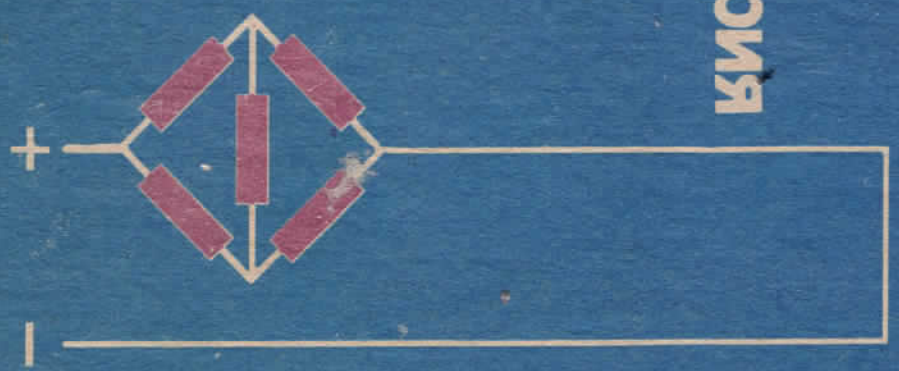


1990
621.3(075)
345

Электро- техника

Масалалар
тўғрами
ва лаборатория
ишлари

621.3
3-45



А. С. КАРИМОВ, М. М. МИРХАЙДАРОВ
С. Г. ВЛЫХМАН, В. А. ПОПОВ

428
624.3(075)
945

Электротехника ва электроника асослари

(масаладар тўплами ва лаборатория ишлари)

Қайта ишланган ва тўлдирилган иккинчи нашри

Ўзбекистон ССР халқ таълиқи министраси Олий тех-
ника ўқув-юртақарининг электротехникадан бошқа ихти-
сослик студентлари учун ўқув қўламаки сифатида тасвир
этилган

418288
ФБ ТашТИ
5138/2015

ТОШКЕНТ, ЎҚИТУВЧИ 1989

843
Книга должна быть
возвращена не позже
указанного здесь срока

Количество

в

БЫИИГУСТОТУТАУГЕ

Электротехника ва электроника асослари курси бўйича ёзилган масалалар ва лаборатория ишлари тўплами икки қисмдан иборат. Биринчи қисмда шу курснинг барча бўлимлари юзасидан турлича мураккабликтаги масалалар берилган. Улардан баъзиларини ечиш йўллари кўрсатилган. Иккинчи қисм лаборатория ишларининг баъзининг иборат бўлиб, студентларнинг бу ишларни бажаришга тайёрлишларини енгиллаштириш мақсадида ҳар қайси ишга доир назарий маълумотлар ҳам берилган.

Уқув қўлланма олий техника ўқув юртиларининг студентлари учун мўлжалланган.

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

Махсус муҳаррир доцент Ф. Шоекубов

К 2202010000 — 88 163—89
353(04) — 89
ISBN5—643—00493—X

© Ўқитувчи нашриёти, қайта нашрдан ва тўлдирилган, 1989

БОЛОВШИ

Ушбу „Электротехника ва электроника асосларига оид масалалар тўплами ва лаборатория ишлари“ ўқув қўлланмаси олий техника ўқув юртиларининг электротехникадан бошқа ихтисосликларини ўқув СССР халқ таълими давлат комитети тасдиқлаган электротехника ва электроника асослари курси программаларига асосан 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 (иловалар) берилган.

Электротехника курсининг назарий қисмини масалалар ечиш билан биргаликда ўраниш студентлар билим донраларининг кенейишига, ишлаб чиқаришнинг электротехникага оид масалаларига ҳал этиш учун зарур билимларни эгаллашларига ёрдам берилган.

Электротехника курсини мустақил ўрганувчи сиртки бўлим студентларига ёрдам бериш мақсадида курснинг барча бўлимларини бўйича ечимлари бағавсил 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 мураккабликтаги 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 ишларининг ўтказиш амалий аҳамиятга эга. Лаборатория ишларини бажариш студентларнинг маъкур курсни пухта ўзлаштиришлари ва уларнинг турли электр схемаларни йиғишга, электр ўлчов асбоблари ва аппаратларидан фойдаланишга, шунингдек, олдий 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 йиғилишида ҳал этилади.

Студентларнинг лаборатория машғулотларини ўтказишга тайёрлашни оsonлаштириш мақсадида ҳар бир лаборатория ишига онд назарий тушунча берилган.

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

Авторлар китобнинг қўлёзмасини диққат билан кўриб чиқиб, кимматли маслаҳат ва кўрсатмалар берган, проф. С. З. Усмоновга ва китобнинг биринчи нашри бўйича кимматли 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

1.0.0. ЎЗГАРМАС ТОҚ ЗАНЖИРЛАРИ

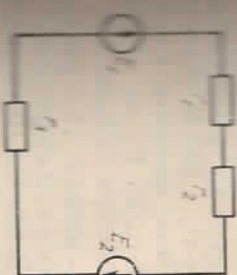
1.1. МАСАЛА. Каршиликлари $r_1=5$ Ом, $r_2=10$ Ом ва $r_3=15$ Ом бўлган электр занжири (1.1-расм) электр юритувчи кучлари $E_1=20$ В ва $E_2=100$ В бўлган манбага уланган. Занжирдаги токнинг қиймати ва каршиликлардаги кучланишларнинг пайайини аниқлансин.

1.2. МАСАЛА. Каршиликлари $r_1=12$ Ом, $r_2=3$ Ом, $r_3=15$ Ом, $E_1=24$ Ом, $r_0=4,5$ Ом дан иборат бўлган электр занжири (1.2-расм) кучланиши $U=120$ В бўлган манбага уланган. Ҳар бир қоринаникдан ўтаётган ток ва ундаги кучланишнинг тушуви аниқлансин. Қувватлар баланси текширилсин.

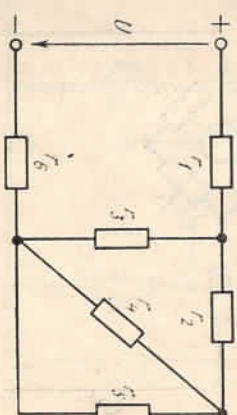
1.3. МАСАЛА. Икки каршилик $r_0=0,02$ Ом бўлган ўзгармас куч юритиш манбани каршилик $r=0,2$ Ом бўлган иستهъмоличга уланган. Агар манбанинг кучланиши унинг саат ишлаш режимида $U_0=220$ В бўлса, занжирдаги токнинг кучи ва иستهъмоличнинг қисмларидати кучланиш аниқлансин.

1.4. МАСАЛА. Кучланиши $U=220$ В бўлган ёритиш тармоғига қўрилган 100 Вт лн лампадан 8 та, 100 Вт лисидан эса 12 та ва 60 Вт лн лампадан 15 таси параллел уланган. Тармоқдан иستهъмоличнинг умумий ток ва 5 соат ёритиш давомида сарфланган энергия миқдори киловатт-соатларда аниқлансин.

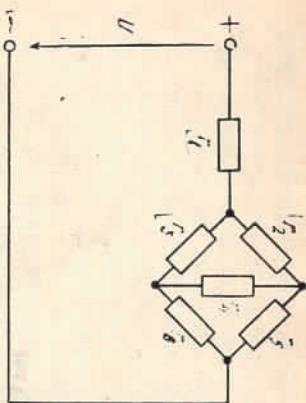
1.5. МАСАЛА. Икки симли линия охирига қуввати $P_2=22$ кВт бўлган электр дивигетери билан умумий қуввати $P_1=22$ кВт бўлган бир гуруҳи лампадардан иборат иستهъмоличлар параллел уланган. Бирта лани симлининг каршилик $r_a=0,02$ Ом бўлиб, иستهъмоличнинг қисмларидати кучланиш $U_2=220$ В бўлса, линия тармоқдаги кучланиш U_1 аниқлансин.



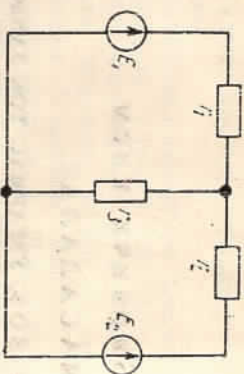
1.1-расм.



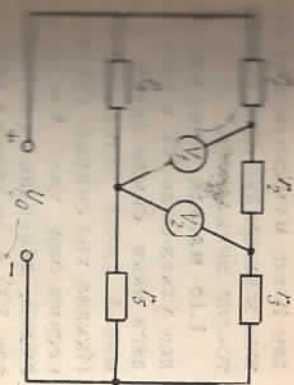
1.2-расм.



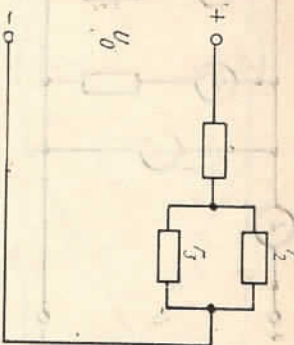
1.3-расм.



1.4-расм.



1.6-расм.



1.7-расм.

1.6-масада. Каршиликлари $r_1 = 0,25 \text{ Ом}$, $r_2 = 4,5 \text{ Ом}$, $r_3 = 1,5 \text{ Ом}$, $r_4 = 3,0 \text{ Ом}$, $r_5 = 1,5 \text{ Ом}$ ва $r_6 = 2,5 \text{ Ом}$ бўлган электр занжирнинг (1.3-расм) эквивалент каршилиги аниқлансин.

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

1.8-масада. 1.7-масада электр юритувчи куч манбаи E_2 тескари улангандаги ҳол учун ечилин.

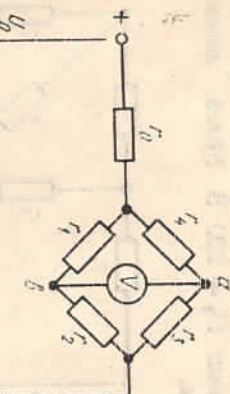
1.9-масада. Параметрлари $r_1 = 20 \text{ Ом}$, $r_2 = 60 \text{ Ом}$, $r_3 = 50 \text{ Ом}$ ва $r_4 = 30 \text{ Ом}$ бўлган кўприк схема $r_0 = 5 \text{ Ом}$ каршилик орқали кўчланиши $U_0 = 90 \text{ В}$ бўлган ўзарамас ток манбаига уланган (1.5-расм):

1) кўчланиши U_{ab} вольтметрнинг кўрсатиши бўйича неча вольт-га тенг? (вольтметрнинг ички каршилиги $r_v = \infty$);

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

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

1.10-масада. Каршиликла-



ри $r_1 : r_2 : r_3 = 2 : 5 : 3$ ва $r_4 : r_5 : r_6 = 3 : 2$ нисбатларда танланган занжир (1.6-расм) кўчланиши $U_0 = 200 \text{ В}$ бўлган ўзарамас ток манбаига уланган. Вольтметрлар V_1 ва V_2 нинг кўрсатишлари аниқлансин.

1.11-масада. 1.7-расмдаги электр занжир кўчланиши $U_0 = 100 \text{ В}$ бўлган манбага уланган. Агар каршиликлар $r_1 = 16 \text{ Ом}$ ва $r_2 = 60 \text{ Ом}$ бўлиб, каршилик r_1 нинг қувват ис-

ти $P_1 = 100 \text{ Вт}$ бўлса, каршилик r_3 нинг катталиги аниқлансин.

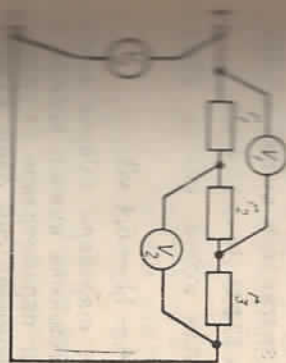
1.12-масада. 1.8-расмдаги электр занжир каршиликларининг кўрсатишлари $r_1 : r_2 : r_3 = 5 : 2 : 3$ бўлиб, вольтметрларнинг кўрсатишлари $U_1 = 140 \text{ В}$ ва $U_2 = 100 \text{ В}$ ни ташкил этади. Занжирга қўрилган кўчланиши U_0 ва занжирнинг элементлари бўйича кўрсатишларнинг тақсимланиши аниқлансин.

1.13-масада. Занжирга уланган V_0 ва V_2 вольтметрларнинг кўрсатишлари тегишлича 110 ва 50 В дан бўлиб, каршилик $r_1 = 20 \text{ Ом}$. Вольтметр V_1 нинг кўрсатиши, каршилик r_1 нинг катталиги ва занжирнинг истеъмол қуввати аниқлансин (1.9-расм).

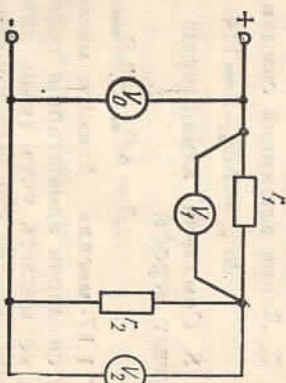
1.14-масада. Агар 1.10-расмдаги электр занжирнинг қувват истеъмолчи 600 Вт бўлиб, занжир резистив элементларининг каршиликлари $r_1 = r_2 = 10 \text{ Ом}$ бўлса, занжирга уланган вольтметр ва электр энергиянинг кўрсатишлари аниқлансин.

1.15-масада. Арча безатиш учун номинал кўчланиши 13,5; 10,0; 10,0 В бўлган лампочкалар мавжуд, уларнинг қуввати тегишлича 1,43; 1,89 ва 0,91 Вт ни ташкил этади.

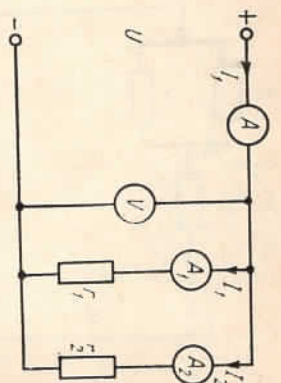
Кўчланиши 110 В бўлган электр тармоғига уланадиган арча лампочкаларининг яшаш учун шу лампочкаларнинг ҳар биридан нечта-



1.8-расм.



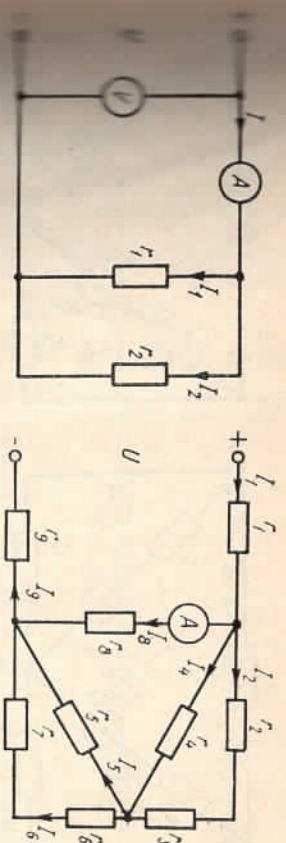
1.9-расм.



1.10- расм.

дан олиш мумкинлиги ва мур-
жон занжиридан оқиб ўтadи-
н токлар аниқлансин.

1.16- масала. Очик мис сим-
дан ўтказилган 500 м узунли-
даги икки симли линия алю-
миний симга алмаштирилди.
Иккала хил симнинг қўндалан-
кесими бир хил: $S = 16 \text{ мм}^2$
бўлиб, линиядан оқиб ўтаётган
ток 100 А ни ташкил этса, ис-
темолчининг қисмаларидан
кучланишни ўзгармас сақлаш



1.11- расм.

1.12- расм.

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

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

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

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 линия-
ги симларни алмаштириш туфайли қўшимча қувват исрофи ю-
зга келмаслиги учун (яъни линиянинг параметрлари ўзгармасли-
гича) қандай қўндаланг кесимли алюминий сим олиш мумкин?

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

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

1.18- масала. Қўндаланг кесим юзаси $S = 2,5 \text{ мм}^2$ бўлган
алюминий мис сим қалавасининг учларига 6 В кучланиш берил-
ганда ундан 3 А ток ўтди. Қалаванинг узунлиги аниқлансин

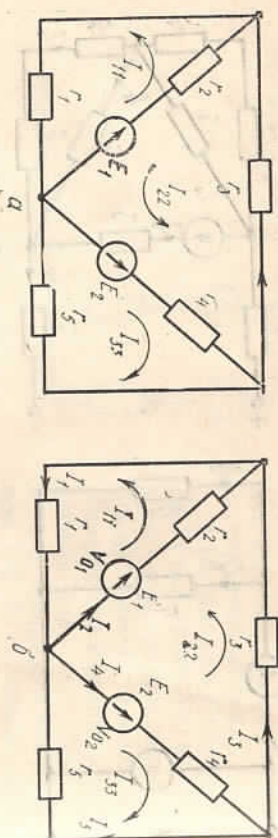
Ечиш.

1.19- масала. А-35 маркали алюминий симдан ўтказилган
линия узунлигидаги икки симли электр узатиш линиясининг қас-
рларидан қисқа туташш содир бўлди. Автоматик ажратгич АР
(автоматический разъединитель) нинг борлиги туфайли линия
дан кучдан ажратилди. Қисқа туташув жойини аниқлаш учун ли-
ниянинг бошида унинг қисмаларига юк машинасининг аккумуля-
торларидан Занжирга уланган вольтметр ва амперметр тегил-
ди. Вольтметр 12 В ва 3 А ни кўрсатди. Линия бошидан қандай узоклик-
да электр туташув содир бўлган? Агар қисқа туташув линиянинг
бошида содир бўлган бўлса, амперметрнинг кўрсатиши аниқлан-
ган бўр.

1.20- масала. 1.11- расмдаги ўлчов асбобларининг кўрсатиши
бузилганда 120 В ва 6 А бўлиб, параллел шохобчалардаги қар-
шиликларнинг бири иккинчисидан 2 марта катта бўлса, шохобча-
лардан токларнинг ва қаршиликларнинг катталиги аниқлансин.

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

1.22- масала. Электр энергияси манбанинг ички қаршилиги
 $r_0 = 0,4 \text{ Ом}$, ташқи қаршилиги $r_1 = 20 \text{ Ом}$ бўлиб, манбанинг ички
қувват исрофи 40 Вт ни ташкил этса, манба қисмаларидаги кучла-
дан қандай электр юритувчи кучи ва ташқи занжирга бера ола-
диган қуввати аниқлансин.



1.13-расм.

1.23-масала. 1.13-расм, а да берилган электр занжирининг 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, $E_3 = 2$ Ом, $E_4 = 3$ Ом, $E_5 = 5$ Ом, $E_6 = 8$ Ом, $E_7 = 5$ Ом, $E_8 = 7$ Ом, $E_9 = 10$ Ом.

Ечиш. Схемани мустақил контурларга ажратиб, 1.13-расм, а 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:

$$\begin{aligned} E_{11} &= E_1 = 20 \text{ В}; \quad E_{22} = E_2 = 24 - 20 = 4 \text{ В}; \quad E_{33} = E_3 = 24 \text{ В}; \\ r_{11} &= r_1 + r_{01} + r_2 = 5 + 2 + 8 = 15 \text{ Ом}; \\ r_{22} &= r_{01} + r_2 + r_3 + r_4 + r_{02} = 2 + 8 + 5 + 7 + 3 = 25 \text{ Ом}; \\ r_{33} &= r_{02} + r_4 + r_5 = 3 + 7 + 10 = 20 \text{ Ом}; \\ r_{12} &= r_{21} = -(r_{01} + r_2) = -(2 + 8) = -10 \text{ Ом}; \\ r_{23} &= r_{32} = r_{02} + r_4 = 3 + 7 = 10 \text{ Ом}. \end{aligned}$$

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 ечим учун аниқловчилар усулини қўлайимиз:

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

$$\begin{aligned} A_1 &= \begin{vmatrix} E_{11} & r_{12} & r_{13} \\ E_{12} & r_{22} & r_{23} \\ E_{13} & r_{32} & r_{33} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 20 & -10 & 0 \\ 4 & 25 & 10 \\ 24 & 10 & 20 \end{vmatrix} = 10000 - 2400 - 2000 + 800 = 6400 \\ A_2 &= \begin{vmatrix} r_{11} & E_{11} & r_{13} \\ r_{21} & E_{22} & r_{23} \\ r_{31} & E_{33} & r_{33} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 15 & 20 & 0 \\ -10 & 4 & 10 \\ 0 & 24 & 20 \end{vmatrix} = 1200 - 3600 + 4000 = 1600 \\ A_3 &= \begin{vmatrix} r_{11} & r_{12} & E_{11} \\ r_{21} & r_{22} & E_{22} \\ r_{31} & r_{32} & E_{33} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 15 & -10 & 20 \\ -10 & 25 & 4 \\ 0 & 10 & 24 \end{vmatrix} = 9000 - 2000 - 600 - 2400 = 4000. \end{aligned}$$

Контур тоқларини аниқлаймиз:

$$\begin{aligned} I_{11} &= \frac{A_1}{\Delta} = \frac{6400}{4000} = 1,6 \text{ А}; \\ I_{22} &= \frac{A_2}{\Delta} = \frac{1600}{4000} = 0,4 \text{ А}; \\ I_{33} &= \frac{A_3}{\Delta} = \frac{4000}{4000} = 1 \text{ А} \end{aligned}$$

Тармоқлардаги тоқларни аниқлаймиз:

$$\begin{aligned} I_1 &= I_{11} = 1,6 \text{ А}; & I_2 &= I_{11} - I_{22} = 1,6 - 0,4 = 1,2 \text{ А}; \\ I_3 &= I_{22} = 0,4 \text{ А}; & I_4 &= I_{33} + I_{22} = 1 + 0,4 = 1,4 \text{ А}; \\ & & I_5 &= I_{33} = 1 \text{ А}. \end{aligned}$$

Тармоқлардаги кучланишларнинг пасайишини аниқлаймиз:

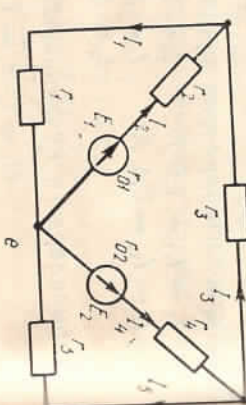
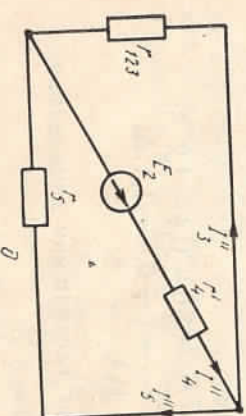
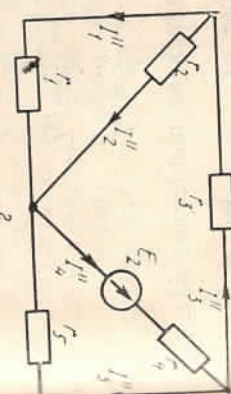
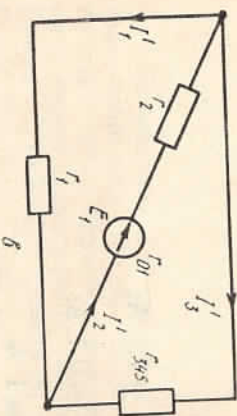
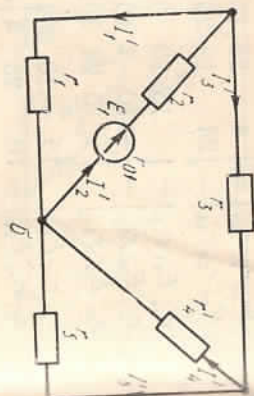
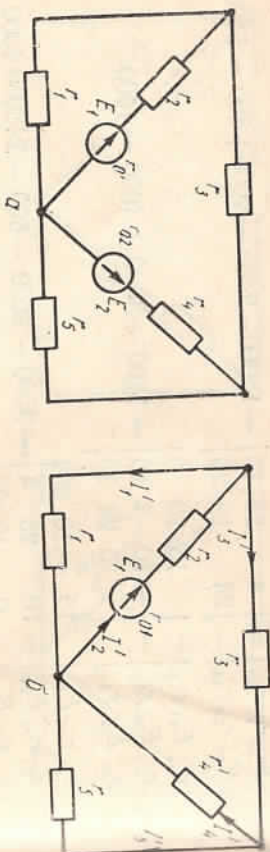
$$\begin{aligned} U_1 &= I_1 \cdot r_1 = 1,6 \cdot 5 = 8 \text{ В}; \\ U_2 &= I_2 \cdot (r_2 + r_{01}) = 1,2 \cdot (8 + 2) = 12 \text{ В}; \\ U_3 &= I_3 \cdot r_3 = 0,4 \cdot 5 = 2 \text{ В}; \\ U_4 &= I_4 \cdot (r_4 + r_{02}) = 1,4 \cdot (7 + 3) = 14 \text{ В}; \\ U_5 &= I_5 \cdot r_5 = 1 \cdot 10 = 10 \text{ В}. \end{aligned}$$

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

Контурларнинг Кирхгофнинг иккинчи қонуни асосида текширамиз:

$$\begin{aligned} E_1 &= I_1 \cdot r_1 + I_2 \cdot (r_2 + r_{01}); \\ 20 &= 1,6 \cdot 5 + 1,2 \cdot (8 + 2) = 8 + 12 = 20 \text{ В}; \\ E_2 &= E_1 - I_4 \cdot (r_4 + r_{02}) + I_3 \cdot r_3 - I_2 \cdot (r_2 + r_{01}); \\ 4 &= 20 - 1,4 \cdot (7 + 3) + 0,4 \cdot 5 - 1,2 \cdot (8 + 2) = 14 + 2 - 12 = 4 \text{ В}. \\ E_3 &= I_4 \cdot (r_4 + r_{02}) + I_5 \cdot r_5; \\ 24 &= 1,4 \cdot (7 + 3) + 1 \cdot 10 = 14 + 10 = 24 \text{ В}. \end{aligned}$$

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



1.14- расм.

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

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

Схемани соддаштириб 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 тоқни аниқлаймиз:

$$I'_2 = \frac{E_1}{r_1 + r_{3,4,5}} = \frac{20}{5 + 10} = \frac{20}{15} = \frac{4}{3} = 1,33 \text{ А;}$$

I_1 ва I_2 тоқларини аниқлаймиз:

$$I'_1 = I'_2 \cdot \frac{r_{3,4,5}}{r_1 + r_{3,4,5}} = \frac{4}{3} \cdot \frac{10}{5 + 10} = \frac{4}{3} \cdot \frac{2}{3} = \frac{8}{9} = 0,89 \text{ А;}$$

$$I'_3 = I'_2 \cdot \frac{r_1}{r_1 + r_{3,4,5}} = \frac{4}{3} \cdot \frac{5}{5 + 10} = \frac{4}{3} \cdot \frac{1}{3} = \frac{4}{9} = 0,44 \text{ А.}$$

1.14-расм, б дан I_1 ва I_2 тоқларини топамиз:

$$I_1 = I'_1 \cdot \frac{r'_4}{r'_4 + r_5} = \frac{8}{9} \cdot \frac{10}{10 + 10} = \frac{8}{9} \cdot \frac{1}{2} = \frac{4}{9} = 0,44 \text{ А;}$$

$$I'_3 = I'_2 \cdot \frac{r'_4}{r'_4 + r_5} = \frac{4}{3} \cdot \frac{10}{10 + 10} = \frac{4}{3} \cdot \frac{1}{2} = \frac{2}{3} = 0,67 \text{ А.}$$

Фақат E_2 манба тавсирида ҳосил бўлган тармоқ тоқларини аниқлаймиз (1.14-расм, 2)

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

Схемани соддаштириб 1.14-расм, в даги кўринишга келтирамиз.

$$\text{Бунда } r_{1,2,3} = r_1 + \frac{r'_2 \cdot r_3}{r_2 + r_3} = 5 + \frac{5 \cdot 10}{5 + 10} = \frac{25}{3} = 8,33 \text{ Ом.}$$

I_3 тоқни аниқлаймиз:

$$I_3 = \frac{E_2}{r_1 + r_{02} + \frac{r_{1,2,3} \cdot r_5}{r_{1,2,3} + r_5}} = \frac{24}{\frac{25}{3} + 10} = \frac{24}{\frac{55}{3}} = \frac{72}{55} = 1,31 \text{ А.}$$

I_1 ва I_2 тоқларини аниқлаймиз:

$$I'_1 = I_3 \cdot \frac{r_5}{r_{1,2,3} + r_5} = \frac{72}{55} \cdot \frac{10}{\frac{25}{3} + 10} = \frac{72}{55} \cdot \frac{3}{55} = \frac{216}{3025} = 0,07 \text{ А;}$$

$$I'_2 = I_3 \cdot \frac{r_{1,2,3}}{r_{1,2,3} + r_5} = \frac{72}{55} \cdot \frac{\frac{25}{3}}{\frac{25}{3} + 10} = \frac{72}{55} \cdot \frac{25}{55} = \frac{1800}{3025} = 0,59 \text{ А.}$$

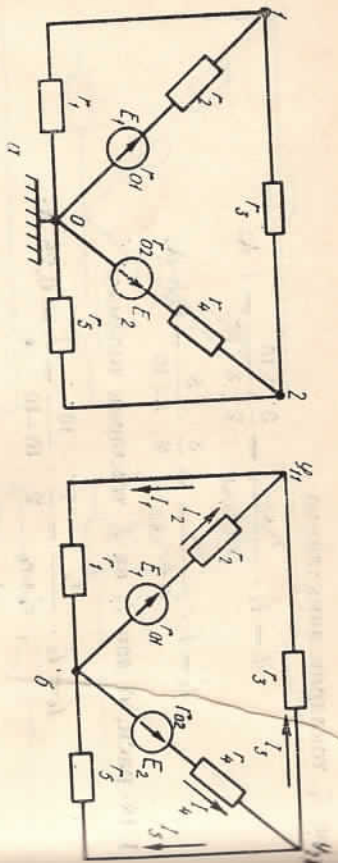
1.14-расм, в дан I_1 ва I_2 тоқларини аниқлаймиз:

$$I_1 = I'_1 \cdot \frac{r'_2}{r'_2 + r_3} = 0,07 \cdot \frac{10}{5 + 10} = \frac{0,7}{15} = 0,047 \text{ А;}$$

$$I'_2 = I'_1 \cdot \frac{r_1}{r_1 + r'_2} = 0,07 \cdot \frac{5}{5 + 10} = \frac{0,35}{15} = 0,023 \text{ А.}$$

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

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



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, е).

1.25-масала. 1.23-масалада берилганлардан фойдаланиб, 1.15-расм, а да тасвирланган электр занжир тармоқларидаги тоқлар расм, а да таъсирланган усул билан аниқлансин.

Ечиш. Қизмадаги битта туғунни 1.15-расм, а да кўрсатишган туғун потенциаллари билан туғунни 1.15-расм, а да кўрсатишган дек ерга туташтирамиз, бу туғундаги потенциал нолга тенг бўлади. 1 ва 2 туғунлардаги 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 $g_{12} = g_{21}$ — туғунлар орасидаги ўтказувчанлик, g_{11} ва g_{22} туғунларнинг ўтказувчанлиги. Бу қийматларни аниқлаймиз:

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

$$\begin{aligned} \Delta_1 &= \begin{vmatrix} g_{11} & g_{12} \\ g_{21} & g_{22} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0,5 & -0,2 \\ -0,2 & 0,4 \end{vmatrix} = 0,5 \cdot 0,4 - 0,2 \cdot 0,2 = 0,16 \\ \Delta_1 &= \begin{vmatrix} I_1 & g_{12} \\ I_2 & g_{22} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 2 & -0,2 \\ 2,4 & 0,4 \end{vmatrix} = 2 \cdot 0,4 + 0,2 \cdot 2,4 = 1,28; \\ \Delta_2 &= \begin{vmatrix} g_{11} & I_1 \\ g_{21} & I_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0,5 & 2 \\ -0,2 & 2,4 \end{vmatrix} = 0,5 \cdot 2,4 + 2 \cdot 0,2 = 1,6. \end{aligned}$$

Туғунларнинг потенциалларини аниқлаймиз:

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

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

Тармоқларидаги тоқларни аниқлаймиз:

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

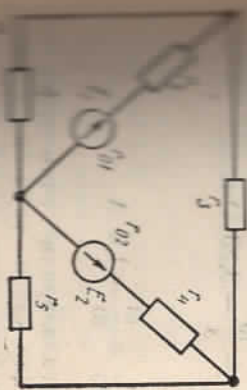
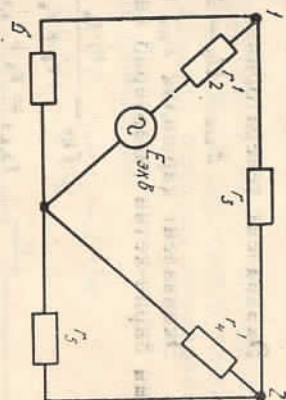
$$I_2 = \frac{E_1 - \varphi_{11}}{r_2 + r_{01}} = \frac{20 - 8}{8 + 2} = 1,2 \text{ A};$$

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

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

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

Тоқлар юқори потенциалдан пастроқ потенциал томонга оқиб кетган ҳол учун тоқларнинг ҳақиқий йўналишларини кўрсатади (1.15-расм, б).



1.16-расм.

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

Ечинш. Чизмадаги ҳамма манбаъларни битта эквивалент ЭЮК генераторга 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:

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

Энди $E_{\text{эвн}}$ ва $r_{\text{эвн}}$ ни аниқлаш керак. Эквивалент генераторнинг ЭЮК и салт ишлаш режимидан аниқланади (1.16-расм, в)

$$E_{\text{эвн}} = U_0.$$

Салт ишлаш режимидagi кучланиш ЭЮК E_1 ва қаршилик r_1 даги кучланиш пасайишининг алгебраик йиғиндидарига тенг, яъни

$$U_0 = E_1 - I_1 \cdot r_1.$$

I_1 токни аниқлаш учун аввал I_4 токни аниқлаймиз:

$$I_4 = \frac{E_2}{\frac{(r_1 + r_3) \cdot r_5}{r_4 + (r_1 + r_3) + r_5}} = \frac{24}{10 + \frac{(5+5) \cdot 10}{(5+5)+10}} = \frac{24}{15} = 1,6 \text{ A};$$

$$I_1 = I_4 \cdot \frac{r_5}{r_3 + r_5 + r_1} = \frac{24}{15} \cdot \frac{10}{10+5+5} = \frac{12}{15} = 0,8 \text{ A}.$$

Эквивалент генераторнинг ЭЮК ни аниқлаймиз.

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

Эквивалент қаршилик $r_{\text{эвн}}$ ни I ва U нуктага нисбатан схемани бирин-кетини ўзгартириб аниқланади (1.16-расм, д):

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

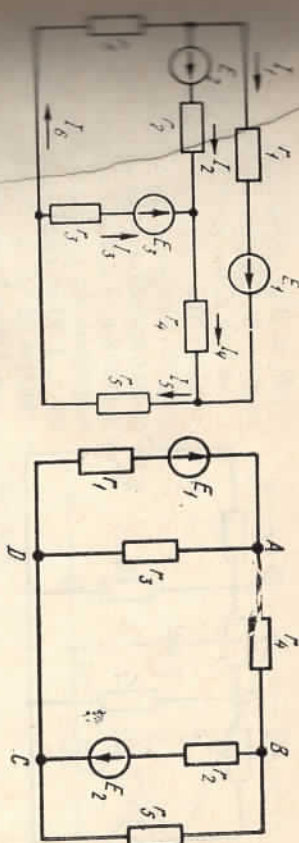
$$r_{3,4,5} = r_3 + r'_{4,5} = 5 + 5 = 10 \text{ Ом};$$

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

I_2 токни аниқлаймиз:

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

Ҳулоса 1.23; 1.24; 1.25. 1.26-масалаларнинг ечимларини тох дил қилиб кўрамиз. Бунинг учун ҳар қайси усул билан ечиш гандаги операциялар сонини ҳисоблаб чиқамиз.



1.17-расм.

1.18-расм.

1. Ечиниларда фақат битта тармоқ токни аниқлаш учун бажариш операциялар сони:

- 1) контур токлари усули билан ечишда — 14 та;
 - 2) суперпозиция усули билан ечишда — 17 та;
 - 3) туғун потенциаллари усули билан ечишда — 11 та;
 - 4) эквивалент генератор усули билан ечишда — 6 та.
2. Ечиниларда генератор усули билан ечишда операция-демек, эквивалент генератор усули билан ечишда операциялар сони камроқ экан.

II. Ечиниларда схеманинг барча тармоқларидagi токларни топиш учун бажарилган операциялар сони:

- 1) контур токлари усули билан ечишда — 18 та;
 - 2) суперпозиция усули билан ечишда — 21 та;
 - 3) туғун потенциаллари усули билан ечишда — 15 та;
 - 4) эквивалент генератор усули билан ечишда — 30 та.
- Бу ҳолда туғун потенциаллари усули билан ечиш йўли кучлироқ.

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

ЭЮК дар ва қаршиликларнинг қийматлари:

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

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

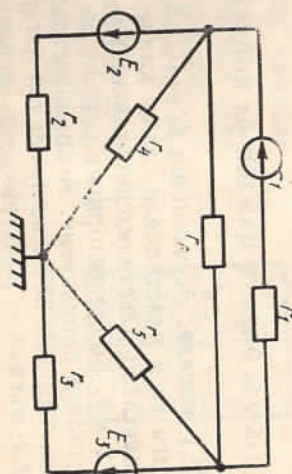
1.28-масала. ЭЮК

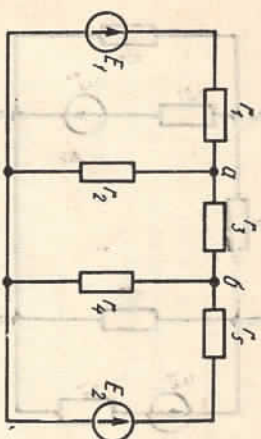
манбаълари $E_1 = 48 \text{ В}$; $E_2 = 12 \text{ В}$; қаршиликлари $r_1 = 10 \text{ Ом}$; $r_2 = 5 \text{ Ом}$; $r_3 = 16 \text{ Ом}$; $r_4 = 9 \text{ Ом}$; $r_5 = 9 \text{ Ом}$ бўлади.

1.29-масала. АБ тармоғи-деген эквивалент генератор усулида ҳисоб-кисоб.

1.30-масала.

Агар 1.19-расм.

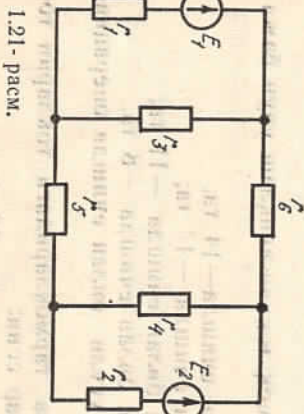




1.20-расм.

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

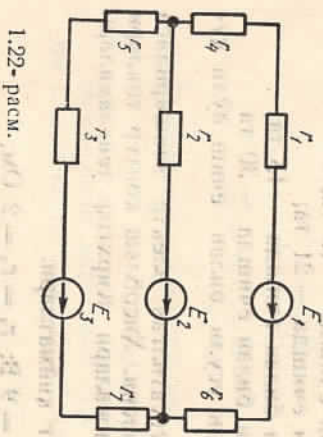
1.30-масала. Агар 1.20-расмдаги электр занжирда $E_1 = 80 \text{ В}$, $E_2 = 60 \text{ В}$, $r_1 = 6 \text{ Ом}$, $r_2 = 10 \text{ Ом}$, $r_3 = 50 \text{ Ом}$ ва $r_4 = 10 \text{ Ом}$ бўлса, занжирнинг r_3 шохобчасидати тоқнинг нолга тенг бўлишини (қаршилик r_3 нинг қийматида қатъи назар) эквивалент генератор усули ёрдамида исбот этинг.



1.21-расм.

1.31-масала. ЭЮК манбалари $E_1 = 60 \text{ В}$, $E_2 = 120 \text{ В}$ ва қаршиликлари $r_1 = r_2 = 6 \text{ Ом}$, $r_3 = r_4 = 12 \text{ Ом}$, $r_5 = r_6 = 4 \text{ Ом}$ бўлган электр занжир қаршиликларидати кучланиш ва тоқларнинг тақсимланиши суперпозиция (устлаш) усули билан ҳисоблансин (1.21-расм).

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



1.22-расм.

2-БОБ. ЭЛЕКТР МАЙДОН ВА КОНДЕНСАТОРЛАР

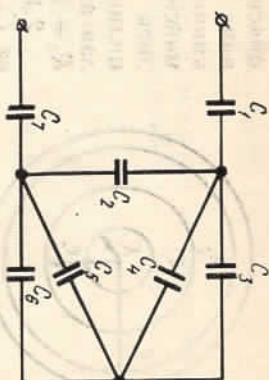
2.1-масала. Кучланиши $U = 100 \text{ В}$ бўлган ўзармас ток тармоғига ясси пластинкали ҳаво конденсатори уланган. Ҳар бир конденсатор пластинкасининг юзи $S = 100 \text{ см}^2$, уларнинг оралиғи $d = 2 \text{ мм}$. Конденсаторнинг сифими ва электр майдонининг кучланилиги аниқлансин. Агар диэлектрик сифатида слюда ишлатилса, 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 чидамлиги $U_{\text{чид}} = 32 \text{ кВ/см}$ бўлса, шундай конденсаторни ҳаво оралиғи билан бажариш мумкинми?

2.3-масала. Агар диэлектрик сифатида қалинлиги $d = 0,5 \text{ мм}$ слюда ишлатилган бўлса, ясси конденсатор улашиши мумкин бўлган энг катта кучланиш аниқлансин.



1.23-расм.

2.4-масала. Сифими 10 мкФ бўлган ясси конденсатор пластинкаларининг оралиғи $d = 3 \text{ мм}$, диэлектрик сифати электр майдоннинг кучланилиги $E = 10 \text{ кВ/м}$ бўлса, конденсатор электр майдон энергиясининг қанчага тенглиги аниқлансин.

2.5-масала. Сифими $C_1 = 100 \text{ мкФ}$, бошланғич заряди $q_0 = 0,06 \text{ Кл}$ га тенг бўлган конденсатор, сифими $C_2 = 44 \text{ мкФ}$ ли зарядланмаган конденсаторга параллел уланган. Конденсатор C_1 нинг кучланиши конденсатор C_2 билан улашишига қадавр ва улангандан кейин қанчага тенг бўлган?

2.6-масала. Сифимлари $C_1 = 40 \text{ мкФ}$, $C_2 = 60 \text{ мкФ}$ ва $C_3 = 120 \text{ мкФ}$ бўлган учта конденсатор кучланиши $U = 300 \text{ В}$ ли манбага кетма-кет уланган. Конденсаторларда кучланишнинг тақсимланиши ва уларнинг эквивалент сифими ҳамда учада конденсаторда жамланган энергия аниқлансин.

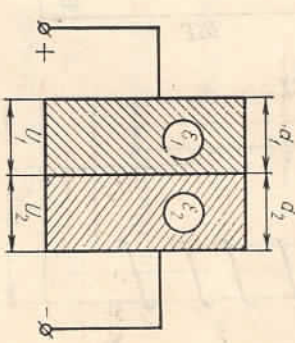
2.7-масала. 1.23-расмда тасвирланган занжирдаги конденсаторларнинг эквивалент сифими аниқлансин: $C_1 = C_2 = 4 \text{ мкФ}$, $C_3 = 1 \text{ мкФ}$, $C_4 = 1,4 \text{ мкФ}$, $C_5 = 0,6 \text{ мкФ}$, $C_6 = C_7 = 1 \text{ мкФ}$.

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

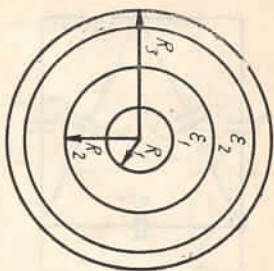
2.9-масала. Аввали масалада берилганлардан фойдаланиб қуйидагилар аниқлансин:

1) ҳар бир қатлам ва бутун конденсаторнинг майдон энергияси; 2) ҳар бир қатламдаги электр майдон кучланилиги.

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



1.24-расм.



1.25- расм.

конденсаторларда кучланишнинг қандай тақсимланганлиги аниқлансин

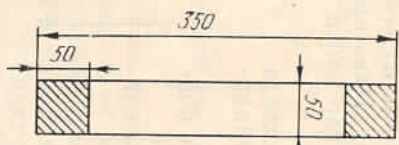
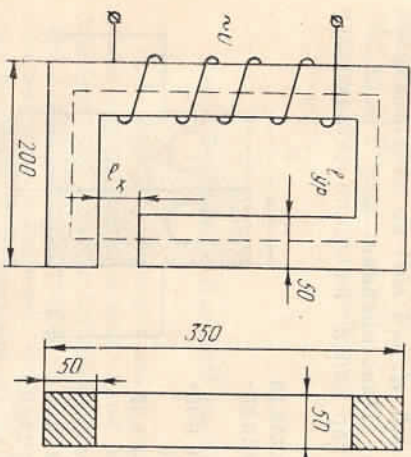
3-БОБ. ЭЛЕКТРОМАГНИТИЗМ

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 кучланишнинг H , магнит индукцияси B ва ғалтақ ичидаги магнит оқими Φ аниқлансин.

3.2-масала. Ички радиуси $R_1 = 5$ мм, ташқи радиуси $R_2 = 10$ мм бўлган труба симон симдан 10 А ток ўтмоқда. Сим ўқидан $x = 3,5$,



1.26- расм.



1.27- расм.

диеси 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 кўндалаган 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 ulangan. Агар биринчи конденсаторнинг электр майдон энергияси $W_1 = 0,9$ Ж бўлса, занжирга берилган кучланиш ва конденсаторларда кучланишнинг қандай тақсимланганлиги аниқлансин

10, 20 ва 40 мм (1.25-расм) оралиқларда жойланган. Нуқталардаги магнит майдонининг кучланишнинг аниқлансин.

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

Электроманнитда $\Phi = 2,5 \cdot 10^{-4}$ Вб магнит оқимини 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:

$$B_n = B_x = \frac{\Phi}{S} = \frac{2,5 \cdot 10^{-3}}{0,05 \cdot 0,05} = 1 \frac{В_6}{м^2} = 10000 \text{ Гс.}$$

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

$$H_n = 924 \text{ А/м.}$$

Ҳаво оралиғидаги майдон кучланишнинг:

$$H_x = 0,8 \cdot B_n = 0,8 \cdot 10000 = 8000 \text{ А/см} = 8 \cdot 10^5 \text{ А/м.}$$

Магнитловчи куч занжир айрим участкаларидаги магнит кучланганликларининг йиғиндисига тенг:

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

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

Электроманнит чулғамдаги ток

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

Агар электромагнитнинг пўлат ўзаги ҳаво оралиғисиз ясалган бўлса, магнитловчи куч қуйдагига тенг бўлади:

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

У ҳолда чулғамдаги ток

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

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

Агар электромагнит чулғамдаги ток миқдорини ўзгартирмасдан, ҳаво оралиғи нолга камайтирилса, ўзакдаги магнит оқимининг миқдори қандай ўзгаради?

Ечиш. Агар ҳаво оралиғи нолга тенг бўлса,

$$l w = H_n l_n$$

У ҳолда

$$H_n = \frac{l w}{l_n} = \frac{108 \cdot 3000}{0,9} = 3600 \text{ А/м.}$$

Магнитланиш эгри чизигидан пўлат ўзакдаги магнит индукциянинг миқдорини аниқлаймиз:

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

Электроманнитнинг пўлат ўзагидаги магнит оқими

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

3.5-масала. 1.28-расмда тасвирланган электромагнит чуқур-
ғамидан ўтаётган ток $I = 1,5$ А, ўрамлар сони $w = 1600$ та тенг
бўлса, унинг тортиш кучи аниқлансин. Пўлат ўзак электротехник
листлардан йиғилган.

Ечиш. Пўлат ўзак магнит қаршилигининг кичик бўлишига қара-
масдан магнитловчи кучнинг катта қисми ҳаво оралиғида сарф
бўлади.

У ҳолда ҳаво оралиғидаги магнит кучланганлиги қуйидаги
формуладан аниқланади:

$$Iw = H_x \cdot 2l_x;$$

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

Магнит индукцияси

$$B_x = B_1 = B_2,$$

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

Магнитланиш эгри чизигидан $B = 0,754$ Т учун пўлатдаги маг-
нит кучланганлигини аниқлаймиз:

$$H_1 = H_2 = 290 \text{ А/м.}$$

Ҳисоблашни қуйидаги тенглама билан текшириб қўрамиз:

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

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

Ҳисоб етарли аниқ бўлмаганлиги учун кучланганлик H_x ни ик-
кинчи марта ҳисоблаб қўрамиз:

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

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

Магнитланиш эгри чизигидан пўлатдаги кучланганлигини аниқ-
лаймиз:

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

Ҳисобни тенглама билан текшириб қўрамиз:

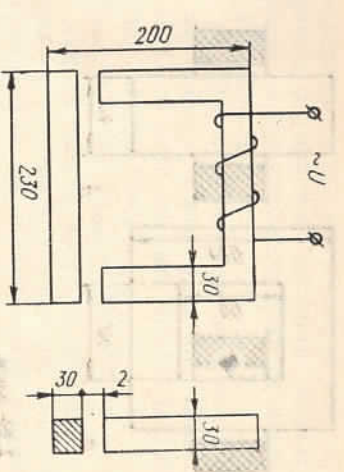
$$256 \cdot 0,5 + 256 \cdot 0,2 + 5,5 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 2380.$$

Зарур бўлганда ҳисобни шу тартибда давом эттириб, аниқ-
роқ натижа олиш мумкин. Амалда яқинроқ қийматни аниқлаш
қийин.

Электромагнитнинг кўтариш кучи

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

4.0-масала. Агар элект-
ромагнитнинг кутблари ва
эгри оралиғидаги масофа
1 м га тенг бўлса, унинг
кўтариш кучи қандай ўза-
гадан аниқлансин?



4.7-масала ўзати 9.11
вердан электротехник пў-
лат листлардан ясалган
электромагнитнинг ўлчамла-
ри 1.28-расмда кўрсатишган.
100 НГ юкни кўтариш-
дан бериқ бўлган магнит-
нинг кучининг миқдори
аниқлансин.

1.28- расм.

4.8-масала. Қўйидаланг кесим юзи 20 см^2 бўлган ёғочдан ясал-
ган электромагнит ўзакка бир текис жойлашган 1000 ўрамдан ибо-
рат бўлган чулғам жойлаштирилган. Чулғам орқада ўтаётган
токнинг катталиги ҳар секундида 1 А дан ортиб бормоқда. Маг-
нит куч чизикларининг ўртача узунлиги $l_{sr} = 50 \text{ см}$ бўлган ғал-
латнинг ўзидиқция электр юритувчи кучи аниқлансин.

Ечиш. Ўзидиқция электр юритувчи кучини қуйидаги форму-
ла билан аниқлаймиз:

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

Бир текис ўзгарганида:

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

Биринчи $\Delta i / \Delta t = 1 \text{ А/с}$ га тенг бўлган берилган катталик.
Магнитнинг индуктивлигини аниқлаймиз:

$$L = \frac{e}{\Delta i / \Delta t},$$

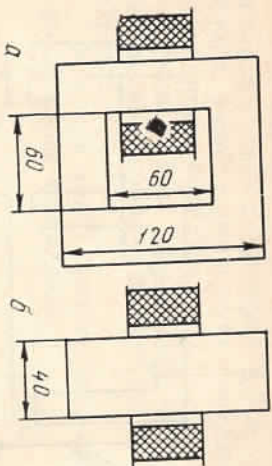
Биринчи w — ғалтак ўрамлари сони.
Магнит — ўзакнинг магнит қаршилиги бўлиб, у қуйидагига тенг:

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

Биринчи l — ўзакнинг ўртача узунлиги, S — ўзакнинг қўйидаланг
кесим юзи, μ_0 — ўзакнинг абсолют магнит сингдирувчанлиги бўлиб,
бу кўрсаткич ёғоч учун вакуумдаги магнит сингдирувчанликка тенг
бўлади.

У натижада қуйидагиларни ҳосил қиламиз:

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



1.29-расм.

ганда, пўлат ўзакли ғалтакнинг индуктивлиги аниқлансин.
Ечиш. Пўлат ўзакли 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 — ўзакдаги магнит индукция, S — ўзак кўندалак кесимининг юзи.

Магнит майдони кучланилигини H ни аниқлаймиз:

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

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

Э-11 пўлати учун магнитланиш эри чизмидан

$$B = 1,58 \text{ Тл};$$

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

Пўлат ўзакли 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 орасидан масофа $d = 0,3$ см. Ўрамлар орасидан электромагнит кучларининг ўзаро таъсири, йўналиши ва катталиги аниқлансин:

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

б) қисқа туташув токи $I_k = 100 \text{ А}$ бўлганда.

4.50.6. БИР ФАЗЛИ ЎЗГАРУВЧАН ТОК ЗАНЖИРЛАРИ

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

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

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

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

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

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

4.4-масала. Қувватлари $P_{\text{ном1}} = 60 \text{ Вт}$; $P_{\text{ном2}} = 200 \text{ Вт}$ ва кучланиши $U_{\text{ном}} = 127 \text{ В}$ бўлган иккита электр лампаси, кучланиши $U = 220 \text{ В}$ 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 токнинг қийматларини аниқлаймиз:

$$I_{\text{ном1}} = \frac{P_{\text{ном1}}}{U_{\text{ном}}} = \frac{60}{127} = 0,472 \text{ А}.$$

$$I_{\text{ном2}} = \frac{P_{\text{ном2}}}{U_{\text{ном}}} = \frac{200}{127} = 1,57 \text{ А}.$$

Лампа спиралининг қаршилиги:

$$r_1 = \frac{U_{\text{ном}}}{I_{\text{ном1}}} = \frac{127}{0,472} = 269 \text{ Ом}; \quad r_2 = \frac{U_{\text{ном}}}{I_{\text{ном2}}} = \frac{127}{1,57} = 81 \text{ Ом}.$$

Лампалар кетма-кет уланганда занжирдаги ток:

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

Лампалардаги кучланиш лампаларнинг қаршиликларига 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 $P_{\text{ном1}} = 60 \text{ Вт}$ бўлган лампа номинал кучланишдан юқорироқ кучланишда бирмунча ёруғ ёниб, тезда куйиши мумкин. Қуввати $P_{\text{ном2}} = 200 \text{ Вт}$ бўлган лампа номинал кучланишдан пастроқ кучланишда хира ёнади.

4.5-масала. Индуктивлиги $L = 100 \text{ мГн}$ бўлган ғалтак кучланиши $u = 220 \cdot \sqrt{2} \sin 314t$ ва частотаси $f = 50 \text{ Гц}$ 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?

Ениш. 1. Актив қаршилиги кичик ($r \ll x_L$) бўлган учун уни ҳисобга олинмайди. $z \approx x_L$; $x_L = \omega \cdot L = 314 \cdot 100 \cdot 10^{-3} = 31,4 \text{ Ом}$ 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:

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

3. Ғалтакнинг магнит майдонида йиғилган энергия:

$$W_{\text{мн}} = \frac{L I^2}{2}.$$

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 қучланишининг частотаси икки марта ортиши билан, токнинг миқдори икки марта камаяди, чунки индуктив қаршилиқ икки марта ортади:

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

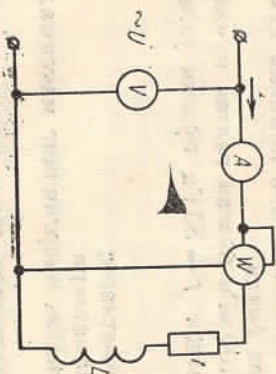
4.6-масала. Қучланиши $U = 220 \text{ В}$, частотаси $f = 50 \text{ Гц}$ бўлган манбага индуктив ғалтак ва конденсатор ғалта-ғалдан уланганда занжирдан оқиб ўтган ток бир хил, яъни $I = 5 \text{ А}$. Ғалтакнинг индуктивлиги ва конденсаторнинг сифими аниқлансин.

4.7-масала. Занжирга берилган қучланишининг ва ундаги ток-

нинг 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 ўзгариувчан ток манбаининг частотаси $f = 50 \text{ Гц}$ бўлса, 4.7-масаланинг маълумотлари бўйича саланинг маълумотлари конденсаторлар батареясининг сифими C аниқлансин.

4.9-масала. 1.30-расмдаги



1.30- расм.

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

4.10-масала. Сифими $79,6 \text{ мкФ}$ ди конденсатор қаршилиги $r = 15 \text{ Ом}$ бўлган реостат билан кетма-кет уланган. Агар манбаининг қучланиши $U = 127 \text{ В}$, частотаси $f = 50 \text{ Гц}$ бўлса занжирдаги ток, реостат ва конденсатордаги қучланишининг тушуви ҳамда занжирнинг актив, реактив ва тўла қуввати аниқлансин. Масштабда ток ва қучланишларнинг вектор диаграммаси қурилсин.

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

Занжирнинг актив, реактив ва тўла қаршиликлари ва ғалтакнинг индуктивлиги аниқлансин. Агар манбаининг частотаси икки марта ортса, занжирнинг актив қувват истёмоли нимага тенг бўлади?

4.12-масала. Индуктивлиги $L = 0,141 \text{ Гн}$ бўлган индуктив ғалтак частотаси $f = 50 \text{ Гц}$ ди ўзгариувчан ток манбаига уланган. Инжирдаги токнинг ўзгариш конуннати $i = 5,64 \sin \omega t$ бўлса, занжирдаги қучланиш ва қувватларнинг оний қийматларини ифода-ларин ёзилсин. Ток ва қучланишнинг таъсир этувчи қийматлари, шунингдек, занжирнинг реактив қуввати ҳамда индуктив ғалтакда тўлланган магнит майдон энергиясининг максимал қиймати аниқлансин.

4.13-масала. Актив қаршилиги $r = 15 \text{ Ом}$, реактив қаршилиги $x_L = 20 \text{ Ом}$ бўлган индуктив ғалтак қучланиши $U = 127 \text{ вольтли}$ ўзгариувчан ток манбаига уланган. Занжирнинг актив, реактив ва тўла қувватлари, шунингдек қувват коэффициенти аниқлансин. Масштабда ток ва қучланишларнинг вектор диаграммаси қурилсин.

4.14-масала. Занжирдаги қучланиш ва токларнинг оний қийматлари ифодаси

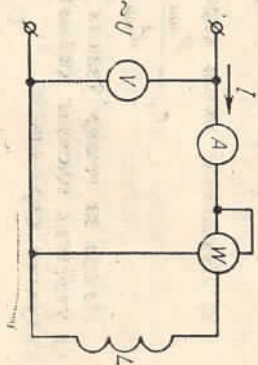
$$u = 310 \sin(314t + 20^\circ);$$

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

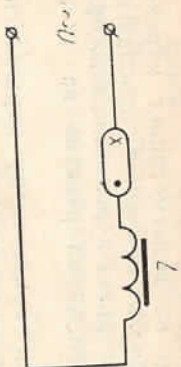
Индузика характери ва унинг параметрлари аниқлансин.

4.15-масала. Частотаси $f = 50 \text{ Гц}$ бўлган ўзгариувчан ток тармоғига ғалтак ва ўлчаш асбоблари уланган (1.31-расм).

Амперметр, вольтметр ва ваттметрларнинг кўрсатиши қуйида-нигирага тенг:



1.31- расм.



$$I = 5 \text{ A}; \quad U = 220 \text{ В};$$

$$P = 1000 \text{ Вт}.$$

1.32- расм.

4.16-масада. Завод цехида $P = 12 \text{ кВт}$ қуваат исеръмол қолдиган, қуваат коэффициенти $\cos \varphi = 0,8$ га тенг бўлган бир фазада пайвандлаш аппарати ўрнатилаган. Таъминлозчи тармоқнинг қучланиши $U = 380 \text{ В}$, частотаси $f = 50 \text{ Гц}$.

Пайвандлаш аппаратынинг тўла ва реактив қувавати, шунингдек, узатгич симлардаги токнинг қиймати аниқлансин.

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

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

Қуйидагилар аниқлансин:

- 1) лампадаги ва темир ўзақли индуктив ғалтакдаги қучланиш
- 2) лампанинг актив қаршилиги ва темир ўзақли ғалтакнинг индуктивлиги;
- 3) занжирнинг реактив ва тўла қувавати;
- 4) занжирнинг қуваат коэффициенти.

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

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

Темир ўзақли индуктив ғалтакдаги қучланиш:

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

2. Лампанинг актив қаршилиги:

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

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 қувавати:

$$Q = Q_L = I_{\text{ном}}^2 \cdot x_L = 0,32^2 \cdot 622 = 63,7 \text{ Вар}.$$

Занжирнинг тўла қувавати:

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

4. Қуваат коэффициенти:

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

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

Реостатдаги қуваат исрофи ҳисоблансин. Лампа билан қандай пайвандлаш кетма-кет улаш тежамли: актив қаршилиқини ёки индуктив қаршилиқини?

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

$$U = U_{L_{\text{ном}}} + U_{\text{реост}}$$

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

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

Реостатнинг қаршилиги:

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

Реостатдаги қуваат исрофи:

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

Ечиш. Лампа билан темир ўзақли индуктив ғалтакни кетма-кет уланганда, ундаги актив қуваатнинг исрофи оз, чунки лампа занжирнинг қуваат коэффициенти кичик. Темир ўзақли индуктив ғалтак ўрнига реостат улаганда уни қизитишга исроф қуваат исрофи занжирнинг қуваат коэффициентини азайлатирилади.

Лампанинг ёниши учун зарур бўлган темир ўзақли индуктив ғалтак билан кетма-кет улаш керак. Одатда, қурилма-ларнинг коэффициенти конденсатор ёрдамида оширилади.

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

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

тор диаграммаси кўрситсин.
Ечиш. Берилган занжирнинг схемасини чизамиз (1.33-расм, *a*).
Занжирнинг эквивалент актив қаршилиги:

Ғајтақларнинг реактив қаршиликлари:

Ғалтакларнинг реактив қаршилиқлари:

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

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

Занжирнинг эквивалент реактив қаршилиги:

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

Занжирнинг эквивалент туъла каршилтиги:

$$z_9 = \sqrt{r_9^2 + x_9^2} = \sqrt{16^2 + 22^2} = 27,3 \text{ OM.}$$

Занжирдаги ток:

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

Занжирнинг кувват коэффициенти.

$$\cos \varphi = \frac{r_3}{z_3} = \frac{15}{27,3} = 0,587.$$

Бу ерда φ занжирга берилган кучланиш билан ток орасидаги силжиш бурчати $\varphi = 54^\circ$. Вектор диаграммасини куриш учун занжирнинг айри-а каршилликларидagi кучланишнинг тушувчаларини аниқлаймиз:

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

$$U_{p_1}^{u_1} = I \cdot x_1 = 4,66 \cdot 6,28 = 29,3 \text{ B,}$$

$$U_{p_1} = I \cdot r_2 = 4,66 \cdot 6 = 27,8 \text{ В.}$$

$$U_{p_3}^{a_3} = I \cdot x_2 = 4,66 \cdot 15,7 = 73 \text{ B.}$$

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

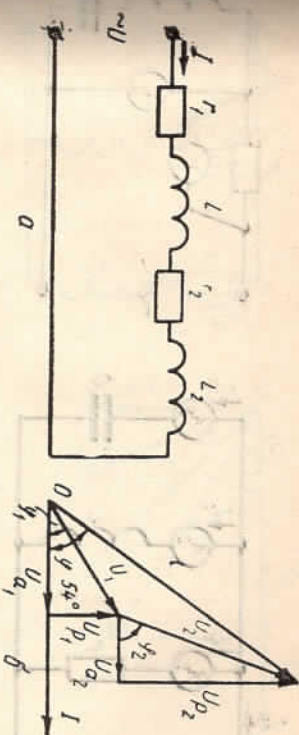
Олинган натижалар бўйича ток ва кучданишларнинг вектор диаграммасини чизамиз (1.33-расм, *б*). Бошланғич вектор учун ток I нинг вектори олинган. Кучданиш масштаби $m_U = 2 \text{ В/мм.}$

4.20-масала. Частотаси $f = 50 \text{ Гц}$, кучданиши $U = 220 \text{ В}$ бўлган узагарувчан ток тармоғига сифими $C = 5 \text{ мкФ}$ ли конденсатор уланган. Зanjирдаги ток ва конденсаторнинг электр майдонидagi энергиянинг максимал қиймати аниқлансин.

