $U_{кир}$ кириш кучланишнинг ўзгармас қийматида (ўқитувчи томондан берилади) r_n нагрузка қаршилигини ўзгартириб, пара- метрик ва компенсацион стабилизаторларнинг нагрузка характе- ристикаси $U_{ст} = f(I_n)$ ни олинади. Ўлчашдан олинган маълумот-

ларни тегишлича 2.61 ва 2.62-жадвалларга ёзиб, улар бўйича ҳар қайси стабилизаторнинг нагрузка характеристикалари қурилади.

2. 61- ж а д в а л (параметрик)

$U_{кир} =$	В							
$U_{ст}$								
I_n								

2. 62- ж а д в а л (компенсацион)

$U_{кир} =$	В							
$U_{ст}$								
I_n								

4. Олинган характеристикалардан стабилизаторларнинг статик параметрларини (K_u , $\delta\%$) аниқлаб, уларни таққосланади.

5. Текширилаётган стабилитронларнинг кучланишни стабиллаш сифати ҳақида хулоса берилади.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Стабилизаторларнинг вазифаси ва қўлланиш соҳалари қандай?
2. Параметрик стабилизатор деб нимага айтилади?
3. Компенсацион стабилизатор деб нимага айтилади?
4. Статик режимда стабилизаторларнинг сифати нима билан характерланади?
5. Параметрик стабилизаторларда балласт қаршилигининг вазифаси нимадан иборат?
6. Компенсацион стабилизаторларда ростловчи элементнинг вазифаси нимадан иборат?

техника ва электроника асослари бўйича лаборатория ишларига оид адабиётлар

редакции Пантюшина «Общая электротехника» В. Ш. 1976	А. С. Касаткин, М. В. Немцов «Электротехника», «Энергоатомиздат», 1983	Ю. М. Борисов, Д. Н. Липатов «Общая электротехника», М., В. Ш. 1974	А. С. Каримов, М. М. Мирхайдаров, Назарий «Электротехника», Т., «Уқитувчи», 1979	В. н М
2	3	4	5	
39, 47—48- бетлар	8—26- бетлар	5—12; 14—16-бетлар	7—29- бетлар	
65	•	—	—	
116	46—84	101—123	31—48	•
116	46—87	101—113; 128—132	34—48	•
97	94—97	123—127	70—80; 84—86	•
	97—99	132—137	80—90	•
—160	107—112; 119—123	154—162; 169—177	106—117; 120—124	•
—161	112—114; 120—123	154—169	117—120	•
—332; 351—355	114—115; 116—119	—	123—128	•
—335	277—284	—	—	
—41	40—46	45—51; 202—220	269—280	•
—258	183—190	—	315—320	
—286	166—182	288—311	—	
—292	182—188	315—330	—	
—381; 394—398	297—303; 315—319	426—430; 439—447		

1	2	3
16	397—404 •	320 - 328 •
17	404—407 •	328—331 •
18	410—418; 430—431; • 443—452 •	334 - 347; 355—370•
19	411—426; 445—446; 450—452	334 - 347; 355—371•
20	480—487 •	376—389 •
21	467—480 •	391—395 •
22	163—165 •	92—94; 97—98 •
23	—	298—305 •
24	—	208—217 •
25	—	223—231; 247—248 •
26	—	218—222 •
27	—	211—212; 250 •

2.63- жадвал (давоми)

4	5	6
<p>458—465 •</p> <p>453—465 ▪</p> <p>340—374 •</p> <p>340—353; 359—380 •</p> <p>400—413 •</p> <p>414—423 •</p> <p>132—137 •</p> <p>—</p>	<p>—</p>	<p>53—62-бетлар</p> <p>72—78</p> <p>86—88 ▪</p> <p>101—126 ▪</p> <p>176—189; 194—197</p> <p>190—194•</p>

Баъзи физик-техник катталикларнинг халқаро бирликлар системаси (СИ) даги умумий ўлчов бирликларининг жадвали