4.21-масада. Частотаси $f = 50 \text{ Гц}$ бўлган ўзгариувчан ток тарқаткичнинг ёрдамчи конденсатор кетма-кет уланган (1.34-

могилта актив қаршилик ва конденсатор келтирилган қўрсатишларини
расм). Занжирга уланган ўлчов асбобларининг қўрсатишларини

$$I = 4 \text{ A}, \quad U = 220 \text{ B}, \quad P = 400 \text{ Bt.}$$



1.33- pacm.

Занжирда уланган актив қаршиликнинг катталиги, конденсаторнинг сирими (актив қаршилик $r_c=0$ бўлганда) ҳамда занжирнинг реактив, тула қувватлари ва қувват коэффициентни аниқлашнинг, ток ва қувватнинг вектор диаграммаси қуришнинг, 4.22-масала. Қувватнинг $U_{\text{ном}}=127$ В ва қуввати $P_{\text{ном}}=40$ Вт

4.22-мисал. Кучланиши $U_{\text{нон}} = 127 \text{ В}$ ва қуввати $P_{\text{нон}} = 40 \text{ Вт}$ бўлган электр лампани кучланиши $U = 220 \text{ вольтли тармоққа}$ улаш учун қандай ситимли конденсаторларни электр лампа билан қетма-қет улаш керак?

Конденсатордаги кучланиш, реактив ва ўўла кувват, шунинг-
дан, занжирнинг кувват коэффициентни яниқлансин.
Ечиш. Конденсатордаги кучланиш:

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

Лампа зазжиридати ва конденсатордати ток:

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

Сигим каршилги

$$\chi_c = \frac{l_c}{l} = \frac{179}{0,315} = 570 \text{ OM.}$$

конденсаторнинг зарурий сифими:

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

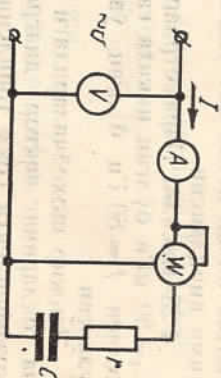
Занжирнинг реактив қуввати:

$$Q_c = 1^2 \cdot x_c = 0,315^2 \cdot 570 = 56,3 \text{ Ватт.}$$

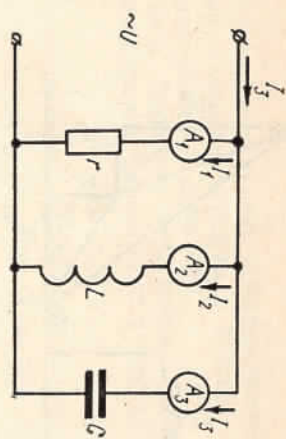
Занижирнинг тўла қуввати:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{40^2 + 56.3^2} = 69 \text{ BA.}$$

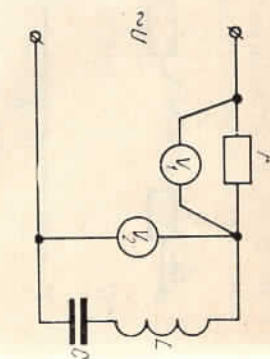
Занжирнинг қувват коэффиценти



1.34- pacm



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 қаршиқилигини аниқлаб, реостатдаги қувват исрофи ҳисоблансин.

4.24- масала. 1.35- расмда кўрсатишган электр занжирда 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 $r = 10 \text{ Ом}$ ва индуктивлиги $L = 70 \text{ мГн}$ бўлган ғалтак билан, сифими $C = 318 \text{ мкФ}$ бўлган конденсатор кетма-кет уланган. Таямниловчи тармоқнинг қучланиши $U = 220 \text{ В}$, частотаси $f = 50 \text{ Гц}$. Занжирдаги ток, ғалтакдаги ва конденсатордаги қучланиш, шунингдек, актив, реактив ва тўла қувват аниқлансин. Вектор диаграммаси қурилсин.

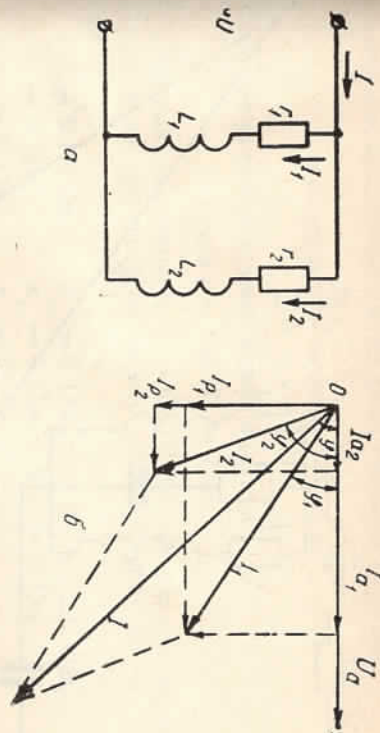
4.26- масала. 1.36- расмда тасвир этилган электр занжир реостатга мосланган. Таъминловчи тармоқнинг қучланиши $U = 220 \text{ В}$. Вольтметрларнинг кўрсатиши аниқлансин.

4.27- масала. Актив қаршилиги $r = 10 \text{ Ом}$ ва индуктив қаршилиги $X_L = 50 \text{ Ом}$ бўлган ғалтак частотаси $f = 50 \text{ Гц}$ ва қучланиши $U = 220 \text{ вольт}$ ли ўзгарувчан ток тармоғига кетма-кет уланган. Занжирда қучланиш резонансини ҳосил қилиш учун, ғалтак билан кетма-кет улаш керак бўлган конденсаторнинг сифими аниқлансин.

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

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

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:

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

Ток I_1 тармоқ қучланишидан φ_1 буручагига орқада қолади:

$$\varphi_1 = \arctg \frac{X_1}{r_1} = \arctg \frac{6,28}{10} = 32^\circ.$$

Ток I_1 нинг актив ташкил этувчиси:

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

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

Ток I_1 нинг реактив ташкил этувчиси:

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

Иккинчи шохобчадаги ток:

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

Ток I_2 тармоқ қучланишидан φ_2 буручагига орқада қолади:

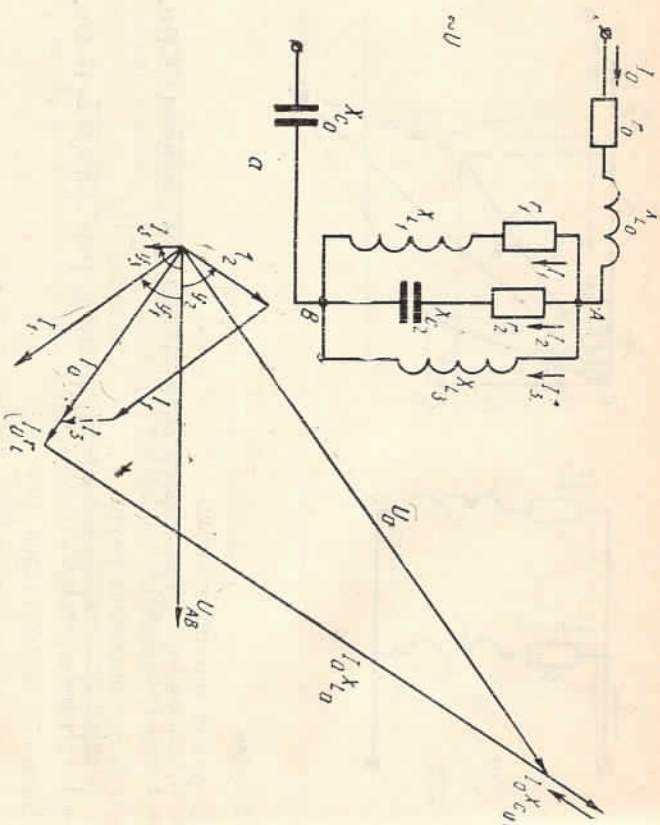
$$\varphi_2 = \arctg \frac{X_2}{r_2} = \arctg \frac{15,7}{6} = 69^\circ.$$

Ток I_2 нинг актив ташкил этувчиси:

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

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

5/38/2015 33



1.38- расм.

Ток I_2 нинг реактив ташкил этувчиси:

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

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

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

Тоқнинг масштаби

$$m_I = 0,2 \text{ A/мм.}$$

Ўмумий 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

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

$$\sum I_a = I_{a_1} + I_{a_2};$$

$$\sum I_p = I_{p_1} + I_{p_2}.$$

Ўмумий ток ва кучланишнинг фаза сиғиш 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 $U = 220 \text{ В}$ бўлган электр тармоғига 1.38- расм, a да кўрсатилган электр занжири уланган.

Агар

$$\begin{aligned} r_0 &= 2,16 \text{ Ом}, & x_{L_0} &= 6 \text{ Ом}, & x_{C_0} &= 0,56 \text{ Ом}, \\ r_1 &= 3 \text{ Ом}, & x_{L_1} &= 4 \text{ Ом}, & r_2 &= 6 \text{ Ом}, \\ x_{C_2} &= 8 \text{ Ом}, & x_{L_2} &= 25 \text{ Ом}, \end{aligned}$$

булса, барча тармоқлардаги тоқлар аниқлансин.

Ечинг натижалари бўйича масштабда ток ва кучланишларнинг вектор диаграммаси қурилсин:

Ечинг. Тармоқларнинг тўла қаршиликларини аниқлаймиз:

$$\begin{aligned} z_1 &= \sqrt{r_1^2 + x_{L_1}^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5 \text{ Ом}, \\ z_2 &= \sqrt{r_2^2 + x_{C_2}^2} = \sqrt{6^2 + 8^2} = 10 \text{ Ом}; \\ z_3 &= x_{L_3} = 25 \text{ Ом}. \end{aligned}$$

Тармоқларнинг актив ва реактив ўтказувчанликларни аниқлаймиш:

$$\begin{aligned} g_1 &= \frac{r_1}{z_1^2} = \frac{3}{5^2} = 0,12 \frac{1}{\text{Ом}}, & g_2 &= \frac{r_2}{z_2^2} = \frac{6}{10^2} = 0,06 \frac{1}{\text{Ом}}, \\ b_1 &= \frac{x_{L_1}}{z_1^2} = \frac{4}{5^2} = 0,16 \frac{1}{\text{Ом}}, & b_2 &= \frac{x_{C_2}}{z_2^2} = \frac{8}{10^2} = 0,08 \frac{1}{\text{Ом}}, \\ b_3 &= \frac{x_{L_3}}{z_3^2} = \frac{25}{25^2} = 0,04 \frac{1}{\text{Ом}}. \end{aligned}$$

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:

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

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

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

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

Занжирнинг тўла қаршилиги:

$$z_s = \sqrt{r_s^2 + x_s^2} = \sqrt{6^2 + 8^2} = 10 \text{ Ом}.$$

Тармоқланишгача бўлган ток:

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

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 куриш учун (1.38-расм, б) тармоқлардаги тоқлар билан кучланиш орасидаги фаза силжиш бурчларини аниқлаймиз.

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

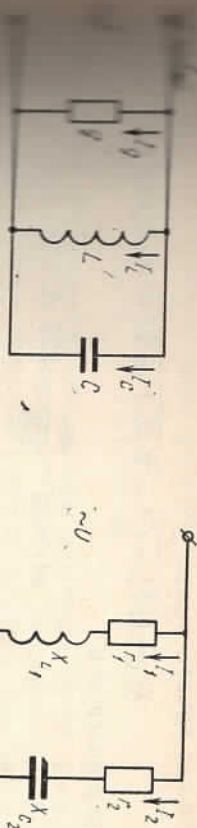
$$\varphi_2 = \arctg \frac{-x_{C_2}}{r_2} = \arctg \frac{8}{6}; \quad \varphi_2 = -53^\circ 10',$$

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

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

4.30-масала. Хар бирининг сифими 4 — микроарададан бўлган 10 элементли конденсаторлар батареяси параллел биритрилган бўлиб, кучланиши $U = 36 \text{ В}$ ли ўзарувчан ток манбаи уланган.

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



1.40-расм.

4.31-масала. Параметрлари 4.25-масалада келтирилган гал-ван конденсатор параллел бириктирилган. Тармоқнинг кучланиши $U = 220 \text{ В}$, частотаси $f = 50 \text{ Гц}$. Ғалтадаги ва конденсатор-нинг тоқ, шунингдек, тармоқланишгача бўлган ток ва бутун занжирнинг кувват коэффициентни аниқлансин. Масштабда ток ва кучланишнинг вектор диаграммаси курилсин.

4.32-масала. Кучланиши $U = 200 \text{ В}$ бўлган ўзарувчан ток манбаи асбоб қаршилик, индуктивлик ва сифим элементлари билан уланган (1.39-расм). Занжирнинг шохобчаларидан оқиб чиқадиган тоқлар тегишлича $I_1 = 40 \text{ А}$, $I_2 = 50 \text{ А}$, $I_3 = 20 \text{ А}$ ни кўрсатади. Занжирнинг умумий тоқи, кувват коэффициенти, актив ва реактив ва тўла кувватлари аниқлансин. Масштабда куч-ланиш ва тоқларнинг вектор диаграммаси курилсин.

4.33-масала. Қаршиликлари $r = x_L = x_C = 20 \text{ Ом}$ ли парал-лел занжир, кучланиши $U = 220 \text{ В}$ бўлган ўзарувчан ток тар-моқига уланган. Қаршиликлардан ўтаётган тоқлар, умумий ток занжирнинг кувват коэффициенти аниқлансин.

4.34-масала. Қаршиликлари $r_1 = 3 \text{ Ом}$, $r_2 = 9 \text{ Ом}$, $x_{L_1} = 4 \text{ Ом}$, $x_{L_2} = 12 \text{ Ом}$ дан бўлган параллел занжир (1.40-расм) кучланиши $U = 360 \text{ В}$ ли ўзарувчан ток тармоғига уланган. Занжирнинг кувват коэффициенти ва тармоқланишгача бўлган тоқлари, шунинг-дек, тармоқнинг кувват коэффициенти, актив, реактив ва тўла кувватлари аниқлансин. Масштабда кучланиш ва тоқларнинг век-тор диаграммаси курилсин.

4.35-масала. Частотаси $f = 50 \text{ Гц}$ ва кучланиши $U = 380 \text{ В}$ ли ўзарувчан ток тармоғига, куввати $P = 60 \text{ кВт}$ ли актив-ва реактив куватли истеъмолчи уланган.

Истеъмолчининг тўла ва реактив куввати, шунингдек, кувват коэффициенти аниқлансин.

4.36-масала. $\cos \varphi_2 = 0,9$ га тенг бўлганда узатгич симлардаги кувват коэффициенти $\cos \varphi_1 = 0,7$ дан $\cos \varphi_2 = 0,9$ га қа-тарлини учун, истеъмолчи билан параллел улангани керак бўлган конденсаторлар батареясининг сифими.

Ғалтадаги кувват P , кувват коэффициенти $\cos \varphi_1 = 0,7$ билан ишлаган-да тўла кувват:

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

1 реактив қууват:

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

симдардаги ток

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

Қууват коэффициенти $\cos \varphi_2 = 0,9$ 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 қууватлар учбурчегини қура-
миз (1.41-рasm, α ва δ):

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

2. Коммутацияланган керак бўлган реактив қууватни аниқ-
лаймиз

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

Демак, конденсаторлар батареясининг қуувати

$$Q_C = 30,6 \text{ кВар},$$

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

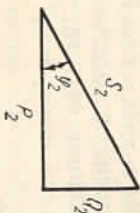
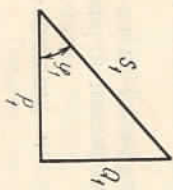
аммо
бундан

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

4.36-масала. Корхонанинг қууват коэффициентини (коэффи-
циент мощностей) ошириш мақсадида 152 кВар реактив индук-
тив қууватни компенсация қилиш учун тармоққа параллел ула-
ниши керак бўлган конденсаторлар батареясининг сифими аниқ-
лансин. Тармоқнинг кучланиши $U = 380$ В, частотаси $f = 50$ Гц.
Ечиш. Демак, бундай занжирда токлар 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 сифим қаршиини

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

1.41-рasm.

Конденсаторлар батареясининг ҳисобий сифими

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

4.37-масала. Фабрика бир ой ишлаши давомида унинг актив
энергия сўғичи 24500 кВт-соати, реактив энергия сўғичи
ва 140000 кВар соатни кўрсатди (иккала сўғичик бир вақтда
ишга туширилган). Фабриканинг ўртача ойлик қууват коэффи-
циенти аниқлансин.

5-БОБ. УЧ ФАЗЛИ ТОК ЗАНЖИРЛАРИ

5.1-масала. Линия кучланиши $U_L = 380$ В бўлган уч фазли
ток тармоғига индукцион печь уланган. Унинг қууват коэффи-
циенти $\cos \varphi = 0,8$ ва қуувати $P = 5$ кВт. Печнинг қиздириш
элементлари юлдуз схемада уланган. Ҳар бир фазанинг қарши-
ликлари 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 фазли ток тармоғига тўрт симли юлдуз схемада уланган.
Истеъмолчининг фаза тоқлари ва нолнинг симдаги ток занжир-
нинг қуйидаги ҳолатлари учун аниқлансин:

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

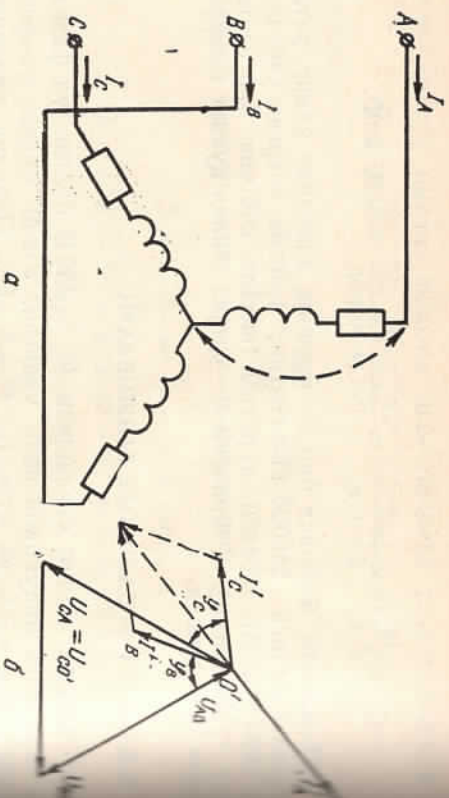
5.3-масала. Фазасининг актив ва индуктив қаршиликлари те-
нисинча $r_\phi = 6$ Ом, $x_{L\phi} = 8$ Ом дан бўлган симметрик истеъмол-
чи линия кучланиши $U_L = 220$ В бўлган уч фазли ток тармо-
ғига уланган. Агар истеъмолчининг A фазасида қисқа туташув
рўй берса, фазалардаги тоқлар қандай ўзгаради? Масштабда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

Ечиш. A ва O нуқталарнинг қисқа туташуви (1.42-рasm, a)
интервалда O нуқтанинг потенциалы A нуқтанинг потенциалга
тенглашади. Бу ҳолда B ва C фазаларнинг қаршиликлари ли-
ний кучланишига уланиб қолади. Улардаги тоқлар қиймат жи-
ғидан 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 жиғатдан U_{BO} ва U_{CO} кучланишлардан қуйидаги
нурчиқка орада қолади

$$\lg \varphi_B = \lg \varphi_C = \frac{x_{L\phi}}{r_\phi} = \frac{8}{6} = 1,33 \text{ ёки } \varphi_\phi = 5^\circ$$



1.42-расм.

Бу ҳолда истеъмоличнинг А фазасидаги қисқа туташув тоғи 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 йиғинининг теъкарисидир. Вектор диаграммани куришдан аввал кўчириш ва ток масштабларини қабул қиламиз, масалан $m_I = 5 \text{ А/мм}$, $m_U = 1 \text{ А/мм}$. Вектор диаграммадан қисқа туташув тоғи (1.42-расм б) $I_A = I_r \cdot m_I = 38 \text{ мм} \cdot 1 \text{ А/мм} = 38 \text{ А}$.

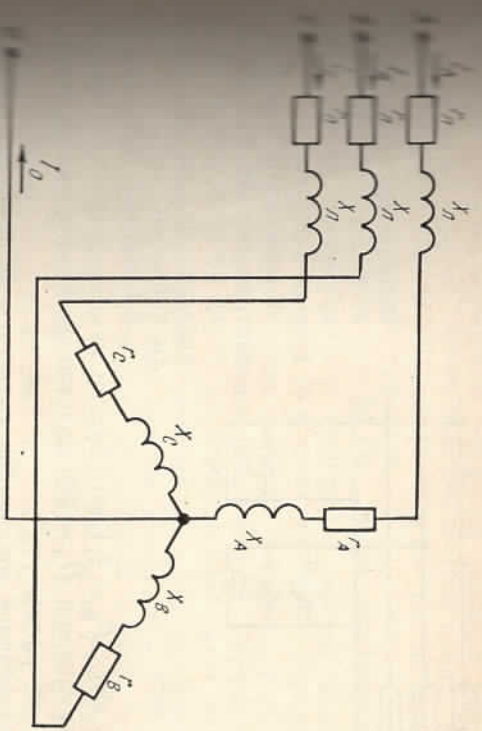
Занжир нормал ишлаганда А фазадан ўтадиган ток

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

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

5.4-масала. Линия кучданиши $U_L = 380 \text{ В}$ бўлган уч фазали ток тармоғига қувват коэффициентлари бир хил ($\cos \varphi_{\Phi} = 0,8$) бўлган актив-индуктив характерли учта истеъмолчи тўрт синг юлдуз схемада уланган.

Истеъмоличнинг фаза қувватлари тегишлича $P_A = 1,32 \text{ кВт}$, $P_B = 1,98 \text{ кВт}$, $P_C = 2,64 \text{ кВт}$ ни ташкил этади. Истеъмоличнинг фазаларидаги тоқлар ва нолинчи симдаги ток, ҳар бир фазали актив, реактив, тўла қаршиликлари ҳамда уч фазали занжирнинг актив, реактив ва тўла қувватлари аниқлансин. Масштабдан ва кучланишларнинг вектор диаграммаси курилсин.



1.43-расм.

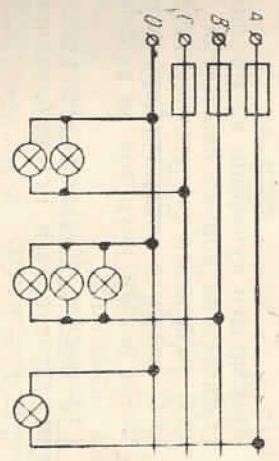
Бу масала, Линия кучданиши $U_L = 380 \text{ В}$ бўлган уч фазали тармоғига актив-индуктив характердаги истеъмоличлар тўрт синг юлдуз схемада уланган. Уларнинг фаза актив қувватлари $P_A = 3,0 \text{ кВт}$, $P_B = 3,6 \text{ кВт}$, $P_C = 4,4 \text{ кВт}$,

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 токлар ҳамда уч фазали занжирнинг актив, реактив ва тўла қувватлари аниқлансин. Масштабда ток ва кучланишларнинг вектор диаграммаси курилсин.

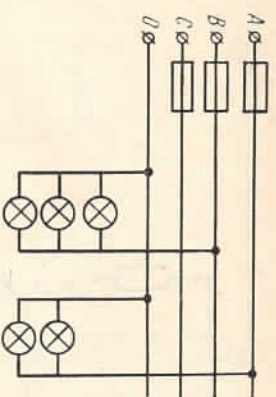
Бундан қаршиликлари $r_A = 17 \text{ Ом}$, $r_B = 14 \text{ Ом}$, $r_C = 13 \text{ Ом}$, $x_{L_A} = 18 \text{ Ом}$, $x_{L_B} = 28 \text{ Ом}$ бўлган истеъмолчи линия тармоғининг $U_L = 380 \text{ вольтли}$ уч фазали ток тармоғига тўрт синг юлдуз схемада уланган (1.43-расм). Ҳар бир линия симидаги ва индуктив қаршилиги $r_A = 10 \text{ Ом}$ ва $x_{L_L} = 2 \text{ Ом}$ ни ташкил этади.

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

Бундан қаршиликлари $r_A = 17 \text{ Ом}$, $r_B = 14 \text{ Ом}$, $r_C = 13 \text{ Ом}$, $x_{L_A} = 18 \text{ Ом}$, $x_{L_B} = 28 \text{ Ом}$ бўлган истеъмолчи линия тармоғининг $U_L = 380 \text{ вольтли}$ уч фазали ток тармоғига тўрт синг юлдуз схемада уланган (1.43-расм). Ҳар бир линия симидаги ва индуктив қаршилиги $r_A = 10 \text{ Ом}$ ва $x_{L_L} = 2 \text{ Ом}$ ни ташкил этади.



1.44-расм.



$$P_A = 5.5 \text{ кВт}, \quad P_B = 6.6 \text{ кВт}, \\ P_C = 2.75 \text{ кВт}.$$

Куйилдирилган аниқлансин:

- 1) фазалардаги тоқлар;
- 2) вектор диаграммдан ток I_0 нинг қиймати;
- 3) тармоқдан истеъмол қилинган умумий қувват;
- 4) масштабда ток ва кучланишларнинг вектор диаграммаси курилсин.

1.45-расм.

5.8-масала. Қувватлари $P_A = 2.2 \text{ кВт}$, $P_B = 4.4 \text{ кВт}$ бўлган иккита лампадар группаси линия кучланиши $U_L = 380 \text{ вольт}$ ги 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 курилсин.

5.9-масала. Линия кучланишлари $U_L = 380 \text{ В}$ 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 фазасидаги 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 $U_L = 380 \text{ В}$ бўлган уч фазали ток тармоғига уланган. Двигателънинг тармоқдан истеъмол қиладиган қуввати $P = 16 \text{ кВт}$, қувват коэффициенти $\cos \varphi = 0.78$.

Фазалардаги кучланиш ва ток аниқлансин:

- 1) двигателъ нормал ишлаганда,
 - 2) С фазасидаги сақлагич куйилганда,
 - 3) С фазасида қисқа туташув содир бўлганда.
- Учала режим учун ток ва кучланишларнинг вектор диаграммаси чизилсин.

5.12-масала. Қувват коэффициенти $\cos \varphi = 0.7$ бўлган актив-сифим характердаги истеъмолчининг фаза қаршилликлари $Z_A = Z_B = Z_C = 10 \text{ Ом}$. Агар истеъмолчи линия кучланиши $U_L = 220 \text{ В}$ 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 курилсин.

5.13-масала. Частотаси $f = 50 \text{ Гц}$ линия кучланиши $U_L = 380 \text{ В}$ бўлган уч фазали ток тармоғига реактив қувватлари $Q_A = Q_B = Q_C = 1800 \text{ ВАР}$ дан бўлган актив-сифим 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 қаршилликлари, шунингдек, конденсаторларнинг сифими аниқлансин.

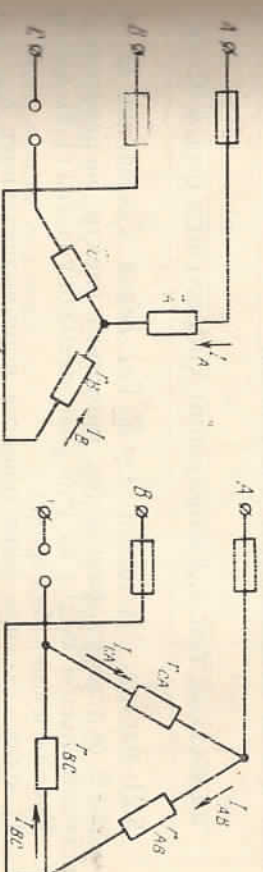
5.14-масала. Линия кучланиши $U_L = 220 \text{ В}$ бўлган уч фазали ток тармоғига носимметрик истеъмолчи учбурчак схемада уланган. Истеъмолчи фазасининг параметрлари куйилганча: $r_{AB} = r_{BC} = r_{CA} = 20 \text{ Ом}$, $x_{LAB} = 40 \text{ Ом}$, $x_{LBC} = 30 \text{ Ом}$, $x_{LCA} = 20 \text{ Ом}$,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

5.15-масала. Линия кучланиши $U_L = 220 \text{ В}$ бўлган уч фазали ток тармоғига фаза қувватлари $P_{AB} = 1.1 \text{ кВт}$, $P_{BC} = 1.76 \text{ кВт}$, $P_{CA} = 2.64 \text{ кВт}$ дан бўлган истеъмолчи учбурчак схемада уланган. Истеъмолчининг ВС фазасида узилиш содир бўлди. Узилиш содир бўлишга қадар ва ундан кейинги вазиятлар учун фаза ва линия тоқлари аниқлансин.

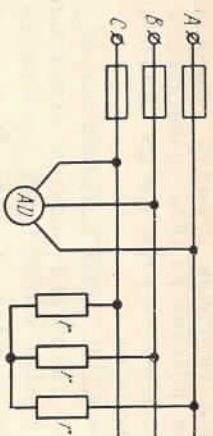
5.16-масала. Қаршилликлари $r_A = r_B = r_C = 10 \text{ Ом}$ дан бўлган истеъмолчи линия кучланиши $U_L = 380 \text{ В}$ бўлган уч фазали ток тармоғига уч симли юлдуз схемада уланган. Масала куйидаги ҳолатлар учун ечилсин.

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

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



1.46-расм.



3. Иккала хол учун ток ва кучланишларнинг вектор диаграммаси чизилсин.

5.17-масада. Ҳар бирининг куввати 1000 ваттдан бўлган учта электр лампа линия кучланиши $U_n = 220$ В ли уч фазали ток тармоғига учбурчак схемада уланган.

1.47-расм. 1. Занжирнинг В фазасидаги сақлагич куйганда ҳар бир лампа қисмаларидаги кучланиш аниқлансин.

2. Занжирнинг бирор фазасидаги лампа куйганда линия сим-ларидаги тоқларнинг қандай ўзариши аниқлансин.

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

5.18-масада. Линия кучланиши $U_n = 380$ В бўлган уч фазали ток тармоғига электр печь уланган. Печнинг қиздириш элементлари юлдуз схемада уланса, тармоқдан истеъмол қиладиган кувват $P = 5$ кВт бўлади. Агар печнинг қиздириш элементлари учбурчак схемада уланса, фаза тоқлари ва тармоқдан истеъмол қиладиган кувват қандай ўзгаради?

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

5.20-масада. Линия кучланиши $U_n = 380$ В бўлган уч фазали ток тармоғига асинхрон двигатель ва қиздиригич печь уланган (1.47-расм). Кувват коэффициенти $\cos \varphi = 0,8$ да двигательнинг истеъмол қиладиган куввати $P_{дв} = 16$ кВт, печнинг истеъмол қиладиган куввати $P_{п} = 6$ кВт.

Уч фазали занжирнинг тўла куввати ва барча қурилмаларнинг кувват коэффициенти аниқлансин.

УЧ ФАЗАЛИ ТОК ЗАНЖИРЛАРИНИ ҲИСОБЛАШГА ОИД МАСАДА

5.21-масада. Частотаси $f = 50$ Гц, линия кучланиши $U_n = 380$ В бўлган уч фазали ток тармоғига электр энергиясининг истеъмолчилари юлдуз ва учбурчак схемада уланган (1.48-расм). Куйидагиларни бажаринг:

- 1) юлдуз схемада бириктирилган истеъмолчиларнинг I_{ay} , I_{by} , I_{cy} фаза тоқларини аниқланг;

2) учбурчак схемада бириктирилган истеъмолчиларнинг I_{ay} , I_{by} , I_{cy} фаза тоқлари ва I_{ay} , I_{by} , I_{cy} линия тоқларини аниқланг (шар фазалар симметрик режимда юкланган бўлса);

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

4) юлдуз схемада бириктирилган истеъмолчиларнинг нолинчи (нейтрал) симдаги I_0 тоқининг, шунингдек, учбурчак схемада бириктирилган истеъмолчиларнинг I_{ay} , I_{by} ва I_{cy} линия тоқларининг 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 дар 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, сифм 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 (шорасини кўрсатиб) ва тўла қувватларини аниқланг.

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

Юлдуз схемада бириктирилган истеъмолчиларнинг параметрлар:

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

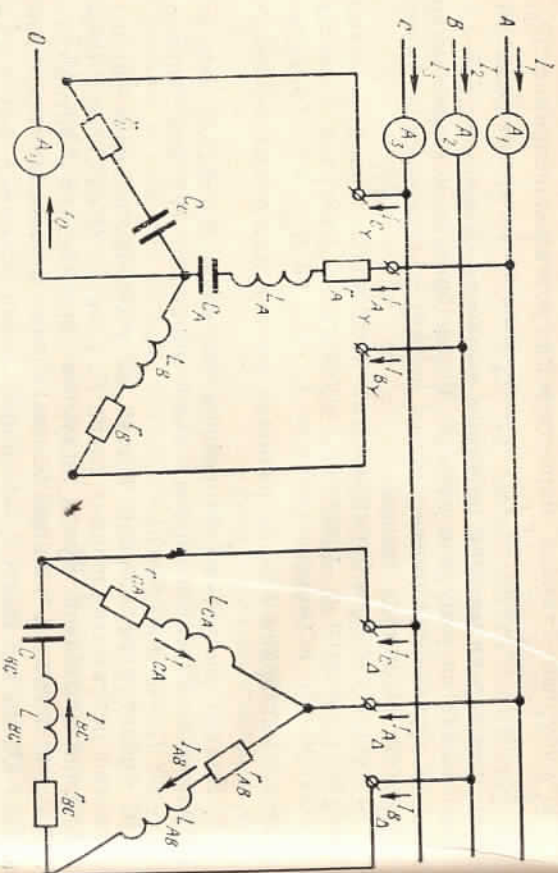
Учбурчак схемада бириктирилган истеъмолчиларнинг параметрлари:

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
0	13	13	28	48	24	—	419	—

Ҳисобланадиган уч фазали занжирнинг схемаси 1.48-расмда кўрсатилган.

Масаланинг ечилиши.

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



1.48-расм.

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

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

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

Истеъмоличилар юлдуз схемада бириктирилганда унинг фаза кучланиши:

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

$U_A = U_B = U_C = U_\Phi$ 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. Учбурак схемада бириктирилган истеъмоличиларнинг фаза тоқларини аниқлаш.
Бунинг учун аввал ҳар бир фазанинг тўла қаршилигини алоҳида ҳисоблаш керак:

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

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

$$Z_{CA} = \sqrt{r_{CA}^2 + (\omega L_{CA})^2} = \sqrt{13^2 + (314 \cdot 24 \cdot 10^{-3})^2} = \sqrt{13^2 + 7,54^2} = 22,58 \text{ Ом}.$$

Истеъмоличилар учбурак схемада бириктирилганда линия ва фазан кучланишлари ўзаро тенг, яъни $U_{AB} = U_{BC} = U_{CA} = U_\Phi = U_L = 380 \text{ В}$. У ҳолда фазалардаги тоқлар:

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

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

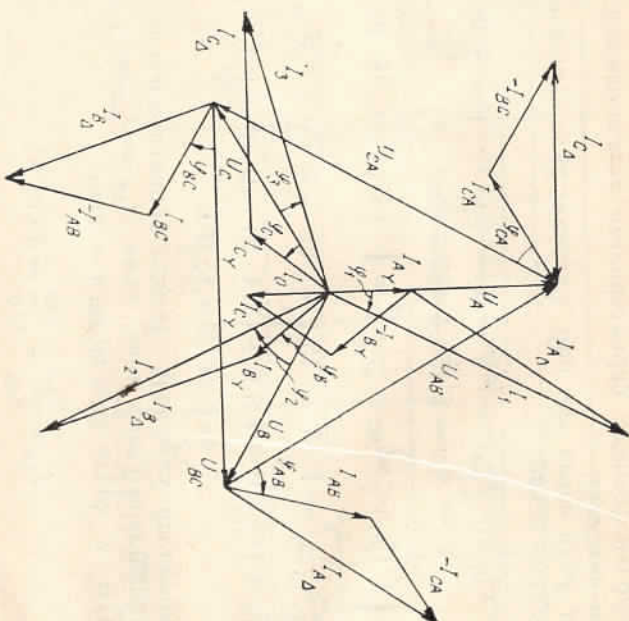
$$I_{CA} = \frac{U_{CA}}{Z_{CA}} = \frac{380}{15} = 25,3 \text{ А}.$$

3. Юлдуз ва учбурак схемада бириктирилган истеъмоличилар ток ва кучланишларининг ягона вектор диаграммасини бирор қандайдиган масштабда кураимиз.

а) Вектор диаграммани аввал юлдуз схемада бириктирилган истеъмоличилар тоқи ва кучланишларининг вектор диаграммаси ни нутридан бошлаймиз. Бунинг учун кучланиш масштабини $m_1 = 1 \text{ В/мм}$, ток масштабини эса $m_2 = 1 \text{ А/мм}$ қилиб танлаб оламиз. Истеъмоличиларнинг нуқтадан (1.49-расм) А фазанинг фаза кучланиши векторини вертикал қўламиз.

Сўнгра $\vec{U}_A$ фаза кучланишига нисбатан соат стрелкасининг қарикет йўналиши бўйича 120° ва 240° дан сўнг тегишлича $\vec{U}_B$ ва $\vec{U}_C$ фаза кучланишларининг векторлари чизилади. Нолнччи син бўлганда фаза кучланишлар U_A, U_B, U_C ўзаро тенг бўлиб, уч фазали симметрик системани ташкил қилади. Фаза кучланишларини векторларининг охирини бириктириб $\vec{U}_{AB}, \vec{U}_{BC}$ ва $\vec{U}_{CA}$ линия кучланишларининг учбурақлини ҳосил қиламиз (1.49-расм).

Истеъмоличиларнинг ток векторларини куриш учун, аввал бу тоқларнинг тегишли фаза кучланишларига нисбатан фаза силжиш бурчларини аниқлаймиз.



1.49-расм.

Истеъмољчининг A фазасида $\omega L_A = 1/\omega \cdot C$ бўлгани учун реактив кучланишлар U_{L_A} , U_{C_A} бир-бирларини компенсация қилган 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 $\bar{I}_A$ токиннинг вектори $\bar{U}_A$ фаза кучланишининг вектори билан бир хил йўналган бўлади. Истеъмољчининг 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.

Истеъмољчининг C фазасидаги занжир актив-сифим 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 истеъмољчиларнинг ток векторларини тегишли фаза кучланишларига нисбатан ҳисобланган бурчаклар остида O нуқтадан бошлаб чизамиз (1.49-расм).

б) Юқоридагига ўхшаш усул билан учбурчак схемада бириктирилган истеъмољчилар 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.

Истеъмољчининг 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.

Истеъмољчининг 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.

Истеъмољчининг 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 I_{AB} , I_{BC} , I_{CA} токларининг векторларини истеъмољчиларнинг 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 ток-ни ва учбурчак схемадаги $I_{A\Delta}$, $I_{B\Delta}$ ва $I_{C\Delta}$ линия токларини аниқлаш:

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

$$\bar{I}_0 = \bar{I}_{A\Delta} + \bar{I}_{B\Delta} + \bar{I}_{C\Delta}.$$

Унинг ҳақиқий қийматини аниқлаш учун вектор $\bar{I}_0$ нинг узунлигини ўлчаб, уни ток масштабига қўнайтириш керак, яъни $I_0 = I_0 \cdot m_1 = 16 \text{ мм} \cdot 1 \text{ А/мм} = 16 \text{ А};$

б) учбурчак схемада бириктирилган истеъмољчиларнинг $I_{A\Delta}$,

$\vec{I}_{B\Delta}$ ва $\vec{I}_{C\Delta}$ линия тоқлари Кирхгофнинг биринчи қонунига биноан маълум фаза тоқлари векторларининг айрмасига тенг (1.49-расм):

$$\begin{aligned}\vec{I}_{A\Delta} &= \vec{I}_{AB} - \vec{I}_{CA}; \\ \vec{I}_{B\Delta} &= \vec{I}_{BC} - \vec{I}_{AB}; \\ \vec{I}_{C\Delta} &= \vec{I}_{CA} - \vec{I}_{BC}.\end{aligned}$$

Демак, уларнинг қийматлари $\vec{I}_{A\Delta}$, $\vec{I}_{B\Delta}$ ва $\vec{I}_{C\Delta}$ векторларининг узунликларига тенг (чунки ихтиёрий танланган ток масштабида 1 мм = 1 А); яъни $\vec{I}_{A\Delta} = 51$ мм ёки $I_{A\Delta} = 51$ А;

$$\begin{aligned}\vec{I}_{B\Delta} &= 43,5 \text{ мм ёки } I_{B\Delta} = 43,5 \text{ А}; \\ \vec{I}_{C\Delta} &= 43,5 \text{ мм ёки } I_{C\Delta} = 43,5 \text{ А}.\end{aligned}$$

5. Вектор диаграммдан (1.49-расм) A_1 , A_2 ва A_3 амперметрларнинг кўрсатишларини, яъни I_1 , I_2 ва I_3 тоқларнинг қийматлари аниқланди.

Бунинг учун юлдуз схемада бириктирилган истеъмолчиларнинг $I_{A\gamma}$, $I_{B\gamma}$ ва $I_{C\gamma}$ фаза тоқларини учбурчак схемада бириктирилган истеъмолчиларнинг $I_{A\Delta}$, $I_{B\Delta}$ ва $I_{C\Delta}$ линия тоқлари билан Кирхгофнинг биринчи қонунига мувофиқ геометрик қўшилади:

$$\begin{aligned}\vec{I}_1 &= \vec{I}_{A\gamma} + \vec{I}_{A\Delta}; \\ \vec{I}_2 &= \vec{I}_{B\gamma} + \vec{I}_{B\Delta}; \\ \vec{I}_3 &= \vec{I}_{C\gamma} + \vec{I}_{C\Delta}.\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}\vec{I}_1 &= 65 \text{ мм ёки } I_1 = 65 \text{ А}; \\ \vec{I}_2 &= 63 \text{ мм ёки } I_2 = 63 \text{ А}; \\ \vec{I}_3 &= 58 \text{ мм ёки } I_3 = 58 \text{ А}.\end{aligned}$$

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

Ҳар бир фазанинг актив қуввати:

$$\begin{aligned}P_A &= U_A \cdot I_{A\gamma} \cdot \cos \varphi_A = 220 \cdot 14,67 \cdot 1 = 3227 \text{ Вт} = 3,23 \text{ кВт}; \\ P_B &= U_B \cdot I_{B\gamma} \cdot \cos \varphi_B = 220 \cdot 20,56 \cdot 0,93 = 4207 \text{ Вт} = 4,2 \text{ кВт}; \\ P_C &= U_C \cdot I_{C\gamma} \cdot \cos \varphi_C = 220 \cdot 20,56 \cdot 0,93 = 4207 \text{ Вт} = 4,2 \text{ кВт}.\end{aligned}$$

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:

$$\begin{aligned}Q_A &= U_A \cdot I_{A\gamma} \cdot \sin \varphi_A = 220 \cdot 14,66 \cdot 0 = 0; \\ Q_B &= U_B \cdot I_{B\gamma} \cdot \sin \varphi_B = 220 \cdot 20,56 \cdot 0,37 = 1674 \text{ ВАР} = 1,67 \text{ кВАР}; \\ Q_C &= U_C \cdot I_{C\gamma} \cdot \sin \varphi_C = 220 \cdot 20,56 \cdot (-0,37) = -1674 \text{ ВАР} = 1,67 \text{ кВАР}.\end{aligned}$$

Учала фазанинг реактив қуввати:

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

Ҳар бир фазанинг тўла қуввати:

$$\begin{aligned}S_A &= \sqrt{P_A^2 + Q_A^2} = \sqrt{3,23^2 + 0^2} = 3,23 \text{ кВА}; \\ S_B &= \sqrt{P_B^2 + Q_B^2} = \sqrt{4,2^2 + 1,67^2} = \sqrt{20,43} = 4,5 \text{ кВА}; \\ S_C &= \sqrt{P_C^2 + Q_C^2} = \sqrt{4,2^2 + 1,67^2} = \sqrt{20,43} = 4,5 \text{ кВА}.\end{aligned}$$

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 қувватлари

Ҳар бир фазанинг актив қуввати:

$$\begin{aligned}P_{AB} &= U_{AB} \cdot I_{AB} \cdot \cos \varphi_{AB} = 380 \cdot 30,16 \cdot 0,71 = 8137 \text{ Вт} = 8,14 \text{ кВт}; \\ P_{BC} &= U_{BC} \cdot I_{BC} \cdot \cos \varphi_{BC} = 380 \cdot 25,3 \cdot 0,87 = 8364 \text{ Вт} = 8,36 \text{ кВт}; \\ P_{CA} &= U_{CA} \cdot I_{CA} \cdot \cos \varphi_{CA} = 380 \cdot 25,3 \cdot 0,87 = 8364 \text{ Вт} = 8,36 \text{ кВт}.\end{aligned}$$

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:

$$\begin{aligned}Q_{AB} &= U_{AB} \cdot I_{AB} \cdot \sin \varphi_{AB} = 380 \cdot 30,16 \cdot 0,71 = 8137 \text{ ВАР} = 8,14 \text{ кВАР}; \\ Q_{BC} &= U_{BC} \cdot I_{BC} \cdot \sin \varphi_{BC} = 380 \cdot 25,3 \cdot 0,49 = 4710 \text{ ВАР} = 4,71 \text{ кВАР}; \\ Q_{CA} &= U_{CA} \cdot I_{CA} \cdot \sin \varphi_{CA} = 380 \cdot 25,3 \cdot 0,49 = 4710 \text{ ВАР} = 4,71 \text{ кВАР}.\end{aligned}$$

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:

$$\begin{aligned}S_{AB} &= \sqrt{P_{AB}^2 + Q_{AB}^2} = \sqrt{8,14^2 + 8,14^2} = \sqrt{132,62} = 11,5 \text{ кВА}; \\ S_{BC} &= \sqrt{P_{BC}^2 + Q_{BC}^2} = \sqrt{8,36^2 + 4,71^2} = \sqrt{92,09} = 9,6 \text{ кВА}; \\ S_{CA} &= \sqrt{P_{CA}^2 + Q_{CA}^2} = \sqrt{8,36^2 + 4,71^2} = \sqrt{92,09} = 9,6 \text{ кВА}.\end{aligned}$$

Учала фазанинг тўла қуввати

$$S_A = \sqrt{P_A^2 + Q_A^2} = \sqrt{24,86^2 + 17,56^2} = 30,44 \text{ кВА.}$$

7. Вектор диаграммдан (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 қувватларини аниқлаймиз:

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

$$Q_{\text{АН}} = Q_Y + Q_A = 0 + 17,6 = 17,6 \text{ кВАР},$$

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

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

Уч фазали занжирларни ҳисоблашга оид вариантлар иловада берилган.

6-БОБ. ЭЛЕКТР ЎЛЧАШЛАР

6.1-масада. Ўлчаш чегараси 10—20—30—75—100 А бўлган магнитоэлектрик системадаги амперметр шкаласининг 100 та бўлини маси бор. Асбобнинг барча берилган ўлчаш чегаралари учун сезгирлиги ҳамда шкала бўлини масининг доимийси аниқлансин.

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

$$r_Y = 46000 \text{ Ом}, \quad r_A = 30000 \text{ Ом}.$$

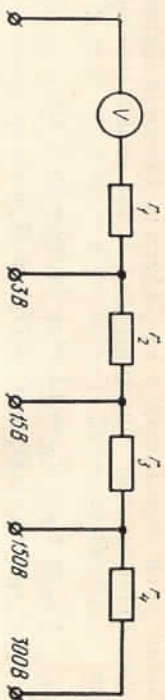
Ҳар қайси вольтметрнинг кўрсатиши аниқлансин.

6.3-масада. Истеъмолчилар улана борган сари занжирдаги ток ортиб 17 амперга етди. Уни ўлчаш учун номинал токи 10 А дан бўлган иккита амперметри параллел улашга тўғри келди. Амперметрларнинг ички қаршиликлари $r_A = 0,064 \text{ Ом}$, $r_A = 0,08 \text{ Ом}$. Ҳар қайси амперметрнинг кўрсатишини аниқлаб, уларнинг юкланиши ҳақида ҳулоа беринг.

6.4-масада. 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 ўлчаш ҳақида ҳулоа беринг.

6.5-масада. 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 шунг қаршилигининг қиймати аниқлансин. Амперметрнинг шунг қаршилик билан уланishi схемаси чизилсин.

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



1.50- расм.

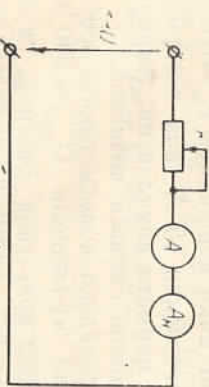
6.7- масала. Магнитоэлектрик системадаги вольтметр 3—15—150—300 В номинал кучланишларга мўлжаллаб ишлаб чиқарилган ва 1.50- расмда асбобнинг электр схемаси келтирилган. Асбобнинг ички қаршилиги $r_v = 33 \text{ Ом}$ ва номинал токи $I_{ном} = 75 \text{ мА}$ марлум бўлса, r_1 , r_2 , r_3 ва r_4 қўшимча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

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

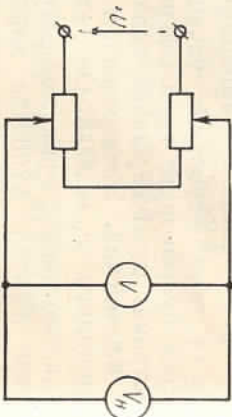
6.9- масала. Номинал токи $I_{ном} = 10 \text{ А}$ бўлган электродинамик системадаги амперметрни текшириш учун электродинамик системадаги намуна асбоб билан 1.51- расмдаги схема бўйича кетма-кет уланган. Текшириладиган асбобнинг кўрсатиши 8 А, намуна асбобнинг кўрсатиши 8,2 А га тенг. Амперметрнинг асослук,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

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

6.11- масала. Ўзармас ток занжирига уланган электромагнит системадаги вольтметр 132 вольт кучланишни кўрсатди. Худди шу асбобни ўзарувчан ток занжирига уланганда 127 вольт кучланишни кўрсатди. Ўзармас ток занжирини, шунингдек, ўзарма



1.51- расм.



1.52- расм.

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

6.12- масала. Аниқлик класси 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 $U_{ном} = 35 \text{ кВ}$ ва $U_{2ном} = 0,1 \text{ кВ}$ кучланишларга мўлжалланган. Агар трансформаторнинг иккиламчи чулғамига уланган вольтметр 95 В кучланишни кўрсатса, бирламчи чулғам қисмларидаги кучланиш неча вольтга тенг?

6.14- масала. Ўзарувчан ток занжирига электромагнит системадаги амперметр трансформация коэффициентини $K_r = 300/5$ 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.

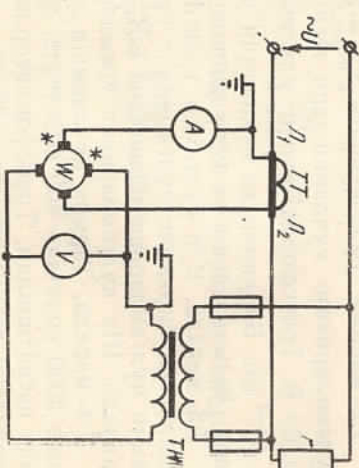
6.15- масала. Номинал кучланиши $U_{ном} = 150 \text{ В}$ ва номинал токи $I_{ном} = 5 \text{ А}$ бўлган электродинамик системадаги ваттметр трансформация коэффициентини $K_r = 200/5$ бўлган ток трансформатори орқали бир фазали ток занжирига уланган. Асбобнинг шкаласи 150 та бўлинмага бўлинган. Ваттметрнинг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

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

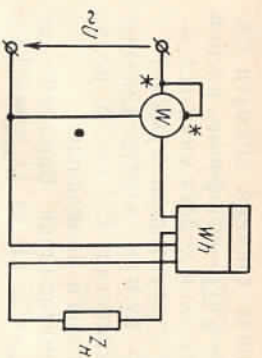
Занжирнинг токи, кучланиши ва қуввати аниқлансин.

6.17- масала. Ток трансформаторининг бирламчи ва иккиламчи чулғамлари тегишлича $I_{ном} = 600 \text{ А}$ ва $I_{2ном} = 5 \text{ А}$ 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 $U_{ном} = 220 \text{ В}$ ва номинал токи $I_{ном} = 5 \text{ А}$ бўлган бир фазали сўтчик ўрнатилган.



1.53- расм.



1.54-расм.

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

6.19-масала. Бир фазаги счётчикни текшириш учун 1.54-расмдаги схема бўйича ватметр уланди. Бир минут давомида счётчикнинг диски 42 марта айланди, бунда ватметрнинг кўрсатиши 1000 Вт. Счётчик номинал доимийси $S = 1440$ Вт сек/айл. Счётчикнинг ҳақиқий доимийси S_x , нисбий хатоси X_n аниқлансин.

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

6.21-масала. Завод цехида бир фазаги 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-БОБ. ТРАНСФОРМАТОРЛАР

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

Чулғамларининг ўрамлар сони тегишлича $w_1 = 1000$ ва $w_2 = 100$. Агар тармоқ токиннинг частотаси $f = 50$ Гц бўлса, трансформаторнинг бирламчи ва иккиламчи чулғамларида магнит оқим индукциялаган электр юритувчи $k_{\text{сч}}$ миқдорлари ва трансформаторнинг трансформация коэффициенти аниқлансин.

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

7.3-масала. Кўп чулғамли трансформаторнинг 220 В га мўлжалланган бирламчи чулғамининг ўрамлар сони $w_1 = 1100$. 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 вольтга, сўнгра 400 вольтдан 4) вольтга пасайтирилади. Трансформаторларнинг фойдали иш коэффициенти тегишлича $\eta_1 = 0,85$ ва $\eta_2 = 0,6$. Иккинчи трансформатордан истеъмол қилинаётган актив қувват $P = 5,1$ кВт бўлса,

биринчи трансформаторнинг кириш томонидagi актив қувват аниқлансин.

7.5-масала. ТМ-100/10 типидagi уч фазаги трансформаторнинг паспортда куйидagi техникавий маълумотлар кўрсатилган: Номинал тўла қуввати $S_{\text{ном}} = 100$ кВА, юкори кучланиши

$U_{1\text{ном}} = 10$ кВ;

пастки кучланиши $U_{2\text{ном}} = 0,4$ кВ;

салт ишлагандаги қувват исрофи (номинал кучланишда) $P_{\text{п}} = 365$ Вт;

қиска туташувдаги қувват исрофи $P_{\text{к.т.}} = 1970$ Вт;

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

чулғамларни бириктириш усули $Y/Y_0 - 12$.

Куйидagiлар аниқлансин:

1. Трансформация коэффициенти K ;

2. Бирламчи ва иккиламчи чулғамлардаги номинал токлар;

3. Трансформатор салт ишлаганда фаза чулғамларининг қисмаларидаги кучланиш;

4. Трансформатор чулғамларининг номинал токига тўғри келган актив қаршиликлари;

5. Трансформаторнинг қувват коэффициенти $\cos \varphi_2 = 0,8$ бўлиб (юкланиш актив-индуктив характерга эва), юкланш коэффициенти $\beta = 0,25; 0,5; 0,75$ ва 1 бўлгандаги фойдали иш коэффициентилари;

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

Масаланинг ечилиши.

1. Трансформация коэффициенти

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

2. Чулғамлардаги токлар

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

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

3. Трансформатор салт ишлаганда фаза чулғамларининг қисмаларидаги кучланиш:

$$U_{10\phi} = \frac{U_{1\text{ном}}}{\sqrt{3}} = \frac{10000}{\sqrt{3}} = 5788 \text{ В};$$

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

4. Чулғамларнинг актив қаршиликлари.

Трансформаторнинг қисқа туташув пайтидаги қувват исрофи исказла чулғамларнинг қувват исрофлари йиғиндисига тенг:

$$P_{\kappa.т.} = 3I_1^2 \cdot l_{1ном}^2 + 3 \cdot I_2^2 \cdot l_{2ном}^2$$

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

$$3 \cdot I_1 \cdot l_{1ном}^2 = 3 \cdot I_2 \cdot l_{2ном}^2$$

У ҳолда бирламчи чулғам учун

$$3 \cdot I_1 \cdot l_{1ном}^2 = P_{\kappa.т.}/2, \text{ бундан } I_1 = \frac{P_{\kappa.т.}}{2 \cdot 3 \cdot l_{1ном}^2}.$$

Демак,

$$I_1 = \frac{1970}{2 \cdot 3 \cdot 5,78^2} = \frac{1970}{200,4} = 9,83 \text{ Ом.}$$

Иккиламчи чулғам учун эса

$$3 \cdot I_2 \cdot l_{2ном}^2 = P_{\kappa.т.}/2, \text{ бундан } I_2 = \frac{P_{\kappa.т.}}{2 \cdot 3 \cdot l_{2ном}^2}.$$

$$\text{Демак, } I_2 = \frac{1970}{2 \cdot 3 \cdot 14,5^2} = \frac{1970}{125280} = 0,0157 \text{ Ом.}$$

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

5. Трансформаторнинг юқорида кўрсатилган қувват коэффициенти ва юкланиш коэффициендларига мос фойдални иш коэффициендлари қуйидагича аниқланади:

$$\eta = \frac{\beta \cdot S_{ном} \cdot \cos \varphi_2}{\beta \cdot S_{ном} \cos \varphi_2 + P_n + \beta^2 P_{\kappa.т.}};$$

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

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

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

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

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

$$\beta^2 P_{\kappa.т.} = P_n.$$

У ҳолда изланиётган оптимал юкланиш коэффициенти:

$$\beta = \sqrt{\frac{P_n}{P_{\kappa.т.}}} = \sqrt{\frac{365}{1970}} = \sqrt{0,1852} \approx 0,43.$$

6. Юкланиш номинал бўлганда ($\beta = 1$ ва $I = I_{ном}$) 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:

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

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

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

7.6-масала. Чулғамларнинг улаиш схемаси У/У бўлган уч фазаги трансформатор бирламчи чулғамининг линия кучланиши $U_{1л} = 380$ В, иккиламчи чулғам линия кучланиши $U_{2л} = 220$ В. Трансформатор чулғамларининг улаиш схемалари: 1. Δ/Δ . 2. У/ Δ . 3. Δ/Υ . бўлганда, иккиламчи чулғамнинг линия кучланишлари аниқлансин.

7.7-масала. Катаголда ТМ-40/10 типдаги уч фазаги трансформаторга онд қуйидаги техникавий маълумотлар бор:

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

бирламчи чулғамининг номинал кучланиши $U_{1ном} = 10$ кВ; иккиламчи чулғамининг номинал кучланиши $U_{2ном} = 0,4$ кВ; саат ишлангандаги қувват исрофи $P_n = 190$ Вт; қисқа туташувдаги қувват исрофи $P_{\kappa.т.} = 880$ Вт; қисқа туташув кучланиши $U_{\kappa.т.} = 4,5$ %;

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

Қуйидагилар аниқлансин:

1. Юкланишлар номиналгига 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 томонидagi кучланиш $U_1 = 220$ В. Чикши томонидagi кучланиш $U_2 = 120$ В. Бирламчи чулғамнинг ўрамлар сони $w_1 = 660$.

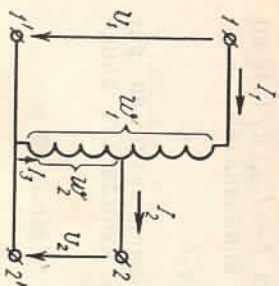
Қуйидагилар аниқлансин:

1. Иккиламчи чулғамнинг ўрамлар сони — w_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 чулғам $U_1 = 220$ В кучланишга мўлжалланган автотрансформаторнинг ўрамлар сони $w_1 = 880$. Иккиламчи чулғамдан 110 В; 55 В; 36 В; 12 В кучланиш олиш учун нечанчи ўрамлардан сўнг чиққичлар чиқариш керак?



1.55-расм.

рамларнинг ўрамлар сони тегишлича $w_1 = 1520$ ва $w_2 = 600$ бўлиб (1.55-расм), кучланиши $U = 380$ В бўлган ўзгарувчан ток тармоғига ulangан. Юкканиш қаршилиги 500 Ом бўлса, I_1 , I_2 ва I_3 тоқлар аниқлансин.

8.50 Б. АСИНХРОН МАШИНАЛАР

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

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

8.3-масала. Уч фазали қисқа туташган роторли асинхрон двигателънинг статор чулғамларидан 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 коэффициентни нимага тенг?

Иловадан двигателънинг типни аниқлансин.

8.4-масала. 4A160S6У3 типдаги уч фазали қисқа туташган роторли асинхрон двигателъ юргизиш моментининг номинал моментга нисбати 1,2 бўлиб юкланиши тўла (номинал) бўлган аналундай двигателъни тармоқ кучланиши 5 ва 10% камайганда юргизиш мумкинми?

Ечиш. Асинхрон двигателънинг айлантирувчи momenti

$$M = c U_1^2 \frac{r_2 \cdot S}{r_1^2 + x_2^2 \cdot S^2}$$

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 айлантирувчи момент

$$M' = (0,95 U_1)^2 \frac{M}{M_{ном}} = 0,9 \cdot M_{ном}$$

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

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

Демак, бундай шартда двигателънинг юргизиш momenti унинг номинал моментидан катта бўлиб, тўла нагзука билан ишлай олади.

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

$$M'' = (0,9 U_1)^2 \cdot \frac{M}{M_{ном}}$$

ёки шу кучланишдаги юргизиш momenti

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

Демак, тармоқ кучланиши номиналга нисбатан 10% камайганда двигателънинг юргизиш momenti номинал моментдан кичик. Бундай шартда двигателъни номинал нагзука билан юргизиб бўлмайди.

Энди двигателъни номинал нагзука билан юргизиш мумкин бўлган кучланишининг чегара қийматини аниқлаймиз. Бу юргизиш моментининг номинал моментданги улуши β билан характерланади:

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

Демак, двигателъни тармоқ кучланиши $U_1' = 0,913 U_{ном}$ гача пайдаланганда ҳам юргизиш мумкин.

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

8.5-масала. Каталог бўйича 4A112M2У3, 4A132M3У3 ва 4A160S2У3 типдаги уч фазали қисқа туташган роторли асинхрон двигателълар юргизиш моментларининг номинал моментларга нисбатлари 2; 1,7 ва 1,4 ни ташкил этади. Ана шу двигателъларни юргизиш мумкин бўлган тармоқ кучланишининг пасайиши мумкин бўлган чегара қийматлари процентда аниқлансин.

8.6-масала. Нима учун қисқа туташган роторли асинхрон двигателъларни юргизишда роторда катта ток ҳосил бўлса ҳам двигателънинг юргизиш momenti кичик бўлишининг физик маъносини тушунириб беринг.

8.7-масала. 4A180S4У3 типдаги уч фазали қисқа туташган роторли асинхрон двигателънинг статор чулғамлари юлдз

схемада бириктирилиб, частотаси $f = 50$ Гц, линия кучланиши $U_L = 38$) В бўлган уч фазаги ток тармоғига уланган. Двигателнинг паспортда куйидаги 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 $\cos \varphi_1 = 0,9$. Кутблар сони — 4. Максимал ва юргизиш моментнинг номинал моментга нисбатлари 2,3; 1,4. Юргизиш токининг номинал токка нисбати 6,5.

Куйидагилар аниқлансин:

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

Ечиш. Двигателнинг кутблар сони 4 та бўлганда, жуфт кутблар 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 айлантувчи момент

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

Юргизиш момент

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

Максимал айлантувчи момент

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Шу кучланишдаги двигателнинг юргизиш токи

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

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

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

8.9-масала. 4А200М6У3 типдаги уч фазаги қисқа туташган роторли асинхрон двигателнинг ротори номинал нагрузкада $n_{\text{ном}} = 975$ айл/мин тезлик билан айланмоқда. Манба кучланишининг частотаси $f_1 = 50$ Гц. Двигателнинг жуфт кутблар сони p , синхрон тезлиги $n_{\text{ном}}$ ва номинал сирпаниши $S_{\text{ном}}$ аниқлансин. Шунингдек, сирпаниш $S = 5\%$ бўлганда двигател роторида ҳосил бўлган электр юритувчи кучнинг частотаси f_2 аниқлансин.