Катталикларнинг номи	Катталикларнинг белгиланиши	Халқаро (СИ) ўлчов бирликлари системасида асосий белгилар	
		номи	белгиланиши
Узунлик	l	метр	м
Юз	S	кв. метр	м ²
Ҳажм	V	куб. метр	м ³
Масса	m	килограмм	кг
Вақт	t	секунди	с
Тезлик	v	секундига метр	м/с
Тезланиш	a	секунда, секундига метр квадрат	м ² /с
Куч	F	Ньютон	Н
Иш	W	Жоуль (ватт секунд-да)	Ж
Иссиқлик миқдори	Q	Жоуль	Ж
Температура	θ	Кельвин	К
Бурчак тезлиги, бурчак частотаси	ω	секундига радиан	рад/с
Ясси бурчак	$\alpha = \omega t$	радиан	рад
Куч momenti	M	Ньютон метр	Н·м
Актив қувват	P	ватт	Вт
Реактив қувват	Q	вольт-ампер реактив	ВАр
Тўла қувват	S	вольт-ампер	ВА
Кучланиш, электр юритувчи куч	U, E	вольт	В
Ток кучи	I	ампер	А
Ток кучининг зичлиги	δ	ампер тақсим квадрат	
Заряднинг электр миқдори	Q	метр кулон	А/м ² Кл
Электр майдон кучланиши	e	метрга вольт	В/м
Сигим	C	фарада	Ф
Абсолют диэлектрик синдирувчанлик	ϵ_a	фарада тақсим метр	Ф/м
Электр қаршилик	r	Ом	Ом
Солиштирма электр қаршилик	ρ	Ом тақсим метр	Ом/м

1- илованинг давоми

1	2	3	4
Электр ўтказувчанлик	g	Сименс	$C_m \left(\frac{1}{\Omega m} \right)$
Солиштира электр ўтказувчанлик	ν	Сименс тақсим метр	$C_m m$
Магнит оқими	Φ	Вебер	$Вб$
Магнит индукцияси	B	тесла (квадрат метрга вебер)	T
Магнит майдон куч-лан аълиги	H	ампер тақсим метр	A/m
Индуктивлик	L	генри	$Гн$
Реактив (индуктив, сифим) қаршиликлари	x	Ωm	Ωm
Тула қаршилик	Z	Ωm	Ωm
Электр токининг частотаси	f	Герц	$Гц$
Электр токининг даври	T	секунда	c
Жуфт қутблар сони	p	ўлчамсиз	
Чулғам ўрамлари сони	w	ўлчамсиз	

2- илова

Баъзи изоляцион материалларнинг асосий электр характеристикалари

Материалнинг номи	Вакуумга нисбатан диэлектрик сингдирувчанлиги ϵ	Электр мустаҳкамлиги	
		ϵ_p $10^6 В/м$	мм қалинликда ўлчанган
Ҳаво	1,0	3,0	—
Дистилланган сув			
Трансформатор мойи	2,2	8,0—16,0	2,5
Парафин шимдирилган қоғоз	3,4—3,6	20,0—30,0	0,15—0,2
Чинши	5,3	10,0—15,0	1,0 ÷ 15,0
Шиша	5,5—9,0	10,0—40,0	—
Слюда	5,0—7,5	80—200	0,05
Миканит	5,2	15,0—20,0	3,0
Резина	2,7	16,0—25,0	1,0—2,5
Полистирол	2,3—2,75	100—110	—
Гетинакс	4,5	8,0—12,0	10,0
Электроизоляцияцион картон	4,0—6,0	9,0—14,0	1,0

Ўтказгичларнинг асосий характеристикалари

Материалнинг номи	Зичлиги, кг/м ³	Солиштирма қар-шилиги, $\frac{\text{Ом}\cdot\text{мм}^2}{\text{м}}$	Солиштирма ўт-казувчанлиги, $\frac{\text{м}}{\text{Ом}\cdot\text{мм}}$	0 дан 100 °С га а иссиқлиқ сиғими, Ж(кг.°С)	Қаршilikning 0 дан 100°С гача температура ко-эффициенти, °С ⁻¹	Эриш температура-си, °С
Мис сим	8900	0,0176	57	0,352	0,004	1084
Алюминий	2700	0,0278	35	0,92	0,004	657
Жез	8500	0,04	25	0,384	0,002	900
Вольфрам	19100	0,0612	16,34	0,146	0,0047	3300
Пўлаг сим	7900	0,13	7,6	0,46	0,00625	1400
Қалай	7300	0,143	7	0,234	0,0044	232
Қўргошиш	11400	0,221	4,52	0,129	0,0041	327
Нихром	8200	0,98	1,02	—	0,00015	1360
Константан	8800	0,4—0,51	2,5—1,98	—	0,000005	1200
Фехралі	7600	1,4	0,7	—	0,00028	1470
Манганин	8100	0,42	2,38	—	0,000006	960

Уч фазали занжирнинг актив қаршиликлари (Ом)

Фазалар	Вариант-лар	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0	20	50		40	60	30	10	25	35	40
B		25	20	10		25	15	35	20	30	
C			25	30	30		40		20	40	25
A	1	25		30	50	60	35	20	25	40	20
B		20	30		40	35	20		30	50	10
C		16	25	35		25	15	50	15	25	
A	2		45	10		60	30	10	10	40	20
B		50	20	45	10	20			36	50	30
C		30	20	30	40	30	20	25		20	
A	3	60	30	40	15	35	55	45	55	25	15
B			35			40	25	20		40	
C		35	20	15	30		40	10	30	50	40
A	4	65	10	35	45	15	20	50	35	15	45
B			30	20	10		40		20		30
C		15		10	20	40	10	20	50	30	
A	5		30	55	25	15	50	40	10	40	60
B		20		40		10		15	30	10	25
C		45	18	15	10	25	30		20	25	
A	6	10	15		10	40	25	20	40	60	50
B			20	30	40	10	40	35		20	30
C		30	35	50	25	30	30	20	30	35	
A	7	20	35	40	45	50	15	10	55	45	50
B		28		60	40		40	25	30	20	
C		10	20	30	25	10		15	10	25	20
A	8	30	55	15	45	25	35	45	40	10	15
B		40		25	20	40	50	20	20	40	30
C		20	15	50	10		15	30		20	
A	9	35	40	20	15	30	50	15	45		40
B			10	40	40	20		35	30	10	
C		10	20		25	10				30	30

Уч фазали занжирнинг индуктивликлари (мГн)

Фаза-лар	Вари-антлар	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0		32	48		64	159	143		80	96
B		115		25,6	127	16		80	38,4	127	63,6
C		76,4	86,4	115		144	95,5	106		48	38,4
A	1	80	64		175	32	96		127	175	64
B			89	64	115		51	64	76,4		48
C		95,5	48		80	38	163		48	64	112
A	2	96		175	143	32		80	112	159	
B		76,4	140		76,4	127		25,6	80	64	
C		57,3	107	86,4	163	57,3	115	106	28,7	106	140
A	3	159	191	64		96	64		80	127	80
B		51	102	140	38,4		102	89	38,4	76,4	
C		127	66,9		86,4	28,7		106,5	115		154
A	4		127	112	48	159	127		112	96	32
B		38,4	89		115	127	38,4	51		25,6	89
C			57	76,4		38,2	57	76,4		64	127
A	5	96	32	175		48	64	80	64	112	
B		127	76,4		89	102		64	153	127	
C		144		76,4	127		96	38	80	66,9	51
A	6	112		48	143	127	127	143	112		80
B		38,4		153	51		80	76,4		102	140
C			76,4	48		66,9		38,2	76,4	86,4	80
A	7	143	159	80	48	191	48		96	64	143
B		89	76,4	63,6	127	112	140		51	115	
C		66,9		28,7	86,4		96	66,9	63,6		115
A	8		48	127		63,6	63,6	143		127	96
B		63,6	140		102	115	153		127		153
C		76,4	57,3	64	80		48	99,5		89	127

Фаза-лар	Вари-антлар	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	9		64	159	48	64	80		112	127	
B		127		38,4	127	153		64	80	106	127
C		48	86,4	96		80	127	112	57,3	48	

Уч фазали занжирнинг сизимлари (мкФ)

Фаза-лар	Вари-антлар	1	2	3	4	6	6	7	8	9	10
A	0	106		127	212	64	106		157	91	71
B		199	114		66,4	114	80	72,4		159	
C		133		76	96,5		177	96,5	88,5		106
A	1	64	91	58		159		127	159	127	80
B		159	133		133	72,4	88,5		80		159
C		82	71		106	133	64	212	96,5	88,5	
A	2	71	159	91	106	127	318		212	318	106
B			80	199	66,4	99,5	133		100	133	
C			177	88,5	152	82	88,5	118		82	
A	3	318	64	127	318	64		159	80	71	159
B			159	88,5	88,5		66,4	88,5	159		133
C			118	106		82	106	133		106	118
A	4	127		80	318	80	127	106	64	80	
B			159	114	80		133	64	114	199	99,5
C			152		318	133	127		80		106
A	5	159	127		106	159	318		91		91
B				72,4	133	99,5	199			133	114
C			133		118		212	152	96,5	133	

Фаза-лар	Вари-антлар	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	6	127	64	318	106		318	71	80	91	
B			133	159	159	212			159	133	127
C		76		127		71	159	133	96,5		76
A	7	91	159		71	159	106		127	80	318
B			80	114		398	72,4	159		133	72,4
C			133	177	88,5	76		76	96,5		152
A	8	80	91		159		91	106	71		159
B			159	88,5		159	133		114	89	
C		177		152		212		88,5	82	152	106
A	9	71	318		127	318	106	127	106	318	
B			188	58	80	114	159	80		100	133
C		106		127	177	152			159	80	88,5

1-боб.