8.10-масала. 4А160S2У3 типдаги уч фазаги қисқа туташган роторли асинхрон двигател уч фазаги 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 кутблари сони 2 марта ортди. Айланувчан магнит майдонининг ва роторининг айланиш тезлиги қандай ўзгаради?

8.12-масала. Номинал қуввати $P_{\text{ном}} = 37$ кВт бўлган 4А250S8У3 типдаги уч фазаги қисқа туташган роторли асинхрон дви-

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

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

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

Юргизиш токининг номинал токка нисбати 7.

Қуйидагилар аниқлансин:

1. Синхрон тезлик $n_{1ном}$ ва номинал сирланиш $S_{ном}$;
2. Двигателининг номинал, юргизиш ва максимал айлантирувчи моментлари;
3. Статор чулғамлари юлдуз ва учбурчак схемада уланганда двигателининг номинал ва юргизиш тоқлари;
4. Иловадан двигателининг тип.

8.14-масала. Номинал куввати $P_{ном} = 11$ кВт бўлган 4А160 М8У3 типидagi уч фазали қисқа туташган роторли асинхрон двигатель роторининг айланиш тезлиги $n_{2ном} = 730$ айл/мин. Максимал ва юргизиш моментларининг номинал моментга нисбатлари 2,2; 1,4.

Қуйидагилар аниқлансин:

1. Двигателининг номинал юргизиш ва максимал айлантирувчи моментлари.
2. Тармоқ кучланиши 10% га ва 20% га пасайганда двигателининг юргизиш моментларини аниқлаб, унинг ишлаши ҳақида ҳулоса беринг.

Бу ҳолда двигателини тўда ва ярим нагзука билан юргизиб юбориш мумкинми?

8.15-масала. Номинал куввати $P_{ном} = 45$ кВт бўлган 4А200Л4У3 типидagi уч фазали қисқа туташган роторли асинхрон двигатель уч фазали ток тармоғига уланган. Двигателининг фойдали иш коэффициенти $\eta_{ном} = 0,905$. Двигателининг кувват исрофи ΔP ва 8 соат иш давомида двигателининг неча сўмлик энергия сарфлаши аниқлансин (1 кВт·соат — 4 тийин турди).

8.16-масала. Номинал куввати $P_{ном} = 132$ кВт бўлган 4А280М2У3 типидagi уч фазали қисқа туташган роторли асинхрон двигатель, линия кучланиши $U_L = 380$ В бўлган уч фазали ток тармоғига юлдуз схемада уланган. Статор чулғамларидан ўтаётган ток $I_{ном} = 247$ А. Двигателининг фойдали иш коэффициенти $\eta = 0,915$. Двигателининг тармоқдан истеъмол қиладиган куввати P_1 ва кувват коэффициенти $\cos \varphi_1$ аниқлансин.

8.17-масала. Фаза роторли асинхрон двигателлар юргизиш

токининг кичик, юргизиш моментининг эса катта бўлишини тўшғуриб беринг.

8.18-масала. Номинал кувватлари $P'_{1ном} = 0,5$ кВт, $P'_{2ном} = 1$ кВт бўлган бир фазали асинхрон двигателлар частотаси $f = 50$ Гц, фаза кучланиши $U_\phi = 220$ В бўлган ўзарувчан ток тармоғига уланган. Двигателларнинг кувват коэффициентлари тегишлича $\cos \varphi_{1ном} = 0,7$; $\cos \varphi_{2ном} = 0,9$.

Двигателлардан ўтаётган тоқлар ва уларнинг реактив, тўла кувватлари аниқлансин.

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

Қуйидагилар аниқлансин.

1. Конденсаторлар ўрнатилмасдан аввалги цех нагзукаларининг умумий куввати — P_1 .
2. Конденсаторлар батареяси ўрнатилмасдан аввал ва ўрнатилгандан сўнг линия симларидаги I_1 ва I_2 тоқлар.
- Ечиш. Конденсаторлар батареяси ўрнатилмасдан аввалги умумий актив кувват:

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

Реактив кувват:

$$Q_1 = P_{ав} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{гр} = 300 \cdot 1 = 300 \text{ кВар } (\operatorname{tg} \varphi_{гр} = 1).$$

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

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

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

2. Керакли конденсаторлар батареясининг сифими:

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

3. Линия симларидаги тоқлар:

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

$$I_2 = \frac{P_2}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi_2} = \frac{320 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,95} = 512,4 \text{ А.}$$

9. БОБ СИНХРОН МАШИНАЛАР

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

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

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

9.4-масада. 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-масада. 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-масада. 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 токнинг частотаси қандай ўзгаради? Масада 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-масада. Частотаси $f = 50$ Гц бўлган тармоққа уланган олти кутўбди синхрон генератор роторининг номинал айланиш тезлиги $n_{\text{ном}} = 1000$ айл/мин. Номинал айланиш тезлиги $n_{2\text{ном}} = 500$ айл/мин бўлган 12 кутўбди генераторни параллел ишлатиш учун тармоққа улаш мумкинми?

9.8-масада. СД2-85/29-10 типдаги синхрон двигатель қуйидаги номинал қийматларга 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 $\cos \varphi_{\text{ном}} = 0,9$, роторнинг айланиш тезлиги $n_{\text{ном}} = 1000$ айл/мин, максимал ва юртғиш моментларининг номинал моментга нисбатлари 1,7 ва 1,2, юртғиш токнинг номинал токка нисбати 5,5.

Қуйидагилар аниқлансин:

- 1) двигателнинг жуфт кутўблар сони — p ,
- 2) двигателнинг тармоқдан истеъмол қилаётган қуввати — P ,
- 3) двигателнинг юртғиш токи — $I_{\text{ю}}$,
- 4) двигателнинг номинал, юртғиш ва максимал айлантирувчи моментлари,

5) номинал нагрузкадаги қувват исрофгарчилиги. Ечилш. Двигателнинг жуфт кутўблар 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

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

Двигателнинг юртғиш токи

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

Номинал момент

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

Юртғиш моменти

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

Максимал моменти

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

Номинал нагрузкадаги қувват исрофгарчилиги

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

9.9-масада. Завод цехида $U_{\text{ном}} = 220$ вольт номинал кучланишга ҳисобланган уч фазали асинхрон двигател ар ўрнатилган. Уларнинг номинал қуввати, ф. и. к ва қувват коэффициенти қуйидаги жадвалда берилган:

Двигатель сони m	Ўқлати номинал қувват $P_{\text{ном}}$ кВт	η , %	$\cos \varphi$
5	4,5	76,5	0,72
8	7	86	0,78
1	20	88	0,82
1	55	91	0,84

Цехдаги электр қурилмаларнинг қувват коэффициенти 0,96 гача ошириш учун, ўрнатилган компенсаторнинг тўла қуввати аниқлансин. Компенсатордаги актив қувват исрофгарчилиги, унинг реактив қувватининг 0,3% ини ташкил этади.

Ечиш. Ҳар бир группа двигателнинг тармоқдан истеъмол қи-
лаётган актив қувватини аниқлаймиз:

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

шунингдек, уларнинг реактив қуввати

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

Ҳисоблашни осонлаштириш учун юқоридаги жалвали қуйи-
дагилар билан тўлдирамиз.

P , кВт	$\operatorname{tg} \varphi$	Q , кВар
29,4	0,97	28,5
65,5	0,81	52,65
22,8	0,70	16,0
60,04	0,65	39,3

Жадалда берилганлардан цех двигателлари истеъмол қила-
ётган 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, $\operatorname{tg} \varphi_1 = 0,2924$.

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 қурilmаларнинг қувват ко-
эффициентини ошириш мақсадида (аввалги масалада берилган-
ларга қаранг) номинал қуввати $P_{ном} = 55 \text{ кВт}$ га тенг бўлган
асинхрон двигателни синхрон двигател билан алмаштириш ҳа-
қида таклиф киритилди.

Қуйидагилар аниқлансин:

1) синхрон двигател сифатида ишлаб, айни вақтда цехнинг
қувват коэффициенти 0,96 гача ортирган синхрон машинанинг
тўла қуввати,

2) асинхрон двигателни синхрон двигател билан алмаштир-
гунга қадар таъминловчи тармоқ, линия симлардаги 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 со-
атдан олиб борилади, йиллик иш куни 300 га тенг.

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

$$P_1 = 117,7 \text{ кВт.}$$

Ўша двигателлар реактив қувватининг йиғиндисини

$$Q_1 = 97,15 \text{ кВар.}$$

Асинхрон двигателни синхрон двигател билан алмаштирган-
дан сўнг қувват коэффициенти $\cos \varphi_2 = 0,96$ га тенг бўлиб, умум-
ий 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 симлардаги ток (алмаштири-
лунга 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 (алмаштиригандан 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 узаттич симлардаги қувват
исрофгарчилиги:

$$P_{исм} = 3 \cdot I_1^2 \cdot R_{исм}$$

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

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

Исрофгарчиликлар нисбати:

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

бунидан

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

Симларда тежалган кувват:

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

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 кувват коэффициенти $\cos \varphi_{\text{ур}} = 0,8$ бўлганда, истеъмоладиган актив кувватларининг йилгидиси $P_{\text{ав}} = 350 \text{ кВт}$. Ёритишч нагруканинг куввати $P_{\text{ер}} = 30 \text{ кВт}$. Бундан ташқари, умумий куввати $P_{\text{н}} = 50 \text{ кВт}$ бўлган қизилрич печлар ўрнатилиб, корхонанинг истеъмоладиган умумий куввати ўзгармай қолиши керак. Корхонанинг кувват коэффициенти ошириб печларни электр энергия билан таъминлаш мақсадида, қўшимча кувват олиш учун синхрон компенсатор ўрнатиш тақлиф этилади.

Қуйидагилар аниқлансин:

1) қизилрич печлар ва синхрон компенсатор ўрнатилгунга қадар, шунингдек, ўрнатилгандан кейин корхонанинг кувват коэффициенти,

2) агар синхрон компенсатордаги актив кувват исрофгарчилигининг реактив кувватининг 5% ини ташкил этса, компенсаторнинг тўла кувватини,

3) кувватлар учбурчаги қурилсин.

Ечиш. Синхрон компенсатор ва қизилрич печлар ўрнатилгунга қадар:

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

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

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

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

ўрнатилгандан сўнг

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

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

Компенсацияланиши керак бўлган реактив кувват

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

Компенсатордаги кувват исрофгарчилиги

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

Компенсаторнинг тўла куввати

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

10-БОБ. ЎЗГАРМАС ТОК МАШИНАЛАРИ

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

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

10.3-масала. Ўзгармас ток генераторининг якорь чулғамларини кесиб ўтаётган магнит оқими $\Phi = 0,02 \text{ Вб}$, машинанинг доимийси $C_E = 10$. Якорининг 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-расм) техник маълумотлари қуйидагича: номинал куввати $P_{\text{ном}} = 16 \text{ кВт}$, номинал кучланиши $U_{\text{ном}} = 230 \text{ В}$, якорь чулғамининг қаршилигини $r_a = 0,12 \text{ Ом}$, уйғотиш занжирининг қаршилиги $r_y = 18 \text{ Ом}$, уйғотиш занжирининг кучланиши $U_y = 110 \text{ В}$.

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

Қуйидагилар аниқлансин:

1) генераторнинг ЭЮК (E);

2) генераторнинг нагрукаси номинал қийматга тенг бўлгандаги фойдали иш коэффициенти η .

Ечиш. 1. Генераторнинг ЭЮК и

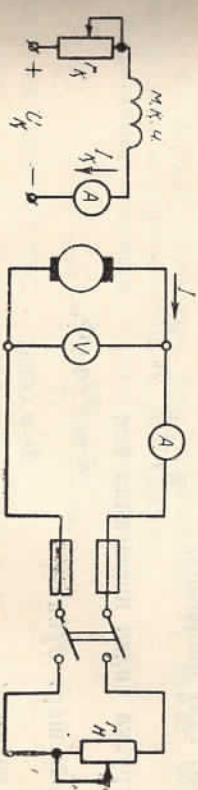
$$E = U + I_a \cdot r_a.$$

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-расм.

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 исроффарчиликларининг йиғиндиси:

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

Ана шу пайтда уйғотиш занжиридаги қувват исроффарчилиги

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

Якорь чулғамидagi қувват исроффарчилиги:

$$P_a = I_a^2 \cdot r_a = 69,57^2 \cdot 0,12 = 581 \text{ Вт} = 0,581 \text{ кВт.}$$

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,

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

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

Ечиш. Генератор салт ишлагандаги ЭЮК

$$E_0 = U_0 = 248 \text{ В.}$$

Нагрузка билан ишлагандаги ЭЮК

$$E = U + I_a r_a = 220 + 53 \cdot 0,19 = 230 \text{ В.}$$

Аммо салт ишлаганда:

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

Нагрузка билан ишлаганда эса:

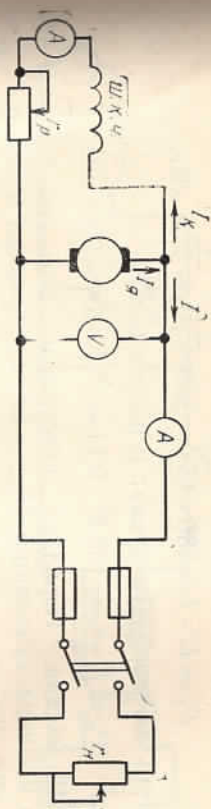
$$E = c \cdot n \cdot \Phi,$$

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 $U_1 = 110 \text{ В}$ кучланишда $I_1 = 160 \text{ А}$ ток қабул қиладиган истеъмолчи бириктирилган. Генератор якорининг тезлиги $n_1 = 1560$ айл/мин, якорь занжирининг қаршилиги $r_a = 0,08 \text{ Ом}$. Ўзармас нагрукда якорининг айланиш тезлигини ўзгартирсак, токнинг катталиги қандай ўзгаради? Масала тезликнинг икки қиймати учун ечилисин 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 ўзармас ток генераторининг қисмаларидаги кучланиш $U_r = 220 \text{ В}$ (1.57-расм). Уйғотиш занжирининг қаршилиги $r_y = 20 \text{ Ом}$, генераторнинг нагрукка токи $I = 250 \text{ А}$ бўлса, унинг уйғотиш ва якорь занжирларидagi токлар нимага тенг?

10.8-масала. Параллел уйғотишли генераторнинг паспортида кучланишдаги техник маълумотлар бор (1.57-расм): уйғотиш занжирдаги ток $I_y = 4 \text{ А}$, уйғотиш чулғамининг қаршилиги 15 Ом ; ростлаш реостатининг қаршилиги 40 Ом . Генератор қисмаларидagi кучланиш аниқлансин.

10.9-масала. Параллел уйғотишли генераторнинг номинал кучланиши $U_{\text{ном}} = 230 \text{ В}$, нагрукка токи $I = 160 \text{ А}$ (1.57-расм).

Якорь чулғамининг қаршилиги $r_a = 0,11 \text{ Ом}$, уйғотиш занжирининг қаршилиги $r_y = 72 \text{ Ом}$. Якорь чулғамидagi э. ю. к. E ва ток I_a , шунингдек, генератор бераётган қувват P_2 ҳамда якорь занжирдаги исроффарчилик P_a аниқлансин.

Масаланинг ечилиши. Уйғотиш занжирдаги ток:

$$I_y = \frac{U}{r_y} = \frac{230}{72} = 3,2 \text{ А.}$$

Якорь занжирдаги 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 кувват:

$$P_2 = U \cdot I = 230 \cdot 160 = 36800 \text{ Вт} = 36,8 \text{ кВт.}$$

Якорь занжиридати кувват исрофгарчилиги:

$$P_n = I_n^2 \cdot r_n = 163,2^2 \cdot 0,11 = 2930 \text{ Вт} = 2,93 \text{ кВт.}$$

10.10-масала. Параллел уйғотишли генераторнинг (1.57-расм) номинал кучланиши $U_{\text{ном}} = 230 \text{ В}$, номинал куввати $P_{\text{ном}} = 70 \text{ кВт}$. Уйғотиш занжиридати кувват исрофгарчилиги $P_y = 1300 \text{ Вт}$, якорь занжиридати кувват исрофгарчилиги $P_n = 2800 \text{ Вт}$.

Қуйдагилар аниқлансин:

- 1) Уйғотиш занжирининг токи I_y ва қаршилиги r_y ,
- 2) якорь занжирининг токи I_n ва қаршилиги r_n ,
- 3) якорь чулғамидати Э. Ю. К. $E_{\text{я}}$.

10.11-масала. Параллел уйғотишли генераторнинг нагрузка токи $I = 96 \text{ А}$, уйғотиш токи $I_y = 4 \text{ А}$ бўлганда, қисмаларидати кучланиш $U_r = 120 \text{ В}$. Генераторнинг умумий куввати, уйғотиш ва якорь занжирларининг қаршилиги аниқлансин.

10.12-масала. Икки қутбди параллел уйғотишли генераторнинг якорь чулғамларини кесиб ўтаётган магнит оқими $\Phi = 0,03 \text{ Вб}$. Чулғам актив симидаи сонининг жуфт параллел тармоқлар сонига нисбати $N/a = 300$. Якорининг айланиш тезлиги $n = 2000 \text{ айл/мин}$. Агар якорь занжирининг қаршилиги $r_n = 0,2 \text{ Ом}$, нагрузка токи 56 А , уйғотиш токи эса $I_y = 4 \text{ А}$ бўлса, генератор қисмаларидати кучланиш ва электромагнит (тормозловчи) момент нимага тенг бўлади?

Ечиш. Генераторнинг электр юритувчи кучи

$$E = \frac{N}{a} \cdot \frac{p \cdot \Phi}{60} \cdot \Phi = 300 \cdot \frac{1 \cdot 2000}{60} \cdot 0,03 = 300 \text{ В,}$$

бу ерда p — жуфт қутблар сони Генератор икки қутбди бўлгани учун $p = 1$.

Генератор қисмаларидати кучланиш $U_r = E - I_n \cdot r_n$. бу ерда $I_n = I + I_y = 56 + 4 = 60 \text{ А}$, у ҳолда $U_r = 300 - 60 \cdot 0,2 = 288 \text{ В}$. Машинанинг электромагнит (тормозловчи) моментни

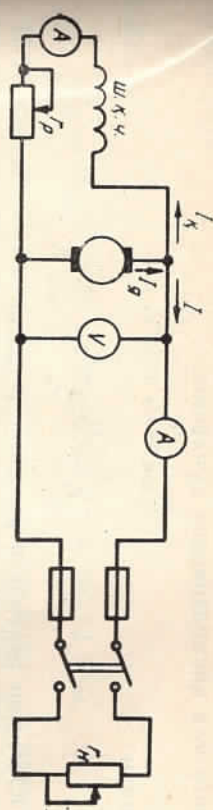
$$M = \frac{N}{a} \cdot \frac{p}{2\pi} \cdot \Phi \cdot I_n = C_n \cdot \Phi \cdot I_n,$$

бу ерда $C_n = \frac{N}{a} \cdot \frac{p}{2\pi} = 300 \cdot \frac{1}{2 \cdot 3,14} = 47,8$, у ҳолда $M = 47,8 \cdot 0,03 \times \times 60 = 86 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

10.13-масала. Аралаш уйғотишли генераторнинг номинал куввати $P_{\text{ном}} = 15 \text{ кВт}$, номинал кучланиш $U_{\text{ном}} = 230 \text{ В}$, якорь чулғамининг қаршилиги $r_n = 0,13 \text{ Ом}$, параллел уйғотиш занжирининг қаршилиги $r_y = 76 \text{ Ом}$, кетма-кет уйғотиш чулғамининг қаршилиги $r_{\text{к.к.у.}} = 0,056 \text{ Ом}$ (1.58-расм).

Қуйдагилар аниқлансин:

- 1) якорда индукцияланган ЭЮК E_n ,



1.58- расм.

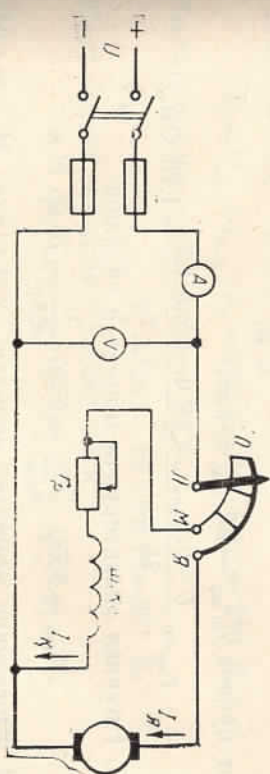
- 2) параллел уйғотиш занжиридати ток I_y ,
- 3) кетма-кет уйғотиш чулғамидати ток $I_{\text{к.к.у.}}$,
- 4) генераторнинг ФИК и η .

10.14-масала. Аралаш уйғотишли ўзгармас ток генератор якорининг ЭЮКи $E_n = 245 \text{ В}$ (1.58-расм). Агар якорь чулғамининг қаршилиги $r_n = 0,12 \text{ Ом}$, кетма-кет уйғотиш чулғамининг қаршилиги $r_{\text{к.к.у.}} = 0,025 \text{ Ом}$, уйғотиш токи $I_y = 2,5 \text{ А}$ ва нагрузка токи $I = 77,5 \text{ А}$ бўлса, генератор учларидати кучланиш U_r ва параллел уйғотиш занжирининг қаршилиги r_y аниқлансин.

10.15-масала. Параллел уйғотишли ўзгармас ток двигателининг номинал куввати $P_{\text{ном}} = 11 \text{ кВт}$, номинал кучланиш эса $U_{\text{ном}} = 220 \text{ В}$ га тенг (1.59-расм). Уйғотиш занжирининг қаршилиги $r_y = 73,3 \text{ Ом}$. Якорь чулғамининг қаршилиги $r_n = 0,2 \text{ Ом}$, двигателнинг айланиш тезлиги $n = 1500 \text{ айл/мин}$ ва ФИК $\eta = 84\%$.

Қуйдагилар аниқлансин:

1. Двигатели бевосита (юргизиш реостатисиз) тармоққа улагандаги юргизиш токи.
2. Юргизиш токкини $2I_{\text{ном}}$ га қадар чеклаш учун керак бўлган юргизиш реостатининг қаршилиги $r_{\text{ю.р.}}$.
3. Номинал айлантирувчи момент $M_{\text{ном}}$ нинг миқдори.
4. Магнит оқими $\Phi = \text{const}$ бўлганда юргизиш momenti $M_{\text{ю.р.}}$ нинг 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

$$I_{\text{я}} = \frac{U_{\text{ном}}}{r_{\text{я}}} = \frac{220}{0,2} = 1100 \text{ A.}$$

2. Юргизиш реостатининг қаршилигини аниқлаш

$$I = I_{\text{я}} + I_{\text{в}},$$

бундан

$$I_{\text{я}} = I - I_{\text{в}}.$$

Номинал режимда:

$$I_{\text{ном}} = \frac{P_1}{U_{\text{ном}}} = \frac{P_{2\text{ном}}}{\eta \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{11 \cdot 10^3}{0,84 \cdot 220} = 59,5 \text{ A,}$$

бу ерда P_1 — двигателнинг тармоқдан истеъмол қилаётган қуввати.
Ўйотиш токи

$$I_{\text{у. ном}} = \frac{U_{\text{ном}}}{r_{\text{у}}} = \frac{220}{73,3} = 3 \text{ A,}$$

у ҳолда якоридаги ток

$$I_{\text{я. ном}} = I_{\text{ном}} - I_{\text{у. ном}} = 59,5 - 3 = 56,5 \text{ A.}$$

Агар якорь чулғами билан кетма-кет юргизиш реостати улан-
са, у ҳолда якоридаги 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 $I_{\text{я. юр}} = 2 I_{\text{я. ном}}$, демак,

$$r_{\text{юр}} = \frac{U - 2 I_{\text{я. ном}} r_{\text{я}}}{2 I_{\text{я. ном}}} = \frac{220 - 2 \cdot 56,5 \cdot 0,2}{2 \cdot 56,5} = 1,75 \text{ Ом.}$$

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 Маблумки, $M_{\text{ном}} = c \Phi I_{\text{я. ном}}$
шарт бўйича

$$\Phi = \text{const}$$

бўлгани учун

$$M_{\text{ю}} = c \cdot \Phi \cdot I_{\text{я. ю}},$$

демак,

$$M_{\text{ю}} = M_{\text{ном}} \cdot \frac{I_{\text{я. ю}}}{I_{\text{я. ном}}} = M_{\text{ном}} \cdot \frac{2 I_{\text{я. ном}}}{I_{\text{я. ном}}} = 140,12 \text{ Н.м.}$$

10.16-масала. Параллел ўйотишли двигателнинг қисмалари-
га берилган кучланиш $U = 220 \text{ В}$. Ўйотиш чулғамининг қарши-
лиги $r_{\text{у}} = 40 \text{ Ом}$. Ўйотиш токи $I_{\text{у}} = 2,5 \text{ А}$ дан ортмаслиги учун
роствлаш реостатининг қаршилиги неча Ом га тенг бўлиши керак?

10.17-масала. Параллел ўйотишли генераторнинг номинал
кучланиши $U_{\text{ном}} = 120 \text{ В}$, якорининг номинал айланиш тезлиги
 $n_{\text{ном}} = 1000 \text{ айл/мин}$, номинал токи $I_{\text{я. ном}} = 80 \text{ А}$ ва якорь зан-
жирининг қаршилиги $r_{\text{я}} = 0,15 \text{ Ом}$. Генератордан двигател тар-
зида фойдаланилганда якорь чулғамларида индуктивланган тес-
кари электр юритувчи кучнинг катталиги ва якорининг айла-
ниш тезлиги аниқлансин. Машинанинг магнит оқими иккала
режимда ҳам ўзгармас ҳисобланади.

10.18-масала. Номинал қуввати $P_{\text{ном}} = 16 \text{ кВт}$ ва номинал
кучланиши $U_{\text{ном}} = 230 \text{ В}$ бўлган параллел ўйотишли генератор
двигател режимда ишламоқда. Номинал айланиш тезлиги $n_{\text{ном}} =$
 $= 1450 \text{ айл/мин}$, якорь чулғамининг қаршилиги $r_{\text{я}} = 0,18 \text{ Ом}$, ўй-
отиш занжирининг қаршилиги $r_{\text{у}} = 82 \text{ Ом}$. Двигатель якоридаги
ток генератор якоридаги токка тенг бўлганда, двигател учла-
ридаги кучланиш $U = 220 \text{ В}$ га тенг. Машина якорининг кандай
тезликда айланиши ва электромагнит қуввати аниқлансин. Маши-
нанинг магнит оқими ўзгармас деб қабул қилинган.

Ечиш. 1. Генератор якорининг токини аниқлаймиз:

$$I_{\text{я. г.}} = I_{\text{ном. г.}} + I_{\text{у. г.}} = \frac{P_{\text{ном. г.}}}{U_{\text{ном}}} + \frac{U_{\text{ном}}}{r_{\text{у}}} = \frac{16 \cdot 10^3}{230} + \frac{230}{82} = 72,4 \text{ A.}$$

Двигателнинг тармоқдан қабул қилаётган токи:

$$I = I_{\text{я. дв}} + I_{\text{у. дв}} = I_{\text{я. г.}} + \frac{U_{\text{дв}}}{r_{\text{у}}} = 72,4 + \frac{220}{82} = 75,1 \text{ A.}$$

Генератор якори чулғамидаги ЭЮК:

$$E_{\text{г}} = U_{\text{ном}} + I_{\text{я. г.}} \cdot r_{\text{я}} = 230 + 72,4 \cdot 0,18 = 243 \text{ В.}$$

Двигатель якори чулғамидаги ЭЮК

$$E_{\text{дв}} = U_{\text{дв}} - I_{\text{я. дв}} \cdot r_{\text{я}} = 220 - 72,4 \cdot 0,18 = 207 \text{ В.}$$

Шарт бўйича $\Phi = \text{const}$ бўлгани учун

$$E_{\text{ген}} = c \cdot n_{\text{г}} \cdot \Phi; E_{\text{дв}} = c \cdot n_{\text{дв}} \cdot \Phi,$$

бундан

$$n_{\text{дв}} = n_{\text{г}} \cdot \frac{E_{\text{дв}}}{E_{\text{г}}} = 1450 \cdot \frac{207}{243} = 1235 \text{ айл/мин.}$$

Машинанинг электромагнит куввати:

$$P_{эм} = E_{дв} \cdot I_{н. дв.} = 207 \cdot 72,4 = 15 \text{ кВт.}$$

10.19-масала. Параллел уйғотишли двигателни тармоқ кучланиши $U_T = 220$ В га улашдан аввал якорь занжирига кетма-кет қаршилиги 2 Ом га тенг бўлган юргизиш реостати уланган. Двигателнинг юргизиш токи $I_0 = 100$ А бўлиб, номиналидан 1,5 марта ортиқ. Якорь чулғамининг қаршилиги, юргизиш реостати бўлмаганда якорь занжиридан ўтиши мумкин бўлган ток, шунингдек, номинал режимда якорь чулғамда ҳосил бўладиган тескари электр юритувчи кучнинг катталиги аниқлансин.

Ечиш. Юргизиш пайтидаги якорь занжирининг қаршилиги

$$r_0 = r_{ю} + r_{я} = \frac{U_T}{I_0} = \frac{220}{100} = 2,2 \text{ Ом.}$$

Якорь чулғамининг қаршилиги

$$r_{я} = r_0 - r_{ю} = 2,2 - 2 = 0,2 \text{ Ом.}$$

Юргизиш реостати уланмаганда якорь занжиридан ўтадиган ток

$$I_{ю, макс} = \frac{U_T}{r_{я}} = \frac{220}{0,2} = 1100 \text{ А.}$$

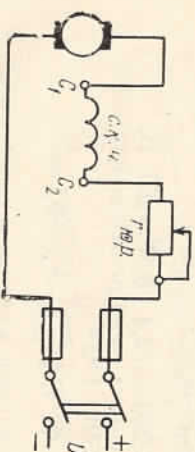
Двигателнинг номинал токи

$$I_{н. ном} = \frac{100}{1,5} \approx 66,7 \text{ А.}$$

Демак, юргизиш реостати уланмаганда якорь занжиридан ўтадиган ток номинал токдан $\frac{I_{ю, макс}}{I_{н. ном}} = \frac{1100}{66,7} = 16,5$ марта катта бўлади. Номинал режимда якорь чулғамда индуктивланидиган тескари электр юритувчи куч

$$E_r = U - I_{н. ном} \cdot r_{я} = 220 - 66,7 \cdot 0,2 = 206,5 \text{ В.}$$

10.20-масала. Кетма кет уйғотишли двигателъ кучланиши 110 В бўлган тармоқдан ишлайди (1.60-расм). Двигателнинг номинал куввати $P_{ном} = 3,7$ кВт, номинал айланиш тезлиги $n_{ном} = 1120$ айл/мин. Якорь чулғамининг қаршилиги $r_{я} = 0,1$ Ом. Уйғотиш чулғамининг қаршилиги $r_{с} = 0,05$ Ом. Двигателнинг ФИК $\eta = 80\%$.



- Қуйидагилар аниқлансин:
- 1) номинал айлантирувчи момент — $M_{ном}$
 - 2) двигателнинг манбадан истеъмол қилаётган куввати — P_1
 - 3) двигателнинг номинал токи — $I_{ном}$
 - 4) якордаги тескари ЭЮК — E_r

1.60-расм

5) юргизиш токини $2I_{ном}$ га қадар чеклаш учун керак бўлган юргизиш реостатининг қаршилиги — $r_{юр}$.

10.21-масала. Параллел уйғотишли ўзғармас ток двигателининг якорь занжирини билан кетма-кет уч поғонали реостат уланган (1.59-расм). Тармоқ кучланиши $U_T = 220$ В. Якорь токи $I_{я} = 50$ А. Якорь чулғамининг қаршилиги $r_{я} = 0,1$ Ом. Якорнинг номинал айланиш тезлиги $n_{ном} = 1400$ айл/мин. Агар реостат бир поғонасининг қаршилиги $r_{пог} = 3r_{я}$ бўлса, ҳар бир поғона қаршилиги киритилгандаги якорь тезлиги аниқлансин.

11-БОБ. ЭЛЕКТРОНИКА АСОСЛАРИ

11.1-масала. Қаршилиги $r_n = 60$ Ом бўлган нагрузка битта прим даврли тўғрилатгич ва трансформатор орқали синусоидал шаклдаги кучланишга уланган (1.61-расм). Агар $U_2 = 120$ В бўлса, тўғриланган токнинг ўртача қиймати ҳисоблансин (вендининг ички қаршилиги ва трансформатор чулғамлари қаршилиги ҳисобга олинмасин).

Ечиш. Токнинг ўртача қийматини қуйидаги формула ёрдамида аниқлаймиз:

$$I_{yp} = I_d = \frac{U_d}{r_n}$$

бу ерда U_d — тўғриланган кучланишнинг ўртача қиймати. Трансформатор иккиламчи чулғамдаги кучланиш синусоидал бўлгани учун $U_2 = U_{zm} \cdot \sin \omega t$, бу ерда ($\psi_{u_2} = 0$).

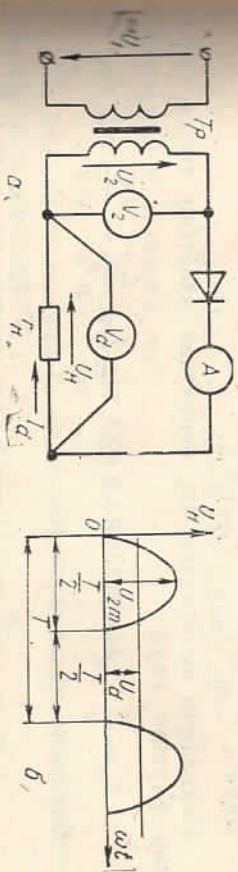
Тўла давр учун тўғриланган кучланишнинг ўртача қиймати қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$U_d = U_{yp} = \frac{1}{\pi} U_{zm} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} U_2 = 0,45 U_2.$$

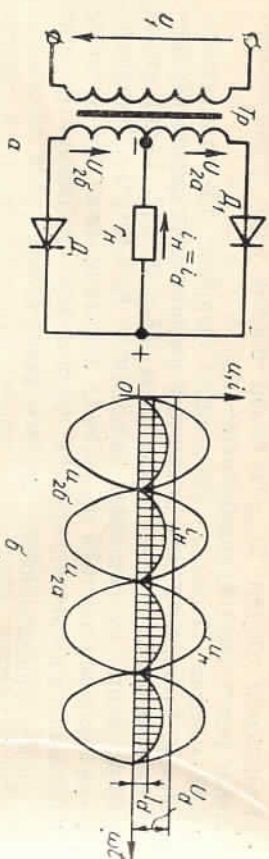
Демак,

$$I_{yp} = \frac{U_{yp}}{r_n} = \frac{0,45 \cdot 120}{60} = 0,9 \text{ А.}$$

11.2-масала. Қаршилиги 60 Ом бўлган нагрузка иккита ярим даврли тўғрилагичга ўрта нуқтали трансформатор орқали синус-



1.61-расм.



1.62-расм

сондад 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 коэффициенти $k_{тр} = \frac{U_1}{U_2} = 1$ деб олинсин).

Ечиш. Схемада D_1 ва D_2 вентилларнинг ишлаш кетма-кетлигини билгиз 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 тексари фазда ўзгаради. Шунинг учун даврнинг биринчи ярмида D_1 вентили ток ўтказадиган бўлса, иккинчи ярмида эса, вентиль D_2 ток ўтказайди.

Бу схемадати тўғриланган кучланишнинг ўртача қиймати билан ярим даврлигига нисбатан (1.61-расм, б) икки марта кўп. Демак,

$$U_d = U_{yp} = \frac{2}{\pi} U_{2m} = \frac{2 \cdot 120 \cdot \sqrt{2}}{\pi} = \frac{240 \cdot \sqrt{2}}{\pi} \text{ В.}$$

Токнинг ўртача қиймати

$$I_{yp} = I_d = \frac{U_d}{r_n} = \frac{240 \cdot 0,45}{60} = 1,8 \text{ А.}$$

Вентиллардан ўтаётган токларнинг ўртача қийматлари эса ҳар ярим даврда I_d га тенг бўлади.

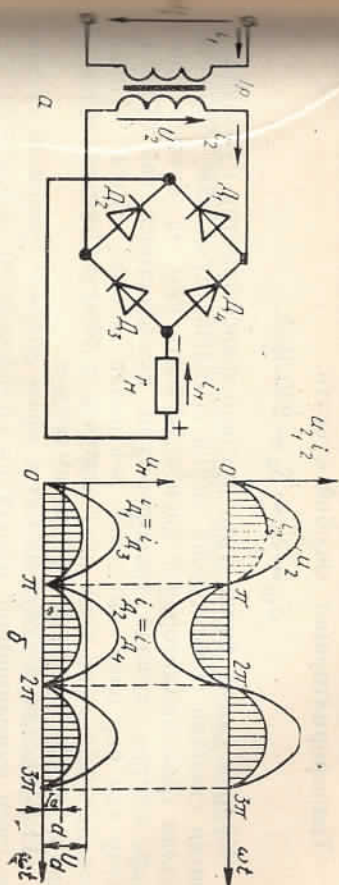
Демак, $I_{d,yp} = I_{d,sp} = I_d = 1,8 \text{ А.}$

Иккиламчи чулғамдаги ток вентилдан 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:

$$I_1 = \frac{1}{k_{тр}} \cdot \frac{I_{2m}}{\sqrt{2}} = 1,11 \cdot \frac{1}{k_{тр}} \cdot I_d = \frac{1,11 \cdot 1,8}{1 \cdot \sqrt{2}} = \frac{2,82}{\sqrt{2}} = 2 \text{ А.}$$



1.63-расм.

Трансформатор чулғамларининг ҳисобий қувватлари:

$$S_1 = I_1 \cdot U_1 = 2 \cdot 120 = 240 \text{ ВА;}$$

$$S_2 = I_2 U_2 = I_2 \cdot U_{2a} = I_2 \cdot U_{2b} = 2 \cdot 120 = 240 \text{ ВА.}$$

(Трансформаторнинг қувват нобудларчилиги ҳисобга олинмаган).
11.3-масада. Аввалги масаладаги берилганлар асосида бир фазали кўприксимон тўғрилатиш схемасидати (1.63-расм, а) тўғрилатган 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 схемдаги тўғриланган ток ва кучланишларнинг ўртача қийматлари 1.62-расмдаги схема билан бир хил бўлади:

$$U_d = U_{yp} = \frac{2}{\pi} U_{2m} = \frac{2 \cdot 120 \cdot \sqrt{2}}{\pi} = \frac{240 \cdot \sqrt{2}}{\pi} \text{ В;}$$

$$I_d = I_{yp} = \frac{U_d}{r_n} = \frac{240 \cdot 0,45}{60} = 1,8 \text{ А.}$$

Вентиллардан ўтаётган токларнинг ўртача қиймати:

$$I_{d,yp} = I_{d,sp} = 0,5 I_{yp} = 0,5 \cdot 1,8 = 0,9 \text{ А.}$$

Иккиламчи чулғамдаги ток:

$$I_2 = \frac{I_{2m}}{\sqrt{2}} = \frac{\pi}{2 \sqrt{2}} I_{yp} = 1,11 \cdot 1,8 = 2 \text{ А.}$$

Бирламчи чулғамдаги ток:

$$I_1 = 1,11 \cdot \frac{1}{k_{тр}} \cdot I_{yp} = 1,11 \cdot 1,8 = 2 \text{ А.}$$

Бу схемда бирламчи ва иккиламчи чулғамларининг ҳисобий қувватлари тенгдир:

$$S_1 = S_2 = I_1 U_1 = 2 \cdot 120 = 240 \text{ В. А.}$$

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 вентилдан иборат бўлса, кўприк схемада вентиллар сони икки марта кўп бўлади. Бундан кўринадики, кўприк схемани қўллаш қулайдир.

11.4-масала. Иккита ва битта ярим даврли тўғрилаш схемаси учун кучланишнинг пульсация коэффициенти аниқлансин.

Ечиш. Ўзгарувчан кучланиш эффектив кийматини пульсацияланувчи тўғриланган кучланиш ўртача кийматига бўлган нисбати пульсацияланиш коэффициенти деб аталади.

Тўғриланган кучланишнинг эффектив киймати:

$$U = \sqrt{U_d^2 + U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_n^2},$$

бу ерда $U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_n^2 = U_n^2$ — пульсацияланувчи кучланиш эффектив кийматининг квадрати ёки $U_n = \sqrt{U^2 - U_d^2}$.

Иккита ярим даврли тўғрилагич схемаси учун кучланиш эффектив кийматининг квадрати:

$$U^2 = \left(\frac{U_m}{\sqrt{2}} \right)^2 = \frac{U_m^2}{2}.$$

Тўғриланган кучланиш ўртача кийматининг квадрати:

$$U_d^2 = \left(\frac{2 \cdot U_m}{\pi} \right)^2 = \frac{4 \cdot U_m^2}{\pi^2}.$$

Пульсацияланувчи кучланишнинг эффектив киймати:

$$U_n = \sqrt{\frac{U_m^2}{2} - \frac{4U_m^2}{\pi^2}} = \frac{U_m}{\pi} \sqrt{\frac{\pi^2 - 8}{2}}.$$

Пульсацияланиш коэффициенти:

$$K_n = \frac{U_n}{U_d} = \frac{U_m \sqrt{\frac{\pi^2 - 8}{2}}}{\sqrt{2} \cdot \pi \cdot \frac{2 \cdot U_m}{2 \cdot \sqrt{2}}} = \sqrt{\frac{\pi^2 - 8}{\pi^2}} = 0,48$$

ёки $K_n = 48\%$.

Битта ярим даврли тўғрилагич схемаси учун кучланиш эффектив кийматининг квадрати:

$$U^2 = \left(\frac{U_m}{2} \right)^2 = \frac{U_m^2}{4}.$$

Тўғриланган кучланиш ўртача кийматининг квадрати:

$$U_d^2 = \left(\frac{1}{\pi} U_m \right)^2 = \frac{U_m^2}{\pi^2}.$$

Пульсацияланувчи кучланишнинг эффектив киймати:

$$U_n = \sqrt{\frac{U_m^2}{2} - \frac{U_m^2}{\pi^2}} = \frac{U_m}{2\pi} \sqrt{\pi^2 - 4}.$$

Пульсацияланиш коэффициенти:

$$K_n = \frac{U_n}{U_d} = \frac{U_m \sqrt{\frac{\pi^2 - 4}{2}}}{\frac{2\pi}{\pi} \cdot \frac{U_m}{2}} = \frac{\sqrt{\pi^2 - 4}}{2} = 1,21$$

ёки $K_n = 121\%$.

Битта ярим даврли схемада пульсацияланиш коэффициенти иккита ярим даврли схемаданга нисбатан 2,5 марта каттадир.

11.5-масала. Ҳар фазаи трансформаторнинг иккиламчи чулғамини тўғрилагич схемасида ишлатиш мўлжалланмоқда. (1,64-рسم). Номинал миқдорлари: $S_{\text{ном}} = 1,8 \text{ кВА}$; $U_{\text{ном}} = 380 \text{ В}$; $U_{\text{ном}} = 220 \text{ В}$; $I_{\text{ном}} = 2,8 \text{ А}$; $I_{\text{ном}} = 4,7 \text{ А}$. Чулғамларни ўлаш схемаси Δ/γ . Тармоқнинг линия кучланиши $U_{\text{л}} = 380 \text{ В}$. Вентиллардаги тескари кучланишнинг максимал киймати ва берилган тўғриланган олинishi мумкин бўлган тўғриланган кучланиш ва ток аниқлансин. Вентилларнинг ички қаршиликлари ҳисобга олинма-син.

Ечиш. Тўғриланган кучланишнинг ўртача киймати:

$$U_d = 1,17 \cdot U_{\text{эф}} = 1,17 \cdot \frac{220}{\sqrt{3}} = 149 \text{ В}.$$

Берилган схемадати трансформаторнинг ҳисобий қуввати:

$$S_{\text{тр}} = 1,34 \text{ Р} \cdot \text{д}.$$

Тўғриланган токнинг қуввати:

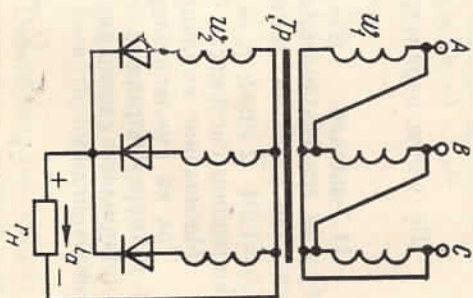
$$P_d = \frac{S_{\text{тр}}}{1,34} = \frac{1800}{1,34} = 1340 \text{ Вт}.$$

Нагрузка токи:

$$I_d = \frac{P_d}{U_d} = \frac{1340}{149} \approx 9 \text{ А}.$$

Вентиллардаги тескари кучланишнинг максимал киймати $U_{\text{т. тес.}} = 2,09 \times \times U_d = 2,09 \cdot 149 = 312 \text{ В}$.

11.6-масала. Ҳар электроди 6Н15П лампаннинг анод кучланиши 100 В ва тўр кучланиши 1 В бўлганида, анод токи 7,5 миллиамперни ташкил этади. Анод кучланишини 150 вольтга оширсак, 1,6+- расм.



анод токи 14 миллиамперга ортади. Сўнгра анод кучланиши-
ни ўзгартирмасдан, тўрдаги манфий кучланишни 2 вольтдан
оширганимизда анод токининг аввалги микдори, 7,5 миллиам-
перга тенг бўлиб қолади. Лампанинг параметрлари: S , μ ва R_i
аниқлансин.

Масаланинг ечилиши: Анод кучланиши ўзгармас бўлганиди
($U_a = \text{const}$) анод токининг тўр кучланишига қараб қандай ўзга-
ришини кўрсатувчи катталик тўр характеристикасининг тиклиги
деб аталади ва S ҳарфи билан белгиланади:

$$S = \frac{dI_a}{dU_r}.$$

Характеристиканинг кўрилатган қисмини чиқиқли десак,

$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_r} = \frac{I_{a2} - I_{a1}}{U_{r2} - U_{r1}} = \frac{14 - 7,5}{-1 - (-2)} = 6,5 \text{ mA/V}$$

Анод токи ўзгармай турганда ($I_a = \text{const}$) анод кучланиши-
нинг тўр кучланишига нисбатан ўзгариши, статик кучайтириш
коэффициенти деб аталади ва μ билан белгиланади.

$$I_a = \text{const} \text{ бўлганда } \mu = - \left(\frac{\partial U_a}{\partial U_r} \right)$$

ёки

$$\mu = - \frac{\Delta U_a}{\Delta U_r} = - \frac{U_{a2} - U_{a1}}{U_{r2} - U_{r1}} = - \frac{150 - 100}{-2 - (-1)} = 50.$$

Тўр кучланиши ўзгармай турганда ($U_r = \text{const}$) анод токига қа-
раб анод кучланишининг қандай ўзгаришини кўрсатувчи катта-
лик лампанинг ички қаршилигини белгилайди:

$$R_i = \left(\frac{\partial U_a}{\partial I_a} \right)$$

ёки

$$R_i = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a} = \frac{U_{a2} - U_{a1}}{I_{a2} - I_{a1}} = \frac{150 - 100}{(14 - 7,5) \cdot 10^{-3}} = 7700 \text{ Ом} = 7,7 \text{ кОм}.$$

Шу учун параметрлар ўзаро қуйидагича боғланган:

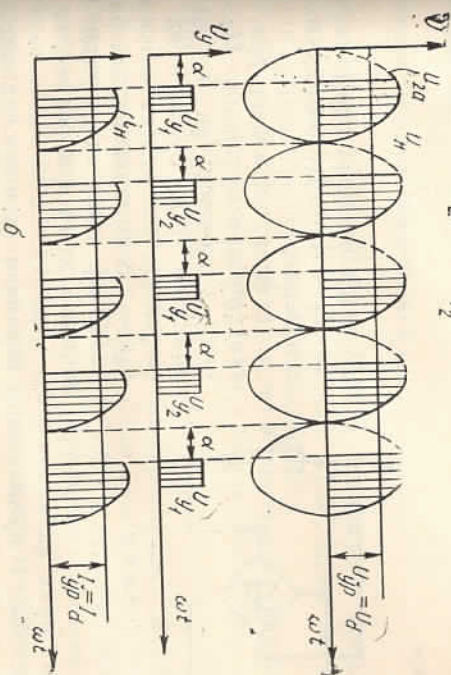
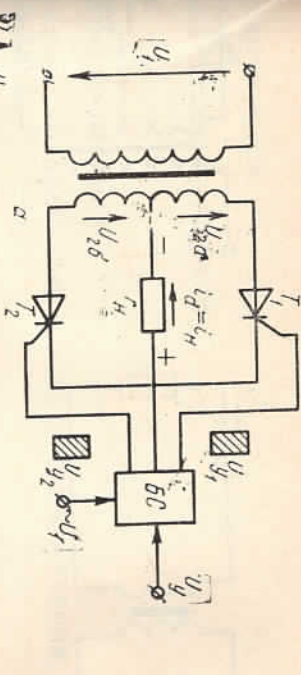
$$\mu = R_i \cdot S = 7,7 \cdot 6,5 = 50.$$

11.7-масала. 1.65-расм, a да кўрсатилган ўрта нуқтага эга
бўлган трансформаторли иккита ярим даврли тўғрилагич нағруз-
касида ўтаётган токнинг ўртача қиймати топилисин. Бу ерда
 $U_2 = 120\sqrt{2} \sin \omega t$; $r_n = 60 \text{ Ом}$; 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 қуйида-
гича тенгдир:

$$U_d = U_{rp} = U_a \frac{(1 + \cos \alpha)}{2}, (*)$$

бу ерда U_a 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:

$$I_d = \frac{U_d}{r_n} = \frac{81}{60} = 1,35 \text{ А}.$$

Юқоридаги (*) формуладан кўринадики, бошқариш система-
си ёрдамида α бурчагини ўзгартириб тўғриланган кучланиш
ни натижада токнинг ўртача қийматларини ўзгартиришимиз мум-
кин экан ($0 < \alpha < 180^\circ$).

11.8-масала. Диаметри 100 мм ди селен шайбалардан иборат
пентиль элементли битта ярим даврли тўғрилагич нағрузкада



га хос хууссияти—унинг шахобчаларидаги кучланишнинг доимо бир хил бўлишидир, яъни

$$U = l_1 r_1 = l_2 r_2 = \dots = l_n r_n$$

Бундай занжирнинг ҳар бир қаршилигидан алоҳида $I_k = \frac{U}{r_k}$ ток оқиб ўтиб, занжирнинг маъбадан истеъмол қилаётган токни / Кишхофнинг биринчи қонунига биноан занжир шохобчалари- дан ўтаётган тоқларнинг йиғиндисига тенг, яъни

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

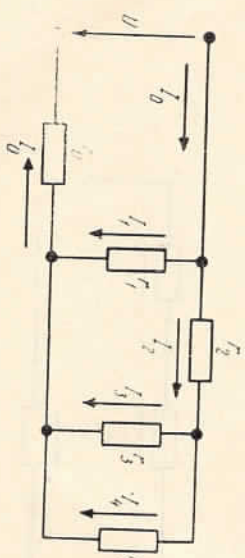
六六

$$1 = \frac{U}{r_1} + \frac{U}{r_2} + \dots + \frac{U}{r_n} = U \cdot \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \dots + \frac{1}{r_n} \right) = U \cdot \frac{1}{r_{\text{ges}}}$$

Истеъмоқчиларни энергия манбаига ариалаш схема бўйича улаганда кема-кет ва параллел улашларнинг ҳар қандай варианти бўлиши мумкин (2.3-расм).

Занжирнинг айрим уастакларидаги ток ва кучланишлар Кирхгоф қонуналарига 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 токларни аниқлаш учун занжирнинг бешта мувозанат тенгламаси тузилади:

$$I_0 - I_1 - I_2 = 0; \\ I_2 - I_3 - I_4 = 0;$$



$$I_0 r_0 + I_1 r_1 = U_1$$

III. Ишни бажа- риш тартиби

1.2.4-расмда кўрсатилган электр схема йиғилди. Бунида U_0 — ўзгармас манба қучланиши,

88

2.3- pacm.

И. 4 - па.м.

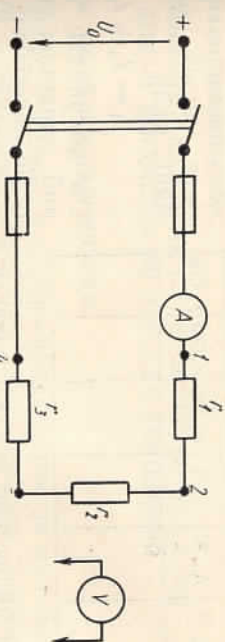
1-инки кутюбли ажратич, Γ_n — ташки занжирдаги кучланиш бир текис ўзгаришиш учун ишлатилган деувост — потенциал V_1 ва V_2 вольтметрларни ўзаро кетма-кет улаб, манда кучланиш V_0 га, яъни потенциалометр Γ_n нинг 1 ва 2 қисмлари-ни бириктирилади.

Вольтметрларнинг ўзаро уланган ўрта нуқтаси 3 ни потенциалларнинг дастаканинг истаган ҳолатида $U_1 + U_2 = U_0$ эканлигига ишонч ҳосил қилинг. Потенциометр дастаканинг турли ҳолатлари учун, шунингдек, иккита охири ҳолати учун ҳам 5—6 марта ўлчансларни бажариб, 2.1-жадвалга ёзилсин. Потенциометр π нинг манба кучлилиши U_0 ни қийматлаштирилган маълум бўлган кучлилиш U_1 , ва U_2 дарға истаган ҳолатда бўлиб бера олишига ишонч ҳосил қилинг.

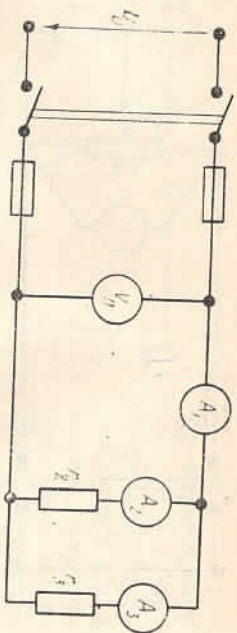
U_1, B						
U_2, B						
U_0, B						

2.1-жадвал

2. Қаршинликлари 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 қисмларидagi кучланиш-



2.5-расм.



2.6- расм.

лар пасавови U_{12} , U_{23} , U_{31} ларни ва бутун занжирнинг кучланиш $U_0 = U_{12} + U_{23} + U_{31}$ ни ўлчаб, I_1 ни ҳисоблаш. Олинган маълумотлар бўйича қўрилаган занжир учун Кирхгоф иккинчи қонунининг ҳаққонийлигига ишонч ҳосил қилинг, яъни қўидагини аниқланг:

$$U_{12} = U_{23} + U_{31}; \quad U_{23} = U_{31} + U_{12}; \quad U_{31} = U_{12} + U_{23}.$$

2.2-жадвал

Ўлчаншлар		Ҳисоблашлар					
I_1, A	U_0, B	U_{12}, B	U_{23}, B	U_{31}, B	U_{12}, B	r_1, OM	r_2, OM
						r_3, OM	$r_1 + r_2 + r_3$
							$r_3 = \frac{U_{31}}{I_1}$

Ом қонунидан фойдаланиб занжир қисмларининг қаршиликларини r_1 , r_2 , r_3 ва r_3 нинг қийматларини аниқланг.

3. Қаршиликлари r_2 , r_3 параллел ўланган занжирни 2.6-расмдаги схема бўйича йиғиб, ўзгармас кучланиш манбаи U_0 га ўланг. Ўлчанш натижаларини 2.3-жадвалга ёзинг.

2.3-жадвал

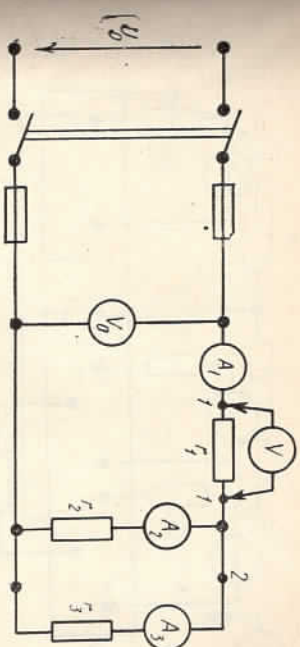
Ўлчаншлар		Ҳисоблаш			
U_0, B	I_1, A	I_2, A	I_3, A	r_2, OM	r_3, OM

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_3 ни ҳисобланг.

4. Қаршиликлари аралаш ўланган 2.7-расмдаги схемани йиғиб, ўлчабдан олинган маълумотларни 2.4-жадвалга ёзинг.



2.7- расм

2.4-жадвал

Ўлчаншлар		Ҳисоблашлар			
U_0, B	I_1, A	I_2, A	I_3, A	U_{12}, B	U_{23}, B
				r_1, OM	r_2, OM
				r_3, OM	$r_1 + r_2 + r_3$

Кирхгоф қонунлари бўйича занжир учун тенгламалар тузиб, ўлчанш 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 таърифлаб ва унинг қўлланишга оид мисоллар келтириб беринг.
4. Кирхгоф қонунларини таърифлаб ва улар асосида иккинчи аралаш занжир учун тенгламалар тузинг.
5. Эквивалент қаршилик нима ва у турли бириктириш схемалари учун қандай аниқланади?

2-лаборатория иши

Икки манбаъли занжирни суперпозиция (ўстаб) усули билан ҳисоблашни амалда текшириш

1. Ишни бажаришдан мақсад

1. Мураккаб ўзгармас ток занжирларида ток ва кучланишларни бевосита ўлчаб йўли билан бир нечта манбаъли занжирларни ўстабдан ўлчанш усулининг ҳаққонийлигига ва уни қўллаш мумкинлигига ишонч ҳосил қилиш.

4. Вольтметр V ёрдамида E_1 ва E_2 манбаларнинг кучланишларини ва занжирнинг ҳар бир қаршиликларидаси U_1 , U_2 , U_3 кучланишларни ўлчаб, қийматларини 2.6-жадвалга ёзиб, 2.5-жадвалнинг маълумотларидан фойдаланиб, r_1 , r_2 , r_3 қаршиликларнинг қийматлари ҳисоблаб топилади, яъни

$$r_1 = \frac{U_1}{I}; \quad r_2 = \frac{U_2}{I}; \quad r_3 = \frac{U_3}{I}.$$

2.6-жадвал

E_1, B	E_2, B	U_1, B	U_2, B	U_3, B	r_1, OM	r_2, OM	r_3, OM

5. Устлаш усули асосида E_1 ва E_2 манбаларнинг кучланишлари ва r_1 , r_2 , r_3 қаршиликларнинг олтинган қийматлари бўйича текширилаган занжир учун назарий ҳисоблашларни бажариб, унинг натижаларини тажрибадан олинганлар билан таққосланг.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

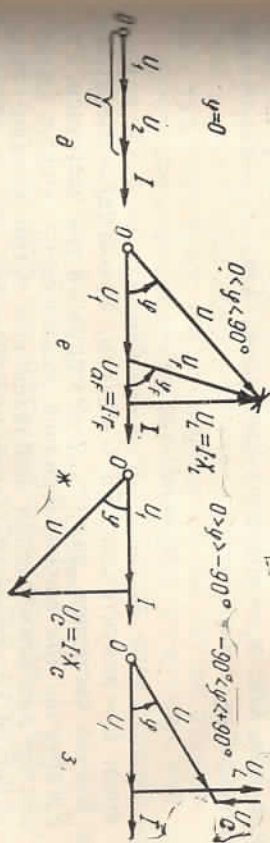
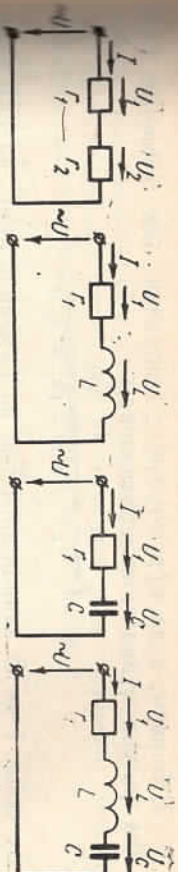
1. Устлаш усулининг моҳияти нимада?
2. Занжирни навбатма навбат ЭЮК манбаларига улаганимизда ўлчов асбобларидан утаётган тоқларнинг йўналишининг ўзгаришига сабаб нима?
3. Нима учун занжирнинг барча иш режимида унинг айрим шаклобларидати тоқларнинг йўналишлари доимо ўзгаришсиз қолади?
4. Занжир биринчи манбадан ишлаётганда унга иккинчи манбадан улаш билан тоқларнинг йўналишини ўзгаришсиз қолдириб, фақат биринчи манбадан катталарига (микродрларига) таъсир этадиган режими таъмин этиш мумкинми?
5. Тоқларни устлаш принципини занжирнинг айрим участкалари кучланишларида қўллаш мумкинми? Мумкин бўлса (бўлмаса) 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 қонуни татиқ этишни ўрганиш.
2. Ўзгарувчан тоқ занжирида актив қаршилик r , индуктивлик L ва сифим C ни турли схемаalarda кетма-кет улаганда занжирга берилган кучланишнинг қандай тақсимланишини амалда текшириш.



2.10-расм.

3. Ўзгашдан олтинган маълумотлар бўйича кетма-кет занжир учун тоқ ва кучланишларнинг вектор диаграммасини қуришни ўрганиш.

4. Занжирнинг актив — r , реактив (индуктив — X_L , сифим — X_C) ва тула — Z қаршиликларини, шунингдек, занжирнинг кириш томонидати ва қисмларидати тоқ ва кучланишлар орасидати фазавий сиғиш бурчакларини аниқлашни ўрганиш.

5. Занжирнинг параметрларига қараб тоқ ва кучланишлар турли фаза сиғиш бурчакларига эга бўлишини осциллограф ёрдамида кўриб, ишонч ҳосил қилиш.

II. Ишга оид назарий тушунчалар

Ҳар қандай ўзгарувчан тоқ занжири r , L ва C элементларининг кетма-кет, параллел ва арадаш уланган турлича схемаларида ноборат бўлиши мумкин. Занжирдати актив қаршилик — r истеъмол қилинаётган электр энергиясининг иссиқлик (ёки ёруғлик) энергиясига, яъни фойдали ишга айланаётганлигини характерлайди. Индуктивлик L занжирнинг магнит майдонини, сифим C эса электр майдонини характерлайди.

Махкур лаборатория ишида истеъмолчиларни ўзгарувчан тоқ занжирида кетма-кет улашнинг қуйидати 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, з).

2.10-расм, 2 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 қаршилиқ, Ом; x_L —индуктив қаршилиқ, Ом; x_C —сигим қаршилиги, Ом;

$$x_L = \omega L; \quad x_C = \frac{1}{\omega C};$$

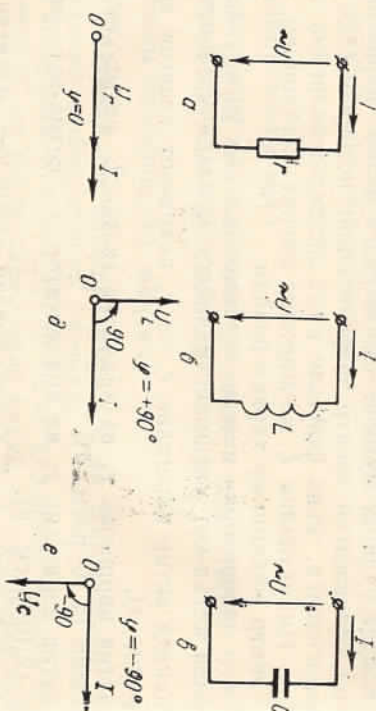
бу ерда: L —индуктивлик, Гн, C —сигим, Ф, $\omega = 2\pi f$ —ўзгарувчан ток бурчак частотаси, рад·с⁻¹, f —ўзгарувчан ток частотаси, Гц. Ўзгарувчан ток занжирларидаги жараёнларни анализ қилишда вектор диаграммалардан фойдаланишга тўғри келади. Уларни қуришда қуйидагиларга риоя қилиш керак:

а) занжир актив қаршилиқдан иборат бўлганда ток ва кучланиш векторининг йўналишлари мос бўлиб, улар орасидаги фазаси сизгиш бурчаги $\varphi = 0^\circ$ (2.10-расм, а, б ва 2.11-расм, а, з); б) индуктивликда кучланиш фаза бўйича токдан 90° га олдин келади (2.11-расм, б, д);

в) сигимда эса кучланиш токдан фаза бўйича 90° га орқадан келади (2.11-расм, в, е).

б ва в пунктларидаги мулоҳазалар (шартлар) соф индуктив ғалтак ($r_L = 0$) ва сигим ($r_C = 0$) учун қабул қилинган бўлиб, ўзгарувчан ток занжирларидаги жараёнларни осон тушунтиришга ёрдам беради.

Реал индуктив ғалтак ва сигимда ток билан кучланиш орасидаги фаза сизгиш бурчаклари 2.10-расм, в ва ж, д да кўрсатилган вектор диаграммалари каби, индуктивликда $0 < \varphi < 90^\circ$, сигимда эса $0 > \varphi > -90^\circ$ бўлади.



2.11-расм.

Ўзгарувчан ток занжирда занжирга берилган кучланиш, ўзгариб турмас ток занжирдаги каби, занжир қисмларидаги кучланишлар тушувларининг алгебраик йиғиндисига тенг бўлмай, балки уларнинг вектор йиғиндисига тенг бўлади, яъни

$$\vec{U} = \vec{U}_1 + \vec{U}_2 + \dots + \vec{U}_n = \vec{U}_1 + \vec{U}_2 + \vec{U}_3 + \dots + \vec{U}_n.$$

Кирхгоф иккинчи қонунининг ўзгарувчан ток занжири учун таъбиқ этилиш хусусияти шу билан фарқ қилади. Занжир фақат актив қаршилиқдан иборат бўлганда Кирхгофнинг иккинчи қонуни худди ўзгармас ток занжирдаги каби таъбиқ этилади.

Истеъмолчилар кетма-кет бириктирилган ўзгарувчан ток занжирда ток билан умумий кучланиш орасида фаза сизгиш бурчаги φ мавжуд, яъни

$$i = I_m \sin \omega t, \quad u = U_m \sin (\omega t \pm \varphi).$$

Занжир индуктив ёки актив-индуктив халатерга эга бўлса, φ бурчак мусбат, агар сигим ёки актив-сигим халатерга эга бўлса, манфийдир.

Ўзгарувчан ток занжирининг давр ичидати ўртача қувватини актив қувват дейлиб, у қуйидагича ифодаланади:

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

Немак, ўзгарувчан ток занжирда актив қувват, ўзгармас ток занжирдагига ўхшаш, фақат UI қўлайтамага боғлиқ бўлмай, қувват коэффициентини $\cos \varphi$ га ҳам боғлиқдир.

Актив қувват ваттларда (Вт), киловаттларда (кВт) ва меговаттларда (МВт) ўлчанади.

$U \cdot I = S$ қўлайтама занжирнинг тўла қуввати дейлиб, вольт-амперларда (ВА), киловольт-амперларда (кВА) ўлчанади.

У ҳолда

$$P = UI \cdot \cos \varphi = S \cos \varphi,$$

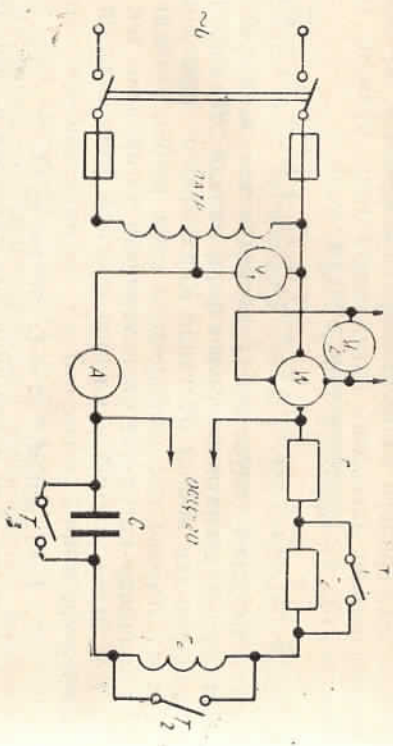
бу ерда $\cos \varphi$ занжирнинг қувват коэффициентини бўлиб, у истеъмол қилинаётган тўла қувватнинг қандай қисми фойдаланишга сифр бўлаётганини кўрсатади.

Қувват $\pm Q = UI \sin \varphi = S \cdot \sin \varphi$ занжирнинг реактив қувватини бўлиб, вольт-ампер реактив, киловольт-ампер реактивларда ўлчанади ва қисқача ВАР, кВАР тарзида ёзилади.

Реактив қувват истеъмол қилинаётган тўла қувватнинг қандай қисми манбага қайтарилаётганлигини билдиради, шунинг учун қам реактив қувват дейлади. Индуктив халатердаги реактив қувватини мусбат ($+Q$) ишора билан, сигим халатердагисини манфий ($-Q$) 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 чиқини



2.12-расм.

қисмаларидаги 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 қисмалари уланган шўплалар 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 узатилади. Натижада резистор r_1 дан ва индуктив фалтак L дан иборат актив-индуктив харақтерли кетма-кет занжир ҳосил бўлади. 2-пунктдаги кабон ўлчашларни бажариб, натижалари 2.7-жадвалнинг актив-индуктив нағрузка қаторига ёзилади.

4. Тумблер T_2 ни улаб, тумблер T_3 узатилади. Натижада резистор r_1 ва сингим C дан иборат актив-сингим харақтерли кетма-кет занжир ҳосил бўлади. 2-пунктдаги кабон ўлчашларни бажариб, натижалари 2.7-жадвалнинг актив-сингим нағрузка қаторига ёзилади.

5. Тумблер T_2 ни ажратиб, резистор r_1 индуктив фалтак L да сингим C дан иборат кетма-кет уланган занжир ҳосил қилинади. 2-пунктдаги кабон ўлчашларни бажариб, натижаларини 2.7-жадвалдаги нағрузканинг умумий тури қаторига ёзиш керак.

6. 2-пунктдаги ўлчашлар бажарилганда занжир қисмаларидаги кучланишлар тушувлари U_1 ва U_2 ларнинг алгебраик йиғиндис тармок кучланиши U га тенг эканлиги; 3, 4 ва 5 пунктларда эса U_1 , U_2 ва U_C кучланишлар тушувларининг алгебраик йиғиндис тармок кучланиши U дан катта бўлишига ишонч ҳосил қилинади.

7. 3, 4 ва 5-пунктларда осциллограф ёрдамида ҳар бир нағрузка турининг осциллограммасини экрандан калкага кўчириб, занжирдаги ток билан кучланиш орасида фаза силжиш бурчлигини

ни белгиланга ва 2-пунктда эса шу фаза силжиш бурчлигининг қийматига ишонч ҳосил қилинади.

8. Ўлчадан олинган маълумотлар бўйича ҳар бир нағрузка турини улаш масштабда ток ва кучланишларнинг вектор диаграммасини кўрилади ва улар билан ёнма-ён тегишли осциллограммаларни кўрсатилади.

9. 2.7-жадвалдаги барча ҳисоблашларни бажаргандан сўнг занжирнинг параметрларини аниқлашга ўтилади.

10. Ўзгарувчан ток занжирини Ом қонуни ва Кирхгоф иккинчи қонунининг табиқ этилиш хусусиятлари, шунингдек, ток ва кучланиш орасидаги фаза силжиш бурчлиги занжир параметрларининг таъсири ҳақида ҳулоса берилади.

IV. ҲИСОБОТ ТУЗИШ ТАРТИБИ

1. Ток ва кучланишларнинг вектор диаграммаларини кўриш.

Авал ток ва кучланишнинг масштабни ($m_I = A/mm$, $m_U = B/mm$) танлаб олиш керак.

Кетма-кет занжирларда ток занжирнинг барча элементлари учун бир хил қийматга эга бўлгани учун, уни бош вектор тариқ олиш маъқул ҳисобланади.

а) Нағрузка актив қаршиликдан иборат бўлганда. Иккинчи O нуктадан ток вектори I ни горизонтал қўйиб (2.10-расм, а) яна шу нуктадан ток векторининг йўналиши бўйича r_1 резистордаги кучланиш тушуви вектори U_1 ни қўямиз, шунинг охиридан r_2 резистордаги кучланиш тушуви вектори U_2 ни қўямиз. Бу векторларнинг йиғиндис тармок кучланишининг вектори U га тенг.

б) Нағрузка актив қаршилик ва индуктивликдан иборат бўлганда. Иккинчи O нуктадан ток вектори I ни горизонтал қўйиб (2.10-расм, б) яна шу нуктадан ток векторининг йўналиши бўйича r_1 резистордаги кучланиш тушуви вектори U_1 ни қўямиз. Маълум занжир учун Кирхгофнинг иккинчи қонунига кўра унга берилган кучланиш:

$$\bar{U} = \bar{I} \cdot r_1 + \bar{I} \bar{z}_r = \bar{U}_1 + \bar{U}_r,$$

бу ерда $\bar{z}_r$ — индуктив фалтакнинг тўла қаршилиги, Ом, $\bar{U}_r$ — индуктив фалтакдаги кучланиш тушуви, В.

Сўнгра $\bar{U}_1$ векторнинг охиридан соат стрелкаси харақатига кўра йўналишида индуктив фалтакдаги кучланиш вектори U_r вектори йўналиши билан ён қизиб, O нуктадан эса бутун занжир та тенг радиус билан ён қизиб, O нуктадан эса бутун занжир кучланишнинг вектори U га тенг радиус билан ён қизилади. Ҳар бир векторнинг кесилган нуктасини O нукта ва U_1 векторининг охири билан бирлаштириб, вектор диаграммани ҳосил қиламиз. Ҳар

тактаги 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

Нарузка характери (тур)	Ўлчамлар			Ҳисоблашлар							
	I	U	P	cos φ		Z	r	X _L	X _C	L	C
				диаграммадан	ҳисоблагани						
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								—	—	—
Умумий ҳол	резистор r_1								—	—	—
	индуктив ғал-так L								—	—	—
	конденсатор C								—	—	—
бутун занжир									—	—	—

в) Нарузка актив қаршилик ва сифмдан 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 ($\bar{U}$, нинг охиридан) фаза бўйича 90° га қолувчан бурчак остида қўйилади (2.10-расм, ж).
г) Нарузка актив қаршилик, индуктивлик ва сифмдан иборат бўлгандаги умумий ҳол учун вектор диаграмма (2.10-расм, з) куриш ўқувчиларнинг ўзларига топирилади.

2. Схеманинг параметрларини аниқлаш

а) занжирнинг қувват коэффициентини асбобларнинг кўрсатиши бўйича қуйдаги формуладан аниқланади:

$$\cos \varphi = \frac{P}{UI}.$$

Вектор диаграммадан эса тегишли ток ва кучланиш векторлари орасидаги бурчакни ўлчаб, унинг қийматини тригонометрик жадалдан топанган сўнг, қувват коэффициентни $\cos \varphi$ ни аниқлаш мумкин ёки тегишли туғри 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-жадалга ёзилади;

б) занжирнинг истаган қисмининг тўла қаршилиги Om қонунидан аниқланади:

$$Z = \frac{U}{I};$$

в) бутун занжирнинг актив қувватидаган 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:

$$L = \frac{X_L}{\omega} = \frac{X_L}{2 \cdot \pi \cdot f}, \Gamma H;$$

д) конденсаторнинг сифми C ни аниқлаш учун аввал унинг сифим қаршилиги X_C аниқланади:

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \sqrt{Z_K^2 - r_K^2}.$$

Конденсаторнинг сифими

$$C = \frac{1}{x_C \cdot \omega} = \frac{1}{x_C \cdot 2\pi \cdot f}, \quad \Phi \text{ (фарада)}$$

ёки

$$C = \frac{1 \cdot 10^6}{x_C \cdot 2 \cdot \pi \cdot f}, \quad \text{мкФ}$$

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Ом қонуни ва Кирхгофнинг иккинчи қонунини ўзгарувчан ва ўзгармас ток занжирларида қўлланишдаги хусусиятлари нимадан иборат?
2. Нарзуқанинг қуйидагига уланган ҳоллари учун ток ва қўчланнишнинг вектор диаграммасини қандай қилиш 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 қўчланниш U_F ва U_L , шунингдек, конденсатордаги қўчланниш U_C ва U_C ўзаро тенг эмас?
4. Занжирнинг актив, индуктив, сифим ва тўла қаршиликлари қандай аниқланади?
5. Ғалтакнинг индуктивлиги L ва конденсаторнинг сифими C қандай аниқланади?
6. Бутун занжирнинг ва занжир айрим қисмларининг қувват коэффициентлари $\cos \varphi$ қандай аниқланади?
7. Соф индуктив ғалтакда қўчланнишнинг тоқдан, соф сифимда токнинг қўчланнишдан фазаси бўйича 90° га оқдин кейинини тушунириб беринг.

4-лаборатория иши

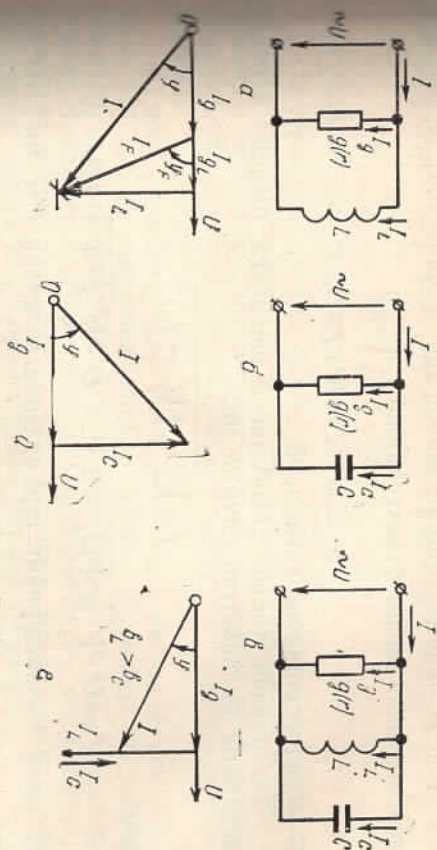
ЎЗГАРУВЧАН ТОҚ ЗАНЖИРИДА ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСИ ИСТЕЪМОЛИЛАРИНИ ПАРАЛЛЕЛ УЛАШ

1. Ишни бажаришдан мақсад

1. Синусоидал ўзгарувчан токнинг параллел занжирлари учун Ом қонуни ва Кирхгофнинг биринчи қонунини таъбиқ этиш хусусиятларини ўрганиш.
2. Ўзгарувчан ток занжирларида актив ўтказувчанлиги g бўлган резистор r , индуктивлик L ва сифим C ни турлича схемада параллел уланганда занжирдаги умумий токнинг қандай тақсимланишини амалда текшириш.
3. Ўлчашлардан олинган маълумотлар бўйича параллел занжир учун қўчланниш ва тоқларнинг вектор диаграммасини қилиш-ни ўрганиш.
4. Занжирнинг актив g , реактив b (индуктив — b_L , сифим — b_C) ва тўла y ўтказувчанликларини ҳамда қувват коэффициентини $\cos \varphi$ ни аниқлашни ўрганиш.

II. Ишга оид назарий тушунчалар

Маълумки, параллел уланган занжирнинг элементлари бир хил қийматдаги қўчланниш 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 (2.13-расм, в);
- г) параллел занжирнинг ҳар бир шохобчасидаги ток Ом қонунига биноан қуйидаги тартибда аниқланади:
и) актив ўтказувчанлик шохобчасидаги ток

$$I_g = g \cdot U,$$

бу ерда: I_g — актив ўтказувчанлик резистор r орқали ўтувчи ток, А; U — тармоқнинг қўчланниши, В; g — резисторнинг ўтказувчанлиги, Ом.

- б) индуктив ғалтакли шохобчадаги ток

$$I_L = b_L \cdot U,$$

бу ерда I_L — индуктив ғалтак орқали ўтувчи ток, А; b_L — индуктив ғалтакнинг ўтказувчанлиги ($\frac{1}{\text{Ом}}$):

$$b_L = \frac{1}{\omega L} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot L},$$

— ўзгарувчан токнинг бурчак частотаси; f — ўзгарувчан токнинг сифими, Гц; L — ғалтакнинг индуктивлиги, Гн.

- в) конденсаторли шохобчадаги ток

$$I_C = b_C \cdot U,$$

Нагрузка характери (түрү)	Элементтер					Хисобдолуучулар							
						cos φ		Хисобдолуучулар		y		S	
	I	I ₁	I ₂	I ₃	P					1		1	
	A	A	A	A	Вт	диаграммалар		хисобдолуучулар		Om		Om	
резистор	—	—	—	—	—								
индуктив фалтак	—	—	—	—	—								
бутун занжир	—	—	—	—	—								
резистор	—	—	—	—	—								
конденсатор	—	—	—	—	—								
бутун занжир	—	—	—	—	—								
резистор	—	—	—	—	—								
индуктив фалтак	—	—	—	—	—								
конденсатор	—	—	—	—	—								
бутун занжир	—	—	—	—	—								

IV. Хисобот түзүш тартиби

1. Кучланиш ва токларнинг вектор диаграммаларини куруу. Аввал ток ва кучланишнинг масштабини ($m_I = A/m$ ва $m_U = B/m$) тандаб олиш керек.

Кучланиш параллел занжирларда занжирнинг барча шохобчалары учун бир хил кыйматта эга булганы учун уни бош вектор тарзида олиш макул хисобланады.

а) нагрузка актив-индуктив характерга эга булганда. Иккинчи O нуктадан (2.13-рasm, з) кучланиш U нинг векторини горизонтал йүнәлишда чизамыз. Яна шу нуктадан кучланиш векторининг йүнәлиши буйича резистордун шохобчалар оркади утувчи ток I_g нинг векторини чизамыз.

Кирхгофнинг биринчи конунига бинсан занжирдагы умумий ток

$$I = I_g + I_r.$$

Бу ифоданын вектор диаграммасын куруш учун ток векторининг охиридан соат стрелкасининг харакати йүнәлишида (чун-ин индуктив ток кучланишдан фаза буйича оркада колади) $I_2 = I_r$ токи векторига тенг радиус билан ей чизилады. Сунгра O нуктадан умумий ток I нинг векторига тенг радиус билан ей чизилады. Ейларнинг кесилген нуктасын I_g токи векторининг охири хамда O нукта билан бириштириб, вектор диаграмманы хосил кыламиз. Фалтакдан утагган ток I_r ни актив ток I_{gr} ва индуктив ток I_L дан иборат ташкил этувчиларга ажратыш мумкин:

$$\cos \varphi = \frac{P}{UI}.$$

Параллел шохобчалар учун хам кууваат коэффициентни ана шу формула билан аныкланады, алмо кууваат ва токнинг хар бир шохобча учун тегилши кыйматлари олинады.

Вектор диаграммалан занжирнинг кууваат коэффициентини аныклаш учун тегилши бурчакларни улчаб, тригонометрик жадвалдан созунинг кыйматин аныкланады. Шунингдек, вектор диаграммалан тегилши туури бурчакли учбурчакнинг катет ва гипотенузларини улчаб, уларнын нисбатини олиш мумкин. Кейинги туул аныкрок натижа берады:

д) занжирнинг утказуучанлыкларини аныклаш:

1. Занжирнинг тула утказуучанлыгы

$$Y = \frac{I}{U}, \text{ См.}$$

2. Занжирнинг актив утказуучанлыгы

$$g = \frac{I_g}{U}, \text{ См. } (I_g = I_1).$$

3. Занжирнинг индуктив утказуучанлыгы

$$b_L = \frac{I_L}{U}, \text{ См. } (I_L \approx I_2).$$

4. Занжирнинг сифим утказуучанлыгы

$$b_C = \frac{I_C}{U}, \text{ См. } (I_C \approx I_3).$$

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Кирхгофнинг биринчи қонунини ўзгарувчан ток занжирларида татбиқ этиш хусусиятлари нимаардан иборат?
2. Ўзгарувчан ток занжири учун Ом қонуни қандай татбиқ этилади?
3. На рўқанинг қуйидагига уланган ҳолати учун қучланиш ва тоқларнинг вектор диаграммасини қандай куриш мумкин:
 - а) резистор ва индуктив ғалатқ параллел уланганда;
 - б) резистор, индуктив ғалатқ ва конденсатор параллел уланганда;
 - в) резистор, индуктив ғалатқ ва конденсатор параллел уланганда;
 - г) бутун занжирнинг, ғалатқнинг ва конденсаторнинг параметрлари қандай аниқланади?
4. Бутун занжирнинг ва занжир шохобчаларининг қувват коэффициентини қандай аниқланади?
5. Фаза сиғиш бурчаги деб нимага айтади?

5-лаборатория иши қучланишлар резонанси

1. Ишни бажаришдан мақсад

1. Актив, индуктив ва сифим қаршиликлари кетма-кет уланган занжирда қучланишлар резонанси ҳолисасини экспериментал текшириш.
2. Занжирнинг кетма-кет тебраниш (резонанс) контурини резонансга қайтар, резонанс пайтида ва резонансдан кейинги бўлган параметрларини аниқлаш ва ўзига хос хусусиятларини, иш режимидаги ўрғаниш.
3. Тажрибадан олинган маълумотларни назарий ҳисоблар билан таққослаш.

II. Ишга оид назарий тушуничалар

Индуктивлик ва сифим элементлари бўлган электр занжирларда қучланишлар резонанс ҳолисасининг табиати механикадаги, молекуллар физикадаги, оптикадаги ва бошқа соҳалардаги резонансларнинг табиатига ўхшашдир. Барча ҳолатларда резонанс тебраниш контурига (системасига) ташқаридан берилган даврий таъсир (ташқи қуч) туфайли содир бўлади. Ўз параметрларига кўра ҳар бир тебраниш системаси ўзларининг хусусий тебранишлар частотаси ω_0 га эга. Систепада тўпланган энергия ўз ҳолатини тўла циклда шу частота тезлигида ўзгариб туради. Ички энергия сарфи бўлмаган ҳар қандай (идеал) тебраниш системасини ω_0 частота билан тебратиб юборилса, у бу ҳолатни кераклича узоқ вақт сақлаб тура олади. Ички энергия сарфи бўлган тебраниш системасида эса тўпланган энергия аста-секин нолатанча камай боради ва системасидаги тебранишлар ҳам сўнади. Агар системасида бўлаётган ҳар қандай энергия сарфини ўша ω_0 частотада циклик равишда ташқи энергия манбаидан тўлдириб тура олсак, у ҳолда системасида энергия миқдори ўзгармасдан қолиб, тебраниш чексиз узоқ давом этади. Бу резонанс ҳолисасининг намоён бўлишидир. Бошқача айтганда, резонанс тебраниш сис-

темасининг хусусий тебранишлар частотаси ω_0 ни ташқи қучнинг (энергия манбаининг) мажбурий частотаси ω билан мос тушиш ҳолисасидир.

Электр занжирларда тебраниш системаси тарзида индуктив ғалатқ L ва сифим C дан ташкил толган тебраниш контури (2.15-расм, а) қаралади. Конденсаторнинг қолламадагида бошланғич заряд q_0 бўлганда, конденсаторнинг электр майдон энергияси

$$W_s = \frac{q_0^2}{2C} = \frac{CU_0^2}{2} \text{ га}$$

тег бўлиб, у ғалатқнинг худди шу миқдорли магнит майдон энергияси

$$W_m = \frac{\psi_0^2}{2L} = \frac{LI_0^2}{2}$$

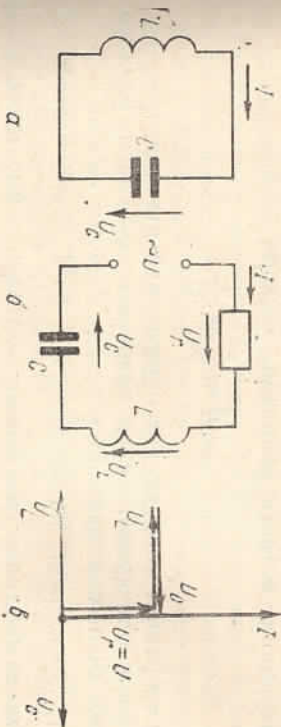
билан циклик равишда ўрин алмашиб туради ва ушбу ўзгаришлар натижасида контурда $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ буручак частотали даврий тебранишлар ҳосил бўлади.

(Бу ерда U_0 —контурдаги конденсатор токи $i = 0$ бўлгандаги қучланиш, ψ_0 —ғалатқдаги ток максимум, яъни $i = I_0$ бўлгандаги иланган магнит оқими). Истаган пайтда L ва C реактив элементлардаги қучланишлар оний қийматларининг йиғиндиси доимо нолга тенг, яъни

$$u_L + u_C = 0,$$

$$L \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \int idt = 0. \quad (1)$$

Энергия сарфи мавжуд бўлган электр тебраниш контурининг системасида актив қаршилик ёки актив ўтказувчанлик бўлиб, занжир элементлари уч хил кўринишда, яъни кетма-кет, параллел ва аралаш схемада уланishi мумкин. Қуйида r , L ва C элементлар кетма-кет уланган (2.15-расм, б) занжирдаги қучланишлар резонанси ҳолисаси кўрилади. Занжирда резонанс ҳолисаси 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 ўтган 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 эришадди. Бу кучланишлар резонанс ҳолатисининг ўзига хос хусусияти ҳисобланади.

Тенглама (1) га биноан кучланишлар резонанс пайтида L ва C реактив элементларидаги кучланишларнинг алгебранк (ёки вектор) йиндилилари 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 ($U_L = U_C$), ammo қарама-қарин фазада бўлган резонанс (реактив) кучланишлари U_L ва U_C бир бирларини тўла компенсация қилади. Бу пайтда занжирга берилган кучланиш U актив қаршиликдаги кучланишнинг паспонаси U_r га тенг ва тўла занжир учун ҳисобланган фаза силжиш бурчиги $\varphi = 0$ бўлади. Тебраниш контури манба учун худди актив нагрузка ҳисобланади. Реактив кучланишлар U_L ва U_C нинг тўла сир эгувачи қийматлари умумий кучланиш U нинг қийматига инебатан катта ёки кичик бўлиши тебраниш контурининг тўлиқлиги қаршилиги r га боғлиқ:

$$r = x_L = x_C = \omega L = \frac{1}{\omega_0 C} = \sqrt{\frac{L}{C}}, \text{ (Ом).}$$

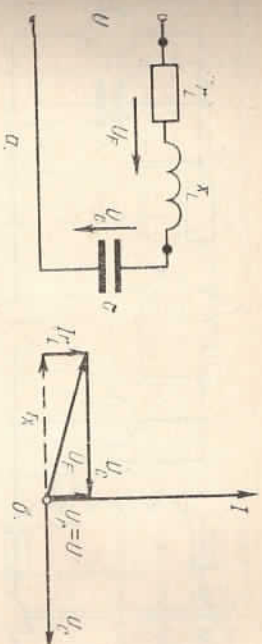
Аниқроқ айтганда актив қаршилик r га нисбатан ўнинг неча марта катта ёки кичиклигига боғлиқ. Бу ерда $Q = \frac{r}{r}$ — тебраниш контурининг аслиги дейилади. Тескари нисбат

$$d = \frac{r}{r} = \frac{1}{Q}$$

эса тебраниш контурининг сўниши деб аталади.

Занжирда кучланишлар резонанс куйидаги усуллар билан ҳосил қилиниши мумкин:

1. Занжирнинг параметрлари L ва C , яъни частота $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ ўзгармас бўлганда, манбаининг частотасини бир текис ўзгартириш билан $\omega = \omega_0$ тенглик амалга оширилади.



2.16-расм.

2. Манбаининг 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, баъки индуктив ёлғалакнинг тўла қаршилиги z_L нинг актив ташкил эгувачиси r_4 тарзида пайдои (2.16-расм, а)

Занжирда резонанс қарор топганлигини резонанс шарт ($x_L = x_C$) баъжарилиб, 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 пайтда ғалтақдаги кучланиш U_r конденсатордаги кучланиш U_C дан нурмуна катта, бу куйидаги ифодадан ҳам кўриниб турибди:

$$U_r = I \cdot z_L = I \cdot \sqrt{r^2 + x_L^2}.$$

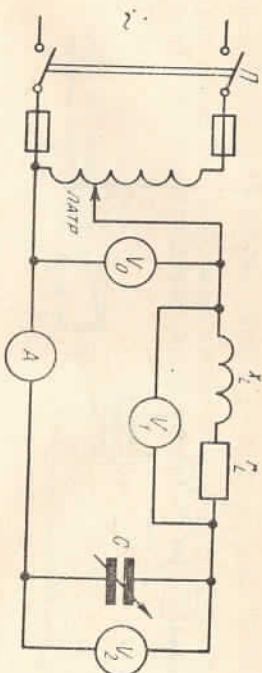
Кучланишлар резонансда занжирга берилган кучланиш нисбатан кичик бўлса ҳам, реактив элементларидаги резонанс кучланишлари бир мунча ортди. Кучланишлар резонансдан фойдаланиш ҳолатиса тарзида радиотехникада, телевидениеда ва алоқа техникасида фойдаланилади.

III. Ишни баъжариш тартиби

1. Схемда 2.17-расмдаги электр схемани йиғиб, аввалдан автотрансформатор (АТФ) дастагининг ҳолати O га қуйилади.

2. Схемани электр тармоғига улаб, ДАТР ёрдамида берилган кучланишнинг бир текис ўзгартириб, унинг чиқиш томонида $U = 50 \dots 500$ В кучланишнинг кўйиши керак. Турли номинал қийматдаги конденсаторларни улаш ёки ажратиб биан сиғим C ни ростлаб, занжирда токнинг максимум бўлишига эришинг. Сиғимнинг 100 га тўғри келган умумий қийматини дафтарга ёзиб қуйинг.

3. Конденсаторларни тўла ажратиб, кучланиш U нинг конденсаторлар қисмасидаги кучланиш U_C га тенг эканлигига, шу-нингдек, ток I ва кучланиш U , нинг нолга тенглигига ишонч билан қилинг. Бу маълумотларни 2.9-жадвалнинг биринчи қа-



2.17- pacm.

торифа ёзинг. конденсаторнинг сифминини нолдан $C_{рез}$ микдоригача поғонали ўзгартириш билан резонанс нуқтасига қадар олтидан кейин ($C > C_{рез}$ бўлганда) 5–6 та экспериментал нуқтада олиб, маълумотларни 2.9-жадвалга ёзинг.

4. 2.9-жадвалдан контурнинг резонансга қадар, резонанс пай-
тига ва ундан кейинги иш режимларига мос ток ва қучлини-
шларнинг қиймаатларини топиб, масштабда вектор диаграмма ку-
ринг.

5. У днаш натижатаи ва 4-пунктаги геометрик куришлар буйица каршиликларни, фаза силжини бурчани φ ни ва бутун занжирнинг кубват коэффиценти $\cos \varphi$ ни хисоблашни бажаринг (2.9.-жадвал).

6. Резонанс режимнн учун контуриниң аслагы Q ва сўйниши d ни аниқлап.

1. Умунний графикда (масштаб билан) куйндагилар

$$U_1 = f(C); \quad U_2 = f(C); \quad I = f(C); \quad Z = f(C)$$

8. Иш бўйича таълимчи чизикларини кўринг.

С. С. Юрлова, кандидат технических наук, доцент.

Үз-Үзини текшириш үчүн саволдар

1. Умуман резонанс деб нимага айтилади ва хуусан электр занжирининг дақиқ резонанс нима?

2. Элементлари r, L, C келма-кет уланган занжирда резонанс пайдо бу-
лишининг шарты қандай? Нима учун бу резонанс кучланишлар резонансини
атадлади?

3. Қўчанишлар резонансини ҳосил қилишнинг қандай усуллари mavjud?

т. 10-оринда келгүрүнүн түзүлүшү карашынты, аспаптын коэффициентини тапканын билдирет. Бу катталыштар резонанснын физик табиятына кандай таасир кылат?

5. Агар занжирга берилган кучатлиниш модули бўйича бир қанча ўзларса (ор-
са ёки камайса) резонанс эффекти бузиладими? 6. Конденсаторларнинг еттинчи йўналиши билими

Мол килдетиң актив куввати ўзгарадими? Агар ўзгарса қандай миқдорда ўзгаради?

7. Резонанс пайтида қўлаганиш U_F ёки (U_1) ва U_c ёки (U_2) нинг теги бўлмаслиги қандай тушунирилади?

У члн резонанс лалтнда занжирдаги ток максимал буладиган?

№ п. т. т.	Углублен					Углублен									
	C	U	U ₁	U ₂	I	Z	Z _L	I _L	I _T	X _C	β	φ	cos φ	ω ₀	
	МКФ	B	B	B	A	ОМ	ОМ	ОМ	ОМ	ОМ	ОМ	ррар	-	пар	c

6-лаборатория иши
ТОКЛАР РЕЗОНАНСИ

1. Ишни бажаришдан мақсад

1. Резонанс ҳодисасини актив, индуктив ва сифм утказувчанликлари параллел занжирда содир бўлишини экспериментал текшириб кўриш.

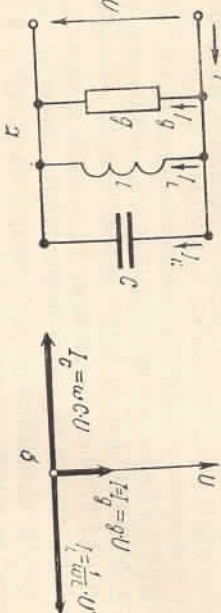
2. Занжирнинг резонанс режимига соzлашгани ўрганиш
ни параллел занжирларни резонанс режимига соzлашгани билан
3. Назарий ҳисобларни тажрибадан олгнган маълумотлар билан
таққослаш.

II. Ишга оид назарий тушунчалар

Резонанс деб тебраниш контурининг хуусуси теоранишлар частотаси $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ билган манба частотаси ω нинг мос тушиш ҳо-

диссипативна антилад (резонанс тугридиссипатив уларов 1.0m) / ва C парад

Элементари g (актив утказувачилик, $1/\omega L$), z ва y наф
дел уланган закирда (2.18-расм, a) резонанс ходисеси содир бу-
лиши учун индуктив ғалтақдаги $I_L = \frac{1}{\omega L} \cdot U$ ва сигмидати $I_C = \omega C \cdot U$



2.18- pacm.

$b_L = b_C$ ёки $\frac{1}{\omega L} = \omega C$ Бунга фақат $\omega = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ бўлганда эришиш мумкин.

Занжирнинг резонанс режимига онд вектор диаграммаси 2.18-расм, b да кўрсатилган. Вектор диаграммадан кўринадики, минус реактив (резонанс) тоқлар I_L ва I_C бир-бирларини тўла компенсациялайди. Занжирга берилган кучланиш вектори $\vec{U}$ билан фазанинг умумий тоқи хисобланади. Шундай қилиб, резонанс пайтида контур электр тармоғида худди актив нагрузадек ишлайди. Бу пайтда занжирдаги кучланиш билан умумий ток орасидagi фаза силжиш бурчиги $\varphi = 0$ бўлади. Бошқа томондан занжирнинг 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

$$\gamma = \frac{1}{\omega_0 L} = \omega_0 C = \sqrt{\frac{C}{L}}, \left[\frac{1}{\Omega_m} \right]$$

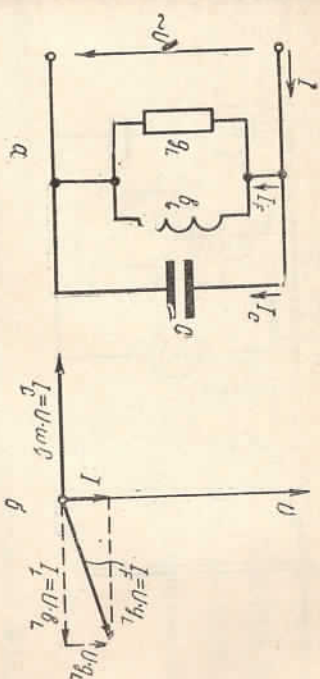
актив ўтказувчанлик g дан неча марта катта ёки кичиклигига боғлиқ. $Q = \frac{1}{g}$ нисбат тебраниш контурининг аслик коэффициенти дейилади. Тескари нисбат $d = \frac{g}{\gamma}$ тебраниш контурининг сўниши дейилади.

Занжирда тоқлар резонанси куйидаги усуллар билан ҳосил қилиниши мумкин:

1. Занжирнинг L ва C параметрлари, шунингдек, $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ ўзгармас бўлганда манбаининг частотасини бир текис ўзгартириш билан $\omega = \omega_0$ тенглик амалга оширилади.

2. Манбаининг частотаси ω ўзгармас бўлганда L ва C параметрлардан биронтасини (ёки иккаласини бир вақтда) бир текис ўзгартириш билан $\omega = \omega_0$ тенгликка эришилади.

Ҳақиқий параллел теориниш контурларида актив ўтказувчанлик занжирнинг айрим звеноси бўлмасдан балки индуктив ғал-зид кирди (2.19-расм, a). Занжирда резонанс қарор топганлигини резонанс шарт ($b_L = b_C$) бажаритиб, токнинг минимума ($I = I_{min} = U \cdot g$) эришганлигидан билиш мумкин. 2.19-расм, b ринадики, резонанс пайтида индуктив ғалтақдаги токнинг модули



2.19-расм.

$I_g = U \cdot Y_L$ конденсатордаги ток $I_C = U \cdot \omega C$ дан бирмунча катта, бу куйидаги ифодадан ҳам кўриниб турибди, яъни

$$I_g = U \cdot Y_L = U \cdot \sqrt{g_L^2 + b_L^2}.$$

Резонанс режимда 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 ҳолиса тоқлар резонанси деб аталади. Занжирдаги умумий токнинг занжирга берилган кучланиш билан бир хил фазда бўлиши, тоқлар резонанси соғ кучланиш энергетик кўрилмадарнинг қувват коэффициентини $\cos \varphi$ дасидан яқинроққача кўпайтиришда фойдаланиш мумкин. Энергетик қўрилмадарнинг тоқлар резонанси режимда ишлаши манбадан келадиган энергиядан тўла фойдаланиш нуктаи назардан энг қўлай ҳисобланади.

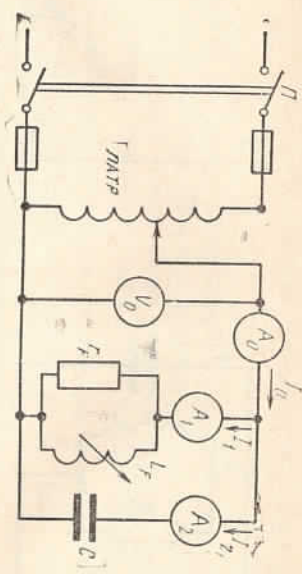
Индуктив ғалтак ва конденсатордаги электромагнит майдонни ўзгартириб туриш учун сарфланган реактив энергия ана шу элементлар орасида алмашилиб туради, чунки $U I_L = U I_C$.

III. Ишни бажариш тартиби

1. Стенда 2.20-расмдаги электр схемани йиғиб, аввалдан автотрансформатор (ЛАТР) дастагини $O B$ ҳолатига кўйинг. (Конденсаторнинг сизими ҳар бир группа (бригада) студентлар учун денсаторнинг сизими ҳар бир группа (бригада) студентлар учун ўқитувчи томонидан белгиланиб, кейин ўзгартирилмайдin.)

2. Улагичнинг II кнопкасини босиш билан схемани электр тармоғига улаб, ЛАТР ёрдамида берилган кучланишни бир текис ўзгартириб, унинг чиқиш томонида $U_C = 150 \div 200$ В (ўқитувчи ўзгартириб, унинг чиқиш томонидан кучланишни кўйинг. Индуктив ғалтакнинг кўрсатмаси бўйича) кучланишни кўйинг. Индуктив ғалтак нуқлат ўзгаришнинг ҳолатини ростлаш билан занжирдаги токнинг минимал ($I_0 = I_{min}$) бўлишига эришинг.

3. Кейинчалик ғалтак ўзгаришнинг ҳолатини ростлаш билан ток (I_0) кийматининг минимал бўлишига эришинг. Бу ҳолатда нуқлат ўзгаришнинг ҳаволи оралиқ минимал бўлади. Кучланиш ва ток-



2.20-расм.

ларнинг бу нуктадаги кийматларини 2.10-жадвалнинг биринчи қаторига ёзилади.

4. Индуктив ғалтакнинг пулат ўзагидаги ҳаволи бўшлиқни резонансга қадар ($I_2 > I_1$) ортира бориб, оралиқдаги 4—5 нукта-ларга, резонанс нуктасида битта ($I_0 = I_{орд}$) ва ундан кейин ҳам 4—5 та нукталарда ($I_1 > I_2$) экспериментал ўлчашларни бажариб, олинган маълумотларни 2.10-жадвалга ёзинг.

5. 2.10-жадвалдан контурнинг урта халатерли режими учун, яъни резонансга қадар, резонанс пайтига ва ундан кейинги иш режимларига мос кучланиш ва тоқларнинг кийматларини топиб, масштаб билан ана шу режимлар учун вектор диаграмма курилинг.

6. Ўлчаш натижалари ва 5-пунктдаги геометрик куришлар бўйича ўтказувчанликларини, фаза силжиш бурчати φ ни ва бу-туш занжирнинг қувват коэффициентни $\cos \varphi$ ни ҳисоблашни бажа-ринг (2.10-жадвал).

№ №	Ўлчашлар			Ҳисоблашлар									
	U_0	I_1	I_2	L	C	U_L	U_C	U	I	φ	$\cos \varphi$	ω_0	
м. м.	В	А	А	Гн	мкФ	$\frac{1}{\text{Ом}}$	$\frac{1}{\text{Ом}}$	$\frac{1}{\text{Ом}}$	$\frac{1}{\text{Ом}}$	$\frac{1}{\text{Ом}}$	$\frac{1}{\text{Ом}}$	рад/с	

2.10-жадвал

7. Умумий координаталар системасида қуйидаги $I_0 = I_0(L)$; $I = f_1(L)$; $I_2 = f_2(L)$; $U = f_3(L)$ ва $\varphi = f_4(L)$ боғланишларнинг эри-чиликларини курилинг.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Электр занжирларда содир бўлган резонанс ҳолисаси део нимата айтилади?

2. Тоқлар резонансининг шартлари нимадан иборат?
3. Маэкур ишда контурин резонансга созашнинг қандай усули қўлланди?
4. Резонансга бошқача йўл билан ҳам эришиш мумкинми?
5. Индуктив ғалтакнинг ўзагидаги ҳаволи оралиқ ўларганда контурнинг куйси тебранишлар частотаси қандай ўзгаради?
6. Агар резонанс пайтида конденсаторнинг ситимини икки марта ортирсак қанча қайтаришак ток I_0 қандай ўзгаради?
7. Резонанс пайтида I_1 ва I_2 (I_L ва I_C) тоқларнинг тенг бўлмаслиги қандай тушунирилади?

7-лаборатория иши ИСТЕЪМОЛЧИЛАР ЮЛДУЗ СХЕМАДА УЛАНГАН УЧ ФАЗАЛИ ТОҚ ЗАНЖИРИНИ ТЕКШИРИШ

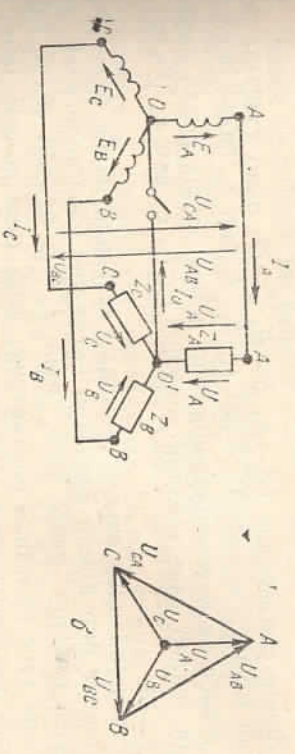
1. Ишни бажаришдан мақсад

1. Истеъмогчилар юлдуз схемада уланган уч фазали тоқ зан-жирининг турли режимлардаги ишнини экспериментал текшириш:
- а) текис актив нагрзука учун;
- б) нотекис актив нагрзука учун;
- в) нотекис актив, индуктив ва ситим нагрзукалар учун.
2. Тоқ ва кучланишларнинг топографик (вектор) диаграмма-сини куришни ўрганиш.
3. Фаза ва линия кучланишларини ўлчашни ўрганиш ва улар орасидаги нисбатни экспериментал текшириш.

II. Ишга онд назарий тушуначалар

Уч фазали ўзгарувчан (синусидал) тоқ занжиринида электр энергиясининг истеъмогчиларини уч фазали ЭЮК манбаи билан "юлдуз" ёки "учбурчак" схема бўйича бириктирилади.

Уч фазали тоқ манбаига истеъмогчиларининг қандай схема бў-йича улангани уларнинг ҳар қайси фазаларининг қаршиликларини-ни қандай миқдордаги номинал кучланишга мўлжалланганига боғлиқ. Истеъмогчилар "юлдуз" схемада уланганда Z_A , Z_B , Z_C фаз қаршиликларининг бош учлари А, В, С манбадан келает-ган линия симларига, охириги учлари эса нейтрал нукта O' га ҳол-нилади. Агар нагрзука фазалар бўйича носимметрик бўлса, у ҳол-



2.21-расм.

да O' нукта уч фазали манбанинг худди шундай нейтрал нукта си U билан бириктирилади (2.21-расм, а), манба билан истеъмочиларнинг O ва O' нукталарини бирлаштирувчи сим нейтрал сим деб аталади.

Уч фазали манба фаза ЭЮК ларининг оний қийматлари бир-бирларидан фазалари бўйича 120° (ёки учдан бир даврга) синуслар билан бўлади яъни:

$$\begin{aligned} e_a &= E_m \sin \omega t; \\ e_b &= E_m \sin(\omega t - 120^\circ); \\ e_c &= E_m \sin(\omega t - 240^\circ). \end{aligned}$$

Уч фаза ЭЮК ларининг амплитудалари бир хил бўлиб, уларнинг таъсир этувчи қийматлари E_a , E_b ва E_c ўзаро тенг, яъни $E_a = E_b = E_c = E_\phi$ бўлади.

Агар линия ва нейтрал симларининг қаршилиги нолга тенг бўлса, фаза қаршиликларининг қисмларидати оний кучланишлар миқдор жиҳатдан фаза ЭЮК лари билан бир хил бўлади, яъни

$$\begin{aligned} u_a &= U_m \sin \omega t; \\ u_b &= U_m \sin(\omega t - 120^\circ); \\ u_c &= U_m \sin(\omega t - 240^\circ). \end{aligned}$$

Фаза кучланиши деб исталган бирон линия сими билан нейтрал сим орасидаги ҳамда манба ёки истеъмочиларнинг бир нолли фазларининг бош ва охириг учлари орасидаги кучланишларга айтылади. Улар U_a , U_b , U_c ёки U_ϕ деб белгиланади.

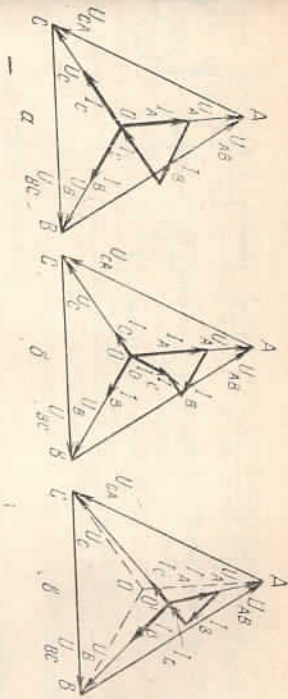
Шунингдек, фаза кучланишларининг таъсир этувчи қийматлари ҳам ўзаро тенг: $U_a = U_b = U_c = U_\phi$ ва уларнинг векторлари симметрик уч нулли юлдуз ҳосил қилади (2.21-расм, б).

Линия кучланиши деб исталган иккита линия сими орасидаги ёки исталган иккита фазанинг (манба ёки истеъмочи) бош учлари (A, B, C) орасидаги кучланишларга айтылади. Линия кучланишлари U_{ab} , U_{bc} , U_{ca} ёки U_L кўринишида белгиланади. Улар симметрик нарузада ўзаро тенг бўлиб, фаза кучланишлардан $\sqrt{3}$ марта катта, яъни

$$U_{ab} = U_{bc} = U_{ca} = U_L = \sqrt{3} U_\phi.$$

Линия симларидан ($A-B, B-C, C-A$) оқиб ўтаётган тоқлар линия тоқлари дейилади. Улар I_a , I_b , I_c ёки I_L билан белгиланади. Манба ва истеъмочиларнинг бир нолли фазаларидан оқиб ўтаётган тоқлар фаза тоқлари дейилиб I_a , I_b , I_c ёки I_ϕ билан белгиланади.

Истеъмочилар юлдуз схемада уланганда манба билан истеъмочиларнинг бир нолли 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 наруза ха-



2.22-расм.

рактерига кўра оний фаза ЭЮК дан (кучланишдан) φ буруракка синуслар бўлади:

$$\begin{aligned} i_a &= I_m \sin(\omega t \pm \varphi); \\ i_b &= I_m \sin(\omega t - 120^\circ \pm \varphi); \\ i_c &= I_m \sin(\omega t - 240^\circ \pm \varphi). \end{aligned}$$

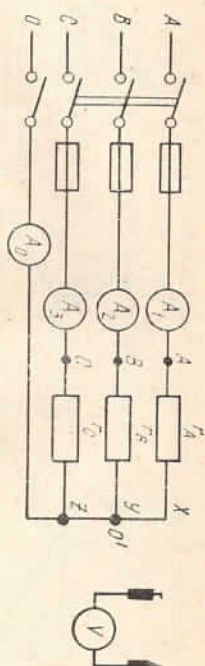
бу шу тоқларнинг йиғиндисига тенг бўлган нейтрал симдаги ток на шу тоқларнинг йиғиндисига тенг бўлади (бу ерда $I_m = \frac{U_m}{Z_\phi}$). наруза симметрик бўлганда нолга тенг бўлади (бу ерда $I_m = \frac{U_m}{Z_\phi}$).

Бу симметрик актив наруза ($r_a = r_b = r_c = r_\phi$) режими учун курилган ток ва кучланишларнинг вектор диаграммасидан ҳам кўриниб турибди (2.22-расм, а). Агар фаза қаршиликлари тенг кўриниб турибди ($r_a \neq r_b \neq r_c$) фаза кучланишларининг симметрисини бўлмаса ($r_a \neq r_b \neq r_c$) сақлаш учун O ва O' нукталар орасида нейтрал сим ($U_a = U_c = U_\phi$) сақлаш учун O ва O' нукталар орасида нейтрал сим уланганда (2.21-расм, а). У ҳолда йиғинди ток $i_a + i_b + i_c = 0$ нейтрал сим бўлиб оқиди. Бу режим учун ток ва кучланишларнинг вектор диаграммаси 2.22-расм, б да кўрсатилган. Симметрик нарузада ноллини (нейтрал) симни ажратиш мумкин эмас, чунки фаза тоқлари йиғиндисининг нолга тенг бўлиши фаза кучланишларининг (U_a , U_b , U_c) қайта тақсироти хисобига бўлади. Бунда нарузада кам фазанинг кучланиши номинат қийматидан ортиб, кўпинки камийиб кетади. Бўлаётган процесслар Ом ва Кирхгоф қонуналарига биноандин (2.22-расм, в).

IV. Ишни бажариш тартиби

1. 2.23-расмда кўрсатилган симметрик актив нарузакли схемани йиғиб, занжирини 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 кўрсатишга эришиш кетма-кет. Симметрик нарузада 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 ўлчиш натижаларини 2.11-жадвалга ёздинг.



2.23- расм.

2. Нейтрал симни қайта улаб ва U_A, U_B, U_C фаза қаршилликларининг қийматларини ўзгартириб, истеъмолчининг фазаларида нотекис наруза ҳосил қилинг. Нейтрал симдаги токнинг нуқта-дори фаза тоқларининг носимметриклик даражасини кўрсатади. Ҳақиқат натижаларини 2.11-жадвалга ёзинг.

3. Занжирнинг параметрларини 2-пунктда айтилгандек қолдириб, нейтрал симни ажратилган ҳолатда, истеъмолчининг фаза тоқларининг I_A, I_B, I_C ва кучланишларининг U_A, U_B, U_C ҳамда нейтрал симнинг ажратилган нуқталари орасидаги кучланишнинг ўлчаш (нейтралнинг сиклиши). Фаза кучланишлари симметрикликнинг бузилганлиги ва манба билан истеъмолчининг 0 ва 0' нуқталари орасида кучланиш пайдо бўлишига ишонч ҳосил қилинг. Ҳақиқат натижаларини 2.11-жадвалга ёзинг.

4. Занжирни манбадан ажратиб истеъмолчининг истаган иккита фазасидаги актив қаршилликларини индуктивлик ва сифимга алмаштириб, нейтрал симни қайта улагандан сўнг, U_A, U_B, U_C парам-

2.11-жадвал

Наруза турлари	Ўлчашлар												Ҳисоблашлар					
	I_A	I_B	I_C	I_0	U_A	U_B	U_C	U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}	U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}	U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}	U_{AB}	U_{BC}
	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A
Актив симметрик																		
Актив носимметрик																		
Ҳудди ўшандай, нолинчи сим узилган																		
Аралаш (I, L, C), нолинчи сим узилган																		
Аралаш (I, L, C), нолинчи сим узилган																		

метрларни ростлаш билан фаза тоқларининг қиймат жиҳатдан тахминий тенг бўлишига эришинг, яъни $I_A = I_B = I_C$ бўлсин. Наруза характерлари турунча бўлса, фаза тоқлари ўзаро тенг бўлишида ҳам нейтрал симда ток бўлишига ишонч ҳосил қилинг. Ҳақиқат натижаларини 2-11-жадвалга ёзинг.

5. Занжирнинг барча иш режимлари учун (1:4) масштабда ток ва кучланишларнинг топографик вектор диаграммасини кўринг. Ток I_0 нинг вектор диаграммадаги ва ўлчашдан олинган қийматларини солиштиринг.

6. Кўйилган саволларга ёзма жавоб беринг: а) нейтрал симнинг аҳамияти; б) уч фазали занжирнинг қатъий ва шартли симметрисини ҳақида тушуна.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Уч фазали занжирдаги бириктиришнинг қандай усуллари бор ва улар қандай ҳолларда қўлланилади?
2. Нейтрал симнинг аҳамияти қандай?
3. Уч фазали текис ва нотекис наруза нима?
4. Уч фазали ток ва кучланишлар қандай ҳолда симметрик система ташкил қилади?
5. Уч фазали системада фазалар алмашиши нима ва у аралаш наруза-да нейтрал (нолинчи) симдаги токка қандай таъсир этади?
6. Уч фазали симметрик истеъмолчининг юлдуз схемаларини ўқуручак схемата қайта уланса, фаза тоқлари ва кучланишлари қандай ўзгаради?
7. Уч фазали занжирларнинг түрт симли линияларида нима учун нейтрал симнинг қўндаланг кесими фаза симлариникидан кичик?
8. Уч фазали симметрик ва носимметрик истеъмолчиларга оид мисоллар келтиринг.

8-лаборатория иши

ИСТЕЪМОЛЧИЛАР УЧБУРУЧАК СХЕМАДА УЛАНГАН УЧ ФАЗАЛИ ТОК ЗАНЖИРИНИ ТЕКШИРИШ

1. Ишни бажаришдан мақсад

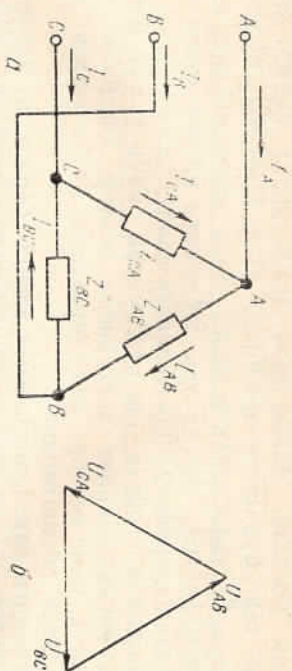
1. Истеъмолчилар учбуручак схемада уланган уч фазали ток занжирининг турли режимлардаги ишнинг экспериментал текшириши:

- а) симметрик актив наруза учун;
- б) носимметрик актив наруза 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 куриш бўйича тажриба ортириш.

II. Ишга оид назарий тушунчалар

Уч фазали ўзгарувчан (синусоидал) ток занжирда электр энергиясининг истеъмолчиларининг уч фазали ЭЮК (кучланиш) манба билан "юлдуз" ёки "учбуручак" схема бўйича уланади.



2.24- расм.

Истеъмолчиларнинг уч фазали ток манбаига қандай схема бўйича улангани, истеъмолчи алоҳида фазаси қаршилигининг қандай миқдордаги номинал кучданишга мўлжалланганига боғлиқ. Уч бурчак уланганда фаза қаршиликлари Z_{AB} , Z_{BC} , Z_{CA} дар тегишли A , B ва C линия симларининг оралиғига уланади, яъни истеъмолчиларнинг 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 қисмларидати фаза кучданишлари уч фазали симметрик системани ҳосил қилади (2.24- расм, б), яъни

$$\begin{aligned} u_{AB} &= U_m \sin \omega t; \\ u_{BC} &= U_m \sin(\omega t - 120^\circ); \\ u_{CA} &= U_m \sin(\omega t + 120^\circ). \end{aligned}$$

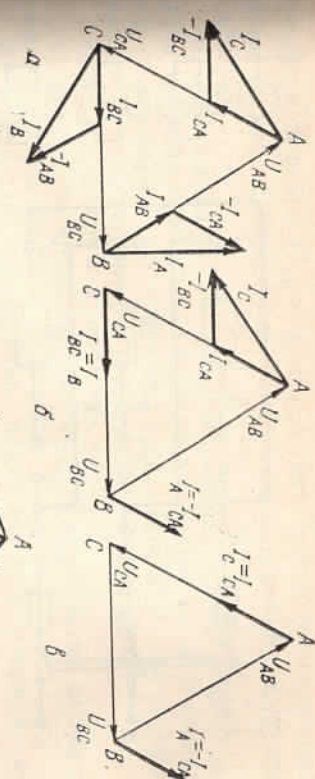
Линия кучданишларининг таъсир этувчи қийматлари учун қуйидаги тенгликларни ёзиш мумкин:

$$U_{AB} = U_{BC} = U_{CA} = U_\phi; \quad U_\phi = U_L,$$

демак, истеъмолчилар учбурчак схемада уланганда линия ва фаза кучданишлари ўзаро тенг бўлар экан.

Фаза тоқлари I_{AB} , I_{BC} , I_{CA} фақат айрим фаза қаршиликлари (Z_{AB} , Z_{BC} , Z_{CA}) ларнинг харақтерига ва миқдорларига боғлиқ бўлиб, линия симларидати тоқлар I_A , I_B , I_C га тенг эмас (2.24- расм, а). Линия ва фаза тоқлари орасидати боғланиш A , B , C туғунлар учун Кирхгофнинг биринчи қонуни бўйича тузилган тенгламалардан аниқланади:

$$\begin{aligned} I_A &= I_{AB} - I_{CA}; \\ I_B &= I_{BC} - I_{AB}; \\ I_C &= I_{CA} - I_{BC}. \end{aligned}$$



2.25- расм.

Ушбу тенгламалар ёрдамида уч фазали нагруканинг барча ҳолати учун линия тоқларини аниқлаш мумкин.

Уч фазали симметрик нагруканда линия тоқлари ўзаро тенг бўлиб ($I_A = I_B = I_C$), фаза тоқлари (I_{AB} , I_{BC} , I_{CA}) дан $\sqrt{3}$ марта катти, яъни $I_L = \sqrt{3} I_\phi$ бўлади. Бунда линия ва фаза тоқлари симметрик системани ҳосил қилади

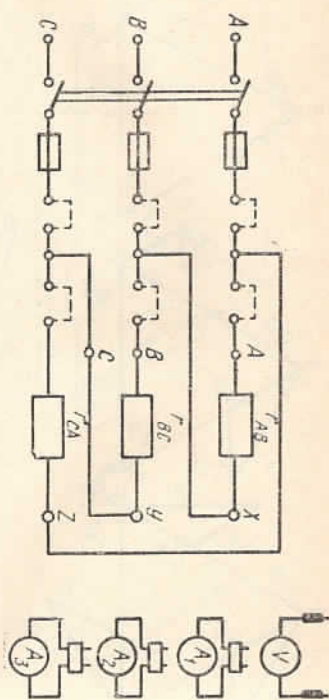
Нагрукка носимметрик бўлганда линия ва фаза тоқлари орасидати бу нисбат сақланмайди.

2.25- расм, а, б, в, г ва д ларда уч фазали истеъмолчиларнинг турли нагрукка режимидаги учун ток ва кучданишлар вектор диаграммаларининг қурилиши кўрсатилган:

- симметрик актив нагрукка учун (2.25- расм, а);
- истеъмолчиларнинг битта фазаси узилган, яъни $I_{AB} = 0$ ҳолати учун (2.25- расм, б);
- истеъмолчиларнинг иккита фазаси узилган, яъни $I_{AB} = 0$, $I_{BC} = 0$ ҳолати учун (2.25- расм, в);
- битта линия сими узилган, яъни $I_A = 0$ ҳолати учун (2.25- расм, г);
- носимметрик актив нагрукка учун (2.25- расм, д).

III. Ишни бажариш тартиби

- 2.26- расмда кўрсатилган симметрик актив нагруккаги схема ни ёзиб, занжири уч фазали ток манбаига уланг. Фаза қаршиликлари (Z_{AB} , Z_{BC} ва Z_{CA}) ни ростлаш билан фаза тоқларининг



2.26- расм.

тенглигига ($I_{AB} = I_{BC} = I_{CA} = I_\phi$) эришинг. Фаза ва линия тоқлари ва кучланишларини ўлчаш натижаларини эса 2.12-жадвалга ёзинг. Линия тоқининг фаза тоқидан $\sqrt{3}$ 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. Симметрлик актив нагрузакани қайта тиклаб, линия симпларидан биттасини ажратиб, линия, фаза тоқлари ва кучланишларининг қийматларини 2.12-жадвалга ёзинг.

5. Фазалардаги I_{AB} , I_{BC} , I_{CA} қаршилликларни ростлаш билан 2.12-жадвалга

Нагрузака турлари	Ўлчанмлар									Ҳисоблашлар		
	I_{AB}	I_{BC}	I_{CA}	I_A	I_B	I_C	U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}	I_A	I_B	I_C
А	А	А	А	А	А	А	В	В	В	I_{AB}	I_{BC}	I_{CA}
Актив симметрлик												
Битта фаза ўзгариш												
Иккита фаза ўзгариш												
Линия сими узинган												
Актив но-симметрлик												

фаза тоқларининг ($I_{AB} \neq I_{BC} \neq I_{CA}$) тенг бўлмаслигига эришинг (но-текис актив нагрузака) ва ўлчаш натижаларини 2.12-жадвалга кiritиш.

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 ҳулоса чиқаринг:
а) уч фазали носимметрлик нагрузаканинг фаза кучланишлари симметрликка 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 симметрлик системаси нима?
2. Уч фазали нагрузакани ўлчаш усули қандай аниқланган?
3. Нима учун уч фазали истеъмолчи учбурчак схемада ўланганда фаза ва линия кучланишлари ўзаро тенг бўлиб, тоқлар эса тенг эмас?
4. Уч фазали симметрлик нагрузаканинг битта фазаси ажратилганда линия тоқлари ва кучланишлари қандай ўзгаради?
5. Линия симпларидан биттаси ажратилганда занжирнинг иш режими қандай ўзгаради?
6. Қандай ҳолда линия тоқлари симметрлик системани ташкил қилади?
7. Уч фазали тоқнинг бир фазали тоқдан афзаллиги нимада?
8. Уч фазали симметрлик истеъмолчиларда нисоллар қувватинг.
9. Уч фазали нагрузака учбурчак схема бўйича қандай ўлланади?