1-1. $I = 5$ А; $U_1 = 25$ В; $U_2 = 50$ В; $U_3 = 75$ В. 1-2. $I_1 = I_6 = 5$ А; $I_2 = I_3 = 2,5$ А; $I_4 = I_5 = 1,25$ А. 1-3. $I = 10$ А. $U = 200$ В. 1-4. $I = 15$ А; $\omega = 16,5$ квт-соат. 1-5. $U_1 = 224,4$ В. 1-6. $r_3 = 2,5$ Ом. 1-7. $I_1 = 3,5$ А; $I_2 = 1$ А; $I_3 = 2,5$ А; $P = 390$ Вт. 1-8. $I_1 = 4,5$ А; $I_2 = 3$ А; $I_3 = 1,5$ А. $P = 630$ Вт. 1-9. $U_{ав} = 30$ В; 2. $U_{ав} = 10$ В; 3. $r_4 = 150$ Ом. 1-10. $U_1 = 80$ В; $U_2 = 20$ В. 1-11. $r_3 = 40$ Ом. 1-12. 100 В; 40 В; 60 В; 200 В; 1-13. $U_1 = 70$ В; $r_1 = 30$ Ом; $F = 220$ Вт. 1-14. $U = 55$ В; $I = 11$ А; $I_1 = I_2 = 5,5$ А. 1-15. 8 ; 18 ; 32 ; $0,18$ А; $0,3$ А; $0,26$ А. 1-18. 284 м. 1-19. 2518 м; $0,75$ А. 1-20. 4 А; 2 А; 30 Ом; 60 Ом; 1-21. $I_1 = I_3 = 10$ А; $I_2 = I_4 = I_5 = I_6 = 2,5$ А; $U = 100$ В; $P = 1000$ Вт. 1-22. $U = 120$ В; $E = 124$ В; $P = 2000$ Вт. 1-27. $I_1 = I_2 = 1$ А; $I_3 = I_6 = 2$ А; $I_4 = 3$ А; $I_5 = 4$ А. 1-28. $I_1 = 1,7$ А. 1-29. $I_1 = 1$ А; $I_2 = 4$ А; $I_3 = 5$ А; $I_4 = 2$ А; $I_5 = 10$ А; $I_6 = 3$ А. 1-30. r_3 қаршиинкли шоҳобчани сунъий ажратганимизда $U_{ав} = U_{бв} = 50$ В бўлиб, r_3 нинг ҳар қандай қийматида $U_{26} = 0$ бўлади. 1-31. $I_1 = 3,5$ А; $I_2 = 9$ А. $I_{12} = 7,5$ А; $I_{13} = 6$ А; $I_{32} = 1,5$ А; $P = 1620$ Вт. 1-32. $I_1 = 2,2$ А; $I_2 = 0,6$ А; $I_3 = 1,6$ А.

2-боб

2.1. $C = 44,3$ пФ; $E = 0,5$ кВ/см. 2.2. $E = 66,6$ кВ/см. чунки, ҳаво оралиғи учун $U = 32$ кВ/см. 2.3. $U = 7,25$ кВ. 2.4. $4,5 \cdot 10^{-3}$ ж. 2.5. 600 В; 500 В. 2.6. $U_1 = 150$ В; $U_2 = 100$ В. $U_3 = 50$ В; $S_{эв} = 20$ мкФ. $\omega_3 = 0,9$ Ж. 2.7. $S_{эв} = 1$ мкФ. 2.8. $S_{эв} = 3,43$ пФ; $U_1 = 55$ В; $U_2 = 165$ В. 2.9. $\omega_1 = 2 \cdot 10^{-8}$ Ж, $\omega_2 = 4,67 \cdot 10^{-8}$ Ж; $\omega_3 = 6,6710^{-8}$ Ж, $E_1 = 13,75$ В/см; $E_2 = 41,25$ В/см. 2.10. $C = 38,2$ мкФ. 2.11. 250 В; 150 В; 100 В.

3-боб.

3.1. $H = 10^4$ А/м; $B = 12,56 \cdot 10^{-3}$ Т. $\Phi = 35,2 \cdot 10^{-6}$ Вб. 3.2. $H = 0,159$ А/м; $79,5$ А/м; $39,7$ А/м. 3.6. $F = 61,3$ Н. 3.7. I . $\omega = 1300$ А. 3.10. $F_1 = 0,2 \cdot 10^{-2}$ Н; $F_{к.т.} = 0,2$ Н.

4-боб.