9-лаборатория иши

УЧ ФАЗАЛИ ТОҚ ЗАНЖИРЛАРИДАГИ ҚУВВАТНИ ЎЛЧАШ

1. Ишни бажаришдан мақсад

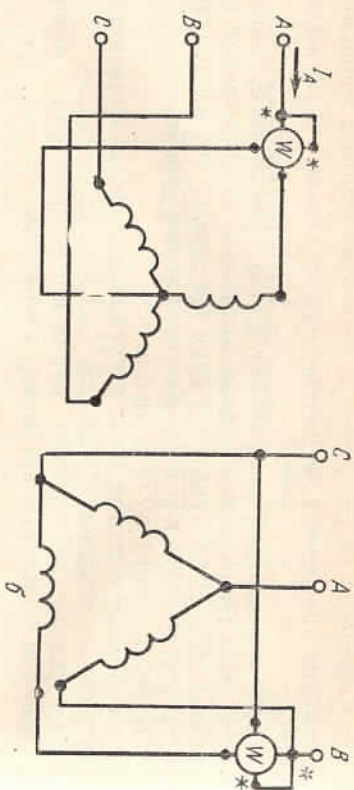
1. Электродинамик системалар ваттметрларнинг тузилиши ва ишлаш принциплари билан танишиш.
2. Уч фазали ток занжирларида бир фазали ва уч фазали ваттметрлар ёрдамида актив ва реактив қувватларни ўлчаш усуллари билан танишиш.
3. Актив қувватни битта, иккита ва учта ваттметр билан ва уч фазали симметрлик системанинг реактив қувватини битта ваттметр билан ўлчаш усулларининг назарий асослари билан танишиш.

II. Ишга оид назарий тушунчалар

Актив қувватни ўлчаш асбоблари (ваттметрлар)

$$P = UI \cos \varphi = UI \cos(\widehat{U, I})$$

катталигини ўлчайди. Бу ерда U —ваттметрнинг кучланиш чулғамидан миёна берилган кучланиш, I —ваттметрнинг ток чулғамидан ўтаётган ток, φ —кучланиш билан ток орасидаги фаза силжиш бурчаги.



2.27- расм.

Уч фазали симметрик системанинг актив қуввати қуйидаги бир ҳадли формула билан ифодаланади:

$$P = 3U_{\phi} I_{\phi} \cos \varphi = \sqrt{3} U_{\text{ли}} I_{\text{ли}} \cos \varphi,$$

бу ерда $U_{\text{ли}}$ ва $I_{\text{ли}}$ — қучланиш ва тоқнинг линия қийматлари; φ — қучланиш билан ток орасидаги сиғиш бурчаги. Шунинг учун фазали занжирнинг қувватини қўрсатмайди.

Аmmo қувватнинг биринчи ифодаси симметрик системада уч фазали занжирнинг қувватини битта ваттметр билан ўлчаш имконини беради, лекин унинг қўрсатишини учта қўлайтириш керак. Бунда ваттметр чулғамлари тегишлича фаза қучланиши ва токка улангани керак (2.27- расм). Уч фазали двигателнинг чулғамларини юлдуз ёки учбурчак улаганда унинг қувватини ўлчаш схемалари 2.27- расмда кўрсатилган.

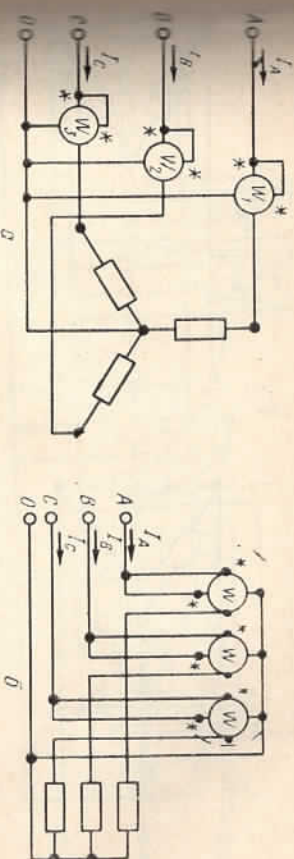
Носимметрик уч фазали занжирнинг қувватини ўлчаш учун қуйидаги формуладан фойдаланилади:

$$P_{\text{эф}} = P_A + P_B + P_C = U_A I_A \cos \varphi_A + U_B I_B \cos \varphi_B + U_C I_C \cos \varphi_C.$$

Бунда қувватни ўлчаш учта ваттметр билан бажарилиб, ҳар бир ваттметр истеъмодининг фаза қучланишига ва токка улангани керак (2.28- расм, а). Ҳар бир ваттметр қўрсатишини ўз фазасининг қуввати бўйича аниқ физик маъносини бора.

Одатда, тўрт симли уч фазали занжирнинг қувватини ўлчаш учун уч элементли ваттметрдан фойдаланилади. Бундай ваттметрда учта қўлагамас, учта ҳаракатланувчи чулғам бўлиб, улардан ўтган тоқларнинг ўзаро таъсиридан ҳосил бўлган айлангирувчи моментлар умумий ўққа маҳкамланган ҳаракатланувчи чулғамларга таъсир этади (2.28- расм, б). Фазадар бўйича қувватларни жамлаш автоматик бажарилади.

Уч симли уч фазали занжирнинг симметрик ва носимметрик нагрукдаги 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 бурчати, уч фазали занжирнинг ўртача ёки актив қувватига пропорционал дур:

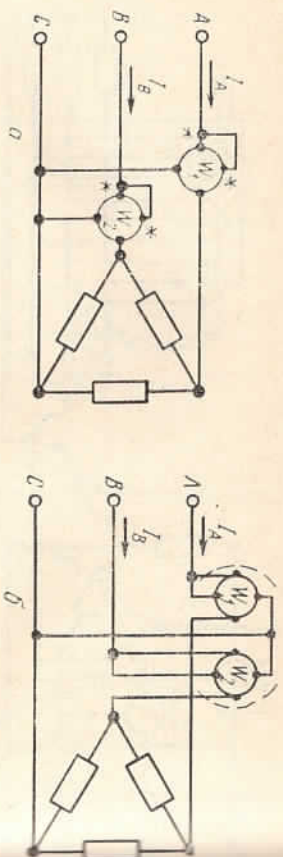
$$P_{\text{эф}} = I_A U_{AC} \cos(\widehat{I_A U_{AC}}) + I_B U_{BC} \cos(\widehat{I_B U_{BC}}) = P_1 + P_2.$$

Қўшилувчиларнинг ҳар бири W_1 ва W_2 ваттметрларнинг ўлчаши индикаторларини билдиради.

Агар иккита ваттметрни занжирга 2.29- расм, а да қўрсатишнинг схема бўйича уласак, уларнинг қўрсатишларининг йиғиндиси уч фазали занжирнинг актив қувватини ифодалайди.

Ҳар бир қўшилувчи P_1 ва P_2 ўзинча физик аҳамиятга эга эмас. Фақат ваттметрлар W_1 ва W_2 қўрсатишларининг йиғиндиси уч фазали занжирнинг қувватини ифодалайди. Вектор диаграммалардан фойдаланилганда шунга эътибор бериш керакки, бурчак φ_1 ток I_A билан қучланиш U_{AC} орасидаги бурчакдир, яъни U_{CA} нинг текариси U_{AC} ни олиш керак.

Уч фазали занжирларнинг қувватини ўлчаш учун сановат икки элементли ваттметрларни (2.29- расм, б) ишлаб чиқармоқда. Ваттметрнинг иккита ток чулғамлари расмда кўрсатилгандек фақат А ва В линия симларига уланмасдан балки ихтиёрий иккита бошқа линия симларига ҳам улангани мумкин. Бунда қучланиш



2.29- расм.

чулғамларининг генератор бўлмаган оддий қисмлари (учлар) ваттметрнинг ток чулғамларига уланмай бўш қолган учинчи линия симига уланishi керак.

Ваттметрлардан биригонтасининг стрелкаси тескари томонга ораса, унинг кучланиш чулғамининг учлари (қисмларини) алмаштириш лозим, ваттметрнинг кўрсатишини эса манфий деб олиш керак. (Бу $\cos \varphi < 0,5$; $\varphi > 60^\circ$ да содир бўлади). Икки элементни ваттметрда қўшиш ва айриш автоматик равишда бажарилади.

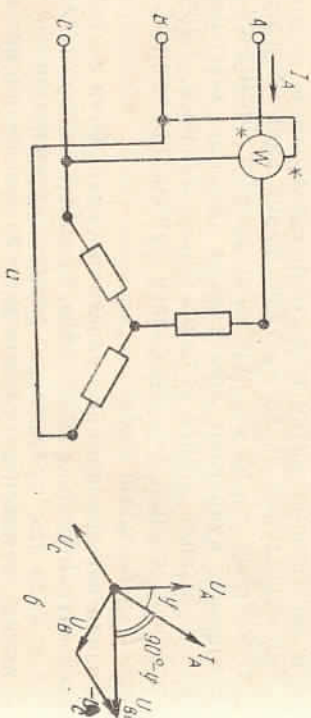
РЕАКТИВ ҚУВВАТНИ ҲИСОБЛАШ

Симметрик нарузкада занжирларда икки ваттметр усули билан реактив қуawat аниқланади. Симметрик нарузкада

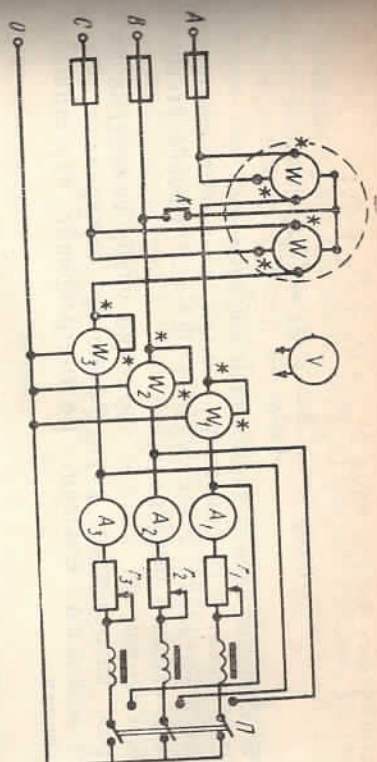
$$(\widehat{I_A U_{AC}}) = \varphi - 30^\circ, (\widehat{I_B U_{BC}}) = \varphi + 30^\circ.$$

$$U \text{ ҳолда } P_1 - P_2 = UI \cos(\varphi - 30^\circ) - UI \cos(\varphi + 30^\circ) = UI \sin \varphi = \frac{Q}{\sqrt{3}}, \text{ бунидан } Q = \sqrt{3}(P_1 - P_2).$$

Уч фазали симметрик нарузкада реактив қуawat битта ваттметр билан ҳам ўлчаниши мумкин. Бунда ваттметрнинг кучланиш чулғамини токни чулғамга уланмай, бўш қолган иккита линия (фаза) симларига уланади (2.30)-расм, а).



2.30- расм.



2.31- расм.

Ваттметрнинг кўрсатиши:

$$A = U_{BC} I_A \cos(\widehat{U_{BC} I_A}) = UI \sin \varphi = \frac{Q}{\sqrt{3}},$$

$$\text{бунидан } Q = \sqrt{3} \cdot A.$$

III. Ишни бажариш тартиби

1. Стенда 2.31-расмда кўрсатилган электр схема йиғилади. Қайта улагич „П“ нинг ўнг томонга ўтказилган ҳолати актив кендилик нарузаканинг юлдуз схемада уланганлигига тўғри келадди. 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 нарузка 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 нарузка учбурчак схемада уланади. Учбурчак схемада уланган аввалги симметрик нарузка учун ўлчашларни бажариш керак. Нарузка 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 нарузка ҳосил қилиб, ўлчашлар бажарилади. 2, 3, 4 пунктлардаги ўлчаш натижалари 2.13-жадвалга ёзилади.

Симметрик юлдуз учун „ҳисоблаш“ графасида

$$P_{3\phi} = 3P_{\phi}$$

$$\cos \varphi = \frac{P_{\phi}}{U_{\phi} I_{\phi}}; Q_{\phi} = U_{\phi} I_{\phi} \sin \varphi.$$

2.29-рам, а га бинোন уч симли занжирда икки ваттмен схемаси йингилади. Қайта улагич "П" чап томонга ўтказилиб, уи бурчак схемата мосланиди.

2. Из-за ли

Фаза	Этап				Хисоблашлар			
	P_{ϕ} Вт	$P_{3\phi}$ Вт	U_{ϕ} В	I_{ϕ} А	$P_{3\phi}$ Вт	$\cos \varphi$	$\sin \varphi$	Q Вар
Симметрик юлдуз								
А								
В								
С								
Жами								
Носимметрик юлдуз								
А								
В								
С								
Жами								

2. 14-жадво

	Угачашлар						Хисоблашлар		
	I_1	I_2	I_3	P_1	P_2	$P_{3\phi}$	$P_{3\phi}=P_1+P_2$	$Q=\sqrt{3(P_1-P_2)}$	$Q=\sqrt{3P_1}$
Нарузка									
Симметрик									
Носимметрик									
реакт. кувват битта ваттметр билан									

Оліна Ді. Етнік

$$Q = \sqrt{3}(P_1 - P_2) \text{ ба } Q = \sqrt{3}P_1,$$

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

00000000?

[illegible]

Материални тушунтириш беринг.
Б) Иккинчи ваттметрнинг кўрсатиши буйича реактив қувватни қандай хил
қилиб аниқлаш мумкин?
Ҳисоблаш усули билан ва фазалар занжирининг актив қувватинини ўлчаганда

6. Иккита ватметр ёрдамида уч фазали занжирнинг актив қувватини ўлчаётганда турлича улашил схемаларини кўрсатинг. Бу ҳоллар бир хилми?

10-лаборатория ИИИ

БИР ФАЗАЛИ ИНДУКЦИОН СЧЁТЧИКИ ТЕКШИРИШ

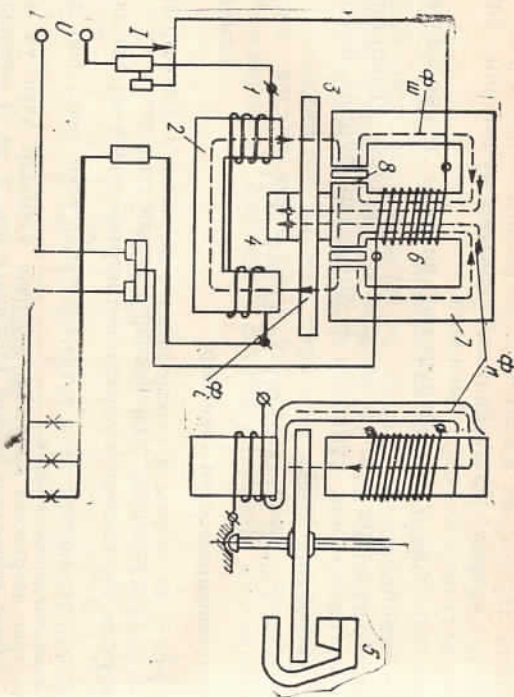
1. Ишни бажаришдан мақсад

2. Сўғётчинини электр тармоғига улаш схемаси билан таништириш.
Электр энергияси сарфини ўлчайшни ўргатиш.

8. Счётчикнинг ишлашини текшириб куриш.

II. Ишга оид назарий тушунчалар

Ўзгариувчан ток электр энергиясининг сарфини ўлчаш учун индукцион счётчиклар ишлатилади. Ўзгариувчан токнинг счётчик дискда ҳосил қилган магнит оқимларининг сони бўйича бир оқимли ва кўп оқимлиларга бўлинади. Масалан, 2-32-расмда кўп оқимли индукцион счётчикнинг пўлат ўзакларидан (магнит ўзакларидан) бирининг тузилиши кўрсатилган. Индукцион счётчикнинг ўлчаш механизми қуйидаги қисмлардан: Чулғамлар 1 ва 6 ўралган U -шакли 2 ва 7 шакли 7 пўлат ўзаклардан, айланувчан алюминий диск (3), қарши кутблик (4), ўзгармас магнит (5), ферромагнит ниспача (вкладыш) 8 ва ҳисоблаш механизmidан (счётчик) кўрсатилмаган) иборат.



2.32- расм.

Ғалтақлардан биттаси (1) счётькининг номинал ток кучига мўлжалланган бўлиб, йўғон симдан ўралади ва счётькининг ток-ли ғалтаги деб аталади. Бу ғалтақнинг ўрамлар сони оз бўлиб, нағрузкага кетма-кет уланади.

Счётькининг кетма-кет ғалтақидан ўтувчи ток I ҳосил қилган магнит оқими Φ_1 пўлат ўзакдан ўтаётган йўлаккай дискини икки марта кесиб ўтади.

Кучланиш чулғами эса интичка симдан ясалиб, 8—12 минг ўрамдан иборат бўлади. Электр тармоғига параллел уланади. Кучланиш чулғамининг токи пўлат ўзак 7 да магнит оқими Φ_0 ни ҳосил қилади. Бу магнит оқими иккита магнит оқимига, яъни ишчи магнит оқими Φ_n ва оқим $\Phi_{ш}$ га бўлинади. Қарши қўтоллик 4 бўйлаб пўлат ўзакка қайтаётган иш оқими Φ_n айланивчи диск-ни кесиб ўтади. Оқим $\Phi_{ш}$ эса дискини четлаб ўтиб, негизчалар ва шунтлар 8 орқали пўлат ўзак 7 нинг тармоқларидан ўтиб тута-шади. Φ_n ва Φ_1 магнит оқимлар дискдан ўтаётган, унда уюрма тоқлар индукцияланади. Дискда индукцияланган ток билан Φ_n ва Φ_1 магнит оқимларининг ўзаро таъсиридан айланттирувчи момент

$$M = c f \Phi_1 \Phi_n \cdot \sin \psi$$

ҳосил бўлади.

Бу ерда ψ — магнит оқимлари Φ_n ва Φ_1 векторлари орасидати бурчак; c — ўзарамас коэффициент; f — ток частотаси. Бошқа то-мондан, $\Phi_1 = k_1 \cdot I$; $\Phi_n = k_2 I_u = k_2 \frac{U}{z_u} \approx x_u = 2\pi f L_u$ деб қабул қилиш мумкин, бу ерда U — тармоқ кучланиши, z_u — кучланиш

чулғамининг тўла қаршилиги, L_u — шу чулғамининг индуктивли-ги, U ҳолда айланттирувчи моментнинг тенгламаси

$$M = c \cdot f \cdot k_1 \cdot I \cdot k_2 \frac{U}{2\pi f L_u} \sin \psi = k_1 I U \sin \psi$$

дан кўринадики, айланттирувчи момент нағрузка токи билан куч-ланиш кўпайтмасига пропорционал бўлса, дискиннинг айланишлар сони эса нағрузка истеъмол қилётган энергияга пропорционал-дир. Энди масаланинг моҳияти коэффициент $\sin \psi$ нинг қиймати-га ёки силжиш бурчаги ψ га, яъни пўлат ўзакнинг конструкция-сига боғлиқдир. Агар ψ бурчаги кучланиш билан ток орасидати нинг беглиқдир. Агар ψ бурчаги ψ га тенг бўлса ($\psi = \varphi$), у ҳолда счётьчик ман-сизлиш бурчаги φ га тенг бўлса, у ҳолда айланттирувчи момент $M = k_1 I U \cdot \cos \varphi = k_1 \cdot P$ га тенг бўлади.

Демак, айланттирувчи момент истеъмолчининг актив қуввати-га пропорционалдир. Бу ҳолда дискиннинг айланишлар сони тар-моқдан истеъмолчига келётган актив энергияни аниқлайди. Тек-нириладиган счётькининг конструкцияси ана шундай.

Айланттирувчи момент таъсиридан диск ўзарамас магнит 5 майдонда айланишида, дискда уюрма ток I_u индукцияланади. Уюрма токнинг ўзарамас магнит майдони билан таъсиридан диск-нинг айланиши тезлиги n га пропорционал бўлган тормозловчи (тўхтатувчи) момент ҳосил бўлади, яъни

$$M_t = k_2 \cdot n.$$

Айланттирувчи 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 счётьчик дискиннинг айланиш тезлиги истеъмолчининг актив қувватига пропорционал. Бирор вақт t давомида сарфланган энергия:

$$W = P \cdot t = C_x \cdot n \cdot t = C_x \cdot N,$$

бу ерда $N = n \cdot t$ — счётьчик дискиннинг вақт t давомидаги айла-нишлар сони;

$C_x = \frac{W}{N}$ счётьчикнинг ҳақиқий доимийси, яъни счётьчик диски бир марта айланиши учун кетган вақт ичига счётьчик орқали ўтган электр энергиясининг ҳақиқий миқдори (истеъмолчига сарфлан-ган энергия). Қандайдир вақт t давомида сарфланган энергия счётькининг ўқига маҳкамланган ҳисоблаш механизми томонидан қайд қилинади. Бир киловатт-соат энергия истеъмолчини ўлча-шдан дискиннинг айланишлар сони счётькининг узатиш сони дей-лади, N „А“ харфи билан белгилаиб, счётькининг кўринадиган-майонга ёзиб қўйилади. Масалан „1 кВт — соат — А“ диск айлани

ши". Узегиш сонига тескари миқдор счѣтчикнинг номинал доимийсн хисобланади

$$C_n = \frac{1000 \cdot 3600}{A} \left[\frac{Вт \cdot соат}{айл} \right]$$

Счѣтчикнинг 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 — счѣтчик хисобга олган энергия; W — дискиннинг N та айланишлари давомида занжирнинг сарфлаган ҳақиқий энергияси.

Счѣтчикни текширишдан мақсад, унинг бутунлигити, доимийсн стандарт (ГОСТ 6570—75) нинг талаб ва шартларини қониқтириш ёки қониқтирмаслигини аниқлашдир.

ГОСТ 6570—75 нинг техник талаб ва шартлари қуйидагича:

а) қувват коэффициентини $\cos \varphi = 1$, номинал қучланиш ва частотада счѣтчик қўратилишининг нисбий хатолиги, аниқлик класси 1,0 бўлган счѣтчиклар учун, ток номинал қийматидан 10 дан 150% гача бўлганда $\pm 1\%$ дан ва аниқлик класси 2,0 бўлган счѣтчиклар учун, ток номиналидан 10 дан 200% гача бўлганда $\pm 2\%$ дан ортмаслиги керак. Аниқлик класси 2,5 бўлган счѣтчиклар учун $\pm 2,5\%$ бўлиши керак;

б) қувват коэффициентини $\cos \varphi = 1$ бўлиб, аниқлик класси 1,0 ва 2,0 бўлган счѣтчиклар учун сезгирлик даражаси 0,5% дан ва аниқлик класси 2,5 ва 3,0 бўлган счѣтчиклар учун эса 1% дан ортмаслиги керак;

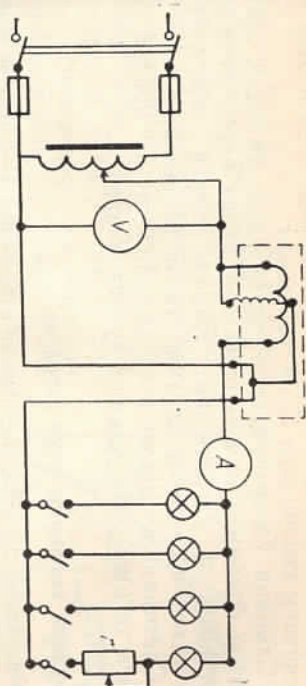
в) счѣтчикнинг кетма-кет чулғамидан ток бўлмай, қучланиш номинал қийматига нисбатан 80—110% ни ташкил этганда счѣтчикнинг диски тўла бир мартадан ортиқ айланимаслиги керак.

Счѣтчикнинг номинал қучланишдаги сезгирлик даражасини аниқлаш учун, унга дискин турфун айлантира оладиган даражада кичик нарузка I_{min} берилиши керак. Счѣтчикнинг сезгирлик даражаси қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$S = \frac{I_{min}}{I_{ном}} \cdot 100\%$$

II. Ишни бажариш тартиби

1. 2.33-расмдаги счѣтчикни текшириш схемаси йиғилади.
2. Нарузка реостати ёрдамида номинал ток ўрнатилиб, счѣтчикни 15 минут давомида қиздириш.
3. Паспортда берилганлари бўйича счѣтчикнинг номинал доимийсини хисоблаб, олинган қийматларни 2.15-жадвалга ёзилади.
4. Счѣтчикни номинал токда қиздиргандан сўнг $I = I_{ном}$ нарузкада ва t вақт ичида дискиннинг айланишлар сонини хисобланади. Бунинг учун дискдаги қизил белги пайдо бўлиши билан куза-



2.33-расм.

тувчи секундومерни юргизиб, 10—15 та айланишларни санагандан сўнг секундومерни тўхтатади.

5. Занжир қисмаларидаги қучланишнинг 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 хисоблашлардан олинган маълумотларга асосан счѣтчикнинг хатолиги эгри чизиги $\beta = f(I\%)$ қурилади.

7. Счѣтчикнинг сезгирлигини аниқлаш (тажрибани ўлчаш чегараси кичикроқ бўлган амперметр ва қаршилиги 500—1000 Ом бўлган реостат ёрдамида ўтказиш маъқул). Занжирда мумкин бўлган максимал нарузка қаршилиги ўрнатиб, унда озгина бўлган ҳам ток бўлишига қарамай дискиннинг қимирламай турганига ишонч ҳосил қилинг. Сўнг нарузка қаршилиги счѣтчикнинг диски аста-секин (тўхтовсиз) айлана бошлагунча бир текис ка-

2.15-жадвал

Нарузка характери	Ўлчашлар					Хисоблашлар		
	I	I	U	N	t	C_n	$C_x = \frac{U \cdot I \cdot t}{N}$	β
%		A	B	айл	c			%
10								
25								
50								
75								
100								
150								

майтирилади. Ана шу моментда амперметр бўйича $I_{шт}$ ни аниқлаб, счётчик сезирлиги S ни ҳисобланг.

8. Схемани ўзгартирмадан напузакани ажратиб, автотрансформатор ёрдамида кучланишни номиналга нисбатан аввал 80%, сўнгра 110% га ўзгартиринг. Иккала ҳолда ҳам счётчикнинг диски айланимаса, демек счётчик ўзича айланимайди.

9. Счётчикнинг ишлатишга яроқлилиги ва қандай аниқлиги классига тегишлилиги ҳақида ҳудоса чиқарилади.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Индукцион системали бир фазали счётчикнинг тузилиши ва ишлаш принципи қандай?
2. Қандай шартларда счётчикнинг айлантурувчи momenti зажирнинг аниқлиги кувватига пропорционал?
3. ГОСТ бўйича счётчиклар учун қандай талаб ва шартлар қўйилади?
4. Счётчикнинг сезирлиги деб нима тушунилади?
5. Счётчикнинг ўзатиш сони деб нима тушунилади?
6. Счётчикнинг номинал доминийси деб нимага айтади ва у қандай аниқланади?
7. Счётчикнинг ҳаққий доминийси деб нимага айтади ва у қандай аниқланади?
8. Счётчикнинг нисбий хатолиги қандай аниқланади?

11-лаборатория иши

НОЧИЗҚИЛИ ЭЛЕМЕНТЛАРИ БЎЛГАН ЭЛЕКТР ЗАНЖИРЛАРНИ ТЕКШИРИШ

1. Ишни бажаришдан мақсад

1. Ночизқили элементли электр занжирларнинг ноизқилилик ҳусусиятлари ва белгилари билан танишиш.
2. Ночизқили элементларнинг вольтметр хараakterистикаларини олишни ва ноизқили элементли занжирлардаги турғунлашган режимларни ҳисоблашни ўрганиш.

II. Ишга оид назарий тушунчалар

Битта бўлса ҳам ноизқили элементли бўлган электр занжир ноизқили деб аталади. Ночизқили дейилганда, кучланиш ва ток ўзариши билан, параметрлари (қаршилиқ — r , индуктивлик — L , ситим — C) ўзгариб қоладиган занжир элементи (резистор, индуктив ғалтак ёки конденсатор) тушунилади. Шунинг учун ҳам чизқили параметрлардан фарқи, равншда ноизқили параметрлар тегишли ўзгаришчан электромагнит катталикларнинг функциялари (масалан: $r(u)$, $L(i)$, $C(u)$ ва ш. ў.) тарзида ёзилади). Занжир ноизқили элементнинг ноизқилилик хараakterистикаси элементнинг физик ҳусусиятларига ва электромагнит муҳитининг хараakterига боғлиқ. Масалан, пўлат (ферромагнит) ўзакли индуктив ғалтакли ўзгармас токка улагандаги вольтампер хараakterистикаси (в. а. х) чизқили (2.34-расмдаги, a тўғри чизқили) бўлса, ўзгаришчан ток занжирига улагандаги хараakterистикаси

ишқили намён бўлган ноизқилидир (2.34-расмдаги d эгри чизқили). Шунинг ўхшаш ярим ўтказгичли диодлар ҳам ўзининг қисмаларидаги ўзгармас кучланишнинг улаганишга кўра хараakterистикаси турлича бўлади (2.35-расмдаги a ва b тўғри чизқилар). Ночизқили элементларнинг параметрлари (қаршилиқ, индуктивлик ва ситим) чизқили элементлардан фарқли равншда статик

$$r_{ст} = \frac{U}{I}; L_{ст} = \frac{\psi}{I}; C_{ст} = \frac{Q}{U}$$

қили динамика

$$r_{дин} = \frac{\partial u}{\partial i}; L_{дин} = \frac{\partial \psi}{\partial i}; C_{дин} = \frac{\partial q}{\partial u}$$

бўлиши мумкин.

Масалан, ферромагнит ўзакли индуктив ғалтакнинг хараakterистикаси A нуктасидаги (2.34-расмдаги, d эгри чизқили) статик индуктив қаршилиги

$$X_L(A) = \frac{U_A}{I_A} = \lg a,$$

яъни, координата маркази O дан чизқилиб, A нуктадан ўтган тўғри чизқили OA қиялигининг a — бурчак тангенсига тенг. Динамик индуктив қаршилиги эса

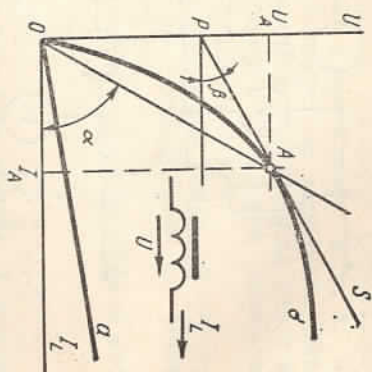
$$X_{дин}(A) = \frac{\partial u}{\partial i} = \lg b,$$

яъни эгри чизқили d га оид A нуктадаги PS уринманинг қиялигини ташкил этган β бурчак тангенсига тенг.

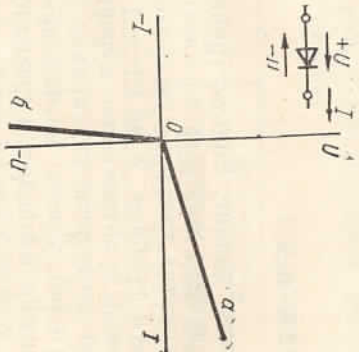
Ночизқили элементлар алоқа техникасида, автоматикада, электроникада, ҳисоблаш техникасида ва техниканинг бошқа соҳаларида кенг қўлланимда (масалан: ўзгаришчан токнинг частота ва фазаларини ўзгариши, кучланиш ва токни стабиллаш, түтрилаш ва инверторлаш сигналларини параметрик усул билан пузудга келтириш ва х. к.).

III. Ишни бажариш тартиби

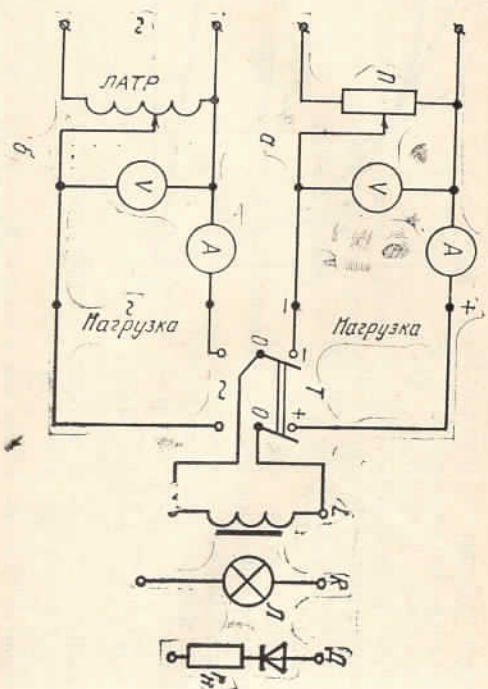
1. 2.36-расм, a дати схемани электр манбаига улаб, потенциалометр U нинг дастаги ҳолатини ўзгариши ва вольтметр кўрсаткичининг нолдан қандайдир максимумгача ўзгаришига ишонч



2.34-расм.



2.35-расм.



2.36- расм

ҳосил қилинг. Вольтметрнинг кўрсатиши бўйича потенциалометр ёрдамида занжирга берилаётган кучланишни нолга тенглаштириб, индуктив ғалтакни ўзармас кучланиш манбаига уланг. Бунинг учун тумблер T ни $(+ -)$ ҳолатига ўтказилди. Энди кучла-нишни (ўқитувчининг кўрсатмаси бўйича) бирон қийматдан бош-лаб ўзгартириб ғалтакнинг ўзармас тоқдаги в. а. х. $U_{-}(I_{-})$ ни олиб, ўлчаш натижаларини 2.16-жадвалга киритиш керак. Занжир манбадан ажратишиб, тумблер O ҳолатга ўтказилди.

2. 2.36-расм, б даги схемани электр тармоғига улаб, авто-трансформатор (ЛАТР), дастагини айлантиришда вольтметрнинг кўрсатиши нолдан бирон максимумгача ўзтаришга ишонч ҳосил қилинг. Яна вольтметр кўрсатиши бўйича ЛАТР ёрдамида зан-жирга берилаётган кучланишни нолга тенглаштириб, индуктив ғалтакни ўзгарувчан кучланиш манбаига уланг. Бунинг учун тумблер T ни $(- \sim +)$ ҳолатига ўтказилди. Энди кучланишни (ўқитувчининг кўрсатмаси бўйича) нолдан бирон қийматгача ўз-гартриб, ғалтакнинг ўзгарувчан тоқдаги в. а. х. $U_{-}(I_{-})$ ни олиб, ўлчаш натижаларини 2.16-жадвалга ёзинг. Занжирни манбадан ажратиб, тумблерни O ҳолатига ўтказинг.

3. 2.36-расм, б даги схемани 2-пунктда айtilганидек, ўз-гарувчан ток тармоғига уланг. Сўнгга тумблер T ёрдамида лам-па L ни ўзгарувчан кучланишга уланг. Кучланишни нолдан мак-симумгача ўзгартириб, бу типли нарузаканинг в. а. х. ни олиб, ва ўлчаш натижаларини 2.16-жадвалга ёзинг. Занжирни ман-бадан ажратиб, тумблер T ни O ҳолатга қайтаринг.

4. 2.36-расм, а даги схемани 1-пунктда айtilганидек ўз-гармас ток тармоғига улаймиз. Сўнгга тумблер T ёрдамида по-тенциометр II орқали нарузака ва диод D га ўзармас кучла-

нишни тўғри кутблик тартибда улаймиз. Занжирга берилаётган кучланишни ўзгартириш билан мазкур нарузаканинг в. а. х. ни олиб, ва ўлчаш натижаларини 2.16-жадвалга киритинг. Энди бу нарузакага берилган кучланишни тескари кутбликда уланг ва айtilган ўлчашларни такроран бажаринг. Занжирни манбадан ажратиб, тумблер T ни O ҳолатга ўтказиш керак.

Эслатм. Схемادا кўрсатилган чўғланма лампа L ўрнига потенциал резистор сифатида бареттер, стабилитрон ва бошқа асбоблардан фойдаланиш мумкин.

5. 1 ва 2 пунктларда оlingан ўлчаш натижалари бўйича маъ-мул масштабда в. а. х

$$U_{-} = f(I_{-}) \text{ ва } U_{-} = f(I_{-})$$

лар курилсин. Эгри чизик $U_{-} = f(I_{-})$ нинг ихтиёрий N нуқтаси учун ғалтакнинг статикавий ва динамикавий қаршиликлари ҳи-соблансин. Айtilган ҳисоблашларни в. а. х. нинг бошқа N нуқ-таси учун ҳам бажариб, янги ҳисобланган миқдорларни аввал-гисидан фарқ қилишга ишонч ҳосил қилиш.

2.16-жадвал

№№	Потенциал индуктив ғалтак				Потенциал резистор (лампа)				Диоддан нарузака			
	U_{-}	I_{-}	U_{-}	I_{-}	U_{-}	I_{-}	U_{-}	I_{-}	U_{-}	I_{-}	U_{-}	I_{-}
1.												
2.												
3.												
4.												
5.												
6.												
7.												
8.												
9.												
10.												

6. 3-пунктда оlingан ўлчаш натижалари бўйича чўғланма лам-панинг в. а. х. си $U_{-} = f(I_{-})$ курилсин. Бу эгри чизикнинг ик-ки нуқтаси (тегишлича лампанинг кучсиз ва кучли қизиган пайт-лари) учун асбобнинг қаршилиги ҳисоблансин. Лампа спиралининг қизishi ортаборган сари унинг қаршилигини ҳам оришга ишонч ҳосил қилинг.

7. 4-пунктда оlingан ўлчаш натижалари бўйича битта координатлар системасида диодли нарузаканинг манбага тўғри ва тес-кари кутбликда уланган режимлари учун в. а. х. си $U_{-} = f(I_{-})$ курилсин.

Диоднинг манбага тўғри ва тескари кутбликларда уланганда-ги қаршиликларини (биттадан қийматларини) ҳисоблаб, унинг тескари кутбликда улангандаги қаршилигини тўғри кутбликда

улагандаги қаршилигидан катта эканлигига ишонч ҳосил қилинг. Нагружка R_n нинг қаршилиги маълум бўлиб, у стендада кўрсатилган.

8. Иш бўйича ҳулюса чиқаринг:

- а) пўлат ўзақли индуктив ғалтак қаршилигининг ундан ўтаётган токнинг турига боғлиқлиги тўғрисида;
- б) чўғланма лампа спиралининг қизиши даражаси ортган сари унинг қаршилигини орттири тўғрисида;
- в) диоднинг харақтеристикасига амалий баҳо бериб, ундан фойдаланиш мумкин бўлган вариантларини кўрсатинг.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Қандай электр занжирлар ноқизикли занжир деб айтилади?
2. Пўлат ўзақли индуктив ғалтак в. а. х. сининг ўзгарувчан токда ноқизикли бўлишини тушунтириб бериңг.
3. Чўғланма лампа в. а. х. сининг ноқизиклигига қандай факторлар билан аниқланади?
4. Диод занжир в. а. х. сининг носиметричилиги қандай тушунтирилади?
5. Ноқизикли элементларнинг қўлланиш соҳалари ва функционал имкониятлари.

12-лаборатория иши ФЕРРОРЕЗОНАНСЛИ КУЧЛАНИШ СТАБИЛИЗАТОРИ

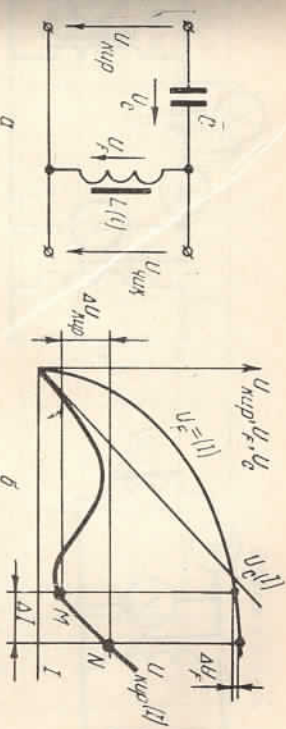
1. Ишни бажаришдан мақсад

1. Электр микродорларни (масалан, кучланиш ва тоқларни) стабиллашнинг параметрик принциплари ва ўзгарувчан токда ишлайдиган оддий электроманитлиги кучланиш стабилизаторларининг тузилиши билан танишиш.
2. Стабилизаторнинг асосий иш харақтеристикаларини олиб, унинг айрим элементларининг стабиллаш сифатига таъсирини аниқлаш.

II Ишга оид назарий тушунчалар

Замонавий электр ва радиотехник курилмаларнинг пишқатлиги, тежамлиги ва ўзоқ муддат ишлаш олиши куп жихатдан уларга берилаётган кучланишнинг стабиллигига боғлиқ. Масалан, катта қувватли радиолампадарни қиздиришга бериладиган кучланишнинг қиймати 1% га ортса, уларнинг хизмат муддати 15% га, оддий чўғланма лампага бериладиган кучланишнинг 10% дан энди-роқ орттирилса, хизмат муддати 4 марта камаяди. Кучланишнинг паст бўлиши ҳам номақбул бўлиб, курилма нормал иш режимининг бузиллишига сабаб бўлади.

Шу туфайли кам қувватли манбалардан фойдаланилганда, шунингдек, тармоққа катта қувват уланганда, истеъмолчини стабил кучланиш билан таъминлаш мақсадида манба билан истеъмолчининг ўртасига уланган кучланиш стабилизаторларидан фойдаланилади. Кучланиш стабилизаторининг қуввати ваттнинг кичик улушиданидан то юзлаб киловаттгача бўлиб, стабиллаш аниқлиги



2.37-расм.

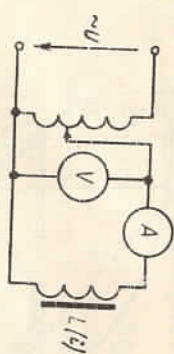
нингдан биргача боради. Масалан, замонавий электр ўлчов асбобларининг айрим қисмларини стабил кучланиш билан таъминлаш учун кучланишнинг стабиллаш аниқлиги ўлчов асбобларининг аниқлик классидан бир хона юқори бўлиши керак.

Кучланишнинг стабиллашга асосан параметрик ва компенсацияли усули билан эришилади. Параметрик стабилизаторнинг ишлаш принциплари чизикли ва ноқизикли элементларнинг улаиш схемаларини танлашдан ва уларнинг харақтеристикаларидан фойдаланишдан иборат. Бу элементлар параметрларининг ўзгаришининг манба кучланишга боғлиқлиги шундайки, бунда стабилизаторнинг чиққи томонидagi кучланишнинг ўзгариши, унинг кириш томонидagi кучланишнинг ўзгаришидан бирмунча кичик бўлади. Энди параметрик стабиллаш принциплари оддий электроманитлиги (феррорезонансли) кучланиш стабилизатори мисолида кўриб чиқайлик. Бундай занжир кетма-кет уланган конденсатор C ва ноқизикли индуктивлик L дан иборат (2.37-расм, а). Занжирнинг вольт-ампер харақтеристикасидан кўринадики (2.37-расм, б) M ва N нуқталар орасидаги иш зонасида стабилизаторнинг кириш томонидан кучланиш ва токнинг бир қанча ўзгаришига ноқизикли индуктивликдаги кучланишнинг озгина ўзгариши тўғри келипти. Бу ғалтак ўзгаришнинг магнит тўйиниши бўлиб, кучланишнинг стабиллаш эффектини таъминлайди.

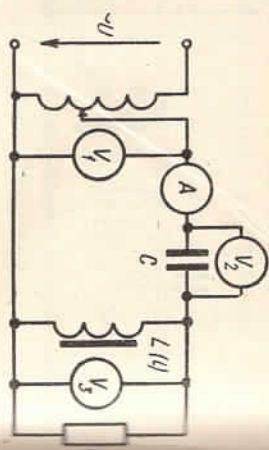
Кучланиш стабилизаторининг ишини харақтерловчи асосий кўрсаткич унинг кучланиши бўйича стабиллаш коэффициентидир:

$$K_u = \frac{\Delta U_{\text{ср}}}{U_{\text{кр}}} : \frac{\Delta U_{\text{чик}}}{U_{\text{чик}}}$$

Бу коэффициент стабилизаторнинг кириш томонидagi кучланишнинг ўзгариши унинг чиққи томонидagi кучланишнинг ўзгаришидан неча марта катталигини кўрсатади. Оддий феррорезонансли кучланиш стабилизатори (ФКС) да $K_u = 5 \dots 10$ бўлиб, конструкция мураккаб ФКС ларда бир неча ўнларни ташкил этади. ФКС нинг афзаллигига биринчи навбатда унинг ишлашда қулайлиги, пухталиги, конструкциясининг оддийлиги ва арзонлигини киришиш мумкин. Булардан ташқари, асосий элемент тарихида тўйинган ва тўйинмаган трансформаторларнинг қўлланиши,



2.38- расм.



2.39- расм.

стабилизаторнинг чиқиш томонидagi кучланишни, стабилизаторнинг ўзида ҳеч қандай қўшимча материал сарф қилмай ва стабилаш сифатини бўзмай, 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 ноҳизикли индуктивликнинг вольт-ампер харақтеристикаси курилади.
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 курилади. Индуктив элемент L (1) да кучланишнинг стабилаш эффектига эришиш керак. ФКС нинг кириш ва чиқиш харақтеристикаси курилади, яъни

$$U_{\text{чиқ}} = f(U_{\text{кир}}) \quad \text{ёки} \quad U_3 = f(U_1).$$

ФКС нинг иш зонаси ва стабилаш коэффициенти аниқланади.

4. Мунтазам ишлаб чиқарилаётган ФКС нинг кириш ва чиқиш томонидagi в. а. х ларини олиб, унинг иш зонасини ва стабилаш коэффициенти аниқланади. Ўлчаш натижадарини 2.19-жадвалга ёзилади. Олинган харақтеристикани 2.39-расмда кўришнинг ФКС нинг харақтеристикаси билан таққосланади.

$U, \text{В}$					
$I, \text{А}$					

2.17-жадвал

$U_1, \text{В}$							
$I_1, \text{А}$							
$U_2, \text{В}$							
$U_3, \text{В}$							

2.18-жадвал

$U_{\text{кир}}, \text{В}$							
$U_{\text{чиқ}}, \text{В}$							

2.19-жадвал

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Қандай ҳолларда кучланишни стабилаш зарур?
2. Чиққил электр занжирларда кучланишнинг стабилаш нима сабабдан янги эмас?
3. Кучланишнинг параметрик стабилаш нимадан иборат?
4. ФКС да ноҳизикли индуктивлик қандай роль ўйнайди?
5. Кучланиш бўйича стабилаш коэффициенти қандай аниқланади?
6. ФКС нинг асосий афзаллиги ва камчилиги нимадан иборат?

13-лаборатория иши

Бир ФАЗЛИ ТРАНСФОРМАТОРНИ ТЕКШИРИШ

1. Ишни бажаришдан мақсад

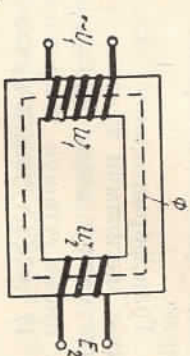
1. Бир фазали трансформаторнинг тузилиши ва иш режимлари билан танишиш ҳамда тажрибадан олинган маълумотлар бўйича унинг асосий параметрларини аниқлашни ўрганиш.

2. Трансформаторнинг асосий иш харақтеристикаларини 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 электротехник аппаратдир.

Бир фазали трансформатор пў-пў вақ (магнит ўтказгич) дан ва магнит чулғамдан иборат. Магнитга бериладиган чулғам бирламчи, ис-батимолчиға уланадигани эса икки-ламчи чулғам дейилиб, уларнинг параллел сони тегишлича ω_1 ва ω_2 (сирфлар билан белгиланади (2.40-расм)). Агар бирламчи чулғамни синусоидал кучланиш $u = U_m \sin \times$



2.40- расм.

$\times (\omega t + \psi_m)$ манданга уласак, ундан $i = I_m \sin(\omega t + \psi_i)$ ток ўтди, пўлат ўзакда ўзгарувчан магнит оқими $\Phi = \Phi_m \sin(\omega t + \alpha)$ ҳосил бўлади. Частотаи токнинг частотасига тенг бўлган бу ўзгарувчан магнит оқими пўлат ўзак бўйлаб ўтганида чулғамларнинг кесиб, уларда Э.Ю.К лар индукциялайди. Агар трансформаторнинг пўлат ўзакда f частотаи ўзгарувчан ток ҳосил қилин 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 кўринадикки, трансформаторнинг чулғамларида индукцияланган ЭЮК лар уларнинг ω_1 ва ω_2 ўрама лар сонига пропорционал экан.

Ҳар бир трансформатор тўда қувватининг номинал қиймати $S_{ном}$ (ВА, кВА, МВА), чулғамларнинг ўрама лар сонини ω_1 ва ω_2 номинал кучланишлар $U_{1,ном}$ ва $U_{2,ном}$ (В, кВ) билан характерланади.

Трансформатор ҳақидаги тўлароқ маълумотларни унинг салт ишлаш, қисқа туташув ва нағрузка режимларидан олинган асосий характеристикаларидан билиш мумкин.

Салт ишлаш тажрибасидан қуйидагилар аниқланади:

1) трансформаторнинг трансформация коэффициенти k :

$$k = \frac{E_1}{E_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2}, \quad \text{ёки} \quad k \approx \frac{U_{1,ном}}{U_{2,ном}},$$

чунки трансформатор салт ишлаганда $E_1 \approx U_{1,ном}$ ва $E_2 \approx U_{2,ном}$ 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 $I_{1,ном}$ нинг тахминан 5—10% ни ташкил этади.

Тажрибадан олинган маълумотлар бўйича трансформаторнинг тўда, актив ва реактив қаршиликларини аниқлаш мумкин:

$$Z_0 = \frac{U_{1,ном}}{I_0}, \quad \text{Ом}; \quad r_0 = \frac{P_0}{I_0^2}, \quad \text{Ом}; \quad X_0 = \sqrt{Z_0^2 - r_0^2}, \quad \text{Ом}.$$

Булар трансформаторнинг эквивалент схемасини тузиш учун керак.

Трансформаторнинг салт ишлаш тажрибаси бажарилаётганда унинг иккиламчи чулғамни учлари очик қолдирилиб, бирламчи чулғамга номинал кучланиш $U_{1,ном}$ берилади.

Қисқа туташув тажрибасидан қуйидагилар аниқланади:

1) қисқа туташув кучланиши

$$u_k \% = \frac{U_k}{U_{1,ном}} \cdot 100,$$

бу ерда U_k — трансформаторнинг иккиламчи чулғам учлари қисқа туташтирилганда иккала чулғамлардан номинал тоқлар оқиб ўтишини таъминлай оладиган даражада бирламчи чулғамга берилган кучланиш;

2) трансформатор чулғамларининг қизишига сарф бўлган қувват исрофи (ёки қувватнинг электр нобудларчилиги) P_k

$$P_k = P_m = I_{1,ном}^2 \cdot r_1 + (I_{2,ном}^1)^2 \cdot r_2^1 = I_{1,ном}^2 \cdot r_k,$$

бу ерда r_k — трансформаторнинг қисқа туташув тажрибасидати тўда қаршилигининг актив ташкил этувчиси ($r_k = r_1 + r_2$); $I_{2,ном}^1$ — бирламчи чулғамга келтирилган иккиламчи чулғам тоқи;

3) трансформаторнинг қисқа туташув пайтидаги тўда, актив ва реактив қаршиликлари:

$$Z_k = \frac{U_k}{I_{1,ном}}, \quad \text{Ом}; \quad r_k = \frac{P_k}{I_{1,ном}^2}, \quad \text{Ом}; \quad X_k = \sqrt{Z_k^2 - r_k^2}, \quad \text{Ом}.$$

Трансформаторнинг қисқа туташув тажрибасини ўтказиш учун унинг иккиламчи чулғам учлари қисқа туташтирилиб, бирламчи чулғам учларига автотрансформатор ёрдамида шундай пайсайтирилган кучланиш бериладикки, у иккала чулғамлардан номинал тоқлар оқиб ўтишини таъминлай олсин, яъни $I_1 = I_{1,ном}$ ва $I_2 = I_{2,ном}$.

Нағрузка режимидан қуйидагилар аниқланади:

Трансформаторнинг нағрузка тоқи I_2 нағрузка қаршилиги r_n ёрдамида бошқарилади. Трансформаторнинг қандай юкланганлигини юкланиш коэффициенти орқали аниқланади, яъни

$$\beta = \frac{I_2}{I_{2,ном}}.$$

Тажриба вақтида $\beta = 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25$ деб олинади. Тажрибадан олинган маълумотларга кўра кучланишнинг пасаяови аниқланади:

$$\Delta U_2 = \frac{U_{2,ном} - U_2}{U_{2,ном}} \cdot 100\%;$$

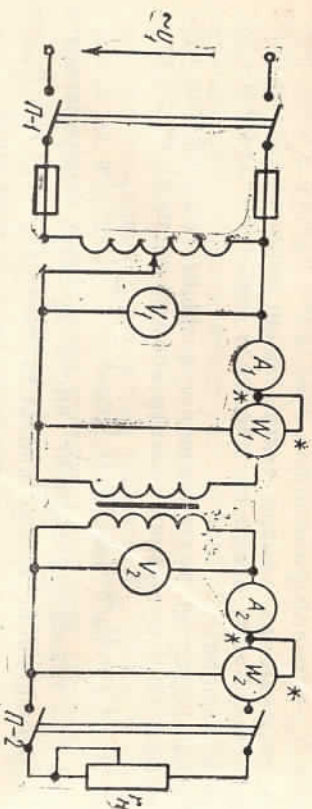
трансформаторнинг фойдали иш коэффициенти:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\%;$$

P_1 ва P_2 трансформаторнинг кириш ва чиқиш томонларидаги актив қувватлари.

Трансформаторнинг ташқи характеристикаси қуйидаги боғланишдан иборат:

$$U_2 = f(I_2).$$



8.41-расм.

Таққослаш учун трансформаторнинг нагрузка режимидати хисобий фойдали иш коэффициенти аниқланади:

$$\eta'' = \frac{\beta \cdot S_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi_2}{\beta \cdot S_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi_2 + P_0 + \beta^2 \cdot P_k} \cdot 100\%$$

бу ерда $S_{\text{ном}}$ — трансформаторнинг номинал тўла қуввати, ВА; $\cos \varphi_2$ — нагрузканинг қувват коэффициенти.

III. Ишни бажариш тартиби

1. Трансформаторнинг конструкцияси ва паспортида берилган маълумотлар билан танишиб, асосийлари ёзиб олинади.

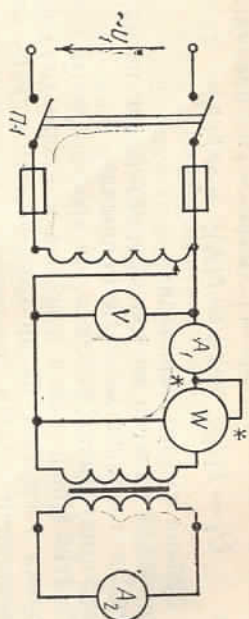
2. 2.41-расмдаги схемани йиғиб, трансформаторнинг салт иш-лаш тажрибаси ўтказилади. Бунинг учун иккиламчи чулғам уч-ларини очиб қолдириб, бирламчи чулғамга номинал қучланиш берилади. Шу пайтдаги ўлчов асбобларининг кўрсаткишлари 2.20-жадвалга ёзилади.

Ўлчашлар				Хисоблашлар			
$U_{1 \text{ ном}}$	U_{20}	I_0	P_0	$I_0/I_{1 \text{ ном}}$	Z_0	r_0	x_0
В	В	А	Вт		Ом	Ом	Ом

2.20-жадвал

3. 2-пунктдаги схемани ўзгаришсиз қолдириб, унга ажрат-кич $П-2$ ёрдамида нагрузкани улаймиз. Трансформаторнинг ташки характеристикасини олиш учун r_n қаршилиқни ўзгариш-тўли билан уни турли даражада юқлаймиз. Бунда юқлаш коэф-фициентлари қуйидагича олинини керак:

$$\beta = 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.25.$$



2.42-расм.

Ўлчаш натижалари 2.21-жадвалга ёзилади.

Ўлчашлар						Хисоблашлар			
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 автотрансформа-торнинг дастагини минимал қучланишга келтириб, занжир тар-моққа уланади. Сўнгра автотрансформатор ёрдамида қучланишни (яъни қисқа туташув қучланишини U_k га) чулғамлардан $I_1 = I_{1 \text{ ном}}$ ва $I_2 = I_{2 \text{ ном}}$ қийматлардаги тоқлар оқиб ўтувчя орти-рилади. Ўлчаш натижалари 2.22-жадвалга ёзилади.

2.22-жадвал

Ўлчашлар				Хисоблашлар			
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. Куйидаги боғланишларнинг графиклари чизилади:

$$U_2 = f(I_2); \cos \varphi = f(I_2); \eta = f(I_2).$$

6. Иш бўйича ҳулоа берилади:

- тажрибадан олинган ва трансформаторнинг паспортда берилган маълумотларнинг мослиги тўғрисида;
- трансформаторнинг фойдали иш коэффициенти (ФИК) маълум қийматга эришгандаги нагрузка миқдори ҳақида;
- нагрузка ўзгариши билан трансформатор ФИК нинг, $\cos \varphi$ нинг ва иккиламчи чулғам томондаги қучланишнинг ўзгариши характери тўғрисида.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

- Трансформаторнинг тузилиши ва ишлаш принципи тўғрисида нимадир биласиз?
- Трансформация коэффициенти нима ва у қандай аниқланади?
- Салт ишлаш ва қисқа туташув тажрибалари қандай ўтказилди? Тажрибадан олинган маълумотлар бўйича трансформаторнинг қандай параметрларини аниқлаш мумкин?
- Трансформаторнинг ташқи характеристикаси нима?
- Трансформаторнинг ФИК ни қандай усуллар билан аниқлаш мумкин?
- Чулғат ўзакнинг (магнит ўтказгичининг) вазифаси ва конструкциясини баён этинг.
- Трансформаторнинг аҳамияти нимадан иборат?

14-лаборатория иши

УЧ ФАЗАЛИ ТРАНСФОРМАТОРНИ ТЕКШИРИШ

1. Ишни бажаришдан мақсад

- Уч фазали трансформаторнинг тузилиши ва ишлаш принципи билан танишиш.
- Уч фазали трансформатор чулғамларининг қисмаларини (учларини) белгиллашни ўрганиш.
- Уч фазали трансформатор чулғамларини турлича схемада бириктириб, трансформация коэффициенти аниқлаш.
- Трансформаторнинг нагрузка режимига оид ўлчашларни, ҳисоблашларни бажариш ва ташқи характеристикасини куриш.

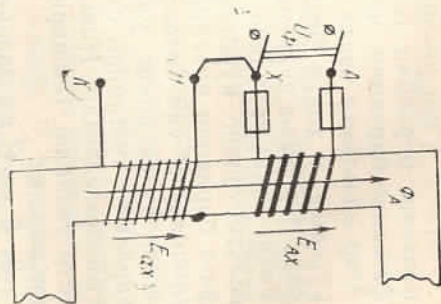
II. Ишга оид назарий тушунчалар

Ўртача ва кичикроқ қувватли электр установкаларидаги уч фазали токни трансформациялаш учун уч фазали трансформаторлардан фойдаланилади. Бу трансформаторлар конструктив жиҳатдан ўртача бир фазали трансформаторни муҳасаммалаштирган бўлиб, ягона чулғат ўзакка эга. Шу туфайли уч фазали трансформаторларнинг фойдали иш коэффициенти катта, ўлчамлари кичик ва оғирлиги кам бўлади. Уч фазали трансформатор худди шундай қувватли ўртача бир фазали трансформаторлардан бирмунча арзон туради.

Трансформаторнинг чулғамлари юлдуз ёки учбурчак схемада ўланиши мумкин. Улар юлдуз схемада ўланганда ноллини чулғат ташқарига (клемника) чиқарилиши ёки чиқарилмаслиги мумкин. Юлдуз кучланиш чулғамнинг бош учларини катта A, B, C , охири учларини катта X, Y, Z ҳарфлари билан белгиланади. Паст кучланиш чулғамнинг бош учларини кичик a, b, c ва охири учларини эса кичик x, y, z ҳарфлари билан белгиланади. Ноллини нуқтадан чиққан симнинг учини O ҳарфи билан белгиланади.

Уч фазали трансформаторнинг чулғамларини юлдуз ёки учбурчак схемада бириктирганда чулғамларнинг бош ва охири учларини аниқ билиш керак.

2.43-расм.



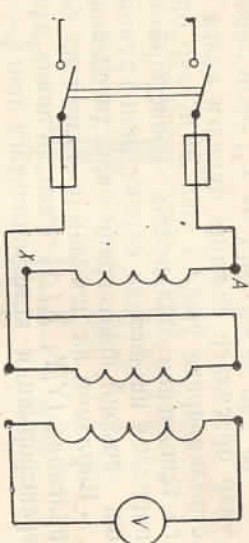
Чулғам қисмаларини (учларини) белгиллаш (яъни маркировка қилиш) куйидаги тартибда бажарилади:

- Бир стерженда жойлашган чулғамларнинг қисмаларини белгиллаш, магнит оқим Φ_A нинг шу чулғамларда индукциялаган E_{Ax} ва E_{Ay} ЭЮК ларининг фазалари мос тулиши бўйича аниқланади (2.43-расм). Ихтиёрий танланган чулғамнинг бош ва охири учларини A ва X деб белгилаймиз. Чулғамнинг X учини бош фазалари иккиламчи чулғамнинг биронта (H) учини билан бириктириб, манбадан A ва X учларига 20...30 В ўзарувчан кучланити берамиз. Сўнг E_{Ax} , E_{Ay} ва E_{Az} ЭЮК ларининг қийматларини ўлчаيمиз. Агар $E_{Ax} = E_{Ay} + E_{Az}$ бўлса, чулғамлар мос ўланган бўлиб, қисма H иккиламчи чулғамнинг бош учини ҳисобланади ва a ҳарфи билан белгиланади. Қисма K эса шу чулғамнинг охири учини бўлиб, x ҳарфи билан белгиланади. Агар $E_{Ax} = E_{Ay} - E_{Az}$ бўлса, бирламчи ва иккиламчи чулғамлар қарима-қарши ўланган бўлиб, қисма K иккиламчи чулғамнинг бош учини ҳисобланади ва a ҳарфи билан H , учини эса охири учини ҳисобланади x ҳарфи билан белгиланади.

2. Уч фазали трансформаторнинг

бошқа стержеларда жойлашган чулғамларнинг қисмаларини аниқлашда улар кам мос ўланган бўлиб, магнит оқимларининг шартли мусбат йўналиши қайма фазаларда бир ми бўлиши керак.

2.44-расм.



Трансформаторнинг фойдали иш коэффициенти унинг нагуз-ка 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); $\cos \varphi$ — нагузаканинг қувват коэффициенти (мазкур ишда нагузка актив бўлган учун $\varphi = 0$); β — юкланиш коэффициенти; P_0 — саат ишлаш вақтидаги қувват исрофи (Вт); P_k — қисқа тугташув тажрибасидаги қувват исрофи (Вт).

Трансформаторнинг қувват коэффициенти қуйидаги формула билан аниқланади:

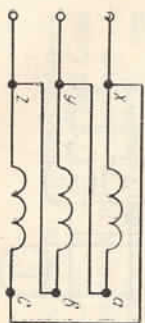
$$\cos \varphi = \frac{P_1}{V \sqrt{I_1^2 \cdot I_1}},$$

бу ерда I_1 — бирламчи чулғамнинг номинал қучланиши (В); I_1 — бирламчи чулғамнинг токи (А); P_1 — истеъмол қилинаётган актив қувват (Вт).