4.1. $T = 0,0025$ сек; $\omega = 2512$ /сек. 4.2. $p = 24$; $i = 0,02$ сек. 4.3. $I = 2,73$ А; $Z = r = 80,6$ Ом; $\omega = 1,8$ квт. соат. 4.6. $L = 140$ мГ; $C = 72,3$ мкФ. 4.7. $r = 15,4$ Ом; $X_C = 15,4$ Ом; $Z = 22$ Ом; $P = 1540$ Вт; $Q = 1540$ ВАР. 4.8. $C = 207$ мкФ. 4.9. $r = 11$ Ом; $X_L = 19$ Ом; $P = 1,1$ кВт; $Q = 1,89$ кВАР; $S = 2,2$ кВА. 4.10. $1 = 3$ А; $U_1 = 45$ В; $U_C = 120$ В; $P = 135$ Вт; $Q = 30$ ВАР; $S = 3 \cdot 1$ ВА. 4.11. $r = 80$ Ом; $X = 60$ Ом; $Z = 100$ Ом; $L = 191$ мГ; $P = 185,5$ Вт. 4.12. $u = 250 \sin(\omega t + 90^\circ)$; $P = 1410 \sin \omega t \cos \omega t$; $U = 177$ В; $I = 4$ А; $Q_L = 709$ ВАР; $\omega_m = 2,24$ Ж. 4.13. $\cos \varphi = 0,6$; $P = 375$ Вт $Q = 500$ ВАР; $S = 625$ ВА. 4.14. Актив-индуктив $X_L = 21$ Ом; $r = 30$ Ом. $z = 36,7$ Ом. 4.15. $r = 40$ Ом; $L = 58$ мГ; $Q = 457,5$ ВАР. $S = 1100$ ВА $\cos \varphi = 0,91$. 4.16. $S = 15$ кВА; $Q = 9$ кВАР; $I = 39,6$ А. 4.20. $I = 0,34$ А; $W_M = 0,24$ Ж. 4.21. $r = 25$ Ом. $C = 87,5$ мкФ; $Q = 784$ ВАС; $S = 800$ ВА; $\cos \varphi = 0,45$. 4.23. $r = 296$ Ом; $P = 29,3$ Вт. 4.24. $I = 5$ А. 4.25. $I = 14,1$ А; $U_L = 310$ В; $U_C = 141$ В, $P = 1985$ Вт; $Q = 2357$ ВАР; $S = 3102$ ВА. 4.26. $U_1 = 220$ В; $U_3 = 0$.

4.27. $C = 63,7$ мкФ. 4.30. $f = 0$; $I = 0$; $f = 50$ Гц; $I = 0,353$ А; $f = 1000$ Гц, $I = 9$ А. 4.31. $I_L = 9,1$ А; $I_C = 22$ А; $I = 14,2$ А; $\cos\varphi_T = 0,414$; $\cos\varphi_C = 0,265$ (манфий). 4.32. $I = 50$ А; $\cos\varphi = 0,8$; $P = 8$ кВт; $Q = 6$ кВАр; $S = 10$ кВА. 4.33. $I_1 = I_2 = I_3 = 11$ А; $I = 11$ А; $\cos\varphi = 1$. 4.34. $I_1 = 60$ А; $I_2 = 20$ А; $I = 80$ А; $P = 14,4$ кВт; $Q = 19,2$ кВАр; $S = 24$ кВА. 4.37. $\cos\varphi = 0,7$.

5-606.