Нагузка режимида 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 фазаги 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 йитиб.
4. Трансформаторнинг чулғамлари $Y/Y - 0$ схема бўйича бириктирилгандаги трансформация коэффициенти аниқлансин. Бунинг учун трансформаторнинг иккиламчи чулғам учларини очик қолдириб бирламчи чулғам учларига ЛАТР ёрдамида номинал қучланиш берилди.



5. Трансформаторнинг чулғамлари $Y/\Delta - 11$ схема бўйича бириктирилгандаги трансформация коэффициенти аниқлансин. Бунинг учун аввалги схемани манбадан ажратиб, фақат иккиламчи чулғамни қайта учбурак схемада бириктириш керак (2.46-расм).

4 ва 5-пунктлардаги ўлчаш натижаларини 2.23-жадвалга ёзинг.

2.23-жадвал

Чулғамларни бириктириш схемаси	$\frac{U_{AB}}{B}$		$\frac{U_{an}}{B}$		K	$\frac{U_{bC}}{B}$	$\frac{U_{bc}}{B}$	K	$\frac{U_{cA}}{B}$	$\frac{U_{ca}}{B}$	K	$K_{\text{ср}}$
	$U/Y - 0$											
$Y/\Delta - 11$												

6. 2.45-расмдаги схемани йитиб, трансформаторни нагузка режимида текширинг. Қаршилик реостатлари ёрдамида учала фазادا бир текис нагузка ҳосил қилинсин. Тажриба жараёнида бирламчи чулғамга берилган қучланишни ўзгаришсиз ушлаб турилисин. Ўлчаш натижаларини 2.24-жадвалга ёзинг.

2.24-жадвал

β	Ўлчашлар										Ҳисоблашлар					
	$\frac{U_a}{B}$	$\frac{U_b}{B}$	$\frac{U_c}{B}$	$\frac{U_{2a}}{B}$	$\frac{I_a}{A}$	$\frac{I_b}{A}$	$\frac{I_c}{A}$	$\frac{P_2}{\text{Вт}}$	$\frac{U_{\text{ном}}}{B}$	$\frac{I_1}{A}$	$\frac{P_1}{\text{Вт}}$	$\frac{I_2}{A}$	$\frac{U_{2\phi}}{B}$	η'	$\cos\varphi$	$\Delta U\%$
0,2																
0,4																
0,6																
0,8																
1,0																

Қуйидаги тахминий формулалар бўйича ҳар бир нагузка учун фаза қучланишлари 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 графикаларини қурунг:

$$U_2 = f(I_2); \quad \eta = f(I_2); \quad \cos \varphi = f(I_2).$$

8. Трансформаторнинг тажрибадан олинган характеристикаларини назарий йўл билан ҳисобланган характеристикаси билан солиштириб ҳулоса беринг.

Ў3-ўзини текшириш учун саволлар

1. Уч фазаги трансформаторнинг умумий тузилиши ва вазифасини баён қилинг.
2. Амалда уч фазаги трансформаторларнинг чулғамларини бириктиришнинг қандай схемалари қўлланади ва нима сабабдан шундай?
3. Уч фазаги трансформатор чулғамларининг бириктириш грушаси нима ни ундай фойдаланиш сабаби нимада?

4. Уч фазали трансформаторнинг чулғамлари турлича схемада бириктирилганда трансформация коэффициентини қандай аниқланади?
5. Трансформатор чулғамларининг учларини беглилаш қандай бажарилади?
6. Қисқа туташув тажрибаси қандай ўтказилди ва ундан қандай қатъийликлар аниқланади?
7. Трансформаторнинг ФИК ни аниқлаш формулаларини ёзинг.
8. Трансформаторнинг ташқи характеристикаси нима?
9. Трансформаторда қандай қувват исрофлари мавжуд?

15-лаборатория иши

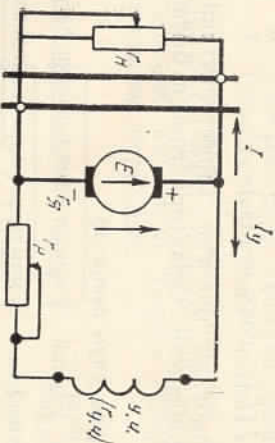
ПАРАЛЛЕЛ УЙЎТИШЛИ ЎЗАРМАС ТОК ГЕНЕРАТОРИНИ ТЕКШИРИШ (ШУНТЛИ ГЕНЕРАТОР)

1. Ишни бажаришдан мақсад

1. Параллел уйғотишли ўзармас ток генераторининг тузилиши ва ишлаш принципи билан танишиш.
2. Генераторнинг паспортда берилган маълумотлар билан танишиш ва асосийларини дафтарга ёзиш.
3. Генераторни бошқаришни ўрганиш, унинг асосий характеристикаларини олиш ва қуриш.

II. Ишга оид назарий тушунчалар

Ўзармас ток генератори айланма ҳаракатнинг механик энергиясини электр энергиясига ўзгартиб беради. У учта асосий қисмдан: машинанинг қўзғалмас ўзармас ток электромагнит, механик энергия таъсирида ўзарувчан ЭЮК ҳосил қилувчи якорь ва ўзарувчан ЭЮК ни ўзармас ЭЮК га айлантириб беришчи чўткали коллектордан иборат. Бу лаборатория ишида генератор якорини айлантирувчи механик энергия мабсаи сифатида қисқа туташтирилган роторли уч фазали асинхрон двигателъ хизмат қилади. Генераторнинг уйғотиш чулғами (электромагнит чулғами) якорьга параллел уланган бўлади. Генераторнинг номини шундан келиб чиққан (2.47-расм). Базан шунгли генератор деб ҳам аталади. Уйғотиш чулғамини эса шунгли уйғотиш чулғами (ш. у. ч) дейилади.



2.47-расм.

Якорь айланганида чулғамларнинг ўрамлири машинанинг шунгли уйғотиш чулғамини айлантиришда магнитланган шунгли қолган оқимни кесиб ўтиб, якорь чулғамини озроқ бошлангич ўзарувчан ЭЮК E_k индукциялайди. Ўзарувчан ЭЮК коллектор ёрдамида механик равишда тўғрилиниб, графит чўткалар орқали ўзармас йўналишга эга бўлади. Якорьга индукцияланган ЭЮК

$$E_k = c \cdot n \cdot \Phi_{\text{кор.}}$$

Бу ЭЮК таъсиридан уйғотиш чулғаминида ҳосил бўлган ток I_k қўшимча $\Phi_{\text{кор.}}$ магнит оқимини ҳосил қилади. Агар бу оқим қолдиқ магнит оқими билан йўналиши мос бўлса (мос уланниш) машинанинг пулат ўзатида магнит оқими ортиб, генератор уйғотиши (қўзғалади). Магнит оқимларининг йўналиши қарама-қарши бўлса, машина уйғонмайди. Бунинг учун уйғотиш чулғамининг якорь уланган қисмларининг 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 ўтказилган битта кутубнинг магнит оқими.

Якорь қисмларида 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 ўзармас ($n = \text{const}$) индуктор бўлигидан якорьда индукцияланган ЭЮК ни бошқариш факат магнит оқими Φ га боғлиқдир. Уни уйғотиш занжиринидаги I_f ростилаш реостати ёрдамида уйғотиш токиннинг кучини ўзгариш билан бажарилади. Ҳақиқатан ҳам магнит оқими билан уйғотиш токиннинг орасида қуйидаги боғланиш мавжуд:

$$\Phi = \frac{I_f \cdot w_f}{r_m},$$

бу ерда Φ — битта кутубдаги уйғотиш чулғамидан ўтган ток ҳосил қилган магнит оқими; I_f — уйғотиш чулғамидан ўтаётган ток; w_f — уйғотиш чулғамининг ўрамлири сони; r_m — муҳитнинг магнит қаршилиги.

Генератор ишга туширилганда ростилаш реостатининг қаршилиги занжирга максимал уланади. Сўнгра ростилаш реостатининг қаршилигини, генератор қисмларида $U_{\text{ном}}$ номинал кучланишдан бир оз кўпроқ бўлган салт ишлаш кучланиши U_0 ҳосил бўлгунча камайтирилади.

Генератор салт ишлаганда нағрузка токи $I_n = 0$ бўлиб якорь қисмларидаги кучланиш $U \approx E$ деб олинади. Электр машиналарининг хоссалярини уларнинг характеристикалари ёрдамида осон тушунилади. Бу характеристикалар машинага онд барча логикаликлар ўзармай туриб, фақат икки асосий параметри ўзгарганда улар орасидаги боғланишни ифода этувчи эгри чизиклардан иборат. Генератор учун якорининг айланиш сони амалда ўзгаришмас бўлиб (барча турбиналар тезлик ростилагичлар билан ажозланган), ўзарувчан катталиклар эса якорь учидидаги кучланиш, якорь токи ва уйғотиш токи ҳисобланади.

Параллел уйғотишли ўзармас ток генераторини текширганда унинг учта асосий характеристикаси олинади.

1. Салт ишлаш хараكتеристикаси — генераторнинг айланмиш тезлиги ўзгармас бўлиб, унинг қисмаларидаги кучланиш U нинг уйғотиш токи I_y га боғлиқлигини ифодаловчи эгри чизик, яъни

$$I_n = 0; U_0 \approx E = f(I_y); n = \text{const.}$$

Одатда, якорь чулғамиде уйғотиш токидан ҳосил бўлган кучланишнинг пасасови 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 хараكتеристикаси генераторнинг ўз-ўзидан уйғотиш жараёнида олинади. Бу хараكتеристика машинанинг магнит хусусиятларини аниқлашга ёрдам беради.

2. *Ташқи хараكتеристика* — уйғотиш занжиридеги ростлаш реостатининг қаршилиги ва якорининг айланмиш тезлиги ўзгармай турганида генератор қисмаларидаги кучланишнинг нагрзука токи билан қандай боғланганлигини кўрсатувчи эгри чизик, яъни

$$n = \text{const ва } r_p = \text{const бўлганда } U = f(I).$$

Истеъмолчи токи $I = \frac{U}{r_n}$ бўлиб, $I_n = I + I_y$.

Ташқи хараكتеристика ростланмайдиган генераторнинг электр хусусиятларини аниқлашга ёрдам беради. Нагрзука токнинг пайдо бўлиши якорь қисмаларидаги кучланишни пасайтиради.

Генераторнинг электр мувозанат ҳолатига мувофиқ якорь қисмаларидаги кучланиш:

$$U = E - I_n \cdot r_n \approx E - I \cdot r_n.$$

Истеъмолчи токи I нинг орта бориши билан якорь чулғамларидаги ички кучланишнинг пасасови тобора кўтайиб, генератор қисмаларидаги кучланишнинг пасайишига сабаб бўлади. Ўз навбатида уйғотиш занжирининг ўзгармас қаршилигида кучланишнинг пасайиши уйғотиш токнинг ҳам пасайишига сабаб бўлади.

$$I_y = \frac{U}{r_{y,n} + r_p},$$

бу ерда $r_{y,n}$ — уйғотиш чулғамининг қаршилиги.

Нагжада магнит оқими Φ ва ЭЮК E камайиб, кучланишнинг бундан кайинги пасасови ҳосил бўлади.

Микдор $\Delta U \% = \frac{U_0 - U_{\text{ном}}}{U_{\text{ном}}} \cdot 100\%$ кучланишнинг номинал пасасови ҳисобланиб, 10 дан 15% гача бўлади. Шундай қилиб, ташқи хараكتеристика нагрзука ўзгарганида генератор кучланишнинг барқарорлигини кўрсатади.

3. *Ростлаш хараكتеристикаси* — генератор қисмаларидаги кучланиш ва якорининг айланмиш тезлиги ўзгармай турганида уйғотиш токнинг истеъмолчи токи билан қандай боғланганлигини кўрсатувчи эгри чизик, яъни $n = \text{const}$ ва $U_0 = \text{const}$ бўлганда

$$I_y = f(I).$$

Электр энергияси истеъмолчилари (электроаппаратлар, лампа-лар ва б.) нинг яхши ишлаши учун, манбадан олинмаган кучланиш, нагрзука ўзгариши билан ўзгармасдан, номиналига тенг бўлиши керак. Шунгли генераторда нагрзука ўзгариши билан кучланишнинг бир хил сақлаш имконияти бор. Бунинг учун уйғотиш занжиридеги ростлаш реостат r_p ёрдамида уйғотиш токи I_y ни шу билан бирга магнит оқими Φ ни ва ЭЮК E ни ўзгартиб кучланишнинг $U = \text{const}$ ушлаб турилади. Барча генераторлар кучланиш ростлагичи билан жиҳозланади.

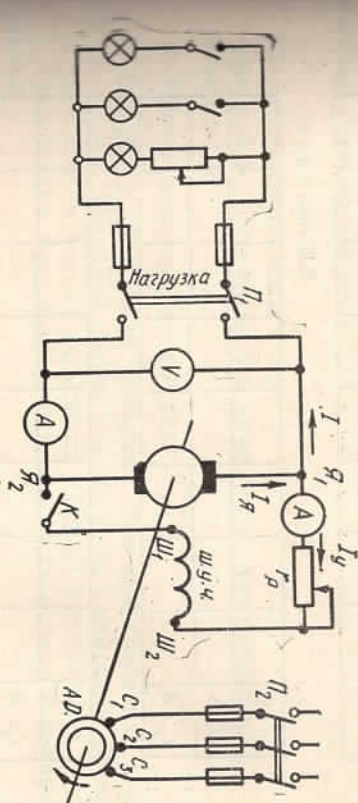
Шундай қилиб, ростлаш хараكتеристикаси турли нагрзукаларда генераторнинг қисмаларидаги кучланишнинг бир хил (ўзгармас) ушлаб туриш учун уйғотиш токни қанча ўзгариши кераклигини кўрсатади.

Ўзгармас ток генераторлари санат курилмалари (электролиз ва гальваник курилмалар) га паст кучланишли ўзгармас ток беридиган манбадар ҳисобланиб, синхрон генераторнинг уйғотиш чифатида ҳам фойдаланилади. Айниқса махсус ўзгармас ток генераторлари (пайвандловчи, поездларни ёритиш учун ишлатиладиган генераторлар, ўзгармас ток кучайтиргичлари, аккумулятор-ларни зарядлаш учун генераторлар) кўп тарқалган.

Ҳозирги вақтда СССР да умумсаннат аҳамиятига эга бўлган ўзгармас ток машиналарининг ягона II серияси ишлаб чиқарилмоқда. Бу машиналарнинг қуввати 0,3 кВт дан 2800 кВт гача бўлиб, айланмиш тезлиги 24 айл/мин дан 3000 айл/мин гача бўлган диапазонни ташкил этади.

III. Ишни бажариш тартиби

1. Ўзгармас ток машинасининг тузилиши ва қисмаларга ажратилган намунаси билан танилиш.
2. Стенд билан танилиб ва машинанинг схемага кирадиган барча қисмларини аниқлаб (якорининг қисмалари, уйғотиш чулғамини, реостатлар, ўлчов асбоблари ва х.), паспортда берилган ноль-нумот билан бирга дафтарга ёзинг.
3. 2.48-расмдаги электр схемани йилгит.



2.48-расм.

4. Асинхрон двигателни манбата улаб, генераторнинг ишла-
шини текширинг. Ростлаш реостатининг қаршилтигини занжирга
тўла улаб, вольтметрнинг кўрсатишини кузатинг. Яқорда қол-
диқ магнитлашиш оқими $\Phi_{\text{қол}}$ ҳисобига озгина ЭЮК $E_{\text{к}}$ индук-
цияланади. Агар схема тўғри йиғилган бўлса, ростлаш реостати-
нинг қаршилтиги $r_{\text{р}}$ ни бир текис камайтира борганимизда вольт-
метрнинг кўрсатиши орта боради, яъни машина уйғонади.

Агар вольтметрнинг кўрсаткиши камаь оорса, у ҳолда уйғотиш токи ҳосил қилган магнит оқими қолдиқ магнит оқимига қарама-қарши йўналган бўлиб, машина уйғонмайди. У ҳолда генераторни тўхтатиб, уйғотиш токining йўналишини ўзгартириш керак. Бунинг учун уйғотиш чулғамининг якорга уланадиган қисмаларининг ўрнини алмаштириш kifов.

даги ўйғотиш токининг қийматини ёзиб қўйинг. Ажраткич P_1 ни улаб, юклаш токини 0 дан то $I = (1,1 \dots 1,2) I_{\text{ном}}$ қийматгача ўзгартиб, 6...8 та характерли нукталар учун генератор қисмаларидаги қучланишни ва ўйғотиш токининг ўзаришини ёзиб олинг.

Ўлчадан олинган маълумотларни 2.26-жадвалга ёзинг. Қучланишнинг номинал пасажовини ҳисобланг.

7. Ростлаш хarakterистикасини олиш учун генераторга иштеймочи (напузка) улаб, ростлаш реостати r_p ёрдамида генератор қисмаларида номинал қучланиш ҳосил қилинади. Ажраткич P_1 ни улаб, напузка токини 6-пунктда айтылгандек ўзгартиши керак.

Ўйғотиш занжиринида ростлаш реостатининг r_p қаршилигини ўзгартиш билан генератор қисмаларидаги қучланишнинг $U = \text{const}$ бўлишга эришилади. Ўлчадан олинган маълумотлар 2.27-жадвалга ёзилади. Ўйғотиш токининг нисбатан ортиши, яъни

оулишн я эришмиди. у эчашдан олинди маълумотлар 2.2.1 жадвалга ёзилди. Уйғотиш токининг нисбатан орттиши, яъни

Генераторда индукцияланган ЭЮК нини катталити $(1,1, \dots, 1, 25)$ U гача бўла олишига ишонч ҳосил қилиб, реласташ реостатининг қаршилигини максимумгача орттиринг, шундан сўнг якорда индукцияланган ЭЮК минимумгача камадди.

8. Генераторнинг барча характеристикалари масштабда кўрилади.

9. Иш бўйича хулоса берилади:

а) ҳар бир характеристиканинг хусусийлиги қандай физик процесслар билан тушунтирилиши ҳақида;

6) таққи характестикани олишда уйғотиш токининг ўзгариши сабаби тўғрисида.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Шугатги генераторнинг тузилиши (асосий қисмлари) ва ишлаш принциплари баён қилинган.

ни баён қилмнт.

6. Генераторнинг ташқи хараakterистикасини олиш учун генераторни юкларасдан туриб, уни аввал салт ишлаш режимида ($1.05 \dots 1.2$) U қувватлишга чадийотиб олиш керак. III пайдаланишга чадийотиб олиш керак.

3. Генератор қисмиди ядиги кучтаниш унинг ЭЮК дан нима билан фарк-
лини ахдими нимадан иборат?

1000H?

4. Улармас ток генераторининг ўз-ўзидан уйғотиш принциплари тушунтирилди.

5. Нима чун мушакқий уйғотиниш генераторларда ишқи хадрактевисиниш олтинганда уйғотиниш тоқи ўзгармайди, назкур ишда эса камайдир?

6. У загмас ток генераторини қандай харақтеристикалар харақтерлайдиги?

7. У загмас ток генераторларнинг типларини санаб кўрастиг. Уларнинг принципнал схемаларини чизиг.

2.26-жадвал

I_y, A							
$U \rightarrow, B$							
$U \leftarrow, B$							

16-лаборатория ши

ПАРАЛЛЕЛ ҲАҲОТИШЛИ ЎЗГАРМАС ТОҚ ДҲИГАТЕЛИНИИ
ТЕҚШИРИШ

1. Ишни бажаришдан мақсад

1. Параллел уйғотилли ўзармас ток двигателининг тузиллиши ва ишлаш принципи билан танишиш ва схемасини ўрганиш.
2. Двигателни электр тармоғига улашни ўрганиш.

3. Двигатели юргизш, реверсаш ва тезлигини бошқаришни ўрганиш.

2.25-ж а д в а л

I_y, A							
$U \rightarrow, B$							
$U \leftarrow, B$							

2.26-жадвал

I, A						
U, B						
I, A						

2.27-жа даял

I, A	—	—	—	—	—	—
I_y, A	—	—	—	—	—	—

4. Двигателни асосий характеристикаларини олишни ўргангани ва бундаги физик процессларни тушуниб олиш.

II. Ишга оид назарий тушунчалар

Ўзғармас ток электр машиналари бошқа электр машиналари каби қайтувчанлик хусусиятига эга бўлиб, ҳам генератор, ҳам двигатель режимларида ишлай олади. Шунинг учун двигателнинг тузғилиши ўзғармас ток генераторининг тузғилишидан фарқ қилмайди. Генераторларга ўхшаб двигателлар ҳам уйғотиш чулғамининг якорида уланниш схемаси бўйича фарқ қилади. Ўзғармас ток двигателларининг махсус хусусиятлари (айланиш тезлигининг кенг доирада 1...10 нисбатда бошқарилиши ва махсус механик характеристикаларини олиш мумкинлиги) катта аҳамиятга эга бўлган жойларда кенг қўлланади. Булар прокат стандартлари ва кемаларда (эшак винтларини ҳаракатга келтириш учун) ишлатилишган ўзғармас ток двигателларидир.

Ўгона П серияли ўзғармас ток двигателларининг қуввати 0,2 кВт дан 6800 кВт гача, айланиш тезлиги 21 айл/мин дан 3000 айл/мин гача бўлади.

Маъкур лаборатория ишида параллел уйғотишли (шунгли) двигател 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 таъсиридан якорь айлана бошлайди. Якорь чулғамларининг ўрамлари магнит оқимининг куچ чизиқларини кесиб ўтиши натижасида унда ЭЮК индукцияланади, унинг миқдори:

$$E_r = c \cdot n \cdot \Phi.$$

Аммо бу ЭЮК генератордигидан фарқли равишда ташқи кучланнишга қарама-қарши йўналгани учун E_r тескари ЭЮК дейилади. Кирхгофнинг иккинчи қонунига биноян двигателнинг электр мувозанат тенгламаси

$$U - E_r = I_a \cdot r_a \text{ ёки } U = E_r + I_a \cdot r_a.$$

У ҳолда двигателнинг якорь чулғамидан ўтаётган ток

$$I_a = \frac{U - E_r}{r_a},$$

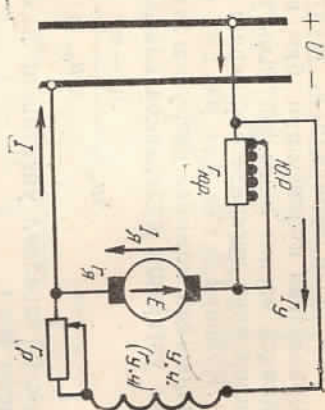
бу ерда U — манбаининг кучланиши, V ; E_r — якорь чулғамидан тескари ЭЮК, V ; r_a — якорь чулғамининг қаршилиги, Ом.

Ўзғармас ток двигателини юргизиш унинг якорь ва уйғотиш чулғамларига манбадан бевосита кучланиш бериш билан амалда оширилади. Аммо двигателни бошланғич юргизиш моментини якорьнинг айланниш тезлиги $n = 0$ бўлгани учун, тескари ЭЮК $E_r = 0$ бўлади. У ҳолда якорь занжириданги ток

$$I_a = \frac{U - 0}{r_a}.$$

Якорь чулғамининг қарши-ани ўта кичик бўлгани учун якорь занжирдан ўтадиган ток $I_a = (18 \dots 20) I_{ном}$ нисбатда бўлади. Бундай катта ток (маска туташув токи) якорь чулғамларини куйдириб юбориши мумкин. Ана шундай катта токни чеклаш мақсадида якорь чулғами билан кетма-кет релестар уланади. Уни юргизиш релестар (ю. р.) дейилади (2.49-расм). Бу ҳолда якорьданги ток:

$$I_a = \frac{U}{r_a + r_{ю.р.}}$$



2.49-расм.

Юргизиш релестарининг қаршилиги, юргизиш токи номинал токининг 1,5...2 қисмига тенг бўладиган қилиб танланади.

Юргизиш токни сунъий камайтириш айлантирувчи моментнинг камайишига сабаб бўлади. Юргизиш моментининг миқдорини енгилча сақлаш учун двигателни максимал магнит оқимид юргизиш керак. Бунинг учун уйғотиш занжириданги релестар релестарининг қаршилиги r_p минимал ҳолатга қўйилади.

Якорь айлана бошлаганда унинг чулғамларида тескари ЭЮК қосила бўлади. Бунда якорь токи:

$$I_a = \frac{U - E_r}{r_a + r_{ю.р.}}$$

Бу вақтда двигателнинг тезлиги орта борган сари тескари ЭЮК дам орта боради. Шу билан бир вақтда юргизиш релестарининг қаршилигини $M_{ан} = M_k$ бўлгунга қадар бир текис камайтира бо-рини керак. Бу вақтда якорь занжирдан қаршилик momenti (M_k) та мос ток ўта бошлайди:

$$I_a = \frac{U - E_r}{r_a}$$

Номинал нагзузда тескари ЭЮК тармоқдан берилаётган кучланишнинг 90...96% ини ташқил этади. Маъкур лаборатория ишида қаршилик momenti M_k тарзида релестар нагзузга уланган мустақил уйғотишли ўзғармас ток генератори хизмат қилади. Двигателнинг айланниш тезлиги формуласини якорь токининг формуласидан олиш мумкин. Бунда $E = c \cdot n \cdot \Phi$ эканлигини ҳисобга олиш керак:

$$n = \frac{U - I_a \cdot r_a}{c \cdot \Phi}$$

Ифодадан кўринадики, шунгли дивателнинг тезлигини унга берилётган кучданишни ёки якорь занжирининг қаршилигини, айнқка магнит оқимини, яъни уйғотиш токни ўзгартириш билан кенг чегарада бошқариш мумкин.

Қуввати 5 кВт дан 100 кВт гача бўлган дивателларнинг сано ишлашдан номинал нарузкагача юклагандаги тезлигининг номинал ўзариши қуйидагича аниқланади:

$$\Delta n_n \% = \frac{n_0 - n_n}{n_0} \cdot 100 = 10 \div 25 \%$$

демек, параллел уйғотишли дивателнинг тезлиги жуда оз ўзгара экан.

Дивателнинг айланиш йўналишини ўзгартириш учун якорь ёки уйғотиш чулғамларга келатган тоқлардан биронтасинини йўналишини ўзгартириш кифоя. Бу билан қутолларнинг ишораси ўзгаради.

Дивателнинг хусусиятларини батафсил билиш учун унинг қуйидаги харақтеристикаларини олиш керак.

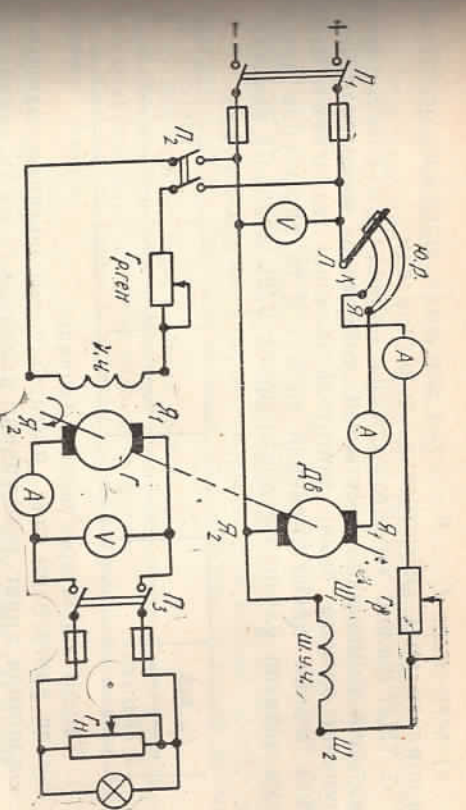
1. *Салт ишлаш харақтеристикаси*— дивател қисмаларидаги кучданиш ўзгармаганда ва ўқдаги фойдали қувват $P_2 = 0$ бўлганда якорь айланиш тезлигининг уйғотиш токка боғлиқлигини ифодаловчи эгри чизик, яъни $U = U_{\text{ном}} = \text{const}$; $P_2 = 0$ бўлганда, $n = f(i_a)$ бўлади.

Бундай харақтеристика дивателнинг айланиш тезлиги қандай ўзаришини кўрсатади.

Дивателни юргизилшдан аввал уйғотиш занжирининг ишончлиги алоҳида эътибор бериш зарур. Агар дивател ишлаётганда уйғотиш занжиринида ўзилиш содир бўлса, уйғотиш токи $I_y = 0$ бўлади. У билан боғлиқ бўлган магнит оқими ва тескари ЭЮК ҳам нолга тенглашиб, якорь токи кескин ортади. Уйғотиш занжирининг индуктивлиги катта бўлгани туфайли, бу туьсатдан содир бўлмай бирор вақт давом этади. У якорь токнинг ортинги магнит оқими Φ нинг камайишидан тезроқ бўлади. Шунинг учун аввал дивателнинг айлантирувчи моменти $M = k \cdot \Phi \cdot I_a$ ортали ва натижада дивателнинг айланиш тезлиги номиналидан бир неча марта ортиб кетади. Бу хавфли ҳисобланади.

2. *Ташқи (тезлик) харақтеристикаси*— уйғотиш токни ва кучданиш ўзгармас бўлганда, дивател айланиш тезлигининг якорь токка боғлиқлигини кўрсатувчи эгри чизик, яъни $I_y = \text{const}$ ва $U = U_n = \text{const}$ бўлганда $n = f(I_a)$ бўлади.

Нарузка дивател билан бир ўқка маҳкамланган муьтақин уйғотишли генератор ёрдамида ҳосил қилинади (2.50-расм). Нарузкани улаш учун аввал ажраткич II_2 ни улаб, сўнгра ажраткич II_2 ни улаш керак. Генераторнинг уйғотиш занжиринидаги $r_{\text{ген}}$ қаршилигини ўзгартирганимизда генераторнинг нарузкасини ва шунинг билан дивател нарузкасини ўзгартирган бўлганимиз. Дивател нарузкасини ўзгартириш учун истеъмолчи қаршилигини r_n ни ўзгартирса ҳам бўлади. Нарузка ортинги билан якорь токи ҳам ортиб, дивателнинг тезлиги камай боради. Якорь токи



2.50-расм.

ортинги натижада якорь реакцияси кучайиб магнит оқими бир оз камайди ва шу туфайли дивател айланиш тезлигининг ўзгариши жуда кам бўлади. Бундай харақтеристикани тезлик харақтеристикаси ҳам дейилади. Нарузка ўзариши билан тезлиги кам ўзгарадиган дивателларнинг ташқи харақтеристикасини „катинес“ дейилади. Бу шунгли дивателларнинг ўзига хос хусусияти ҳисобланади.

3. *Ростлаш харақтеристикаси*— айланиш тезлиги ва кучданиш ўзгармас бўлганда дивател уйғотиш токнинг якорь токка боғлиқлигини ифодаловчи эгри чизик, яъни $n = \text{const}$, $U = U_{\text{ном}} = \text{const}$ бўлганда $I_y = f(I_a)$ бўлади. Бу харақтеристика, дивателни қандай ишлашдан ток номинал нарузкагача юклаганда унинг айланиш тезлигининг ўзгармаслиги учун уйғотиш токни қандай ўзгартириб туриш кераклигини кўрсатади.

III. Ишни бажариш тартиби

1. Ўзгармас ток машинасининг тузилиши ва қисмларга ажратилиш намунаси билан танишилади.
2. Стенд билан танишиб, машинанинг схемага қиралган бар қисмларини аниқлаб (якорьнинг қисмалари, уйғотиш чулғами, реостатлар, ўлчов асбоблари ва б.) ва паспортда берилган маълумотлар билан бирга дафтarga ёзилади.
3. 2.50-расмдаги электр схема йиғилади.
4. Дивателни манбага улаб, айланиш йўналиши белгиланади; юргизилш реостатининг (ю. р.) ҳолати текширилади (қаршилик занжирга тўла уланган бўлиши керак);
- 5) уйғотиш занжиринидаги r_n реостатининг ҳолати текширилади (қаршилик $r_n = 0$ бўлиши керак);
- 6) ажраткич II_1 ни улаб дивателга кучданиш берилади.

г) аста-секин 6...8 секунд давомида юргизиш реостатининг қаршилиги ноль қийматиغاча камайирилади.

5. Салт ишлаш характеристикаси олинади. Уйғотиш токнинг ўқитувчи томонидан кўрсатишган қийматлари чегарасида уйғотиш токнинг олтиш билан двигателъ айланиш тезлигининг камайишга ишонч ҳосил қилинади ва 6...8 та характерли нуқталар учун олинган ўлчаш маълумотларини 2.28-жадвалга ёзилади.

2.28-жадвал

I_y , мА					
n айл/мин					

6. Ташқи характеристикаси олинади.

Бунда двигателни салт ишлашдан то номинал нагрузкато ча юклаганда унинг тезлигининг камайишга 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_{sc} , А					
n , айл/мин					

7. Ростлаш характеристикаси олинади. Наргузак токнинг овалги қийматларида двигателъ тезлигининг ўзгармаслиги учун (бу микдор ўқитувчи томонидан кўрсатилади) I_y уйғотиш токнинг ва у билан боғлиқ магнит оқими Φ ни камайириш кераклигини ишонч ҳосил қилинади ва 6...8 та ихтиёрий танланган нуқталар учун олинган ўлчаш маълумотлари 2.30-жадвалга ёзилади.

2.30-жадвал

I_{sc} , А					
I_y , мА					

8. Двигателнинг айланиш йўналиши ўзгартирилади (реверсдаш). Бунинг учун якорь чулғамининг ёки уйғотиш чулғамининг схемата уланган қисмаларининг ўрнини алмаштириб, ҳақиқатин, якорининг тескари томонга айлантадиглигига ишонч ҳосил қилинади.

9. Олинган ўлчаш маълумотлари бўйича двигателнинг слит ишлаш, ташқи ва ростлаш характеристикалари курилади.

10. Иш бўйича худоса берилади:

- двигателъ тезлигининг номинал ўзгаришини аниқлиб, унинг ташқи характеристикасининг „қаттиқлиги“ ҳақида;
- тезлиги ростланадиган двигателнинг хусусиятлари ҳақида;
- двигателъ тезлигини бошқаришнинг турли усуллари ҳақида.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

- Парадла уйғотишда ўзгармас ток двигателининг тузлиши (асосий кетма-кет) ва ишлаш принципини баён этиш.
- Двигателнинг манбага уланishi ва юргизиш реостатининг аҳамиятини сўзлаб беринг.
- Двигателни юргизиш пайида уйғотиш зан+иридан ростлаш реостати қандай хосатда бўлиш керак ва нима учун?
- Двигателъ ишлаганда уйғотиш занжири узинса, нима содир бўлади?
- Парадла уйғотишда ўзгармас ток двигателда абсолют „қаттиқ“ харак крестикали тезлик характеристикасини олиш мумкинми ва қандай йўллар билан олинади?
- Двигателнинг тезлиги қандай ростланади?
- Двигателнинг электр мувозанат тенгламаси генераторнинг шундай электр мувозанат тенгламасидан нима билан фарқ қилади?
- Салт ишлаш, ташқи ва ростлаш характеристикалари қандай олинади ва уларнинг анализ.

17-лаборатория иши

КЕТМА-КЕТ УЙЎТИШЛИ ЎЗГАРМАС ТОК ДВИГАТЕЛИНИ ТЕКШИРИШ

1 Ишни бажаришдан мақсад

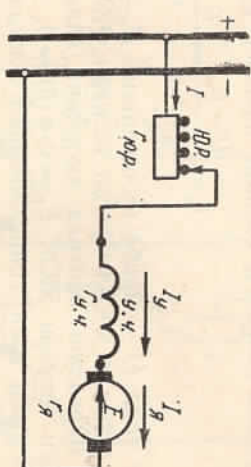
- Кетма-кет уйғотишли ўзгармас ток двигателининг тузлишини ва схемасини ўрганиш.
- Двигателнинг паспортда берилган маълумотлар билан таиниш.
- Двигателни манбага улаб юргизишни ўрганиш.
- Двигателнинг характеристикаларини олиш, унинг графикларни куриш ва анализ қилиш.
- Двигателнинг тезлигини бошқариш ва айланиш йўналишини ўзгартиришни (реверсдаш)ни ўрганиш.

II. Ишга оид назарий тушунчалар

Кетма-кет уйғотишли (серис) ўзгармас ток двигателда уйғотиш чулғами билан якорь чулғами кетма-кет уланган бўлади (2.51-расм). Шунинг учун уйғотиш токни I_y якорь токи I_n га тенг, яъни

$$I_y = I_n = I.$$

Бу двигателъ уйғотиш чулғамининг ўрамлар сони ол, қўидаланг кесими катта, шунинг учун қаршилиги жуда кичик. Масалан, куч-донини 220 В, қуввати 5 кВт билан 100 кВт гача бўлган двигателларнинг параллел уйғотиш чулғамининг қар-идалиги 50...300 Ом бўлса, кетма-кет уйғотишли чулғамининг қаршилиги тахминан 0,01...0,02 Ом ни ташкил этиди.



2.51-расм.

Ўзгармас ток двигателларининг хусусиятлари ва харақтеристикалари механик нагзука ўзгарганда магнит оқимининг қандай ўзгаришига кўп жиҳатдан боғлиқ. Ўз навбатида магнит оқимини двигателнинг уйғотиш усулига ҳам боғлиқдир.

Двигателда электромангнит момент якорь токи I_a билан уйғотиш токи ҳосил қилган ($I_a = I_y$) магнит оқими Φ нинг ўзаро таъсиридан ҳосил бўлади, яъни $M = k_m \cdot \Phi \cdot I_a$.

Нисбатан оз нагзукаларда сервис двигателнинг магнит заңжири тўйинмаган бўлади. Бунда магнит оқими якорь токига ($I_a = I_y$) деярли пропорционал ҳисобланади, яъни $\Phi = k_1 \cdot I_a$.

У ҳолда электромангнит момент якорь токнинг квадратига пропорционал, яъни

$$M = k_m \cdot k_1 \cdot I_a^2.$$

Аммо якорь токи двигателъ ўқидаги нагзука ёки қаршилик момент M_k нинг катталиги билан аниқланади.

Двигателнинг магнит заңжири тўйинма борган сари юкориде айтилган пропорционалик бузилади (боғланиш $\Phi = f(I_y) = f(I_a)$ пулат ўзакнинг магнитланиш эгри чизиги ҳисобланади).

Бу ҳолда ҳам якорь токнинг ортиши билан электромангнит момент кучли ортади.

Электромангнит моментнинг катта бўлиши кетма-кет уйғотиш-ли двигателнинг ўзига хос хусусиятларидан бири ҳисобланади. Бу двигателнинг юргизиш вақтини камайтириб, оз нагзукада керакли моментни ҳосил қилишга имкон беради. Шунинг учун бундай двигателлардан асосан электротранспортда (трамвай, троллейбус, метро поездларида, электровозларда), катта кўтарма курилмаларнинг юргизиб юборишда (автомашинанинг стартерм ва бошқалар) фойдаланади. Булар қуввати 3 кВт дан 150 кВт гача бўлиб, айланнишлар 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:

$$U = E_r + I_a \cdot (r_a + r_{y,a}).$$

Бундан якордаги токнинг ифодаси куйидагича топилади:

$$I_a = \frac{U - E_r}{r_a + r_{y,a}} = \frac{U - c \cdot n \cdot \Phi}{r_a + r_{y,a}},$$

бу ерда U — манба кучланиши; E_r — якорь айланганида унинг чулғамда ҳосил бўлган тексари ЭЮК.

Юргизиш пайтида якорнинг айланиш тезлиги $n = 0$ бўлгани учун тексари ЭЮК $E_r = c \cdot n \cdot \Phi = 0$, шу туфайли двигателнинг юргизиш токи унинг номинал токидан 10...25 марта ортди кетди. Бундай катта ток двигателъ учун хавфли бўлганидан унга йўл кўйиб бўлмайдн, Шунинг учун уни камайтириш мақсадида

двигателъ якорига кетма-кет қилиб юргизиш реостати $r_{ор}$ ула-нилади ва двигателнинг токи юргизиш вақтида:

$$I_{ор} = \frac{U - 0}{r_a + r_{y,a} + r_{ор}}.$$

Юргизиш реостатининг қаршилиги $r_{ор}$ шундай танлаб олинади, бунда двигателнинг юргизиш токи номинал қийматида 1,5...2 мартадан ортди кетмаслиги керак.

Двигателнинг тезлиги орта борган сари тексари ЭЮК нинг қиймати орта бориб, якорь токи камай боради. Шу билан бир-ликлда юргизиш реостатининг қаршилигини ногача бир те-кис камайтириб, охири қаршилик заңжирдан тўла чиқарилади, бунда якордаги ток ўзининг двигателъ ўқидаги нагзукага, яъни қаршилик моментига мос қийматига эришади, яъни

$$I_a = \frac{U - E_r}{r_a + r_{y,a}}.$$

Қаршилик моментни сифатида электромангнит тормоз ёки бирон нагзукага ишлаётган генератор бўлиши мумкин.

Якорь токнинг формуласидан двигателнинг айланиш тезли-гини ифодаловчи формулани олиш мумкин, яъни

$$n = \frac{U - I_a(r_a + r_{y,a})}{c \cdot \Phi},$$

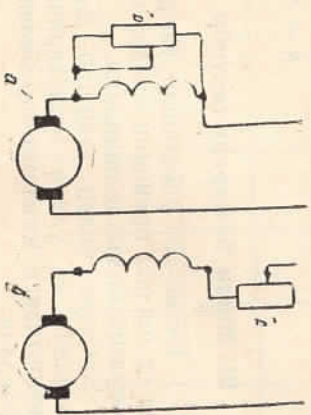
бу ерда c — машинанинг конструктив доимийси; Φ — уйғотиш то-ки $I_y = I_a$ ҳосил қилган магнит оқими.

Кетма-кет уйғотишли ўзгармас ток двигателнинг ўзига хос хусусиятларидан бири, уни салт ишладиб бўлмайди. Чунки дви-гателъ салт ишлаганда ёки оз нагзука билан ишлаганда якорь токи ва магнит оқими ҳам оз бўлиб (чунки $I_y = I_a$) двигателнинг тезлиги кескин ортди кетди ($M = M_k \rightarrow 0$; $I_a \rightarrow 0$; $\Phi \rightarrow 0$; $n \rightarrow \infty$).

Бундай ҳолат двигателъ учун хавфли бўлиб, якорнинг механик мустаҳкамлигига зарар етказиши мумкин. Шунинг учун бундай двигателни ўқдаги нагзукаси номиналидан 25% дан кам бўл-магандагина юргизиш тавсия этилади. Шунингдек, бундай дви-гателларни ремень орқали

нагзука билан улаш ҳам кирибди ҳисобланади. Демак, нагзука бириктирилиши «каттик» механикавий бўли-ши керак.

Кетма-кет уйғотишли двигателнинг тезлигини ростлашни уйғотиш токни (яъни магнит оқими Φ ни) ёки якорга берилаётган куч-ланишни ўзгартиш билан бажариш мумкин (2.52-расм, а ва б).



2.52-расм.

Якорга берилдәнган кучулангышны пассивтириш учун у бирикмәләрдә (2.52) кетма-кет 7... 10 погонаны ролловчы реостат r_p уланалар (2.52) расм. 6). Реостатлар манба кучулангышның бир қисми пассивиң дәвигәтеңннг тезлиги камады. Берлигән куууат тежамли бир қисмиң реостатда бефонды сарф булганы учун бу кучуат тежамли хисоб-ланмады. Трамвайларда, электровозларда күүпинча 2... 4 тагалың дэвигәтең ишлатылды. Кичик тезликларда бу дэвигәтеңлар кетма-кет, кетта тезликларда эса параллел уланалды.

Дивитателнинг хуусиятларини аниқлаш учун унинг қуйидаги харақтеристикалари олинади.

Двигателният напрежакан ортганда якортлати кучаниши пасив дн ва магнит оқими ортди (чулки якорт токи ортди). Магнит окмининг ортиши двигателъ тезлигининг янада камайишнга са баб бўлади. Шунинг учун бу характеристика параллел уйғотиш ти двигателнинг характеристикага қаратганда бирмунча "юм-шоқ" ҳисобланадн.

Двигателният теглик характеристиката на натоварване 0,25 $P_{ном}$ дан бошлаб олинш керак.

2. *Двигателнинг иш хараakterистикалари* — манба кучидан фойдаланиш шартлари ва қўлланмаларда белгиланган шартларда, яъни $U = \text{const}$ бўлганда $M = f(I_n)$ ва $\eta = f(I_n)$.

3. Двигательнинг *ростдаш халатистикиси* — $\Gamma_{p,y}$ ва Γ_p ўзгаришчан бўлганда, *двигатель айланиш тезлигининг* *якорь то-кига боллиқлигини* *кўрсатади*, яъни $\Gamma_y = var$ ва $\Gamma_p = var$ бўлганда

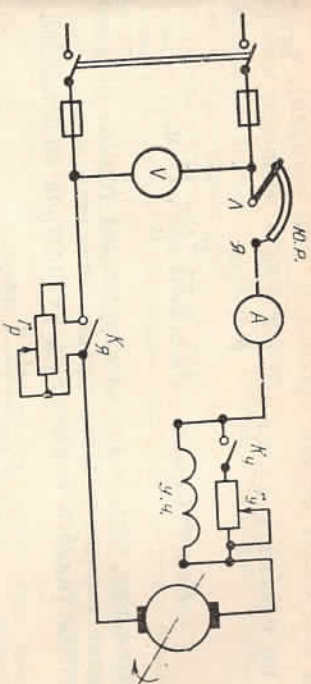
$$n = f(I_{\text{a}}).$$

III. Ишни бажариш тартибиди

1. Кетма-кет уйғотишли ўзгармас ток двигателининг тузилиши ва ишлаш принципи билан, шунингдек қисмларга ажратилган намунаси билан таништилади.

2. Стенд билан танишиб, двигателнинг схемата кирадиган қисмлари ва ўлчов асбобларини аниқлаш ҳамда двигателнинг паспортдаги маълумотлар билан танишиб уларни ҳисоботга ёзиб қўйилди.

3. 2.53-расмдаги электр схема йиғилди.



2.53- pacm.

4. Юргизиш реостатининг қаршилиги занжирга тўла уланган ҳолда двигателни юргизиш. Айланш йўналишини биллиб қўйиш керак. Т

5. Двигатели реверсашин

6. Двигатели аввалдан 0,25 $P_{ном}$ нарзука билан юклаб (амперметр бўйича текширилади), унинг тезлик ва иш характе-ристикаларини олиш. Ҳашидан олдинг матлумотлар 2.31-жад-валга ёзилди.

Двигателнинг напузакси генератор бўлганда жадвалдаги баъзи катталиклар қуйидагича ҳисобланади:

$$P_{\text{ren}} = U_{\text{ren}} \cdot I_{\text{ren}}; \quad P_{\text{1 ab}} = U_{\text{ab}} \cdot I_{\text{ab}}$$

2.31 - ЖАДВАЛ

[illegible]

ва уч фазали статор чулғами ҳосил қилган жуфт кутблар сонин p га боғлиқ

$$n_0 = \frac{60 \cdot f_1}{p} = \frac{60 \cdot 50}{1} = 3000 \text{ ай/мин}$$

бу ерда $f_1 = 50 \text{ Гц}$, $p = 1$.

Айланувчан магнит майдонининг тезлигини (ёки асинхрон двигателнинг синхрон тезлиги ҳам дейилад) статор чулғамлари ва жуфт кутблари сонига боғлиқлигини жадвал кўринишида бериш мумкин.

m — чулғамлар сонин	3	6	9	12	15	18
p — жуфт кутблар сонин	1	2	3	4	5	6
n_0 — ай/мин	3000	1500	1000	750	600	500

Синхрон тезлик билан айланаётган айланувчан магнит майдони статор ва ротор чулғамларининг ўрамларини кесиб ўтиб, уларда тегишлича ўзіндуқция ва ўзароиндуқция ЭЮК ларининг индукциялайди. Бу ЭЮК ларнинг таъсир элувчи қийматлари:

$$\text{статорнинг фаза чулғаминда } E_1 = 4,44 k_1 \cdot f_1 \cdot \Phi; \\ \text{роторнинг фаза чулғаминда } E_2 = 4,44 k_2 \cdot f_2 \cdot \Phi;$$

бу ерда ω_1 ва ω_2 — статор ва ротор чулғамларининг ўрамлар сонин; k_1 ва k_2 — статор ва роторнинг чулғам коэффициентини ҳасоблашиб, қиймати бирга яқин бўлади.

Ротор чулғамлари конструктив қисқа туташганили 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 йўналишида ҳаракатланишга мажбур этади. Асинхрон двигатель роторининг айланиш тезлиги n айланувчан магнит майдонининг тезлиги n_0 дан доимо кичик (акс ҳолда роторда ЭЮК индукцияланмайди). Бўғини асинхрон двигателнинг сирпаниши дейилади, у қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$S = \frac{n_0 - n}{n_0}$$

Двигателли бошланғич юргизиб пайтида (ўзининг тинч инерцияси бўйича ротор 1...2 секунд ҳаракатсиз туради) $n = 0$, $S = 1$ бўлади. Двигатель салт ишлатишда роторнинг тезлиги айланувчан магнит майдонининг айланиш тезлигига деярли яқин бўлиб, сирпаниш ҳам нолга яқин бўлади. Номинал нагрўзка билан ишлатётган асинхрон двигателларнинг номинал сирпаниши 3...5% ни (ёки 0,03...0,05) ташкил этади. Двигателнинг қуввати ортган сари сирпанишининг қиймати орта боради. Ротор токининг частотаси сирпаниш тезлиги $f_s = n_0 - n$ га боғлиқ бўлиб, $f_s = f_1 \cdot S$. У ҳолда айланаётган ротордаги ЭЮК $E_{2s} = E_2 \cdot S$ двигатель юргизилётган пайтдаги ЭЮК нинг 3...5% ни ташкил этади.

ЭЮК E_2 таъсиридан роторда ҳосил бўлган ток Ом қонунига бошлан:

$$I_2 = \frac{E_{2s}}{\sqrt{r_2^2 + x_2^2}} = \frac{E_2 \cdot S}{\sqrt{r_2^2 + x_2^2 \cdot S^2}}$$

бу ерда r_2 — ротор занжирининг актив қаршилиги, Ом; x_2 — ротор занжирининг индуктив қаршилиги, Ом;

$$x_2 = \omega_2 L_2 = 2\pi f_1 L_2 \cdot S = x_2 \cdot S.$$

Ифодалардан кўринадикки двигательни бошланғич юргизиб пайтида роторининг тезлиги $n=0$ бўлиб, сирпаниш $S=1$ бўлганда ротордаги ток частотаси, ЭЮК ва ротор токи ўзларининг маълум қийматларига эришади. Ротор айлана бошлаб, тезлиги ортган сари бу катталиклар камаи боради ва нагрўзка номиналига етганда улар ўз номинал қийматларига эришади.

Қисқа туташган роторли асинхрон двигателларда юргизиб ток номинал тоқдан 5...7 марта катта бўлади. Бундай катта юргизиб ток тармоқ кучланишининг пасайишига себаб бўлади.

Шунинг учун катта қувватли қисқа туташган роторли асинхрон двигателни юргизиб пайтида юргизиб токни камайтириб, тармоқ кучланишини кескин ўзгаришини (пасайишини) камайтириш мақсуи юргизиб схемаларидан фойдаланилади. Автоматик форматор ёрдамида юргизиб ва статор чулғамларини „уч-трансформатор ёрдамида юргизиб“ ва ўтказиб юргизиб схемалари мавжуд. Бундай „дан „юлдуз“ га ўтказиб юргизиб“ юргизиб схемалари бевосякнинг ва ўрта қувватли двигателларни электр тармоғига бевоситан улаб юргизилади.

Двигателнинг айланиш йўналишини ўзгартриш учун айланувчан магнит майдонининг айланиш йўналишини ўзгартриш керак. Бунинг учун статорнинг учта фаза симларидан истаган индукциянинг манбата уланганган ўринларини алмаштириш кифой. Роторда ҳосил бўлган электромагнит момент магнит оқини Φ ни ротор токи I_2 орқали аниқланади:

$$M = c_n \cdot \Phi \cdot I_2 \cdot \cos \psi_2,$$

бу ерда c_n — двигательнинг конструктив доимийси; $I_{20} = I_2 \times \cos \psi_2$ — ротор токининг актив ташкил элувчиси; $\cos \psi_2$ — ротордаги ЭЮК билан ток орасидаги силжиш бурчаги. Агар $\cos \psi_2 = 1$ эканлигини ва магнит оқини Φ нинг қийматини

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

статордаги ЭЮК ифодасидан ва ротор токини ҳисобга олсак, маълум ўзгартишлардан сўнг электромагнит айлантирувчи моментнинг манба кучланишининг ўзгаришига ўта сезгирлигини инфо-мациянинг 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. Сановат куввати 0,6 кВт дан 1000 кВт гача бўлган А2 ва А02 (А0,12) типидagi ягона серияли қисқа туташган роторли асинхрон двигателарни ишлаб чиқарган.

1975 йилдан бошлаб куввати 0,06 кВт дан то 400 кВт гача бўлган янги 4А (4АН) серияли уч фазали қисқа туташган роторли асинхрон двигателар қўллана бошланди.

Асинхрон двигателнинг иш харақтеристикалари манба кучланиши U_1 ва частотаси f_1 ўзгармас бўлганда двигателнинг айланмиш тезлиги n , сирпаниши S , айлантирувчи моменти— M , ФИК— η , кувват коэффициенти $\cos \varphi$ ва статор токи I_1 ларнинг двигател ўқидagi фойдали кувват P_2 га боғлиқлигини ифодаловчи эгри чизиклардан иборат.

1. Двигателъ айланиш тезлигининг фойдали кувватга боғлиқлиги харақтеристикаси $n = f(P_2)$ ёки $s = f(P_2)$. Асинхрон двигателлар салт ишлашдан то номинал нагруккагача юкланганда тезлиги жуда оз ўзгаради. Шунинг учун бу двигателни тезлик харақтеристикаси «қаттиқ» хисобланган 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 кутублар сонини ва манба нинг частотасини ўзгартариб бошқариш мумкин. Жуфт кутублар сони ўзгартарилиб бошқарилганда двигателнинг тезлиги погонли ўзгаради. Сановат вентиляторларнинг ва металлни қайта ишловчи станокларнинг юритмалари учун икки ва уч погонли, яъни кўп тезликли двигателларни ишлаб чиқаради.

Двигателнинг тезлигини частотавий бошқариш усули уни бир текис ва кенг доирада ўзгартариш имконини беради. Аммо бу усул махсус частота ўзгартрич қурилмани талаб этади.

2. Айлантирувчи моментнинг фойдали кувватга боғлиқлик харақтеристикаси $M = f(P_2)$. Моментни қуйидаги формула бўйича хисоблаш мумкин:

$$M = 975 \frac{P_2}{n} (\text{кГм}) = 9550 \frac{P_2}{n} (\text{Нм}),$$

бу ерда P_2 —двигателъ ўқидagi фойдали кувват (кВт).

3. Двигателъ ФИК нинг фойдали кувватга боғлиқлиги харақтеристикаси $\eta = f(P_2)$.

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 кувват исрофгарчиликларининг йиғиндис.

$$\sum \Delta P = \Delta P_{\text{чул}} + \Delta P_{\text{чул}} + \Delta P_n + \Delta P_{\text{мех}};$$

бу ерда $\Delta P_{\text{чул}}$, $\Delta P_{\text{чул}}$ —статор ва ротор чулғамларининг қизishi-га сарф бўлган кувват исрофгарчиликлари. Нагруккага боғлиқ бўлганидан ўзгаришчан хисобланади. ΔP_n , $\Delta P_{\text{мех}}$ —статорнинг пўлат ўзагидagi ва механик кувват исрофгарчиликлари. Бу исрофгарчиликлар нагруккага боғлиқ бўлмай доимий хисобланади (роторнинг пўлат ўзагидagi кувват исрофи одатда хисобга олинмайди).

Асинхрон двигателларнинг ФИК 0,7...0,94 атрофида бўлиб, куввати катта двигателларнинг ФИК ҳам юқори бўлади. Нагрукка 0,3 дан то 1,2 $P_{\text{ном}}$ гача бўлганда двигателнинг ФИК кам ўзгаради. Бу энергетик нуқтани назардан қўлай хисобланади. Мазкур лаборатория ишида ФИК қуйидагича аниқланади:

$$\eta_{\text{ном}} = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\%.$$

4. Кувват коэффициентининг фойдали кувватга боғлиқлиги харақтеристикаси $\cos \varphi = f(P_2)$. Асинхрон двигателъ манбадан истеъмол қилаётган энергиясини фақат фойдали механик ишта ва чулғамларнинг қизishiга сарфламай, шунингдек, унинг бир қисmini 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 кувват коэффициентини ўлчов асбобларининг кўрсатиши бўйича аниқланади:

$$\cos \varphi = \frac{P_1}{3 \cdot U_{\phi} \cdot I_{\phi}}.$$

Двигателъ салт ишлатганда унинг кувват коэффициенти $\cos \varphi = 0,08 \dots 0,015$ бўлиб, номинал нагрукка билан ишлаганда эса $\cos \varphi = 0,75 \dots 0,95$ бўлади. Нагрукка қўлайиши билан актив кувват орта боради. Реактив кувват эса ўзгармайди, чунки манба кучланишининг ўзгармас амплитудасида магнит оқими ҳам, бу кучланишининг ўзгармас $\frac{Q_1}{P_1}$ двигателнинг юкланишга боғлиқ ўзгармас бўлади. Нисбат $\frac{Q_1}{P_1}$ двигателнинг юкланишга боғлиқ демак, асинхрон двигателнинг кувват коэффициенти юқори бўлгани учун унинг тўла юкланиши муҳим аҳамиятга эга.

5. Статор токиннинг фойдали кувватга боғлиқлиги харақтеристикаси $I_1 = f(P_2)$.

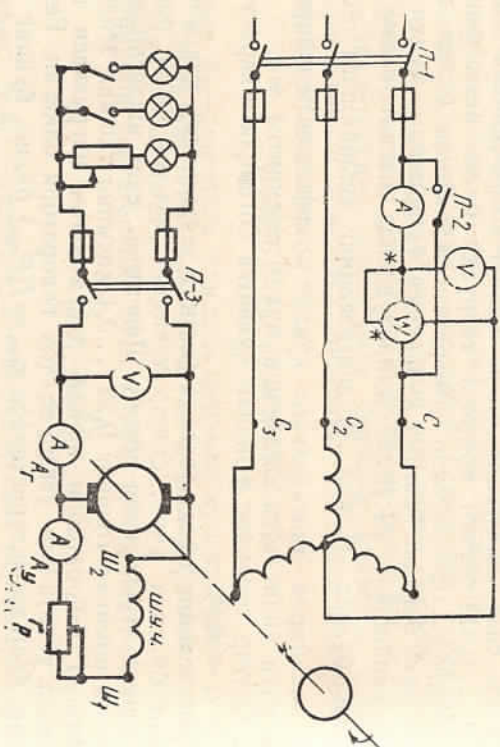
Двигателнинг пўлат ўзагида (магнит занжирда) ҳавойи тир-кишлар бўлгани учун, статор токиннинг маълум қисми реактив ток ташкил этувчисидан иборат. Двигателъ салт ишлаганда статор токи номинал токнинг 0,25...0,4 қисмини ташкил этади.

Мазкур лаборатория ишида двигателнинг нагруккаси қилиб нагруккага уйғотишли ўзгармас ток генератори олинган. Генераторнинг ФИК харақтеристикаси $\eta_{\text{ген}} = f(P_{\text{ген}})$ бўлиб, бунинг ёрдамида двигателнинг ўқидagi фойдали кувват $P_2 = \frac{P_{\text{ген}}}{\eta_{\text{ген}}}$ аниқланади.

ишди.

III. Ишни бажариш тартиби

1. Үч фазали қисқа туташган роторли асинхрон двигателнинг тузилиши ва қисмларга ажратилган намунаси билан танишиш.
2. Стенд билан танишиб, двигатель генераторнинг схемасини қиравитган барча қисмлари билан танишиш. Машинанинг паспортга берилган маълумотлар билан танишиб, уларни дафтарга ёзиб қўйиш, стенднинг схемаси 2.54-расмда кўрсатилган.
3. Ажраткич $\Pi-2$ ни улаб ўлчов асбобларини двигателнинг юргиниш токидан вақтинча муҳофаза қиламиз.
4. Генераторнинг нағрузкаси уланмаган ҳолда (ажраткич $\Pi-3$ узилган), двигательни ажраткич $\Pi-1$ 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 секунда ўтгандан сўнг, ажраткич $\Pi-2$ ни узиб, ўлчашларни бажариш мумкин. Ажраткич $\Pi-3$ ни улаб генераторнинг шу билан биргаликда двигательнинг нағрузкасини бир текис орттира борилади. 6...7 та ихтиёрли нукталар учун ўлчашларни бажариш лозим. Ўлчашдан олинган маълумотлар 2.33-жадвалга ёзилади.
5. Ўлчаш ва ҳисоблаш натижалари бўйича битта координатада двигательнинг иш характеристикалари қурилади. Двигательнинг айланмишлар сони тахогенератор ёрдамида ўлчанади.



2.54-расм.

2.33-жадвал

Ўлчашлар							Ҳисоблашлар						
Генератор			Двигатель				$P_{ген}$	$P_{1дв}$	$P_{2дв}$	M	$\eta_{дв}$	S	$\cos\varphi$
I	I_y	U_r	U_Φ	I_Φ	P_Φ	n							
A	A	B	B	A	B	абз мин	Bт	Bт	Bт	H M	%	%	—

Жадвалда

$$P_{ген} = U_r(I + I_y), \text{ Вт};$$

$$P_{1дв} = 3 \cdot P_{\phi дв}, \text{ Вт};$$

$$P_{2дв} = P_2 = P_{ген} \eta_{ген}, \text{ Вт};$$

$$\eta_{дв} = \frac{P_{2дв}}{P_{1дв}} \cdot 100, \%$$

6. Двигательга уч фазали автотрансформатор ёки реостат ёрдамида пасайтирилган кучланиш бериб, яъни ажраткич $\Pi-1$ ни бошқа ҳолатга ўтказиб 4-пунктдаги ўлчашларни такрорлаб, олинган маълумотлар 2.34-жадвалга ёзилади.

2.34-жадвал

Ўлчашлар						Ҳисоблашлар					
Генератор			Двигатель			$P_{ген}$	$\eta_{ген}$	$P_{2дв}$	M	S	
I	I_y	U_r	U_ϕ	I_ϕ	P_ϕ	n					
A	A	B	B	A	Bт	м/д мин	Bт	%	Bт	H.м	%

Юқоридаги барча ифодаларда сирпаниш $S = 1$ деб қабул қилинади.

$$S = \frac{r_2 + r_{\text{кор}}}{x_2} = 1.$$

Юрганиш моменти катта бўлганидан фаза роторли асинхрон двигателъ нарғука билан юрганиш 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 чулғами билан кетма-кет кўшимча қаршилик (реостат) улаб, унинг актив (эктив) бўлса индуктив) қаршилигини ўзгартириш мумкин бўлса, қисқа туташган роторли асинхрон двигателда бундай имконият йўқ.

Дигателъ роторининг айланиш йўналишини ўзгартириш учун айланувчан магнит майдонининг айланиш йўналишини ўзгартириш керак. Бунинг учун статорнинг учта фаза симларидан истатан иккитасининг манбага уланадиган ўринларини алмаштириш кифой.

Дигателънинг иш хараakterистикаси — манба кучланиши ва частотаси ўзгармас бўлганда истеъмол қилинаётган қувват P_1 , ток I_1 , айлантирувчи момент M , сирпаниш S , айланишлар сон n , ФИК γ , қувват коэффициент $\cos \varphi$ нинг дигателъ ўқидаги фойдали қувват P_2 га боғлиқлигини ифодаловчи эгри чизиклардан иборат, яъни:

$$U_1 = \text{const}, f = \text{const} \text{ бўлганда } P_1, I_1, M, S, n, \gamma, \cos \varphi = f(P_2).$$

Дигателъга нарғука сифатида дигателъ ўқи билан механик боғланган параллел уйғотишли ўзгармас ток генераторидан фойдаланилади. Генераторнинг нарғукасини ўзгартириш нарғука қаршилиги r_n микдорини, шунингдек, генераторнинг уйғотиш занжиридаги уйғотиш реостати ёрдамида уйғотиш токини ўзгартириш билан бажарилади.