5.1. $r = 18,45$ Ом; $X_L = 13,85$ Ом; $z = 23,1$ Ом. 5.2. Нормал ишлаганда $I_A = 11$ А; $I_B = 6$ А; $I_C = 4$ А; $I = 5,5$ А. C фазаси узилганда $I_A = 11$ А; $I_B = 6$ А; $I_O = -9,5$ А. B ва C фазалари узилганда $I_A = I_O = 11$ А. 5.4. $I_A = 10$ А; $I_B = 15$ А; $I_C = 20$ А; $I_O = 9,5$ А. $r_A = 13,2$ Ом; $r_B = 8,8$ Ом; $r_C = 6,6$ Ом. $X_{LA} = 17,6$ Ом; $X_{LB} = 11,7$ Ом; $X_{LC} = 13,3$ Ом. $Z_A = 22$ Ом; $Z_B = 14,6$ Ом; $Z_C = 11$ Ом. $P = 5,94$ кВт; $Q = 7,92$ кВАр; $S = 9,9$ кВА. 5.5. $I_A = 17$ А; $I_B = 19$ А. $I_C = 22,2$ А; $P = 11$ кВт; $Q = 6,43$ кВАр; $S = 12,75$ кВА. 5.6. $I_A = 7,35$ А; $I_B = 8,9$ А; $I_C = 6,67$ А; $P = 2,75$ кВт; $Q = 4,17$ кВАр; $S = 5,0$ кВА. 5.7. $I_A = 43,3$ А; $I_B = 52$ А; $I_C = 21,65$ А. 5.8. $I_A = I_B = 11,5$ А; $U'_A = 253$ В; $U'_B = 127$ В; 5.9. $U'_A = 195$ В; $U'_{001} = 30$ В. 5.10. $I_0 = 10$ А. 5.11. 1. $I_a = I_B = I_C = I_\phi = 31$ А; 2. $I_a + I_b = 31$ А; 3. $I_a = -I_b = 54$ А. 5.12. 1. $I_\phi = 13$ А; $P_\lambda = 3387$ Вт; $Q_\lambda = 3387$ ВАр; $S_\lambda = 4839$ ВА. $I_\phi\Delta = 22$ А; $P_\Delta = 10164$ Вт. $Q_\Delta = 10164$ ВАр; $S_\Delta = 14520$ ВА. 5.13. $I_\phi = 5$ А; $I_n = 8,65$ А; $r_\phi = 24,4$ Ом; $X_{c\phi} = 72$ Ом. $Z_\phi = 76$ Ом; $C_\phi = 44,2$ мкФ. 5.14. $I_{AB} = I_{BC} = 7,8$ А; $I_{CA} = 11$ А; $I_A = 20$ А; $I_B = 5$ А; $I_C = 18,5$ А; $P = 4,82$ кВт; $Q = 0$; $S = 5,85$ кВА. 5.15. узилишга қадар. $I_{AB} = 5$ А; $I_{BC} = 8$ А. $I_{ca} = 12$ А; $I_A = 15,5$ А; $I_B = 12$ А; $I_C = 17,5$ А. узилгандан кейин. $I_{AB} = 5$ А; $I_{BC} = 8$ А; $I_C = 12$ А; $I_A = 15,5$ А; $I_B = 0$; $I_C = 12$ А. 5.16. 1. $I_a = I_b = 11$ А; $I_C = 0$. 2. $I_{AB} = 38$ А; $I_{BC} = I_{CA} = 19$ А; $I_a = I_b = 57$ А. 5.17. $U_{AB} = U_{BC} = 110$ В; $U_{CA} = -220$ В; $I_A = I_{CA} = 4,55$ А; $I_B = I_{BC} = 4,55$ А; $I_C = 3,8$ А; 5.18. $I_\phi = 7,58$ А; $I_\phi\Delta = 13,1$ А; $P_\Delta = 15$ кВт. 5.19. $Q_T = 45,24$ кВАр; $S_\Delta = 8,75$ кВА; $P_\Delta = 21$ кВт; $Q_\Delta = 15,7$ кВАр; $S_\Delta = 26,2$ кВА. 5.20. $S = 25$ кВА; $\cos\varphi = 0,88$.

6-606.

6.1. $C = 1; 0,75; 0,3; 0,2; 0,1$ А бул. 6.2. $U_1 = 230$ В; $U_2 = 150$ В; 6.3. $I_{A_1} = 7,55$ А; $I_{A_1} = 9,44$ А. 6.4. $\pm 1,25$ В; $\pm 2,5$ В; $\pm 3,75$ В; ± 5 В; $\pm 6,25$ В. 6.5. $r_n = 7,5 \cdot 10^{-3}$ Ом. 6.6. $r_{к.к.} = 11579$ Ом. 6.7. $r_{1к} = 367$ Ом қолган; $r_{2к} = 1600$ Ом; $r_a = 18000$ Ом; $r_{2к} = 20000$ Ом. 6.8. $P = 1000$ Вт. 6.9. $\Delta A = 0,2$; $v_n = 2,44$ %; $v_k = 2$ %. 6.10. 2,5. 6.11. 0,77%; $-2,3$ %. 6.12. 2,95%; 1,7%. 6.13. $U_1 = 33250$ В. 6.14. $C = 3$ А/бул. 6.15. $P = 20$ кВт. 6.16. $I_n = 288$ А; $U_n = 2700$ В; $P = 777,6$ кВт. 6.17. $I = 480$ А. 6.18. $C_n = 2812,5$ Вт. сек/айл. 6.19. $C_x = 1428,6 \frac{\text{Вт сек}}{\text{айл}}$; $\gamma = 0,084$. 6.20. $P = 600$ Вт. 6.21. $\omega = 1440$ кВт соат.

7-606.

7.1. $E_1 = 266,4$; $E_2 = 26,4$ В; $k = 10$. 7.2. $I_{n1} = 2,5$ А; $I_{n2} = 20$ А; $\omega_1 = 1600$; $\omega_2 = 200$; $z_1 = 320$ Ом. $z_2 = 5$ Ом. 7.3. $\omega_2 = 30$; $\omega_3 = 120$; $\omega_3 = 600$. 7.4. $P_1 = 10$ кВт. 7.6. Барча ҳолларда $380/220$ В бўлди. 7.7. $\Delta U_2^I = 22,85$ В; $\Delta U_2^{II} = 19$ В; $\Delta U_2^{III} = 14,3$ В; $\Delta U_2^{IV} = 9,5$ В; $\Delta U_2^V = 4,8$ В. $\eta_{1,2} = 0,963$; $\eta_{1,0} = 0,968$; $\eta_{0,75} = 0,972$; $\eta_{0,5} = 0,975$; $\eta_{0,25} = 0,97$. 7.8. 1. $\omega_2 = 360$; 2. $U_{12} = 100$ В; 3. $\omega_2^1 = 120$; $\omega_2^2 = 540$; $U'_{12} = 180$ В; $U''_{12} = 40$ В. 7.9. $\omega_2 = 440, 220, 144$ ва 48 . 7.10. $\omega_2 = 600$. 7.11. $I_1 = I_3 = 5$ А. 7.12. $I_1 = 120$ мА; $I_2 = 300$ мА; $I_3 = 180$ мА.

8- боб.

8.1. $n_2 = 960$ айл/мин. 8.2. 0; 1000 айл/мин; 1500 айл/мин; 2000 айл/мин. 8.3. $\eta = 0,845$; $\cos\varphi = 0,88$. 8.5. 29%; 21%; 15,5%. 8.8. 55 кВт. 8,9. $p = 3$; $n_{1H} = 1000$ айл/мин $s_H = 2,5\%$; $= 2,5$ Гц. 8.10. $\omega_2 = 308$ рад/сек; $\omega_2' = 295$ рад/сек. 8.11. 2 марта камаяди. 8.12. $P_{1H} = 41,1$ кВт; $M_H = 489$ Н.м.; $I_V = 130$ А; $I_{\Delta} = 75,3$ А 8.13. $\eta_{1H} = 1500$ айл/мин; $s_H = 1,33\%$; $M_H = 581$ Н.м. $M_{Ю} = 697,2$ Н.м. $M_M = 1336,3$ Н.м.; $I_{Ю} = 1956,5$ А; $I_{Ю} = 1134$ А. 8.14. $M_H = 144$ Н.м.; $M_{Ю} = 158,4$ Н.м. $M_M = 317$ Н.м.; $M_{Ю} = 163$ Н.м.; $M_{Ю} = 129$ Н.м. 8.15. $P = 4,7$ кВт; 15 сўм 90 тийин 8.16. $P_H = 144,3$ кВт; $\cos\varphi = 0,889$. 8.18. $I_{1H} = 3,25$ А; $I_{2H} = 5,05$ А; $Q_1 = Q_2 = 0,5$ кВАр; $S_1 = 0,7$ кВА; $S_2 = 1,1$ кВА.

9- боб.

9.1. $n = 200$ айл/мин. 9.2. 33. 27. 18. 15. 9.3. 240 марта. 9.4. $P = 48$ кВт. 9.5. $P = 50$ кВт.

10- боб.

10.1. $C_E = 2$ 10.2. $E = 75$ В. 10.3. 200 В, 300 В; 400 В; 10.6. $I_2 = 223$ А; $I_3 = 106$ А. 10.7. $I_K = 11$ А; $I_{Я} = 261$ А. 10.8. $U_T = 220$ В. 10.10. $I_K = 5,65$ А; $r_K = 40,7$ Ом; $I_{Я} = 322$ А; $r_{Я} = 0,027$ Ом; $E = 239$ В. 10.11. $P_2 = 120$ кВт; $r_K = 31$ Ом; $r_{Я} = 1,2$ Ом. 10.13. $E = 242,5$ В; $I_K = 3$ А; $I_{к.к.к.} = 165$ А. $\eta = 90,8\%$ 10.14. $U_T = 235$ В; $r_K = 94$ Ом. 10.16. $r_P = 48$ Ом. 10.17. $E_T = 108$ В; $n = 818$ айл/мин. 10.20. $M_H = 32$ Н м. $P_{1H} = 4,62$ кВт; $I_H = 42$ А; $E = 105,8$ В; $r_{юр} = 1,21$ Ом. 10.21. $n^I = 1298$ айл/мин; $n^{II} = 1201$ айл/мин, $n^{III} = 1104$ айл/мин.