Генераторнинг ФИК хараakterистикаси $\gamma_{\text{ген}} = f(P_{\text{ген}})$ дан дигателънинг ўқидаги фойдали қувват P_2 (бу генераторнинг истеъ-мол қиладиган қуввати $P_{\text{ген}}$ га тенг) аниқланади:

$$P_2 = P_{\text{ген}} = \frac{P_{\text{ген}}}{\eta_{\text{ген}}} = \frac{U_1 \cdot I_1}{\eta_{\text{ген}}}.$$

III. Ишни бажариш тартиби

1. Фаза роторли асинхрон дигателънинг тузилиши ва ишлаш принципи билан, шунингдек, қисмларга ажратилган намунаси билан танишади.

2. Стенд билан танишиб, дигателъ—генераторнинг схемасига қиралитган барча қисмлари ва ўлчов асбобларини аниқлаш ҳамда агрегатнинг паспортдаги маълумотлар билан танишиб, уларни ҳисоботга ёзиб қўйилади.

3. 2. 55-расмдаги электр схема йиғилади.

4. Генераторнинг нарғукаси уланмаган ҳолда (ажраткич P_2 яланган) дигателъ юргизилади. Юрганишдан аввал юрганишнинг дастлаги сатт ишлаш ҳолатида (I-поғонада) турган-лиги ва ротор занжирининг ажратилганлиги иш оқиш ҳосил қилинади. Шундан сўнг магнитда юрганиш P_1 ни улаб, юрганишнинг дастлаги (ю.р.) II ҳолатга ўтказилади. Дигателънинг бошлайди. Унинг тезлиги орта борган сари (5...8 секунд) юрганиш реостатининг дастлагини III ва IV ҳолатларга ўтказилади.

5. Энди дигателънинг иш хараakterистикаси олинади. Бунинг учун P_2 ажраткич ёрдамида генераторнинг нарғукасини улаб, унинг номинал микдорига чокланади. Ихтиёрй танланган 6...7 та нукталар учун ўлчаш маълумотларини олиб, уни 2.35-жад-валга ёзилади.

2.35-жадвал

Ўлчашлар				Ҳисоблашлар						
U_1	P_Φ	n	$\frac{I_{\text{генератор}}}{U_{\text{ген}}}$	$P_{\text{ген}}$	P_2	P_1	M	η	$\cos \varphi$	S
В	Вм	об/мин	В	Вм	Вм	Вм	Н м	%	—	%

Ифодадаги айрим катталиклар қуйидагича аниқланади:

$$P_{\text{ген}} = U_{\text{ген}} \cdot I_{\text{ген}} \text{— генераторнинг қуввати, Вт;}$$

$$P_1 = \frac{P_{\text{ген}}}{\eta_{\text{ген}}} \text{— боғланган } \eta_{\text{ген}} = f(P_{\text{ген}}) \text{ нинг графигидан аниқланадиган дигателъ ўқидаги қувват, Вт;}$$

$$P_2 = 3P_\Phi \text{— манбадан истеъмол қилинадиган уч фазали қувват, Вт;}$$

$$M = 9.55 \frac{P_2}{n}, \text{ Н} \cdot \text{м} \text{ агар } P_2 \text{ Вт да бўлса;}$$

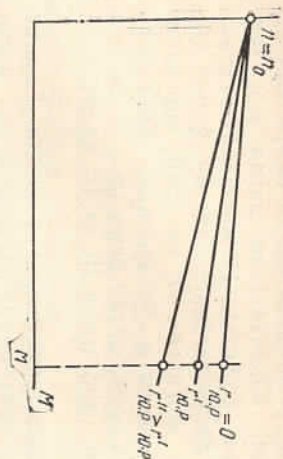
$$\gamma = \frac{I_2}{P_1} \cdot 100\%; \cos \varphi = \frac{P_1}{\sqrt{3} U_1 I_1}; S = \frac{n_0 - n}{n_0} \cdot 100\%.$$

6. Ротор занжиридаги юрганиш (реостат) қаршилиги $r_{\text{кор}}$ нинг таърифи қийматларида дигателънинг сунъий (реостат) $n = f(M)$ хараakterистикалари олинади.

Дигателъ механик хараakterистикасининг иш қисми сирпаниш $S < S_{\text{кр}}$ гада бўлган оралиқдаги эгри чизик ҳисобланади. Эгри чизикнинг бу қисми учун боғланган $M = f(S)$ чизикли-лиги.

Асинхрон дигателънинг табиий ва сунъий хараakterистикалари учун қуйидаги ифодалар умумий ҳисобланади:

$$M = c U_1^2 \cdot \frac{r_2}{(r_2 + r_k)^2 + X_2^2 S^2} \cdot S; n = n_0 \left(1 - \frac{1}{C_1} \cdot \frac{r_2 + r_k}{r_2} M \right).$$



2.56-расм.

татининг турли ҳолатларида двигателъ ўқидаги қувватни биф хил сақлаш керак. Ўлчадан олинган маълумотлар 2.36-жадвалга ёзилади.

2.36-жадвал

Юргизиш реостатининг росташи потоналари	Ўлчашлар			Ҳисоблашлар				
	$U_{\text{ген}}$	$I_{\text{ген}}$	n	n_0	$P_{\text{ген}}$	P_s	M	
	В	А	а/а мин	а/а мин	Вт	Вт	Н.м	
II								
III								
IV								

7. Ўлча ва ҳисоблаш натижалари бўйича битта чизмада двигателнинг иш хараakterистикаси, алоҳида чизмада эса табиий ва сунъий хараakterистикаси кўрилади (юргизиш реостатининг IV потонаси учун маълумотлар 2.35-жадвалдан олинади).

8. Иш бўйича ҳулоса берилади:
- а) юргизиш реостатининг аҳамияти ҳақида;
- б) тезликни ростлаш ҳақида;
- в) $\cos \varphi$ ва η нинг двигателни юкланишига боғлиқлиги ҳақида;
- г) фаза роторли асинхрон двигателларни қандай ҳолларда қўйиладиган яхши эканлиги ҳақида.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Фаза роторли асинхрон двигателнинг тузилиши ва ишлаш принципини айтиб эитин.
2. Юргизиш реостатининг аҳамияти, унинг двигателни юргизиш токи ва моментига таъсири нимадан иборат?
3. Роторнинг сирпаниши нима ва двигател ишлаганда у нимага тенг?
4. Асинхрон двигателнинг электромагнит моментининг катталиги нимадаражага тенг?
5. Фаза роторли асинхрон двигателни юргизиш тартиби қандай?
6. Дигателни реверсдаш қандай бажарилади?
7. Қандай сирпанишларда двигателни ортиқча юкланишлардан ва тўхтаб қолганидан хавотир бўлмай ишлатиш мумкин?
8. Дигателнинг сунъий механик хараakterистикаси табиийисига нисбатан қандай жойлашган?
9. Паспортида икки хил 220/380 В кучланиш кўрсатилган двигателнинг статор нўчаларини югузуз ёки учбўрчак схемада улаш нимадарага боғлиқ?
10. АК 2.51-4 типидagi асинхрон двигателнинг белгиланишидаги рақам ва сифрлар нимага билиради ва бўндай двигателнинг тезлиги нимага тенг?

20-лаборатория иши

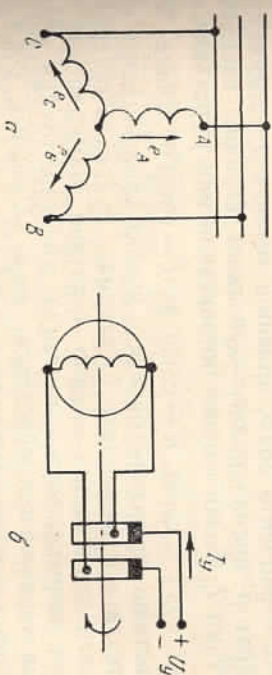
УЧ ФАЗЛИ СИНХРОН ГЕНЕРАТОРНИНГ ИШЛАШ РЕЖИМИНИ ТЕКШИРИШ

1. Ишни бажаришдан мақсад

1. Уч фазли синхрон генераторнинг тузилишини, ишлаш принципини ва схемасини ўрганиш.
2. Алоҳида истеъмолчига ишлатган синхрон генераторнинг хараakterистикаларини олиш ва куриш.
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 фазли синхрон генератор бирламчи дигателнинг механик энергиясини ўзгарувчан ток электр энергиясига айлантириб беради. Генераторнинг статори уч фазли асинхрон дигателнинг статорига ўхшаш бўлиб (2.57-расм, а) ротори эса вал, пўлат ўзак ва уйғотиш чулғамидан иборат. Уйғотиш чулғами контакт



2.57-расм.

халқа ва графит чуққалар орқали ўзгармас ток манбаига ўланган. Контакт халқалари ротор ўқидан ва ўзаро изоляция қилинган (2.57-расм, б). Ротор чуққамидан ўтган уйғотувчи ўзгармас ток уйғотиш магнит оқими Φ_y ни ҳосил қилади.

Бирламчи двигателнинг айланмиш тезлигига (мазкур лаборатория ишида параллел уйғотишли ўзгармас ток двигателидан фойдаланилган) тенг n тезлик билан айланётган роторнинг уйғотувчи магнит оқими статорнинг уч фазали чуққамидан $f = \frac{pn}{60}$ частота

тали ўзгарувчан ЭЮК ни ҳосил қилади:

$$E_0 = 4,44 \cdot \Phi_y \cdot f \cdot w \cdot K_y,$$

бу ерда p —генераторнинг жуфт қутблари сони; n —роторнинг айланиш тезлиги, айл/мин; Φ_y —қутбларнинг магнит оқими, Вб; w —генератор бир фазаси чуққамининг ўрамлар сони; K_y —статорнинг (якорнинг) чуққам коэффициент.

Агар статор чуққамларининг 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 айлантаётган магнит оқими Φ_a ни ҳосил қилади. Демак, ротор ва статорнинг магнит оқими бир хил тезлик билан айланипти, яъни $n = n_0$. Шунинг учун ҳам синхрон машина дейилади.

Кичик қувватли синхрон машиналарда уйғотиш чуққамли қутблар кўзгалмас корпусга, ўзгарувчан ток чуққамлари эса айландувчан роторга ўрнатилган бўлади (мазкур лаборатория ишида шушундай машинадан фойдаланилган).

Алоҳида тармоққа ишлатган синхрон генераторнинг асосий хусусиятларини аниқлаш учун қуйидаги характеристикалар олинди.

1. Салт ишлаш характеристикаси—нагружка (якорь) токи $I_a = \text{const}$ ва айланиш тезлиги $n = \text{const}$ бўлганда генератор қисмаларидан кучланиш (ёки ЭЮК) U нинг уйғотиш токи I_y билан қандай боғланганлигини кўрсатади, яъни $I_a = 0$; $n = \text{const}$ ва $f = \text{const}$ бўлганда $U = f(I_y)$.

2. Генераторнинг ташқи характеристикаси — уйғотиш токи I_a қувват коэффициенти $\cos \varphi$, айланиш тезлиги n ўзгармас бўлганда генератор қисмаларидан кучланиш U нинг нагрузка (ёки якорь) токи I_a билан қандай боғланганлигини кўрсатади, яъни $I_a = \text{const}$; $\cos \varphi = \text{const}$, $n = \text{const}$ ва $f = \text{const}$ бўлганда $U = f(I_a)$.

3. Ростлаш характеристикаси — қувват коэффициенти $\cos \varphi$, айланиш тезлиги n ва частота f ўзгармас бўлганда генератор қисмаларидан кучланишнинг миқдор жиҳатдан доимийлигини таъминлаш учун нагрузка токи ўзгарганда уйғотиш токнинг қандай ўзгариши кереклигини кўрсатади, яъни $U = \text{const}$, $\cos \varphi = \text{const}$, $f = \text{const}$ ва $n = \text{const}$ бўлганда $I_y = f(I_a)$.

Лаборатория ишида генераторнинг хар бир фазасига симли резистат R_n уланган.

Генераторнинг бошқа генераторлар билан параллел ишлаши учун уни электр тармоғига улашдан аввал синхронлаштириш керек. Синхронлаштириш жараёни қуйидаги шартларни бажаришдан иборат:

1. Генератор қисмаларидаги кучланиш тармоқ кучланишига тенг бўлиши керак ($U_T = U_r$).

2. Генератор частотаси тармоқ частотасига тенг бўлиши керак ($f_T = f_r$).

3. Генератор фазаларининг кетма-кетлик тартиби тармоқ фазаларининг кетма-кетлик тартиби билан бир хил бўлиши керак.

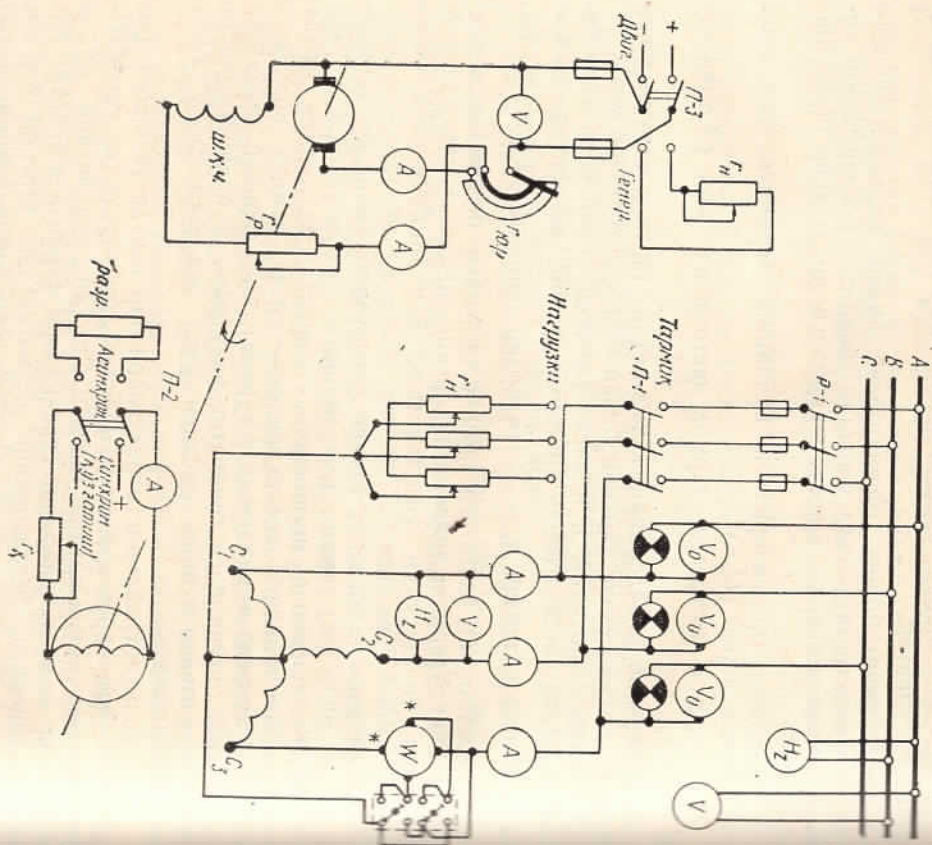
4. Синхронлаштириш қуйидаги тартибда олиб борилади. Генератор бирламчи двигателъ ёрдамида унинг паспортда кўрсатилган синхрон тезлик $n_0 = \frac{60f}{p}$ га қадар айлантирилади. Бу билан генераторнинг частотаси тармоқ частотаси билан тенглаштирилади. Генераторнинг айланиш тезлигини синхрон тезликка эриштирилиши билиш учун уни тахометр ёки синхроскоп билан контрол қилиб турилади.

Генераторнинг уйғотиш токни ўзгартриб, унинг кучланишини (яъни ЭЮК ни) тармоқ кучланишига тенглаштирилади. Частоталарнинг тенглиги, шунингдек, генератор ва тармоқ вольтметр ишларининг 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 ўзгартриш керак, бунинг учун генератор томонидан П—1 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 устётан пайтда, қайта улагич П—1 ни "тармоқ" ҳолатига улаш керак.

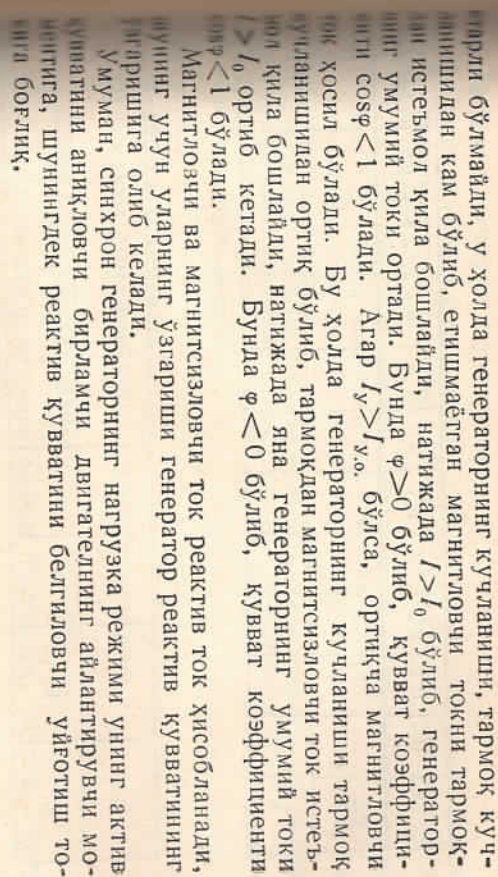
Генератор параллел ишлашга улангандан сўнг нолинчи вольтметрларнинг стрелкалари нолда туради (чунки П—1 қайта улагич орқали вольтметр қисмалари туташтирилган бўлади).

Параллел ишлашга уланган синхрон генераторни актив қувват билан юклаш учун, бирламчи двигателнинг қувватини ошириш керак. Бунинг учун двигателнинг уйғотиш токни камайтириш керак. У ҳолда двигателнинг ўқидagi момент ортбi генератор-



нинг ротори айланмиш йўналиши бўйича сатт ишлаганлиги ҳоли
тига нисбатан θ бурчакка бурилади.

Синхронгенераторни реактив қувват билан юклаш учун, унинг уйғотиш токи I_y ни ўзгартириш керак (2.58-расм.) Генераторнинг оптимал деб аталувчи жуда кулай уйғотиш токи $I_{y.o}$ да ва унинг ишлаб чиқараётган ўзармас актив қувватида, генератор токнинг минимал бўлиб (I_n), машинанинг номинал уйғотилишига ва қувват коэффициентининг $\cos \varphi = 1$ бўлишига тўғри келади. Генераторнинг уйғотиш токيني ўзгартириб бунга ишонч ҳосил қилиш мумкин. Агар $I_y < I_{y.o}$, бўлса магнитловчи ток миқдор жиҳатидан



1. Синхрон генераторнинг тузилиши ва ишлаш принципи, шу-
нингдек, экспериментал қурилмага қиладиган барча ускуналар
нинг танилиши.

3. Синхрон генераторни юрғизмо юборишни оажаруш, бу нин кайта улагуч П-3 ни "двигатель" халатига утказно, бир-пуун двигатегили юргизши ва юргизши реостатининг каршилагичи-ни бир текис кааитира боруш керак. Кайта улагуч П-2 ни "гор" бир текис кааитира боруш керак. Кайта улагуч П-2 ни "юбогутиш", яъни "синхрон" халатига утказилгади. Рубильник Р-1 армоядан ажратилган булнши керек.

5. Синхрон генераторнинг салт ишлаш характеристикаси олинди. Бунинг учун ротор занжиридаги уйғотиш реостати R ўрнида бошланғич минимал уйғотиш токи ҳосил қилинди. Ҳар бирда бошланғич уйғотиш токнинг 0 дан 1 А гача ортб борувида R дан 0 гача камаювчи қийматларида олинди. Тажрибадан олинган маълумотлар 2-37-жадвалга ёзилди.

Нағрузка токани 1 А дан кўпайтира бориб номинал қиймати-
дан узагартирилади. Нағрузка ортан сари кучданишининг пасая-
иш эътибор берилг. Улгаш маълумотлари 2.38-жадвалда ёзи-

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^+											
E_B^-											

I_n	A										
U	B										

I_n	A										
I_y	A										

7. Генераторнинг ростлаш хараakterистикаси олинади. Генераторнинг салт режимда кучланиш $U_{ном} = 220 \text{ В}$ ҳосил қилиниб, нагрузка нолдан номиналгача ўзгартирилади. Нагрузка ортими билан кучланишнинг ҳар пасайишида, уни $U = 240 \text{ В} = \text{const}$ синлаш учун уйғотиш токини ҳар гал орттириб бориш керак. Ҳақашдан олинган маълумотлар 2.39-жадалга ёзилади.

8. Синхрон генераторни электр тармоғи билан синхронлаштирилади. Бунинг учун частотаметрлар ва вольтметрлар ҳолатининг бир хил бўлишини таъминлаб, нолинчи вольтметрлар стрелкаларининг аста-секин ноль қийматларга келишига эришиш керек. Ҳақашда вольтметр стрелкаларининг ноль қийматлардан ўтиш керек ментида қайта улагич $II-1$ ни „тармоқ“ ҳолатига улаш керак.

9. Бирламчи двигателнинг уйғотиш токини ўзгартириб, генераторни актив қувват билан юкланади. Актив қувватнинг катталигини ваттметрнинг кўрсатиши бўйича аниқланади.

10. Генераторни реактив қувват билан юклаш учун унинг ротор заңжиридagi уйғотиш реостатининг қаршилигини ўзгартириш керак. Статорнинг фазаларидagi амперметрларнинг кўрсаткишлари бўйича статор тоқларининг ортаёғланлигига ишона ҳосил қилинади.

11. Синхрон генераторнинг хараakterистикалари кўрилади.

12. Иш бўйича ҳудоса берилади.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Ҳ фазали синхрон генераторнинг тўзилиши ва ишлаш принципи қандай?
2. Генераторнинг ЭОК и нимата бoғлиқ ва унинг микдорини қандай ўзгартириш мумкин?
3. Ҳ фазали синхрон генераторни катта қувватли электр тармоғига параллел ишлаш учун улашда қандай шартлар бажарилиши керак?
4. Генераторни тармоққа улаш мумкинлиги пайтини қандай кўрсаткичлар бўйича аниқлаш мумкин?
5. Электр тармоғи билан параллел ишлаётган генераторнинг актив ва реактив нагрузкасининг микдорини нимадар ҳисобита ўзгартириш мумкин?
6. Синхрон генераторни бирламчи шунгли двигателъ ёрдамида юргизиб юборишини тартиб қандай?

21-лаборатория иши

Ҳ фазали синхрон двигателни текшириш

1. Ишни бажаришдан мақсад

1. Ҳ фазали синхрон двигателнинг тўзилиши, ишлаш принципи ва схемасини ўрганиш.
2. Синхрон двигателни асинхрон юргизилиши бажариш ва салт ҳақда нагрузка режимларида U нусха хараakterистикаларини олишни ва қуришни ўрганиш.
3. Синхрон двигателнинг иш хараakterистикаларини олиш ва қуришни ўрганиш.

II. Ишга оид назарий тушунчалар

Ҳшбу лаборатория ишида 20-лаборатория ишида ишлатилган агрегатдан фойдаланилади. Текширилатган синхрон двигателъ параллел уйғотишли ўзгармас ток машинаси билан бир ўққа жойлашган. Бу гал ўзгармас ток машинаси генератор режимда ишлаб, синхрон двигателъ учун нагрузка вазифасини ўтайди.

Ҳ фазали синхрон двигателъ генератор каби кўзалмас ста-тор ва хараakterизланувчи ротордан иборат. Статор чуғламларини Ҳ фазали кучланиш манбаига улаганда чуғламлардан ток ўтиб, $n_0 = 60f$ тезлик билан айландиган айланувчи магнит майдони

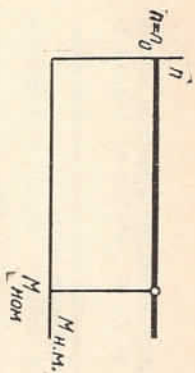
$$P$$

ҳосил бўлади.

Ротор чуғлами контакт ҳалқа ва графит чўткалар орқали ўзгармас ток манбаига уланган. Синхрон двигателни асинхрон юргизилиш учун, роторда юргизилиш чуғлами тарзида фойдаланиладиган кўшимча қисқа туташтирилган чуғлам бўлади.

Рухсат этилган нагрузка доирасида роторнинг айланиш тезлигини доимо ўзгармас бўлиб, синхрон тезликка тенг. Шунинг учун ҳам синхрон двигателнинг механик хараakterистикаси абсолют „каттик“ ҳисобланади (2.59-расм).

Синхрон двигателни асинхрон юргизилишдан аввал 2.58-расмдаги схемада кўрсатилган қайта улагич $II-2$ ни асинхрон ҳолатга ўтказиб, роторнинг чуғламига разряд қаршилиги r разрядни улаш керак. Қайта улагич $II-3$ нейтрал ҳолатда туриши керак. Разряд қаршилиқ синхрон двигателни юргизилиш вақтида унинг



2.59-рәсм.

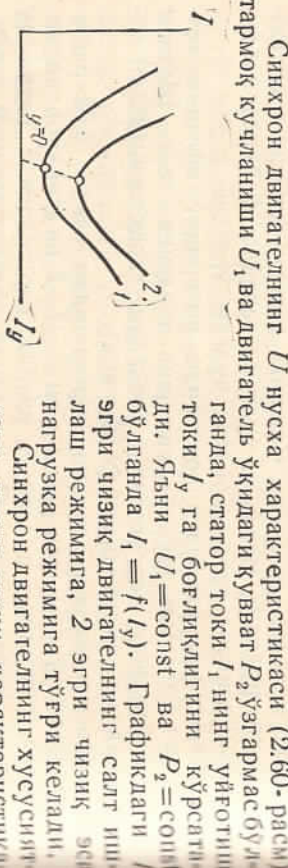
ротор чулғамыда кучланышның ор-
тиб кетмәслигига ва юргизыш мо-
ментининг ортишига ёрдам бериб,
роторни синхрон тезликка яқин
 $n=0,95n_0$ тезликка эришшига ку-
маклашади.

Сўнгра рубильник $P-1$ ни по-
кайта улагич $П-1$ ни тармоққа
улаб, статор чулғамларыга уч-
фазади ток бериледи. Статорда n_0 тезликка эга бўлган айлану-
чан магнит майдони хосил бўлади. Ротор синхрон тезликка яқин
тезликка эришгандан сўн (шу билан синхрон двигатели асин-
хрон юргизыш процесси тугайди) қайта улагич $П-2$ ни „син-
хрон“ холатга ўтказиб, ротор чулғамыга ўзгармас ток бериле-
ди. Энди двигатель синхрон режимга ўтиб ишлайди, яъни ро-
тор $n=n_0$ тезликка эришади.

Синхрон двигателининг турлича кувват коэффициенти $\cos\varphi$ да-
ишлаши, унинг ўйғотиш токи I_y билан аниқланади. Ўйғотиш то-
кининг маълум оптимал қиймати $I_{y.0}$ да двигателининг ўйғотиш
токи номиналга тенг бўлиб, кувват коэффициенти $\cos\varphi=1$. Шу
пайтда статордаги ток ўзининг энг кичик қийматыга эришади.
Агар $I_y < I_{y.0}$ бўлса, двигатель чала ўйғотилган бўлиб, статор-
даги ток ортади. Бу холда двигателида магнитловчи ўйғотиш
токи катталиги жиҳатидан етишмайди ва двигатель тармоқдан
кўшимча магнитловчи токни (яъни реактив кувватни) истеъмол
қила бошлайди.

Агар $I_y > I_{y.0}$ бўлса, двигатель ўта ўйғотилган бўлиб, яна
статордаги ток ортади. Энди двигателида ортиқча магнитловчи
ток хосил бўлиб, уни тармоққа бера бошлайди. Иккала холда
хам двигателининг кувват коэффициенти $\cos\varphi < 1$ бўлади. Двига-
тель истеъмол қилаётган актив ток (куват) ўзгармайди, чунки у
нарузакага боғлиқ.

Синхрон двигателининг ўта ўйғотиш режимда ишлаши тар-
моқдаги реактив кувватни компенсация қилади ва унинг кувват
коэффициентини оширади. Бу эса электр тармоқларининг ишла-
ши учун қулайдир.



2.60-рәсм.

Синхрон двигателининг U нусха характеристикаси (2.60-рәсм)
тармоқ кучланыши U_1 ва двигатель ўқидаги кувват P_2 ўзгармас бўл-
ганда, статор токи I_1 нинг ўйғотиш
токи I_y га боғлиқлигини кўрсата-
ди. Яъни $U_1 = \text{const}$ ва $P_2 = \text{const}$
бўлганда $I_1 = f(I_y)$. Графикадаги 1
эгри чизик двигателининг салт иш-
лаш режимига, 2 эгри чизик эса
нарузака режимига тўғри келадн.
Синхрон двигателининг хусусият-
лари унинг ишчи характеристика-
лари билан аниқланади.

Двигателининг ишчи характеристикалари тармоқ кучланыши,
частотаси ва ўйғотиш токи ўзгармас бўлганда айлантурувчи мо-
мент M , фойдали иш коэффициенти η , кувват коэффициенти
 $\cos\varphi$, истеъмол қилаётган кувват P_1 ва статор токи I_1 ларнинг
двигатель ўқидаги кувват P_2 билан қандай боғланганлигини кўр-
сатади, яъни

$$U = \text{const}, f = \text{const} \text{ ва } I_y = \text{const} \text{ бўлганда}$$

$$M, P_1, \cos\varphi, \eta, I_1 = f(P_2).$$

Двигатель ўқидаги P_2 кувват, ўзгармас ток генераторига келти-
рилган кувват ҳисобланади. Генераторнинг ФИК ни 0,8 га
тенг деб ҳисоблаб, уни қуйидагича аниқлаш мумкин.

$$P_2 = \frac{P_{\text{ген}}}{\eta} = \frac{U_r \cdot I_r}{0,8},$$

бу ерда U_r —генератор қисмаларидаги кучланыш, V, I_r —генера-
торнинг нарузака токи, A .

Двигатель ўқидаги айлантурувчи момент эса

$$M = 9550 \frac{P_2}{n}, \text{ Н} \cdot \text{м},$$

бу ерда n —роторнинг айланыш тезлиги, айл/мин.

Синхрон двигателининг кувват коэффициенти

$$\cos\varphi = \frac{P_1}{\sqrt{3 \cdot U_1 \cdot I_1}},$$

бу ерда P_1 —двигателининг статори тармоқдан қабул қилаётган
куват, $P_1 = 3P_{\text{ф}}, W, P_{\text{ф}}$ —ваттметр кўрсатган катталиқ, U_1 ва I_1
тегишлича линия кучланыши ва токи. Двигателининг 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 ўйғотиш кучланыши ва токи.

III. Ишчи бажариш тартиби

1. Синхрон двигателининг тузилиши ва ишлаш принципи, шу-
нингдек экспериментал қурилмага қирадиган барча ускуналар
билан таништилади.
2. 2.58-расмдаги схемани мазкур лаборатория ишига монанд-
лиги ўрганиб чиқилади.
3. Синхрон двигатели асинхрон юргизыш учун: қайта ула-
ичи $П-2$ ни „асинхрон“ холатга ўтказиб, рубильник $P-1$ ва
қайта улагич $П-1$ ни „тармоқ“ холатига уланади.
4. Двигатель маълум турғун тезликка эришганда қайта улагич
 $П-2$ ни „синхрон“ холатга ўтказиб ротор чулғами ўзгармас ток-
ка уланади.
5. Двигателининг салт ва нарузака режимлари учун U нусха
характеристикалари олинади. Бу характеристикаларни олишдан

яввал статордаги ток минимал бўлган даржадаги оптимал уйғотиш токи ўрнатилди. Сўнгра характеристиканинг ўнг иш чап шаҳобчалари олинади. Нағрузка номиналдан ортиб кетмасин.

Ўлчадан олинган маълумотлар 2.40-жадвалга ёзилади.

5. Синхрон двигателнинг иш хараakterистикалари олинади. Бунинг учун уйғотиш токини қувват коэффициентини $\cos \varphi = 1$ бўлган қилиб танланади ва шу ҳолатдаги уйғотиш токининг қиймати нағрузка ўзгариши жараёнида ўзгаришсиз ушлаб турилади. Нағрузкани 1 А дан оралатиб номиналгача ўзгаририлиши, ўз

2.40-жадвал

Двигатель саят ишлатганда	Ваттметрнинг кўрсатиши									
	I_y, A	I_1, A	I_2, A	I_3, A	I_4, A	I_5, A	I_6, A	I_7, A	I_8, A	I_9, A
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_1, A									

2.41-жадвал

Ўлчашлар										Ҳисоблашлар				
I_r	U_r	I_y	U_y	I_1	U_1	R_ϕ	R_r	R_s	M	P_y	P_1	η	$\cos \varphi$	
A	B	A	B	A	B	Вт	Вт	Вт	Н·м	Вт	Вт	Вт	%	—

ғармас ток генераторига уланган реостат r_n ёрдамида бажарилади. Ўлчадан олинган маълумотлар 2.41-жадвалга ёзилади.

6. Синхрон двигателнинг U нусха ва иш хараakterистикалари қурилади.

7. Олинган маълумотларни анализ қилиб лаборатория ишига ҳулюса берилади.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Уч фазли синхрон двигателнинг тузилиши ва ишлаш шартлари қандай?
2. Синхрон двигателнинг механик хараakterистикаси қандай?
3. Синхрон дав атасини асинхрон юрдишнинг кетма-кетлиги қандай?
4. Разряд қаршиликнинг аҳамияти нимада?
5. Синхрон двигателнинг айланмиш йўналишини қандай ўзгатириш мумкин?
6. Синхрон двигателнинг U нусха хараakterистикаси деб нимага айтадилар?
7. Иш хараakterистикалар деб нимага айтадилар ва улар қандай олинади?
8. Дав атасини уйғотиш токи учун ишга қандай таъсир кўрсатади?
9. Синхрон двигателлар қайси соҳаларда ишлатилади?

22-лаборатория иши

КОНДЕНСАТОРЛАР ЁРДАМИДА АСИНХРОН ДВИГАТЕЛНИНГ ҚУВВАТ КОЭФФИЦИЕНТИНИ ОШИРИШ

1. Ишни бажаришдан мақсад

1. Уч фазли асинхрон двигател қувват коэффициентининг ўзини ўқилади механик нағрузкага боғлиқлигини текшириш.
2. Асинхрон двигателнинг статор чулғамларига параллел уланган конденсаторлар сисмининг двигател қувват коэффициентининг миқдорига таъсирини текшириш.

II. Ишга оид назарий тушунчалар

Ўзгаришчан ток электр энергиясининг истеъмолчилари кўпгина ҳолларда актив—индуктив хараakterга эга. Бундай истеъмолчиларнинг манбадан истеъмол қиладиган 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 бўладиган қисмини белгилаб, $P = UI \cos \varphi = S \cdot \cos \varphi$ ифода билан аниқланади, Вт ва кВт ларда ўлчанади. Бу ерда қувват коэффициентини $\cos \varphi$ тўла қувватнинг қандай қисми фойдали ишга сарф бўлганини кўрсатади.

Q —реактив қувват, двигател чулғамларининг индуктивлиги тўғрисида юзага келган бўлиб, двигател ўқилади механик қувватга боғлиқ эмас.

Агар корхонада фақат асинхрон двигателлар ўрнатилган бўлса, таъминловчи тармоқнинг қувват коэффициенти паст бўлади.

бу эса ўз навбатида истеъмолчига келадиган токнинг кўпайишига сабаб бўлади, яъни:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{P}{3 U_{\phi} \cdot \cos \varphi}.$$

Шу билан биргаликда узатиш линиясидан энергия исрофи ҳам ортиб кетади:

$$\Delta W = 3 \cdot I^2 \cdot r_{\text{ли}} \cdot l.$$

СССРда электр тармоқларининг (шунингдек корхоналарнинг) директив қувват коэффициенти $\cos \varphi = 0,9 \dots 0,92$ қабул қилинган. Қувват коэффициентини оширишнинг турли усуллари мавжуд.

Қувват коэффициенти $\cos \varphi < 0,9$ бўлганда реактив индуктив қувватни компенсация қилиш учун, истеъмолчи билан параллел қилиб статик конденсаторларни ўрнатиш мақсадга мувофиқ ҳисобланади.

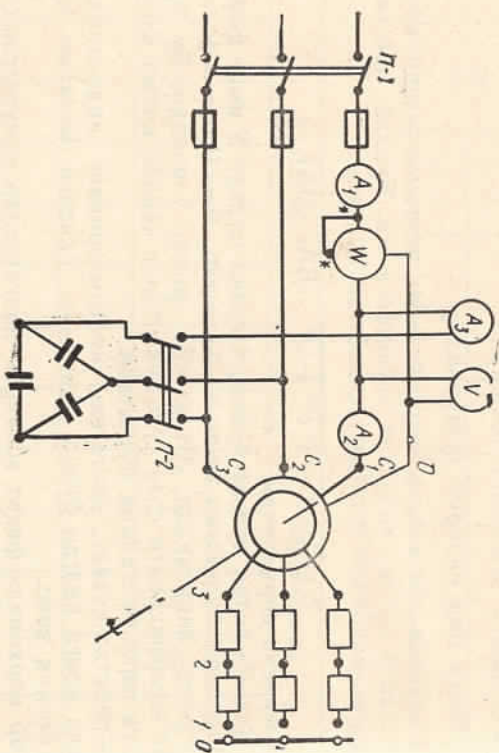
Компенсациялаш учун зарур бўлган сифим реактив қувват қуйидагича аниқланади:

$$Q_c = P(\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2), \quad [\text{Вар, кВар}].$$

бу ерда $\operatorname{tg} \varphi_1$ — электрик қурилманинг конденсаторлар уланмагандаги қувват коэффициенти $\cos \varphi_1$ га тўғри келади; $\operatorname{tg} \varphi_2$ — электрик қурилманинг конденсаторлар улангандан кейинги қувват коэффициенти $\cos \varphi_2$ га тўғри келади (яъни мўлкалдаги қувват коэффициенти $\cos \varphi_2$).

Конденсатор сифимининг қиймати қуйидагича аниқланади:

$$C = \frac{P}{U_n^2 \cdot \omega} (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2) \cdot 10^6, \quad \text{мкФ.}$$



2.61. расм.

III. Ишни бажариш тартиби

1. 2—61-решмадаги электр схема йиғилади.

2. Двигателни юргизилади. Маэкур лаборатория ишида фаза роторли асинхрон двигатель ишлатилган. Нагрузка тарзида ўзгармас ток генератори уланган.

Двигателни юргизилган аввал юргизиш реостатининг дастагини "О" — ҳолатга ўтказиб, салт контакта уланади. Ажраткич П-1 ни электр тармоғига улангандан сўнг юргизиш реостатининг каршичилигини нолга яна камайтириб, 3-ҳолатга ўтказилади.

3. Конденсаторларни уламасдан аввал двигатель салт ишлатилгандаги ўлчов асбобларининг кўрсаткишлари ёзиб олинди. Сўнг-ра двигательни номинал нагруккага яна бир текис юклаб, ихтиёрий 5... 6 та нуқталар учун ўлчалар бажарилади. Ўлчадан олинган маълумотлар 2.42-жадвалга ёзилади.

2.42-жадвал

№	Ўлчашлар						Ҳисоблашлар			
	$P_{\text{иф}}$	$U_{\text{ф}}$	$I_{\text{лв}}$	$U_{\text{ген}}$	$I_{\text{ген}}$	$P_{\text{лв}}$	$P_{\text{ген}}$	η	$P_{\text{мех}}$	$\cos \varphi$
1	Вт	В	А	В	А	Вт	Вт	%	Вт	—
2										
3										
4										
5										
6										

4. Ажраткич П-2 ни тармоқ ҳолатига ўтказиш билан конденсаторлар двигательга параллел уланади. Двигатель салт ($P_{\text{мех. дв.}} = 0$) ва ўзгармас номинал нагрукка ($P_{\text{мех}} = P_{\text{н}}$) билан ишлатилганда конденсаторларнинг сифимини ўзгартириб 4—5 та ўлчашир бажарилади. Ўлчадан олинган маълумотлар 2.43-жадвалга ёзилади.

5. Ток ва кучланишларнинг вектор диаграммасини қуриб, ундан бурчак φ ни ва қувват коэффициенти $\cos \varphi$ аниқланади.

6. 2.43-жадвалдаги маълумотлар бўйича двигательнинг иккинчи иш режими учун $\cos \varphi = f(C)$ боғланишининг графикалари қурилади.

7. Иш бўйича хулоса берилди:
 а) двигателни юклаш унинг қувват коэффициентини $\cos \varphi$ га қандай таъсир этиши ҳақида;
 б) қувват коэффициентини $\cos \varphi$ нинг двигателни тармоқдан истеъмол қилганига таъсири ҳақида.

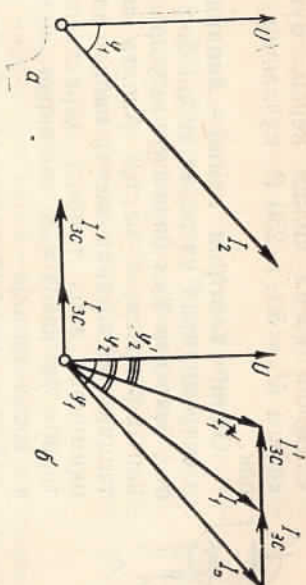
2.43-жадвал

№	Ўлчамлар							Ҳисоблаш	
	C	I_1	I_2	$I_0(C)$	$P_{\text{ф}}$	$U_{\text{ф}}$	$U_{\text{ген}}$	$I_{\text{ген}}$	φ
1	мкф	A	A	A	Вт	B	B	A	град
2									$\cos \varphi$
3									
4									
5									
$P_{\text{мех. дв}} = 0$									
1									
2									
3									
4									
5									
$P_{\text{мех. дв}} = P_{\text{н}}$									
1									
2									
3									
4									
5									

8. Вектор диаграммаларни қуришга оид кўрсатмалар.

Вектор диаграмма двигателнинг битта фазаси учун қурилади:
 а) конденсаторлар уланмасдан аввалги ($\gamma_{\text{н}} = 0$) двигателнинг токи билан тармоқ қучланиши орасидаги фаза силжиш бурчаги φ_1 ҳисобланади. 2.62-расм, а даги вектор диаграмма қурилади;

б) конденсаторлар уланганда двигателнинг ток вектори I_2 ва конденсаторнинг ток вектори $I_0(C)$ қўшилади. Тармоқдан истеъмол қилинган ток I_1 ана шу токларнинг геометрик йиғиндисини ҳисобланади. Вектор диаграммалардан бурчак φ_2 ва $\cos \varphi_2$ аниқланади (2.62-расм, 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. Сановат электр қурилмаларининг қувват коэффициентини бирга тенг бўлиши мумкинми?
4. Двигатель истеъмол қиладиган ток нима ҳисобига камайиши мумкин?
5. Қувват коэффициентини ошириш учун конденсаторли қурилмаларнинг синими қандай аниқланади?

23-лаборатория иши

ЭЛЕКТРОН АСБОБЛАР ДИОД, ТРИОД, ТЕТРОД ВА ПЕНТОДЛАРНИНГ ХАРАКТЕРИСТИКАЛАРИНИ ОЛИШ ВА ПАРАМЕТРЛАРИНИ АНИҚЛАШ

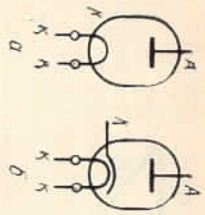
1. Ишни бажаришдан мақсад

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 термoeлектрон эмиссия ҳолатида, яъни қиздирилган металлдан эркин электронларнинг вакуумга учиб чиқа бошлашига асосланган. Бундай вазифани ҳар қандай лампанинг асосий элементларидан бири ҳисобланган катод бажаради. Катодни 900 ... 2000°C гача қиздириш учун ишлатиладиган кучланиш ($U_k = 2 \dots 15$ В) манбаалардан фойдаланилади.

Электронларни анодга юбориб электр токи ҳосил қилиш учун катод билан анод ўртасида аноддан йўналган электр



майдонни ҳосил қилиш керак. Бунинг учун анодга $U_a = 50 \dots 250$ В кучланиш бериш керак.

Оддий электрон лампа — **ДИОДНИНГ** иккита электрод, яъни катод ва анод бор. Бунда катод бевосита ёки биливосита қиздирилиши мумкин (2.63-расм, а ва б). Анодга мусбат потенциал берилганда электр майдон электронлар оқимининг анод томонга ҳаракатини тезлаштириб, ўз навбатида занжирда анод токи I_a ни ҳосил қилади.

Анодга манфий потенциал берилганда лампа ичидати электр майдон тормозловчи бўлиб, электронларнинг анод томон ҳаракати тўхтайди. Лампа „борк“ бўлиб қолади. Шундай қилиб, диод бир томонлама ўтказиш хусусиятига эга бўлиб, унинг бундай хусусиятидан ўзгарувчан токни ўзгармас тоққа айлантиришда фойдаланилади.

Диоднинг асосий харақтеристикаси унинг анод (вольт-ампер) харақтеристикаси (в. а. х) ҳисобланади. Бу харақтеристика қиздириш кучланиши ўзгармас бўлганда анод тоқининг анод кучланишига қандай боғланганлигини кўрсатади (2.64-расм), яъни $U_a = \text{const}$ бўлганда $I_a = f(U_a)$.

Диод лампанинг параметрлари: харақтеристикасининг тиклиги S , ички қаршилиги r_i ва аноднинг бера оладиган қувватни P_a қиради.

Харақтеристика тиклиги S анод токи ортиши ΔI_a нинг анод кучланиши ортиши ΔU_a га нисбатидан иборат, яъни: $S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_a}$, бунда $\Delta I_a = I_{a2} - I_{a1}$, $\Delta U_a = U_{a2} - U_{a1}$ (2.64-расм).

Ички қаршилик r_i харақтеристика тиклигига тескари бўлган катталик ҳисобланади, яъни:

$$r_i = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a} = \frac{1}{S} \quad (\text{агар } \Delta I_a \text{ мА да ўлчанса}).$$

Аноднинг бера оладиган электр қуввати

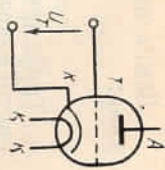
$$P_a = U_a \cdot I_a.$$

Триод—уч электродли лампа бўлиб, катод, анод ва бошқарувчи тўрдан иборат (2.65-расм).

Тўрға мусбат потенциал берилганда ($U_r > 0$) аноднинг тезлаштирувчи электр майдонига тўрнинг тезлаштирувчи электр майдони қўшилади. Бунда катоддан чиқадиган электронларнинг оқими ортади.

Тўр кучланиши $U_r = 0$ бўлганда триоднинг аноддан фарқи бўлмайди. Тўрға манфий потенциал берилганда ($U_r < 0$) унинг ўрамлари орасида электронларни қайтарувчи потенциал — тўсик пайдо бўлади.

Шундай қилиб, тўрнинг потенциалини ўзгартириш анод тоқини ўзгартиришга ёрдам беради. Тўр лампанинг электронлар оқимини бошқаришга имкон беради. Ана шу хусусиятларига кўра триодлар электр сигналларни кучайтириш учун кенг қўлланади.



2.65-расм.

Триоднинг статик харақтеристикалари:

1. Анод харақтеристикаси—тўр кучланиши ўзгармас бўлганда анод тоқининг анод кучланишига қандай боғланганлигини кўрсатади, яъни $U_r = \text{const}$ бўлганда $I_a = f(U_a)$;

2. Анод-тўр харақтеристикаси—анод кучланиши ўзгармас бўлганда анод тоқининг тўр кучланишига қандай боғланганлигини кўрсатади, яъни: $U_a = \text{const}$ бўлганда $I_r = f(U_r)$ (қизитиш кучланишининг микдори ўзгармас).

2.66-расмда триоднинг анод харақтеристикаларининг туркуми кўрсатилган.

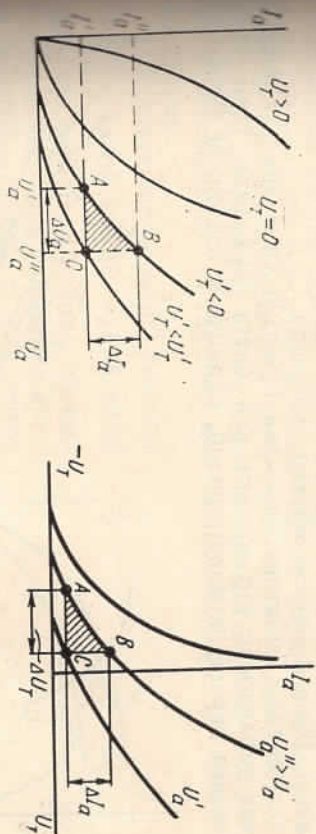
Тўр тоқининг керакисиз таъсирини йўқотиш учун тўрға кичик манфий потенциал бериб турилади. Анод-тўр харақтеристикаларининг туркуми 2.67-расмда кўрсатилган.

Триоднинг параметрлари:

1. Тўр кучланиши $U_r = \text{const}$ 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 харақтеристикасининг тиклиги $S = \frac{\Delta I_r}{\Delta U_r}$ бўлиб, 2 ... 10 мА/В ни ташкил этади.

3. Кучайтириш коэффициенти $\mu = \left| \frac{\Delta U_a}{\Delta U_r} \right|$, 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 боғланиши, яъни:

$$\mu = S \cdot r_1$$

Триоднинг параметрларини 2.66 ва 2.67-расмлардаги характеристикалардан аниқлаш мумкин.

Характеристиканинг A нуктадаги параметрларини аниқлаш учун танланган режимга мос (берилган U_a ва I_a , шунингдек, U_i нинг маълум қиймати кўра) характеристик учбурчак ABC ни қуриб (2.62-расм), ундан:

$$r_1 = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a} = \frac{AC}{BC}$$

нисбат аниқланади.

A нуктадан C нуктага ўтганда тўртинг ва аноднинг қувватини ўзгартириб, анод токи ўзгаришсиз қолади, шунинг учун

$$\mu = \frac{\Delta U_a}{\Delta U_i} = \frac{A'C'}{U_i' - U_i''}$$

Характеристиканинг тиклиги

$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_i} = \frac{BC}{U_i' - U_i''}$$

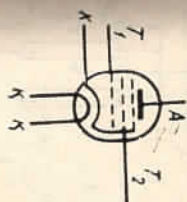
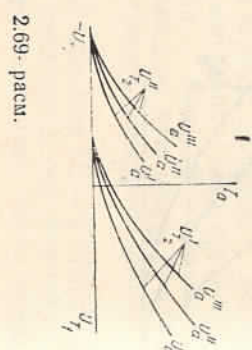
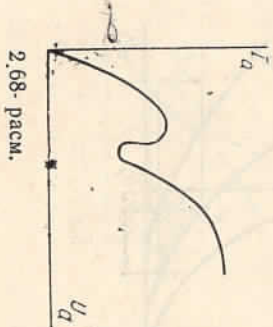
2.67-расмда анод-тўр характеристикалари бўйича лампа параметрларини аниқлаш учун характеристик учбурчакни қуриш ва ΔI_a , ΔU_i ортирмааларни аниқлаш кўрсатилган.

Тетрод—бу тўртта электродли лампа бўлиб, унинг қувватини коэффициентини ошириш учун қўшимча (экранловчи) тўр қиритилади. Экранловчи тўрға мусбат қувватиниш $U_{t2} = (20 \div 60)\%$ U_a берилади.

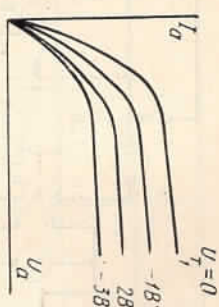
Тетродининг анод ва анод-тўр характеристикалари 2.68 ва 2.69-расмларда кўрсатилган.

Тетродининг камчилиги кичик анод қувватинишларида анод токининг кескин камайишидир (анод характеристикасида ўппир-лиш). Буни динактрон эффект дейилади.

Пентод. Динактрон эффектни йўқотиш учун лампага анод билан экранловчи тўр орасига яна битта мухофаза тўри (динатронга қарши) жойлаштирилиб, қўпинча катод билан бириктири-



2.70- расм.



2.71- расм.

қўйилади (2.70-расм). Мухофаза тўрининг ўрамлари катоднинг потенциалига эга ($U_{t3} = 0$), шунинг учун электр майдон нукта-ларининг потенциаллари мухофаза тўрининг ўрамлари текислиги-да бирмунча пасаяди. Анод билан мухофаза тўри орасидagi фa-зада иккиламчи электронлар учун тормоғловчи электр майдон қосил қилинади. Иккиламчи электронлар анодга қайтарилиб, ди-нактрон эффект йўқотилади.

Пентод учун анод характеристикалар асосий ҳисобланади (2.71-расм), яъни $U_{t2} = \text{const}$ ва $U_{t3} = \text{const}$ бўлганда

$$I_a = f(U_a)$$

Тетрод ва пентодларнинг параметрлари триоддаги каби ха-рактеристика тиклиги S , ички қаршилик r_1 ва қувваттириш коэф-фициенти μ дан иборат:

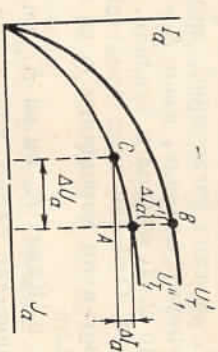
$$U_a = \text{const} \text{ ва } U_{t2} = \text{const} \text{ бўлганда } S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_i}$$

$$U_{t2} = \text{const} \text{ ва } U_{t3} = \text{const} \text{ бўлганда } r_1 = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a}$$

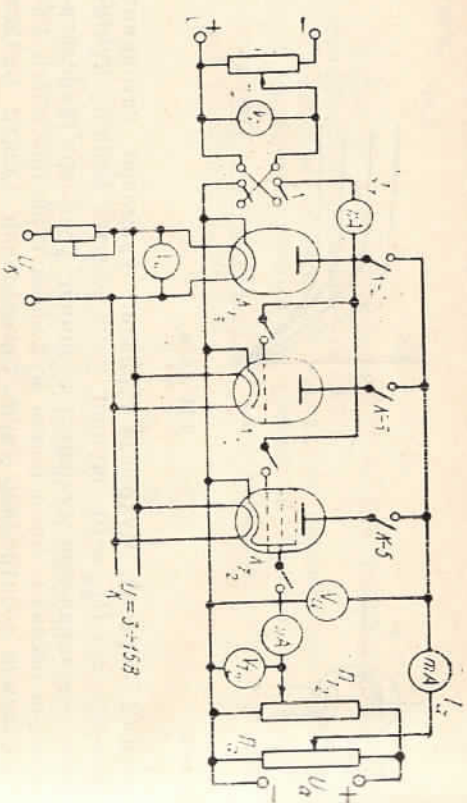
$$U_{t2} = \text{const} \text{ ва } I_a = \text{const} \text{ бўлганда } \mu = \frac{\Delta U_a}{\Delta U_i}$$

Тетрод ва пентодларнинг параметрларини анод характери-стикалар туркумидан аниқланади. Аммо пентод анод характери-стиканинг тиклиги триодникига қараганда бирмунча ётиқроқ бўл-гани учун уни бошқача усул билан аниқланади. 2.72-расмдаги характеристиканинг A нуктасидаги параметрлари қуйидагича аниқланади:

1. Характеристиканинг тиклиги $S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_i}$ ҳисобланади. Бунда анод токининг ортиши ΔI_a анод қувватининг бир хил қийматида қўш-иш характеристикаларда жойлашган A ва B нукталардаги тоқларнинг айрмасидир. Тўр қувватинишнинг ортиши бошқарувчи тўр қувватиниш-ларининг айрмасига тенг, яъни



2.72- расм.



2.73-рasm.

$$\Delta U_{\tau} = U'_{\tau} - U''_{\tau}$$

2. Лампанинг ички қаршилиги $r_i = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a}$ ҳисобланади.

3. Лампанинг параметрлари тенгламасидан фойдаланиб, кўчайтириш коэффициенти $\mu = S \cdot r_i$ ҳисобланади.

III. Ишни бажариш тартиби

1. 2.73-расмдаги электрон лампаларнинг текшириш схемаси йиғилади. Қиздириш тоғалари трансформаторнинг иккиламчи чулғамига уланган. Қиздириш кучланишини ростлаш учун реостат r_k дан фойдаланилади.

Қайтаулағич к ёрдамида тўр кучланишининг кўтби ўзгариширилади. Потенциометрлар U_a , U_{τ} ва U_{τ} дар ёрдамида анод ва тўр кучланишлари бошқарилади.

2. Электрон лампаларнинг покоевкасини кўчириб чиқиш ва паспортида берилган маълумотларни ҳисоботга ёзиб кўйиш.

3. Калит $K-2$ ни улаб, қиздириш кучланишининг турли қийматларида ($U'_k = 3,5$ В; $U''_k = 6,3$ В) анод кучланишини O дан $U_{a, \text{ном}}$ гача ўзгаририб, диоднинг анод харақтеристикаларининг туркуми олинади, яъни $I_a = f(U_a)$ ўлчадан олинган маълумотлар 2.44-жадвалга ёзилади.

4. Олинган анод вольт-ампер харақтеристика бўйича диоднинг ички қаршилиги r_i ва харақтеристика тиклиги S аниқланади.

5. Калит K_3 ни ва K_{τ} ни улаб, бошқарувчи тўрға турли кучланишлар бериб, триоднинг статик анод харақтеристикалари туркуми $I_a = f(U_a)$ олинади. Бунда анод кучланишининг ўзгариши ни бир хил, масалан 50 В дан (50—100—150—200—250) орттириб

$U'_k = 3,5$ В	U_a , В								
	I_a , мА								
$U''_k = 6,3$ В	U_a , В								
	I_a , мА								

бориш керак. Ўлчадан олинган маълумотлар 2.45-жадвалга ёзилади.

2.45-жадвал

U'_τ	U_a , В								
	I_a , мА								
U''_τ	U_a , В								
	I_a , мА								
U'''_τ	U_a , В								
	I_a , мА								

Бошқарувчи тўрдаги кучланиш (ўқитувчининг кўрсатмасига бинсан) $U_\tau = -8$ В; -4 В; 0 ; $+2$ В дан олинади.

6. Анод кучланишининг турли қийматларида ($U_a = 100, 150, 200, 250$ В) триоднинг анод-тўр харақтеристикалари туркуми олинади. Ўлчадан олинган маълумотлар 2.46-жадвалга ёзилади.

7. Анод кучланиши $U_a = 100$ В ва $U_a = 150$ В бўлганда тўрнинг беркитувчи кучланиши аниқланади.

8. Триоднинг анод ва анод-тўр харақтеристикаларининг туркуми кўрилади.

9. Харақтеристикалар бўйича триоднинг асосий параметрлари r_i , S ва μ аниқланади, Аниқланган параметрларни лампанинг

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Термозлектрон эмиссия деб нимага айтылади?
2. Электрон лампа қандай элементлардан иборат?
3. Электрон лампада катоднинг вазифаси нимадан иборат?
4. Диод деб қандай электрон лампада айтылади?
5. Қандай шароитларда диод занжирларда ток оқиб ўтади?
6. Хarakterистика тиклиги деб нимага айтылади?
7. Уч электродли лампа қандай тузилган?
8. Уч электродли лампада қулайлириш принципи қандай?
9. Лампанинг қулайлириш коэффициентни нима ва у қандай аниқланади?
10. Термод деб қандай электрон лампада айтылади? Қулайлириш режимини термод триоддан нима билан фарқ қилади?
11. Динашон эффект қандай нимага айтилади?
12. Пентоддаги мухофаза тұрининг вазифаси нима?
13. Триод, термод ва пентодларнинг хarakterистикалари бўйича параметрлари қандай аниқланади? Лампа параметрларининг тенгламаси қандай?
14. Катодни қизитувчи қучданиши орталаа ёки қайиғанда лампа қандай ишлайди?
15. Электрон лампалар техниканинг қайси соҳаларида қўлланилади?

24-лаборатория иши

ЯРИМ ҶТКАЗГЧИ ДИОД, СТАБИЛИТРОН ВА
ТИРИСТОРЛАРИНИҶ СТАТИК ХАРАКТЕРИСТИКАЛАРИНИ
ТЕКШИРИШ

1. Ишни бажаришдан мақсад

1. Ярим ўтказгичли диод, стабилитрон ва тиристорларнинг тузиллиши ва ишлаш принциплари ўрганиш.
2. Диод, стабилитрон ва тиристорларнинг статик харақтерис­тикалари ва параметрлари билан танишиш.
3. Ярим ўтказгичли диод, стабилитрон ва тиристорларнинг қўлланиш соҳалари билан танишиш.

II. Ишга оид назарий тушунчалар

Ярим утказгичли диод, стабилитрон ва тиристорлар ўзарувчан токни туғрилашда (ўзармас токка айлантиришда), ўзарамас кучланишни бошқа миқдордаги ўзарамас кучланишга айлантиришда ва ўзарамас кучланишни ўзарувчан кучланишга айлантириб беришда ишлатилади. Бундай асбоблар ўзарувчан ва ўзармас ток стабиллизаторларида, бошқарилувчан туғрилагувчлар ярагишда, умуман ўзарлириб бериш техниканинг бошқа қурилмаларида, шунингдек, бошқариш системаларида кенг қўлланилади.

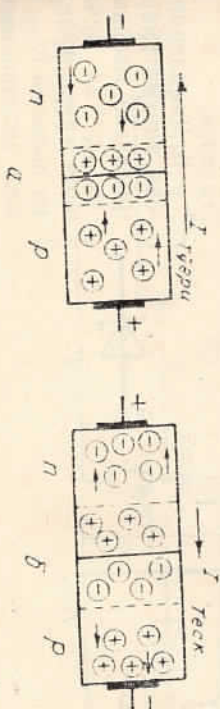
Мамлакатимиз саноати ишлаб чиқараётган ярим ўтказкичли диодлар ва тиристорлар ихчам, кичик ўлчамли статик ток ўзгарткичлар яратишга имкон беради. Булар саноатда, темир йўлда, шахар транспортда, самолётлар ва бошқа жойларда кенин

ди металлларидан ва қўлланган асбоблардан иборатдан иборат. Ярим ўтказгичли асбоблар ион ва электрон асбобларга нисбатан: ишга доим тайёрлиги, Ф. И. К. нинг ва мустаҳкамлигининг юқорилиги, истанан фазовий ҳолатда ишлай олиши, катта инерцион нарузкаларда ишлатиш мумкинлиги, катта бошқариш системаларининг курилмаларини микроинтеграллаш ва интеграция қилиш мумкинлиги каби афзалликларга эга.

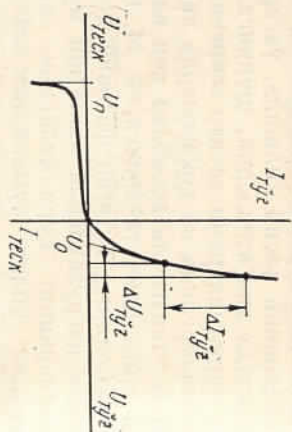
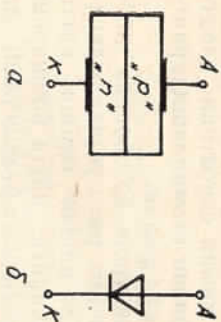
А. ЯРИМ ЎТКАЗГИЧЛИ ДИОДЛАРИНИҲ ТУЗИЛИШИ ВА
ИШЛАШ ПРИНЦИПИ

Ярим ўтказгичли асбобларнинг ишлаш принципи, электр ўтказувчанлиги турлича бўлган ярим ўтказгичли материалларнинг сувчанлиги ўтказиш хусусиятига асосланган. Булар электрон (и-типдаги) ва тешикали (р-типдаги) электр ўтказувчанликлардир. п-типдаги электр ўтказувчанлик соҳасида токнинг ўтиши манфий зарядланган электронларнинг ориқича микдори ярим ўтказгичнинг бўлади. Бу электронларнинг ориқича микдори ярим ўтказгичнинг монокристаллига донорли қўшимчаларнинг (масалан, сурьма, мишьяк ва фосфор) киритилиши билан ҳосил қилинади. р-тип-мишьяк ва фосфор) киритилиши билан ҳосил қилинади. р-тип-даги электр ўтказувчанлик соҳасида эса токнинг ўтиши мушбат зарядланган „Тешик“ ларнинг кўчиши ҳисобига содир бўлади. „Тешик“ бу электрон етишмаган атом бўлиб, мушбат зарядга эгадир, абсолют микдори бўйича электроннинг зарядига тенг. Тешикалар ярим ўтказгичнинг монокристаллига акцепторли қўшимчани (масалан, индий, бор ва алюминий) киритиш билан ҳосил қилинади.