М У Н Д А Р И Ж А

Сўз боши	3
Биринчи қисм	
Масалалар	
1- боб. Ўзгармас ток занжирлари	15
2- боб. Электр майдони ва конденсаторлар	18
3- боб. Электромагнетизм	20
4- боб. Бир фазали ўзгарувчан ток занжирлари	24
5- боб. Уч фазали ток занжирлари	39
6- боб. Электр ўлчашлар	53
7- боб. Трансформаторлар	56
8- боб. Асинхрон машиналар	60
9- боб. Синхрон машиналар	66
10- боб. Ўзгармас ток машиналари	71
11- боб. Электроника асослари	79
Иккинчи қисм	
Лаборатория ишлари	
1- лаборатория иши. Ўзгармас токнинг оддий электр занжирларини текшириш	87
2- лаборатория иши. Икки манбали занжирни суперпозиция (устлаш) усули билан ҳисоблашни амалда текшириш	91
3- лаборатория иши. Ўзгарувчан ток занжирида электр энергияси истеъмолчиларини кетма-кет улаш	94
4- лаборатория иши. Ўзгарувчан ток занжирида электр энергияси истеъмолчиларини параллел улаш	102
5- лаборатория иши. Кучланишлар резонанси	108
6- лаборатория иши. Токлар резонанси	113
7- лаборатория иши. Истеъмолчилар юлдуз схемада уланган уч фазали ток занжирини текшириш	117
8- лаборатория иши. Истеъмолчилар учбурчак схемада уланган уч фазали ток занжирини текшириш	121
9- лаборатория иши. Уч фазали ток занжирларидаги қувватни ўлчаш	125
10- лаборатория иши. Бир фазали индукцион сўғаткичи текшириш	131
11- лаборатория иши. Ночизиқли элементлари бўлган электр занжирларни текшириш	136
12- лаборатория иши. Феррорезонансли кучланиш стабилизатори	140
13- лаборатория иши. Бир фазали трансформаторни текшириш	143
14- лаборатория иши. Уч фазали трансформаторни текшириш	148
15- лаборатория иши. Параллел уйғотишли ўзгармас ток генераторини текшириш (шунтли генератор)	154
16- лаборатория иши. Параллел уйғотишли ўзгармас ток двигателини текшириш	159
17- лаборатория иши. Кетма-кет уйғотишли, ўзгармас ток двигателини текшириш	165

18- лаборатория иши. Уч фазали қисқа гуташтирилган роторли асинхрон двигателнинг иш режимини текшириш	171
19- лаборатория иши. Фаза роторли уч фазали асинхрон двигателнинг иш режимини текшириш	178
20- лаборатория иши. Уч фазали синхрон генераторнинг ишлаш режимини текшириш	183
21- лаборатория иши. Уч фазали синхрон двигателни текшириш	189
22- лаборатория иши. Конденсаторлар ёрдамида асинхрон двигателнинг қувват коэффициентини ошириш	193
23- лаборатория иши. Электрон асбоблар диод, триод, тетрод ва пентодларнинг характеристикаларини олиш ва параметрларини аниқлаш	197
24- лаборатория иши. Ярим ўтказгичли диод, стабилитрон ва тиристорларнинг статик характеристикаларини текшириш	206
25- лаборатория иши. Лампали ва ярим ўтказгичли кучайтиргичлар	213
26- лаборатория иши. Ўзгарувчан токни тўғрилаш занжирлари .	221
27- лаборатория иши. Ярим ўтказгичли ўзгармас кучланиш стабилизаторлари	226
<i>Илова</i>	234
Жавоблар	241

На узбекском языке

**Каримов Анвар Саидабдуллаевич,
Мирҳайдаров Мирсобитдин Мирҳусанович,
Блейхман Сергей Григорьевич,**

Попов Виктор Александрович

ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОНИКИ
(Сборник задач и лабораторных работ)

Учебное пособие для ВУЗов

Ташкент „Ўқитувчи“ 1989

Махсус муҳаррир *Ғ. Шоғқубов*
Наشريёт муҳаррири *А. Аҳмедов*
Бадний муҳаррир *Ф. Некқадамбоев*
Техн. муҳаррир *Н. Комиссарова, Д. Габдрахманова*
Корректор *Н. Абдуллаева*

ИБ № 4727

Теришга берилди 16.09.88. Босишга рухсат этилди 18.04.89.
Р-10582. Формати 60×90/16. Тип. қоғози № 2. Кегли 10 шпоп-
сиз. Литературная гарнитура. Юқори босма усулида босил-
ди. Шартли б. л. 15,5. Шартли кр.-отт. 15,69. Нашр. л. 13,5.
Тиражи 6000. Зак. № 6080. Баҳоси 65 т.

„Ўқитувчи“ нашриёти. Тошкент – 129. Навоий кучаси, 30.
Шартнома 11–178–88.

Область газеталарининг М. В. Морозов номидаги босмахо-
наси. Самарқанд, У. Турсунов кучаси, 82. 1989.

Областная типография имени М. В. Морозова. Самарқанд,
уя. У. Турсунова, 82.

Электротехника ва электроника асослар
(масалалар тўплами ва лаборатория ишлари
Олий ўқув юр. учун ўқув қўлланма. А. С. Каримов, М. М. Мирҳайдаров, С. Г. Блейхма
А. Попов. 2— нашри.—Т.: Ўқитувчи, 1989. 248

1. Каримов А. С. ва бошқ.
Основы электротехники и электроники (Сб. задач и лабораторных работ).

ББК 31. 21+32. 85я73

№ 158—1989
Навоий помли ўзССР
Давлат кутубхонаси
Тираж 600.
Коп. тиражи 4000