сил қилинади. Иккинчиси тешикли электр ўтказувчанлик-Биттаси электрон, иккинчиси тешикли электрон бевосята бириштирганда ка эга бўлган ярим ўтказгичларни бевосята бириштирганда (контактлашганда) электрон — тешик ўтиш ($p-n$ ўтиш) ҳосил бўлади. Ўтишнинг асосий ҳусусияти унинг қаршилигини микдод-ри берилаётган кучланишнинг кўтибга бoғлиқлигидир (2.74-расм), $p-n$ ўтишли ярим ўтказгичларни таққи занжирга улаш-учун унинг қисмалари билан контакт ҳосил қилинади. Ярим ўт-казгични тўғри улаганда, унинг p соҳасига кучланишнинг мус-бат кўтибини, n соҳасига эса манфий кўтибни берганимизда $p-n$



2.74- pacm.



2.75-расм.

2.76-расм.

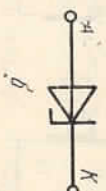
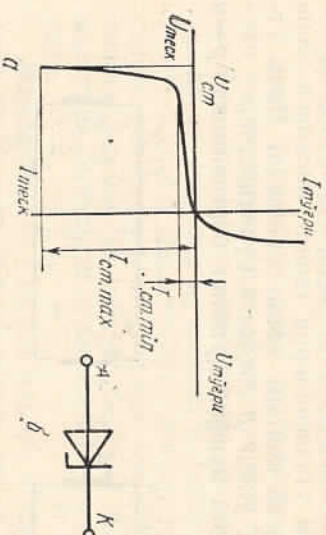
Ўтишнинг қаршилиги минимумгача камади. Тескари улаганди эса $p-n$ ўтишнинг қаршилиги катта бўлади.

Структураси $p-n$ ўтишли икки қатламли ярим ўтказгич асосида ишланган асбоб диод ёки бошқариладиган вентиль дейилади. n типдаги электр ўтказувчанликли ярим ўтказгич қатламга уланган электрод катод, p типдаги электр ўтказувчанлик қатламга уланган электрод эса анод ҳисобланади (2.75-расм, а). Диоднинг шартли белгиси эса 2.75-расм, б да кўрсатилган.

1. Электрон — тешик ўтишнинг хусусияти, $p-n$ ўтишдаги токнинг катталиги ва қўтиб, унга берилган қучланишга боғлиқлигини кўрсатувчи вольт-ампер характеристикасида яққол таъвирланган (2.76-расм). Вольт-ампер характеристика куйдагиларни аниқлашга ёрдам беради:

тескари тўйиниш токи — $I_{теск}$;
максимал тескари қучланиш — $U_{теск, мак}$;
дифференциал қаршилиқ — $r_d = \frac{\Delta U_{тгг}}{\Delta I_{тгг}}$;

тўғриланнинг статик ва динамик коэффициентлари



$K_{тгг, ст}$; $K_{тгг, дин}$

минимал ёниш (пороговое) қучланиши — $U_{0, мин}$;
 $p-n$ ўтишнинг хусусиятига температуранинг таъсири.

II. Диодларнинг асосий параметрлари: тўриланган максимал ток $I_{тгг, макс}$ да қучланишнинг тўғри йўналишдаги пасасови $U_{тгг, макс}$ мал тескари қучланиши — $U_{теск, макс}$ максимал

тескари ток $I_{теск, макс}$ максимал сочилган қувват $P_{сош, макс}$ электродларaro сифим — C ; мумкин бўлган максимал частота — f ; ишлаш температурасининг диапазони.

Аралашмасининг концентрацияси катта бўлган кремнийдан ясалган яеси диод ярим ўтказгичли диод ҳисобланади. Стабилизаторнинг статик вольт-ампер характеристикаси ва шартли белгиланиши 2.77-расм, а ва б да кўрсатилган.

III. Стабилизатор вольт-ампер характеристикасининг биринчи чоракдаги бўлаги кремнийли диоднинг характеристикасидан фарқ қилмайди. Унинг учинчи чоракдаги бўлаги эса, ток ўқига деярли параллель ўтувчи вертикаль тўғри чирик кўринишга эга. Шунинг учун ток кенг чегарада ўзгарганда асбобдаги қучланишнинг пасасови амалда ўзгармайди. Кремнийли диодларнинг бу хусусияти улардан қучланиш стабилизаторлари тарзиди фойдаланишга имкон беради.

Стабилизаторнинг параметрлари:

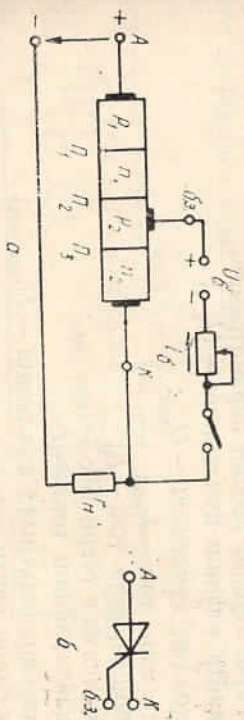
Стабилизатор қучланиши — $U_{ст, макс}$;
максимал стабилизатор ток — $I_{ст, макс}$;
минимал стабилизатор ток — $I_{ст, мин}$;
дифференциал қаршилиқ $r_d = \frac{\Delta U_{ст}}{\Delta I_{ст}}$;

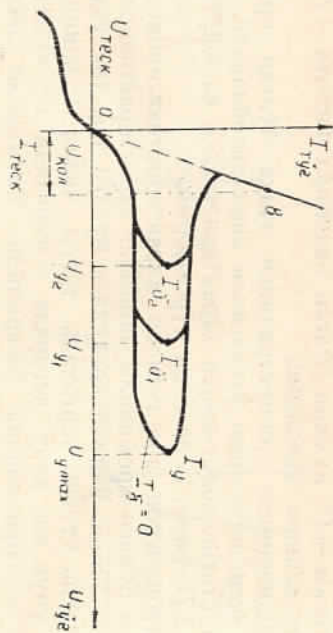
бу ерда: $\Delta U_{ст}$ — стабилизатордаги қучланишнинг орттиши;
 $\Delta I_{ст}$ — стабилизатор режимда токнинг орттиши.

Б. ЯРИМ ЎТКАЗГИЧЛИ БОШҚАРИЛАДИГАН ВЕНТИЛЬ — ТИРИСТОРЛАРНИНГ ТЎЗИЛИШИ ВА АСОСИЙ ПАРАМЕТРЛАРИ

Тиристорлар тўртта кетма-кет алмашиниб келувчи p ва n типлардаги ўтказувчанлик соҳаларидан иборат бўлиб, тўрт қатламли ярим ўтказгичли асбоблар сифига кириadi. Тиристор учта p , p_1 ва p_2 ва n ўтишли ярим ўтказгичли кремнийли бошқариладиган вентиль ҳисобланади. 2.78-расм, а ва б да тиристорнинг тўзилиши ва шартли белгиланиши кўрсатилган.

Бошқарувчи электрод узук бўлганда, манба қучланиши шундай танланадики, унинг қийматида p_1 ва p_2 ўтишлар ўтказувчанлик йўналишида (очик), p_2 ўтиш эса ўтказмайдиган йўналишда (ёпиқ) бўлади. Бунда занжирдаги ток қучи кичик бўлиб, манбанинг барча қучланиши ана шу ўтишда йўқолади. Қуч-





2.79-рasm.

ланиш ортганда ток бир оз кўпаяди. Тарминловчи манбанинг кучланиши тешиб ўтиш (пробой) кучланиши миқдорига етганди P_2 ўтишда токнинг қиймати жадал равишда ўтиш токи I қийматига ортади. P_2 ўтишдаги кучланиш минимумгача кескин қаймайиб, вентиль очилади. Вентилнинг очилишига вольт-ампер характе-ристтиканинг (2.79-рasm) об қисми тўғри келади. Характе-ристтиканинг об қисми эса кремнийли вентилнинг вольт-ампер характе-ристтиканинг ўзидир.

Агар бошқарувчи элементрога бошқарувчи кучланиш U_6 ни берсак, бошқарувчи ток I_6 P_2 ўтишнинг очилиш (уланиш) кучланишини пасайтиради. Бунда манбанинг кучланиши кам бўлса ҳам тиристор очилади. Бошқарувчи ток I_6 да тиристор бамисоли бошқарилмайдиган вентиль (характе-ристтиканинг об қисми) каби ишлайди. Шундай қилиб, тиристорга маълум миқдордаги бошқарувчи ток I_6 ни бериб, маълум ўтиш кучланиши $U_{\text{тиш}}$ да тиристорни ёпиқ ҳолатдан очик ҳолатга ўтказиш мумкин.

Тиристорнинг қисмаларига тескари кучланиш $U_{\text{теск}}$ ни улаганимизда, бошқарувчи ток I_6 дан қатъи назар P_1 ва P_2 ўтишлари ёпиқ бўлади.

Тиристор автоматика ва ҳисоблаш техникасининг схемаларида контактсиз қайтаулағичлар тарзида ишлатилади.

Тиристорнинг асосий параметрлари:

- қайта уланиш кучланиши — $U_{\text{к.у}^1}$
- қолдиқ кучланиш — $U_{\text{қол}^1}$
- тескари ток — $I_{\text{теск}^1}$
- бошқарувчи ток — I_6
- максимал тўғри ток — $I_{\text{тўғр.мах}^1}$
- қайтаулағич токи — $I_{\text{к.у}^1}$
- тескари максимал кучланиш — $U_{\text{теск.мах}^1}$
- уланиш вақти — $\tau_{\text{у}^1}$
- ўзилиш вақти — $\tau_{\text{ўз}^1}$

III. Ишни бажариш тартиби

1. Диоднинг асосий параметрлари билан танишиб, уларни ҳисобот дафтарига ёзинг.
2. 2.80-расмдаги диодни текшириш схемасини йиғинг.
3. Қайтаулағич $P-1$ ни „а“ ҳолатга, $P-2$ ни эса „1“ ҳолатга ўтказиб r_1 ва r_2 резисторларнинг қаршилиқларини ўзгартириш билан диодга берилаётган кучланиш ўзгартирилади (ўзгартириш чегарасини ўқитувчи кўрсатади). Ўлчадан олинган маълумотларни 2.50-жадвалга ёзинг.

2.50-жадвал

$U_{\text{тўғр}}$	В								
$I_{\text{тўғр}}$	мА								
$U_{\text{теск}}$	В								
$I_{\text{теск}}$	мА								

4. Қайтаулағич $P-1$ ни „в“ ҳолатга, $P-2$ ни эса „2“ ҳолатга ўтказиб диоднинг тескари характе-ристтикасини олинг. Бунда диоднинг тешилишига (пробой бўлишига) йўл қўймасдан, унга берилаётган кучланишни $U_{\text{тес.мах}}$ гача ўзгартириш керак. Ўлчадан олинган маълумотларни 2.50-жадвалга ёзинг.

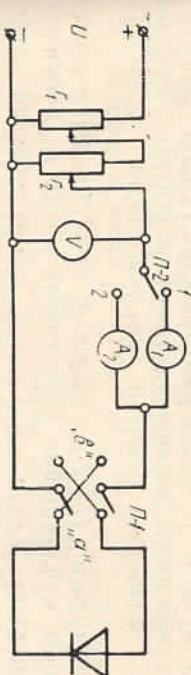
5. 2.50-жадвалда ёзилган маълумотлар бўйича диоднинг вольт-ампер характе-ристтикасини кўринг.

6. Диоднинг вольт-ампер характе-ристтикаси бўйича r_1 ва U_0 ни, шунингдек, $U_{\text{тўғр}} = U_{\text{теск}}$ бўлганда статик тўғридаш коэффи-циенти

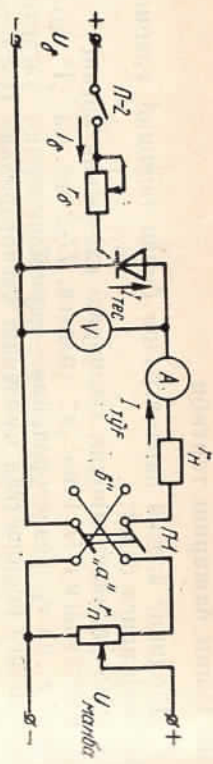
$$K_{\text{т.ст}} = \frac{I_{\text{тўғр}}}{I_{\text{теск}}}$$

ни аниқланг.

7. 2.80-расмдаги схемада диод ўрнига стабилитрон уланг.
8. Стабилитроннинг асосий параметрлари билан танишиб, уларни ҳисобот дафтарига ёзиб қўйинг.



2.80-рasm.



2.81- pacm.

9. 3 ва 4 пунктлардаги текширишларни бажариб, ўқлашдан олдинган матбуотларни 2.51-жадвалга ёзинг.

2-51-жаддан

10. Олинган маълумотлар бўйича стабилитроннинг вольт-ампер характеристикасини куриб, ундан стабилитроннинг асосий параметрларини аниқланг.

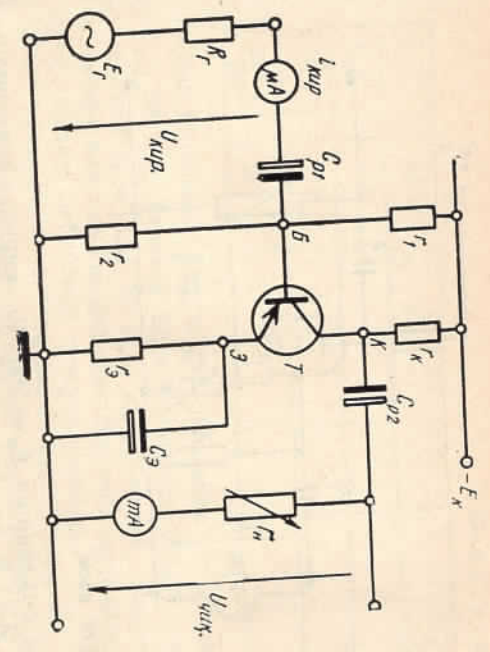
11. Тиристорнинг асосий параметрлари билан танишиб, уларнинг ҳисобот дафтарига ёзиб қўйинг.

12. 2.8. Расмдаги тиристор текшириш вақтида, $P-1$ ни а ҳолатга ўтказиб, $P-2$ нинг
13. Қайтагилик $P-1$ ни а ҳолатга ўтказиб, $P-2$ нинг
ратилган ҳолатида $t_{\text{ур}}$ нинг тегишли қийматларини аниқлаб, мин
банинг кучланишини ўзгартиринг. Ўлчадан олинган маълумот
ларни 2—52.-жадвалга ёзинг.

[illegible]

10. Райиладулаиқ 11—2-нп амралар, 22-
казиб, манба кучланишини ўзгартирган ҳолда 1-текс тоқнинг кпн
матини аниқланг. Ўлашдан олинган маълумотларни 2.52-жад
вадга ёзинг.

212



2.88. pacm.

минжиридати ва коллектор занжиридати ўзармас ток ва кучда-
лигининг миқдори).
Қақшнинг уланган қаршиллик Γ , температура ўзарар-

Эмиттер санжармасындагы эмиттердин тийиштүү катмарынын табьинлаш үчүн уз-
дунда тынчланган режимининг стабилитетин табынлаш үчүн
гармас ток буйынча манфий текарлар боғанишини хосил қилади.
Ғатаруванган ток буйынча текарлар боғанишини нук қилиш үчүн
қоршилик r_s катга сифимли ($40 \dots 60$ мкф) конденсатор C_9 би-
лин шунтланади.

Парука каршиликларнинг конденсатор C_{p2} орқали уланган. Γ_1 ва Γ_2 ўтказмайдиган ажратувчи каскаднинг температурасини келтириб чиқаришга таъминлайди. Γ_1 ва Γ_2 каршиликларни каскаднинг таъминлай оладиган қилиб танланиши билан Γ_1 ва Γ_2 нинг ортиси коллекторли занжирнинг таъминоти каршилик Γ_2 нинг ортиси коллекторли занжирнинг таъминоти камийиши эса олиришни талаб этади. Γ_1 ва Γ_2 каршиликларнинг каскаднинг кириш томонини шунлайди.

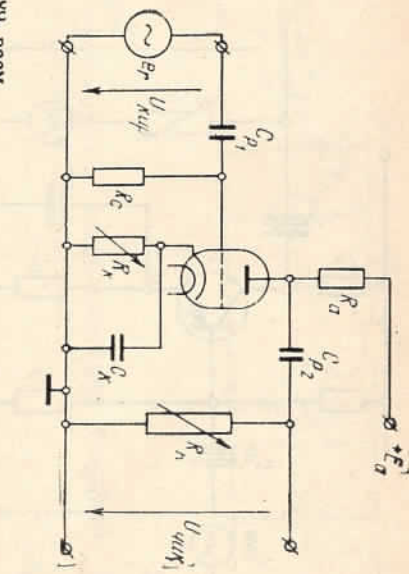
III. Ишни бажариш тартиби

1. 2.89-расмдаги аноди юкланган триоддаги кучланишнинг кучайтириш каскадининг схемаси йилгилди.

Схемада кырасталыган элементтердин параметрлери: $r_1 = 510 \text{ кОм}$; $r_a = 24 \text{ кОм}$; $r_k = 0 \div 10 \text{ кОм}$; $r_2 = 510 \text{ кОм}$; $r_3 = 0,1 \text{ мкф}$; $C_k = 20 \text{ мкф}$.

$\gamma_n = 25 \dots 100$ кОм; $C_{r1} = C_{r2} = 10^{-6}$ фФ;
Манбнинг кучданиши ва қуввати лампанинг паспортда кўр-
сатилган маълумотларга мос олинган. Узарувчан кучданиш ман-
баи тарзида товуш генератори ГЗ — 34 олинган бўлиб, кириш
кучданиши $U_{кир} = 0 \dots 10$ В, частотапар диапозони эса $100 \dots$
 2000 Гц ни ташкил этади.

r_n	кОм								
$U_{\text{кпр}}$	В								
$U_{\text{чик}}$	В								
K_n	—								



2.89-расм.

2. Анод кучланиши $E_a = 250$ В; кириш кучланиши $U_{\text{кпр}} = 0 \dots 10$ В (1 В дан оралатиб) бўлганда кучайтиргичнинг амплитуда характеристикасини олш ва куриш, яъни $U_{\text{чик}} = f(U_{\text{кпр}})$. Қаршилик r_k ни 2 кОмга тенг қилиб олинади. Ўлчадан олинган маълумотлар 2.53-жадвалга ёзилади.

2.53-жадвал

$U_{\text{кпр}}$	$U_{\text{чик}}$	E_a	K_u
В	В	В	—

Каскаднинг кириш ва чиқиш томонидати кучланишлар лампадали вольтметр ВК-7-ёрдимида ўлчанади.

3. Кучланиш бўйича кучайтириш коэффициентининг кириш кучланишига боғлиқлиги аниқланади ва унинг графиги

$$K_u = \frac{U_{\text{чик}}}{U_{\text{кпр}}} = f(U_{\text{кпр}}) \text{ курилади.}$$

4. Анод кучланиши $E_a = 250$ В, катод қаршилиги $r_k = 2$ кОм ва кириш кучланиши $U_{\text{кпр}} = 0,5$ В бўлганда, аноди юкланган каскаднинг кучланиш бўйича кучайтириш коэффициентининг нағрузка қаршилиги r_n билан боғланиши олинб, унинг графиги курилади. Ўлчадан олинган маълумотлар 2.54-жадвалга ёзилади.

5 Кириш кучланиш $U_{\text{кпр}} = 2$ В бўлганда осциллограф экрандан $U_{\text{кпр}}$ ва $U_{\text{чик}}$ ларнинг эгри чиқиқлари чиқиб олинади. Катод қаршилиги $r_k = 0$ ва 10 кОм га қўйилади. Чиқиш кучланишнинг графигида нозиклиқнинг борлиги аниқланади ва уларнинг пайдо бўлиш сабаблари тушунтирилади.

6. Кучайтиргичнинг частота характеристикаси $U_{\text{чик}} = f(f)$ нини олинади ва курилади. Генераторнинг частотасини 200 Гц дан оралатиб 100...2000 Гц атрофида ўзгартирилади. Каскаднинг кириш кучланишини ўзгартирмасдан ушлаб турилади. Ўлчадан олинган маълумотлар 2.55-жадвалга ёзилади.

2.55-жадвал

f	Гц								
$U_{\text{чик}}$	В								

7. 2.88-расмдаги схема йиғилади.

Схеманинг асосий параметрлари: триод Т — МПТ-14; $C_p = C_{p2} = 10$ мкФ; $C_g = 50$ мкФ; $r_g = 1$ кОм; $r_k = 1,5$ кОм; $r_1 = 10$ кОм; $r_2 = 3$ кОм; $r_n = 8,2$ кОм.

8. Кучайтиргични манбага улаб, ишнинг бошида ва охирида вольтметр билан эмиттер орасидаги ($K = 3$ нуқталари) ўзармас кучланиш ўлчанади. Температура ўзгарганда кучланиш режими-нинг стабиллиги ҳақида хулоса чиқарилади.

9. Асбобларнинг кўрсатишлари ва триоднинг параметрлари бўйича кучайтириш коэффициентларини: ток (K_i) кучланиш (K_u) ва қувват (K_p) бўйича ҳисоблаб, шунингдек, кириш қаршилиги r_k аниқланади. Ўлчадан ва ҳисоблашдан олинган маълумотлар 2.56-жадвалга ёзилади. Юқоридagi коэффициентлар қуйидагича ҳисобланади.

$$K_i = \frac{I_n}{I_{\text{кпр}}}; \quad K_u = \frac{U_n}{E_r};$$

$$K_p = K_i \cdot K_u; \quad r_{\text{кпр}} = \frac{U_{\text{кпр}}}{I_{\text{кпр}}}.$$

2.57-жадвал

[illegible]

IV. Иш бўйича хулоса берилади

2. Уллантан осциллограммаларда нөчизикликларнинг борлигын ёки йўқлигини баҳолаш.

220

1. Кучайтиргичларнинг вазифаси ва классификациясини суълаб беринг.
2. Анод натрузгалди кучайтиргичнинг ишлаш принципи қандай?
3. Анод натрузгалди каскад барна элементларининг вазифаси нимадан иборат?

4. Іекіпрідаетт ан схеадагт ланпанінт оолкарүчн іурида манфрн слд-
жніннті олнпшт прпплпттн ва уннгт вазіасннн тушүнтіпріб бернт.

5. Кудданиш бундча куддантириш коэффициентининг кйриш кудданиш ва ва наггуза каршилигининг микдорига боғлиқлиги қандай?

6. Ярим ўтказғычли триодлар куьантиргичларнинг асосли схемалари ва ularning хусусийлиги келтирилган.

1. Умум эмитерлар схема оуинча шиллидиган кучадирилгичини шилла

8. Iov, kучланиш ва кувват бунча кучантириш коэффициентлари қанчалик янадан?

9. Схеманинг қанси элементлари температура бўйича стандартлашди ва уларни танашта қандай тағделар қўйилди?

11. Кучайтиричларда кириш ва чиқишлати кучланиш ва токлари ўлчаш

Учун қандай асбоблардан фойдаланилганди?

ЎЗГАРУВЧАН ТОКНИ ТЎҒРИЛАШ ЗАҶИРЛАРИ

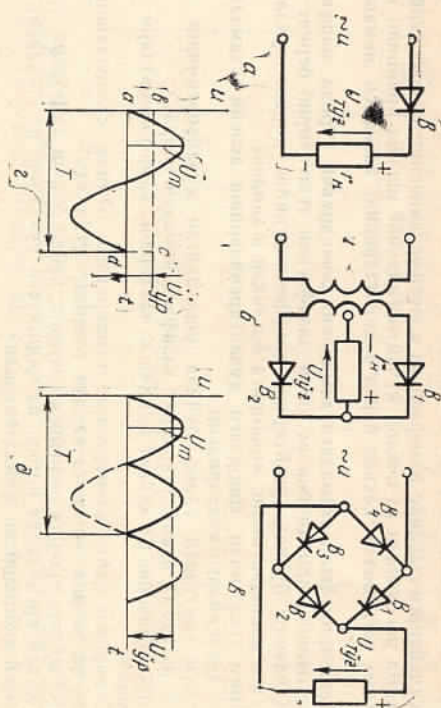
1. Синусоидал ўзгарувчан токни (кучданишини) тўғридаш схемалари билан танишиш ва тўғридашган токнинг (кучданишининг) сифатини аниқлашни ўрганиш.

2. Туғрилаш коэффициентини экспериментал аниқлао, унинг назарий ҳисоблар билан солиштириш.

3. Тўғриданган кучланиш ва токнинг шакллариини индуктив-
сифим фильтрлари ёрдамида яхшилаш принципини ўрганиш.

Электр энергиясининг бир канча нисъомчилилари (электр

транспорти, электролиза, алоқа ашаратлари, автомобиллари ва темир йўлларида асбоблари ва б.) ўзгармас ток манбаидан ишлатилган. 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 тарқатилганлиги, ўз навбатида ўзгарувчан токни ўзгармас токка айлантириш вазифасини кўйди. Бундай ўзгартиришнинг маъноси истеъмолчида ўзгарувчан ток (кучланиш) манбаидан келадиган электр зарядларининг бир томонлама ҳаракатини таъминлашдан иборат. Шундай қилиб, бундай ўзгаркичларнинг чиқishi томонига уланган истеъмолчиларда ток бир томонлама оқди. Ўзгарувчан токни тўғрилаш деган ном ана шундан келиб чиққан. Ўзгарувчан токни тўғрилаш учун бир томонлама ўтказиш хусусиятига эга бўлган асбоблардан, яъни тўғрилаткичлардан фойдаланилади. Тўғрилаткичларнинг электронли, нонли, прим ўтказгичли ва электромеханикали турлари бор. Ҳозирги



2.90-расм.

замон техникасида ярим ўтказгичли тўғрилагичлар кенг тарқалган.

2.90-расмда бир фазада ўзгарувчан токни ярим ўтказгичли тўғрилагичлар ёрдамида (B вентилларда) тўғрилашнинг битта ярим даври (2.90 -расм, a), иккита ярим даври трансформаторнинг ўрта нуқтаси билан (2.90 -расм, $б$) ва ниҳоят кўприк (2.90 -расм, $в$) схемалари кўрсатилган. Барча схемаларда ток вентиль орқали фақат бир томонга (схемаларда чапдан ўнгга) ўтиши мумкин, чунки ярим ўтказгични тўғри йўналишда улаганда унинг ўтиш (ички) қаршилиги бўлади. Тескари йўналишда ток ўта олмайдн, чунки $r_n = \infty$. Масалан, 2.90 -расм, a даги занжир учун кучланиш синусоидалсининг битта даври T давомида (2.89 расм, 2) нагрузка қаршилиги r_n да синусоиданинг мусбат ярим тўлқини тенг кучланишнинг пасасови ҳосил бўлади. Бундаги кучланишнинг ўртача қиймати U_{yp} ана шу мусбат ярим тўлқиннинг юзасига тенг, яъни

$$U_{yp} = \frac{1}{T} \int_0^T u dt = \frac{1}{T} \int_0^{\pi} U_m \sin \omega t dt = \frac{1}{\omega T} \int_0^{\pi} U_m \sin \omega t d(\omega t) = \frac{U_m}{2\pi} \left| -\cos \omega t \right|_0^{\pi} = \frac{U_m}{\pi} = \sqrt{2} U = 0,45U.$$

Демак, синусоидал кучланишнинг ўртача ёки тўғриланган U_{yp} қиймати, юзаси бир давр ичидаги мусбат ярим тўлқиннинг юзасига тенг бўлган $abcd$ тўғри тўртбurchакнинг бағандлигига тенг.

Битта ярим даври тўғрилагичда тўғриланган кучланишнинг ўртача қиймати, занжирга берилган ўзгарувчан кучланиш таъсир этувчи қийматининг 45% ни ташкил этади. U ҳолда тўғрилагичнинг тўғрилаш коэффициенти $K_7 = 0,45$.

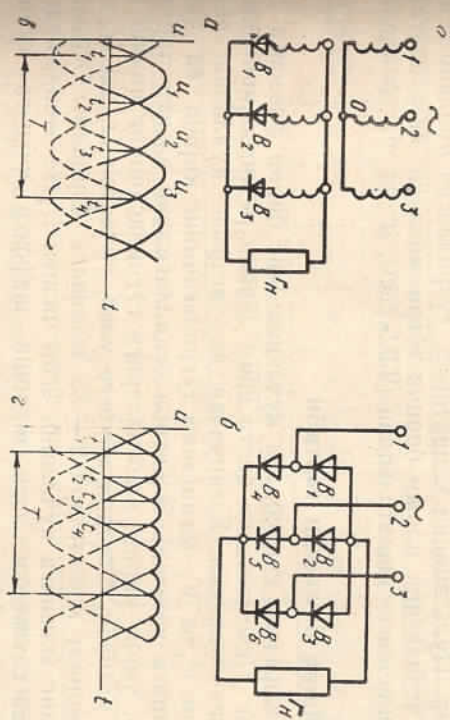
Иккита ярим даври тўғрилаш схемаларида эса, вентиллар B_1 ва B_2 (2.90 -расм, $б$) ҳамда $B_1 - B_3$ ва $B_2 - B_4$ (2.90 -расм, $в$) навбатма-навбат ишлаб, синусоиданинг иккида ярим тўлқинини битта йўналишда ўтишини (2.89 -расм, $д$) таъминлайди. Бу ҳолда кучланишнинг ўртача ёки тўғриланган қиймати:

$$U_{yp} = \frac{2}{T} \int_0^{T/2} u dt = \frac{2\sqrt{2}U}{\pi} = 0,9U.$$

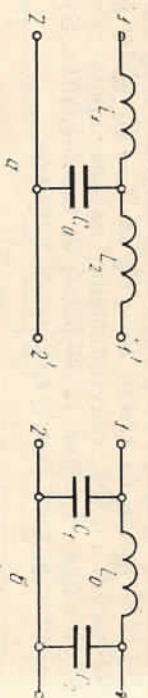
Тўғрилагичнинг тўғрилаш коэффициенти $K_7 = 0,9$. Бир фазада ўзгарувчан токни тўғрилаш учун асосан кўприк схема (2.90 -расм, $в$) қўлланилади. Масалан, радиопрёмникларда на телевизорларда ана шундай схемадан фойдаланилади.

Кўп фазада тўғрилагичларда тўғриланган кучланишнинг сифати бирмунча мукамал ҳисобланади. Буларнинг ичида энг кўп тарқалгани уч фазада ўзгарувчан токни ўзгармас токка айлантириб берувчи уч фазада тўғрилагичлар ҳисобланади. 2.91 -расм, a ва $б$ да уч фазада токларни битта ва иккита ярим даври тўғрилаш схемалари кўрсатилган. Бу схемаларда, масалан 2.91 -расм, a даги занжирда B_1 , B_2 ва B_3 вентилларнинг ҳар бири учдан бир $T/3$ даврида 2.91 -расм, $б$ даги занжирда эса вентилларнинг ҳар бири олтидан бир $T/6$ даврида ишлайди.

Агар уч фазада битта ярим даври тўғрилагичнинг (2.91 -расм, a) ишлашини кўрадиган бўлсак, унда вентиль B_1 вақт t_1 дан t_2 гача, B_2 вентиль t_2 дан t_3 гача ва, ниҳоят, B_3 вентиль t_3 дан t_4 гача бўлган интервалларда ишлайди. Шундай қилиб, ҳар бир вентильда 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 тўққиннинг бир қисми тўғри келади (2.91- расм, б) у ҳолда тўғриланган кучланишнинг ўртача қиймати

$$U_{\text{ур}} = \frac{3U_m}{\pi} \int_0^{\pi/6} \sin \omega t \, dt = \frac{3\sqrt{2}U}{2\pi} \left| \cos \omega t \right|_0^{\pi/6} = \frac{3\sqrt{2} \cdot \sqrt{3}U}{2\pi} = 1,17U.$$

Демак, тўғрилагичнинг тўғрилаш коэффициенти $K_r = 1,17$. Умумий ҳолда m — фазали тўғрилагичнинг тўғрилаш коэффициенти

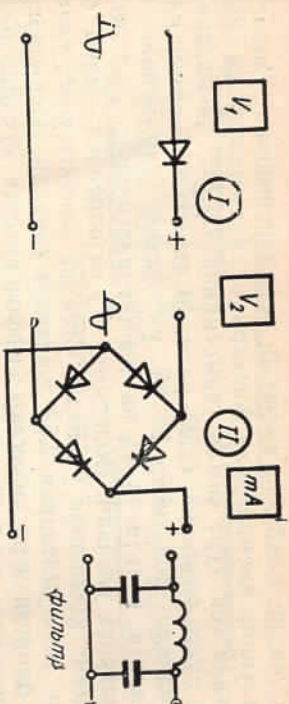
$$K_r = \frac{m}{\pi} \sqrt{\frac{2}{m}} \sin \frac{\pi}{m} = \sqrt{\frac{2}{m}} \sin \frac{\pi}{m}.$$

Масалан, уч фазали кўприк схемаси учун (2.91- расм, б) да $m = 6$ тўғрилаш коэффициенти $K_r = 1,35$. Назарий жиҳатдан $m = \infty$ да $K_r = 1,41$ бўлиб, тўғриланган кучланиш занжирнинг кериш томонидagi ўзгарувчан кучланишнинг амплитуда қийматига тенгдир. Тўғриланган кучланиш эгри чизигининг шаклидан кўринадикки (2.90- расм, з ва д; 2.91- расм, в ва з), тўғрилагичларнинг чиқиш томонидagi кучланишларнинг фақат йўналиши ўзгармас бўлиб, миқдори (амплитудаси) жиҳатдан пульсацияланувчидир. Пульсацияни камайтириб, тўғриланган кучланиш шаклининг эгрилигини илжи борица тўғри чизикқа яқинлаштириш учун текисловчи филтрлардан (2.92- расм, а ва б) фойдаланилади.

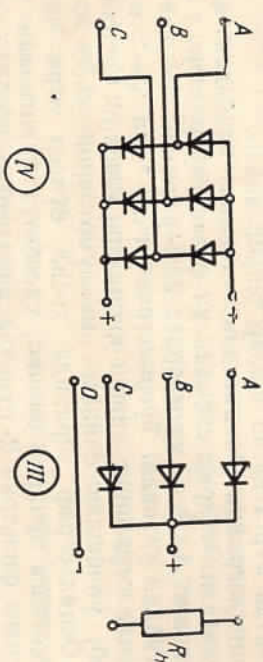
III. Ишни бажариш тартиби

1. Уч фазали синусоидал кучланишнинг бирор фазасига 2.93- расмнинг I схемасидagi битта ярим даврда ишлайдиган тўғрилагич уланади. Ўзгарувчан ва ўзарамас 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. Стендди манбага улаб, ўлчанган U_1 ва U_2 кучланишларнинг қийматлари 2 — 58- жадвалга ёзилади. Осциллограф унинг экранига кучланиш эгри чизиги $U_2(t)$ жойлашадиган даражада соланади. Эгри чизикни шаффоф қоғозга кўчириб олиб, уни ҳисоботга киришти керак.

2. Стендди электр манбидан ажратиб, тўғрилагичнинг чиқиш қисмасига текисловчи филтрнинг кириш қисмаси уланади. Филтрнинг чиқиш қисмаларига вольтметр ва осциллограф уланади.



2.93- расм



Стендди тармоққа улагандан сўнг, U_1 ва U_2 кучланишларни ўлчаб, олинган маълумотларни 2.58- жадвалга ёзилади. Осциллограф экранидagi эгри чизикни шаффоф қоғозга кўчириб олинад.

3. I ва 2- пунктлар нагзука режими учун қайтарилади. Нагзука қаршилиги Γ амперметр орқали уланади.

2.58- ж а д в а л

Тўғрилагичнинг тип	Салт ишлаш режими				Нагзука режими			
	Филтрсиз		Филтр билан		Филтрсиз		Филтр билан	
	U_1	U_2	$K = \frac{U_2}{U_1}$	$\frac{U_2}{U_1}$	U_1	U_2	$K = \frac{U_2}{U_1}$	$\frac{U_2}{U_1}$
I								
II								
III								
IV								

4. I, 2 ва 3- пунктларда кўрсатилган ишларни тўғрилагичнинг бир фазали кўприк (II) схемаси учун ҳам бажариш керак.

5. Стендди манбадан ажратиб, осциллографнинг ўзини ўчирмасдан унинг қисмларини филътрининг клеммаларидан узилди. Уч фазади ток тўрт симли тармоғининг *OABC* қисмларига, уч фазади тўғрилагичнинг (2.93-расм, III схема) бир номили клеммалари уланади. Вольтметр V_1 ни уч фазади тармоқнинг *O—A* қисмларига, вольтметр V_2 ни эса тўғрилагичнинг "+" ва "-" клеммаларига уланади. Вольтметр V_2 га параллел қилиб осциллографнинг қисмлари уланади. Стендди манбага улаб, ўлчашдан олдинг маълумотларни 2.58-жадвалга ёзилади. Осциллографни солаб олдинг эгри чизиклар шиффо қозоғга кўчириб олинди.

6. Филътрни улаб, 2-пунктда айтилган тартибни сақлаган ҳолда, 5-пунктда кўрсатилган ишлар такороланади.

7. Осциллографни ўчирмасдан, стендди манбадан ажратиб, схема бузилади. Кўприк схемали уч фазади тўғрилагич уч фазади тармоқнинг *A, B, C* қисмларига 2.92-расмнинг IV схемасида кўрсатилгандек уланади. Тўғрилагичнинг "+" ва "-" клеммаларига осциллографнинг кириш қисмлари уланади. Стендди манбага улаб, ўлчашдан олдинг маълумотларни 2.58-жадвалга ёзилади. Осциллограф экранда ҳосил бўлган эгри чизиклар шиффо қозоғга кўчириб олинди, ҳисоботга киригилади.

8. Схемата филътрни 2-пунктда айтилган тартибда улаб, 7-пунктда кўрсатилган ишлар такороланади.

9. 7 ва 8-пунктларда кўрсатилган ишлар тўғрилагичнинг наг-рузка режими учун такороланади.

10. Тўғрилагичнинг саат ишлаш ва нагрузка режимларидан олдинг маълумотлар бўйича нагрузка қаршилиги r_n ни ва вен-тилардан биронтасининг ички қаршилиги r_n аниқланади.

$$r_n = \frac{U_{2n}}{I_n}, r_n = \frac{U_{20} - U_{2n}}{I_n}.$$

11. Иш бўйича ҳулоса берилади.

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

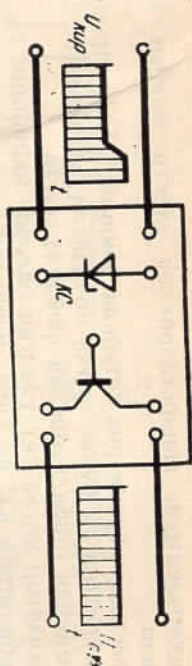
1. Ўзарувчан токни тўғрилаш процесси нимадан иборат?
2. Синусоидал ўзарувчан кучланишнинг ўртача ёки тўғриланган қиймати нимага тен?
3. Кўп фазади тўғрилагичларнинг бир фазади тўғрилагичлардан афзаллиги нимадан иборат?
4. Текисловчи филътрларнинг вазифаси нимадан иборат?
5. Ўзармас токнинг манбаи тарафда унинг махсус манбааларидан (электромашинани, химиявий ва б.) ёки ўзарувчан токни тўғрилаб фойдаланишнинг қайси бири иқтисодий жиҳатдан маъқул ҳисобланади?
6. Тўғриланган токдан қайси соҳаларда фойдаланилади?
7. Ўзарувчан токни тўғрилаш учун қандай асбоблардан фойдаланилади?

27-лаборатория иши

ЯРИМ ЎТКАЗГИЧЛИ ЎЗАРМАС КУЧЛАНИШ СТАБИЛИЗАТОРЛАРИ

1. Ишни бажаришдан мақсад

Ярим ўтказгичли ўзармас кучланиш стабилизаторларининг ишлаш принципи ва хarakterистикалари билан танишиш.



2.94-расм.

II. Ишга оид назарий тушунчалар

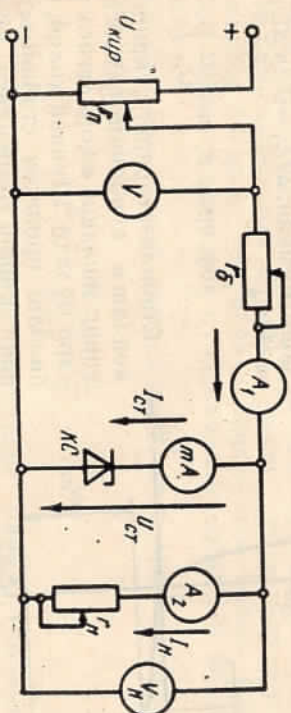
Берилган кучланишнинг қийматини маълум чегарада ўзгартирувчи (ностабиловчи) факторлар таъсир этганда нагрузкадаги кучланишнинг (ёки токнинг) қийматини амалда ўзгаришсиз сақлаб тура оладиган қурилма кучланиш (ёки ток) стабилизатори дейилади (2.94-расм). Ностабиловчи факторларга нагрузка хarakterи ва токнинг ўзгариши, шунингдек, манба кучланишининг ўзгариши киради.

Кучланишнинг ёки токни стабиллашнинг параметрик ва компенсацион усуллари фарқ қилинади.

Параметрик стабилизаторларда стабиллаш хусусияти ноқизиқли элементнинг (н. э.) хarakterистикалари билан аниқланади. Ноқизиқли элементларда кучланиш билан ток орасидаги боғла-ниш ноқизиқлидир. Ноқизиқли элемент тарзида стабилитронлар, термисторлар, бареттерлар, транзисторлар, ноқизиқли индуктив-лик ва ҳоказолардан фойдаланилади.

Компенсацион стабилизаторларда чиқиш томондаги кучланишнинг берилган эталон кучланишга нисбатан ўзгариши ўлчанади ва шу миқдордаги сигналнинг ростловчи элементнинг таъсири таъ-қосланади. Бунда ростловчи элементнинг қаршилиги стабилла-торнинг чиқиш томондаги кучланишнинг белгиланган эталон миқдордан оғишини (ўзгаришини) компенсациялайдиган даража-да ўзгаради.

Стабилизаторлар турли автоматик ва бошқариш системалари қурилмаларининг электр манбаи тарафда кенг қўлланади. Маса-дан, ҳисоблаш машиналарининг, шунингдек, телевизорлар ва



2.95-расм.

бошқа радиоэлектрон аппаратларнинг электр манбан тарзида ишлатилади.

2.96-расмда параметрик стабилизаторнинг (ПС) принципиал схемаси кўрсатилган бўлиб, унда ноқизиқли элемент (н. э.) тарзида кремнийли стабилизатордан фойдаланилган.

Стабилизатор кетма-кет уланган бағласт қаршилик r_6 , кремнийли стабилизатор КС ва унга параллел уланган нағрузка r_n дан иборат. Бундай параметрик стабилизатор, ҳар қандай но-стабилловчи факторлар таъсир этганда, айниқса, кириш томондаги кучланиш $U_{кр}$ ўзгарганда ҳам нағрузкадаги ўзгармас кучланишнинг стабиллигини таъминлайди.

Схеманинг ишлаш принципи

Схемадаги ток ва кучланишлар Кирхгоф қонуниларига биноан аниқланади:

$$I_{кр} = I_{ст} + I_n; U_{кр} = U_{ст} + I_{кр} \cdot r_6.$$

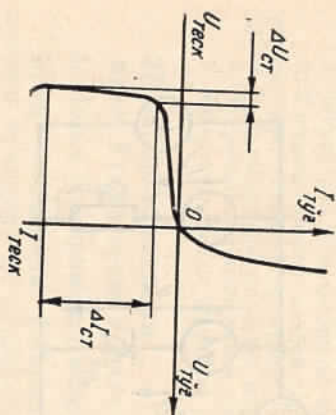
Стабилизаторнинг кириш томонидagi кучланиш $U_{кр}$ ортганда, унинг чиқиш томонидagi кучланиш $U_{чик}$ ҳам ортишга интилади. Стабилизаторда кучланишнинг озгина ортиши, унинг вольт-ампер харақтеристикасига биноан (2.96-расм) токнинг кескин ортишига сабаб бўлади. Стабилизатордан ўтаётган $I_{ст}$ токнинг ортиши билан бағласт қаршиликдаги кучланишнинг тушуви ҳам ортади, чунки $I_{ст}$ токи $I_{кр}$ токнинг ташкил этувчисиدير. Стабилизаторнинг нағрузкаси r_n даги кучланиш шундай $\Delta U_{ст}$ қийматига ўзгарадики, стабилизаторнинг қаршилиги қанчалик кичик бўлса, бу қиймат ҳам шунчалик кичик бўлади.

Шундай қилиб, стабилизаторнинг кириш томонидagi ($U_{кр}$) кучланишнинг ортиши бағласт қаршилик билан стабилизатордаги $\Delta U_{ст}$ ва $\Delta U_{кр}$ кучланишларнинг ўзгаришлари орасида тақсимланади, яъни:

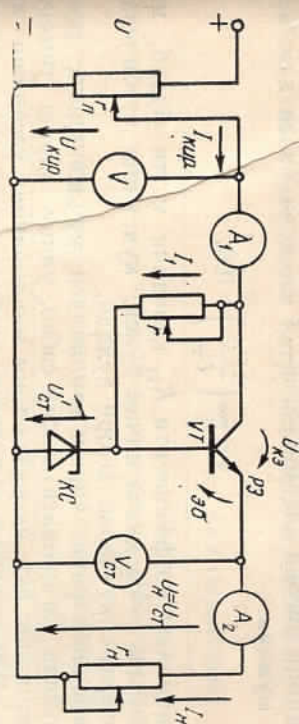
$$\Delta U_{кр} = \Delta U_{ст} + \Delta U_{кр}.$$

Кремний стабилизаторда параметрик стабилизаторларда бағласт қаршилиги стабилизатор харақтеристиканинг динамик қаршилигидан кўп марта катта ($r_6 \gg r_n$) бўлганда стабил (барқарор) ўзгармас кучланишни таъминлаш мумкин. $\Delta U_{ст} \rightarrow 0$ да $\Delta U_{кр} \approx \Delta U_{ст}$.

$$\left(\text{бу ерда } r_n = \frac{\Delta U_{кр}}{\Delta I_{кр}} \right).$$



Стабилизаторнинг кириш томонидagi кучланиш камайганда унинг ишлаш юқоридagi тез-қари бўлади. Шундай қилиб, стабиллаш процесси стабилизаторнинг кириш томонидagi кучланишнинг анчагина $\pm \Delta U_{кр}$ микдорига ўзгарганда, унинг чиқиш



2.97-расм.

томонидagi кучланишнинг жуда озгина $\pm \Delta U_{ст}$ микдорга ўзгаришни таъминлайди.

Оддий компенсацион кучланиш стабилизаторининг схемаси 2.97-расмда кўрсатилган.

Схемадаги транзистор — T ростловчи элемент хисобланади. Унинг базасига кучланиш, стабилизатор $U_{ст}$ ва резистор r ёрдамида берилади. r_n нағрузкадаги кучланиш стабилизаторга берилган кучланишдан транзистор T нинг эмиттер — база ўтишдаги кучланишнинг пасанови микдорича (тахминан 0,5 В) кичик бўлиб, базасидаги ток эса

$$I_6 = I_n \cdot (\beta + 1),$$

бу ерда: β — транзисторнинг кучайтириш коэффициенти; I_n — нағрузка токи.

Мазкур стабилизаторда кириш кучланиши $U_{кр}$ нинг ўзгариши транзисторнинг „коллектор — эмиттер“ ўтишдаги кучланишнинг ўзгариши $U_{к.э.}$ билан компенсацияланади.

Стабилизаторнинг кириш томонидagi кучланиш ортганда резистор r даги кучланиш ҳам ортиб, транзистор базасининг потенциал эса коллекторга нисбатан камайди. Бунинг натижасида транзистор базасининг токи камайиб, унинг „коллектор — эмиттер“ ўтишдаги ўзгармас ток бўйича қаршилиги ортиб, стабилизаторнинг чиқиш томонидagi кучланишнинг ортишини компенсациялайди.

Стабилизаторнинг ишлаш сифати унинг стабиллаш коэффициенти билан аниқланади:

$$K_v = \frac{\Delta U_{кр}}{U_{кр}} : \frac{\Delta U_{ст}}{U_{ст}},$$

бу ерда: $U_{кр}$ ва $\Delta U_{кр}$ — стабилизаторнинг кириш томонидagi номинал кучланиш ва унинг ўзгариши; $U_{ст}$ ва $\Delta U_{ст}$ — стабилизаторнинг чиқиш томонидagi номинал кучланиш ва унинг ўзгариши.

$$\delta\% = \left(\frac{\Delta U_{cr}}{U_{cr}} \right) \cdot 100.$$

Стабилизаторнинг чиқиш томонидagi кучланишнинг номини кийматидагн ўзгаришга асосий сабаб, унинг кйриш томонидаги кучланишдан ёки напурузка токи микдорининг ўзгариши ҳисобланади. Шу туфайли кучланиш стабилизатори учун боғланиш $U_{cr} = f(U_{кр}, I_n)$ асосий ҳисобланади.

III. Ишни бажариш тартиби

2.59-жа даял

[illegible]

2.60-жа двал

[illegible]

230

2.61-жа двал (параметрик)

[illegible]

2.62-жа двал (компенсацион)

[illegible]

Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

- 231

Электротехника ва электроника асослари бўйича лаборатория ишларига оид адабиётлар

Лаборатория иш номери	Под редакцией В. С. Пантюшина "Общая электротехника" М., "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., "Ўқитувчи", 1979	В. Г. Герасимов и др. "Основы промышленной электротехники", М., "В. Ш.", 1978
1	2	3	4	5	6
1	35—39, 47—48-бетлар	8—26-бетлар	5—12; 14—16-бетлар	7—29-бетлар	—
2	63—65	—	—	—	—
3	71—116	46—84	101—123	31—48	—
4	71—116	46—87	101—113; 128—132	34—48	—
5	94—97	94—97	123—127	70—80; 84—86	—
6	—	97—99	132—137	80—90	—
7	148—160	107—112; 119—123	154—162; 169—177	106—117; 120—124	—
8	148—161	112—114; 120—123	154—169	117—120	—
9	329—332; 351—355	114—115; 116—119	—	123—128	—
10	332—335	277—284	—	—	—
11	39—41	40—46	45—51; 202—220	269—280	—
12	256—258	183—190	—	315—320	—
13	268—286	166—182	288—311	—	—
14	285—292	182—188	315—330	—	—
15	374—381; 394—398	297—303; 315—319	425—430; 439—447	—	—

2.63-жадвал (давоми)

1	2	3	4	5	6
16	397—404	320—328	458—465	—	—
17	404—407	328—331	453—465	—	—
18	410—418; 430—431; 44—452	334—347; 355—370	340—374	—	—
19	411—426; 445—446; 450—452	334—347; 355—371	340—353; 359—380	—	—
20	480—487	376—389	400—413	—	—
21	467—480	391—395	414—423	—	—
22	163—165	92—94; 97—98	132—137	—	—
23	—	298—305	—	—	53—62-бетлар 72—78
24	—	208—217	—	—	86—88
25	—	223—231; 247—248	—	—	101—126
26	—	218—222	—	—	176—189; 194—197
27	—	211—212; 250	—	—	190—194

ИЛЛОЛАР

Базис физик-техник катталикларнинг ҳалқаро бирликлар системаси (СИ) даги умумий ўлчов бирликларининг жадвали

1-илова

Катталикларнинг номи	Катталик-дарининг белгиси-шиси	Ҳалқаро (СИ) ўлчов бирликлари системасида асосий белгилар	
		Номи	Белгиланиши
Узунлик	l	метр	м
Юз	S	кв. метр	м ²
Хажм	V	куб. метр	м ³
Масса	m	килограмм	кг
Вақт	t	секунда	с
Тезлик	v	секундага метр	м/с
Тезланиш	a	секундага 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
Бўرىчак тезлиги, бўرىчак частотаси	ω	секундага радиан	рад/с
Ясири бурчак	$\alpha = \omega t$	радиан	рад
Куч моменти	M	Ньютон метр	Н·м
Актив қувват	P	ватт	Вт
Реактив қувват	Q	вольт-ампер реактив	ВАр
Тула қувват	S	вольт-ампер	ВА
Кўчаниш, электр юритувчи куч	U, E	вольт	В
Тоқ кучи	I	ампер	А
Тоқ кучининг зичлиги	j	ампер тақсим квадрат метр	А/м ²
Заряднинг электр миқ-дори	Q	кулон	Кл
Электр майдон куч-лангандлиги	E	метрда вольт	В/м
Сигим	ϵ	фарада тақсим метр	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	2	3	4
Электр ўтказувчанлик	σ	Сименс	$S_m \left(\frac{1}{\Omega \cdot m} \right)$
Солиштирма электр ўтказувчанлик	γ	Сименс тақсим метр	$S_m \cdot m$
Магнит оқими	Φ	Вебер	Вб
Магнит индукцияси	B	тесла (квадрат метрга вебер)	Т
Магнит майдон куч-дан аниқли	H	ампер тақсим метр	А/м
Индуктивлик	L	генри	Гн
Реактив (индуктив, ситим) қаршиликлар	X	Ом	Ом
Тула қаршилик	Z	Ом	Ом
Электр тоқининг частотаси	f	Герц	Гц
Электр тоқининг даври	T	секунда	с
Жуфт кўтадар сони	p	ўлчамсиз	
Ўлтам ўралари сони	w	ўлчамсиз	

2-илова

Базис изоляция материалларининг асосий электр харақтеристикалари

Материалнинг номи	Вакуумга икбатан диэлектрик синдирувчанлиги γ	Электр муқоавматлиги	
		$\epsilon_{\text{т}}$ 10 ⁶ В/м	мм қалинликда ўлчаётган
Ханго	1,0	3,0	—
Дистилланган сув	2,2	8,0—16,0	2,5
Трансформатор мойи	3,4—3,6	20,0—30,0	0,15—0,2
Парафин шимдирилган қорғоз	5,3	10,0—15,0	1,0 ÷ 15,0
Чинни	5,5—9,0	10,0—40,0	—
Шипа	5,0—7,5	80—200	0,05
Слода	5,2	15,0—20,0	3,0
Миканит	2,7	16,0—25,0	1,0—2,5
Резина	2,3—2,75	100—110	—
Полиэтирол	4,5	8,0—12,0	10,0
Гетинакс	4,0—6,0	9,0—14,0	1,0
Электр изоляция кардон			

Ўтақизгицларнинг асосий харақтеристикалари

3-илов

Материалнинг номи	Зицлиги, кг/м³	Солиштирма қаршичилиги, $\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$	Солиштирма ўтказувчанлиги, $\frac{\text{м}}{\text{Ом} \cdot \text{мм}}$	0 дан 100 °С га аниқлик сизими, Ж(кг.°С)	Қаршиликнинг 0 дан 100°С гача температура коэффициенти, °С ⁻¹	Эриш температураси, °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
Пўлат сим	7900	0,13	7,6	0,46	0,00625	1400
Калай	7300	0,143	7	0,234	0,0044	232
Кўрошин	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
Фехрал	7600	1,4	0,7	—	0,00028	140
Манганин	8100	0,42	2,38	—	0,000006	960

Уч фазаги занжирнинг актив қаршиликлари (Ом)

4-илов

Фазага	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	36	20
B		30	20	45	10	20	20			50	30
C		30	30	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		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		20		35	30	10	
C		10	20		25	10				30	30

Уч фазаи 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	61,0
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		164
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	60,9	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		116
A	8		48	127		63,6	143		127		96
B		63,6	140		102	115	153				164
C		76,4	57,3	64	80		48	99,5		89	127

Уч фазаи занжирнинг снгимлари (мкФ)

6-илов

Фаза-лар	Вари-антлар	1	2	3	4	5	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		71

Фаз- аппар	Вари- антлар	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	127	64	318	106		318	71	80	91		
B	6	133	159	159	212			159	133	127	
C	76		127		71	159	133	96,5		76	
A	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	80	91		159		91	106	71		159	
B		159	88,5			133		114	89		
C	177		152		212		88,5	82	152	106	
A	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	

ЖАВОБЛАР

1-606.

1-1. $I = 5$ A; $U_1 = 25$ В; $U_2 = 50$ В; $U_3 = 75$ В. 1-2. $I = I_0 = 5$ A; $I_2 = I_3 = 2,5$ A; $I_4 = I_5 = 1,25$ A. 1-3. $I = 10$ A. $U = 200$ В. 1-4. $I = 15$ A; $\omega = 16,5$ кВт-сорт. 1-5. $U_1 = 224,4$ В. 1-6. $r_9 = 2,5$ Ом. 1-7. $I_1 = 3,5$ A; $I_2 = I_3 = 2,5$ A; $P = 390$ Вт. 1-8. $I_1 = 4,5$ A; $I_2 = 3$ A; $P = 630$ Вт. 1-9. $I_1 = 1$ A; $I_2 = 2$ A; $U_{\text{ан}} = 10$ В; $r_4 = 150$ 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; $P = 220$ Вт. 1-14. $U = 55$ В; $I = 11$ A; $I_1 = I_2 = 5,5$ A; 1-15. 8 ; 18 ; 32 ; $0,18$ A; $0,3$ A; $0,26$ A. 1-18. 284 м. 1-19. $2,518$ м; $0,75$ A. 1-20. 4 A; 2 A; 30 Ом; 60 Ом; 1-21. $I_1 = I_0 = 10$ A; $I_2 = I_3 = 5$ A; $U = 100$ В; $P = 1000$ Вт. 1-22. $U = 120$ В; $E = 124$ В; $P = 2000$ Вт. 1-27. $I_1 = I_2 = 1$ A; $I_3 = 2$ A; $I_4 = 3$ A; $I_5 = 4$ A. 1-28. $I_1 = 1,7$ A. 1-29. $I_1 = 1$ A; $I_2 = 4$ A; $I_3 = 5$ A; $I_4 = 2$ A; $I_5 = 10$ A; $I_6 = 3$ A. 1-30. r_3 кармилкин шокобанн сундуй адратганимизда $I_{\text{ан}} = U_{\text{ан}} = 50$ В. 6-дүгдүгү, r_3 ниг хэр кандай кийматиде $U_{\text{ан}} = 0$ булад. 1-31. $I_1 = 3,5$ A; $I_2 = 9$ A; $I_3 = 7,5$ A; $I_4 = 6$ A; $I_5 = 1,5$ A; $P = 1620$ Вт. 1-32. $I_1 = 2,2$ A; $I_2 = 0,6$ A; $I_3 = 1,6$ A.

2-606

2.1. $C = 44,3$ пФ; $E = 0,5$ кВ/см. 2.2. $E = 66,6$ кВ/см. чунки, хано оралинн 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; $C_{\text{сэв}} = 20$ мкФ. $\omega_g = 0,9$ Ж. 2.7. $C_{\text{сэв}} = 1$ мкФ. 2.8. $C_{\text{сэв}} = 3,43$ 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; $\omega_3 = 6,67 \cdot 10^{-8}$ 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.

3-606.

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. $I = 1300$ А. 3.10. $F_1 = 0,2 \cdot 10^{-2}$ Н; $F_2 = 0,2$ Н.

4-606.

4.1. $T = 0,0025$ сек; $\omega = 2512$ /сек. 4.2. $P = 24$; $\gamma = 0,02$ сек. 4.3. $I = 2,73$ A; $Z = r = 80,6$ Ом; $\omega = 1,8$ кВт. сорт. 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; $Q = 1,8$ кВАР; $S = 2,2$ кВА. 4.10. $I = 3$ A; $U_1 = 45$ В; $U_2 = 120$ В; $P = 135$ Вт; $Q = 30$ ВАР; $S = 3,1$ 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; $I = 4$ A; $Q_L = 709$ 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; $\gamma = 9$ кВАР; $I = 39,6$ A. 4.20. $I = 0,34$ A; $W_m = 0,24$ Ж. 4.21. $r = 25$ Ом; $C = 87,3$ мкФ; $Q = 784$ ВАР; $S = 800$ ВА; $\cos \varphi = 0,45$. 4.23. $r = 296$ Ом; $P = 29,3$ Вт. 4.21. $I = 5$ A. 4.25. $I = 14,1$ A; $U_1 = 310$ В; $U_2 = 141$ В; $P = 1983$ Вт; $Q = 2357$ ВАР; $S = 3102$ ВА. 4.26. $U_1 = 220$ В; $U_2 = 0$.

4.27. $C = 63,7$ мкФ. 4.30. $f = 0$; $I = 50$ 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; $\cos \varphi_F = 0,414$; $\cos \varphi_C = 0,205$ (мощный). 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 питаганди $I_A = 11$ А; $I_B = 6$ А; $I_C = 4$ А; $I = 5,5$ А. С фазиси узилганда $I_A = 11$ А; $I_B = 6$ А; $I_C = 9,5$ А. В ва С фазалари узилганда $I_A = 11$ А; $I_B = 10$ А; $I_C = 15$ А; $I = 20$ А; $I_0 = 9,5$ 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; $I_C = 253$ В; $U'_B = 127$ В; 5.9. $U'_A = 195$ В; $U'_B = 30$ В. 5.10. $I_0 = 10$ А. 5.11. 1. $I_a = I_b = I_c = I_0 = 31$ А; 2. $I_a + I_b = 31$ А; 3. $I_a = I_b = 54$ А. 5.12. 1. $I_{\Phi A} = 13$ А; $P_{\Phi} = 3387$ Вт; $Q_{\Phi} = 3387$ ВАр; $S_{\Phi} = 4839$ ВА. $I_{\Phi A} = 22$ А; $P_{\Phi} = 10164$ Вт. $Q_{\Phi} = 10164$ ВАр; $S_{\Phi} = 14520$ ВА. 5.13. $I_{\Phi} = 5$ А; $I_a = 8,65$ А; $r_{\Phi} = 24,4$ Ом; $X_{\Phi} = 72$ Ом. $Z_{\Phi} = 75$ 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. узилган калдар. $I_{AB} = 5$ А; $I_{BC} = 8$ А; $I_{CA} = 12$ А; $I_A = 15,5$ А; $I_B = 12$ А; $I_C = 17,5$ А. узилган кейин. $I_{AB} = 5$ А; $I_{BC} = 3$ 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; $I_A = I_C = 4,55$ А; $I_B = I_{BC} = 4,55$ А; $I_C = 3,8$ А; 5.18. $I_{\Phi A} = 7,58$ А; $I_{\Phi B} = 13,1$ А; $P_{\Phi} = 15$ кВт. 5.19. $Q_1 = 45,24$ кВАр, $S_A = 8,75$ кВА; $P_A = 21$ кВт; $Q_A = 15,7$ кВАр; $S_A = 26,2$ 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 6V. 6.2. $U_1 = 230$ В; $U_2 = 150$ В; 6.3. $I_A = 7,55$ А; $I_B = 9,44$ А. 6.4. $\pm 1,25$ В; $\pm 2,5$ В; $\pm 3,75$ В; ± 5 В; $\pm 6,25$ В. 6.5. $r_A = 7,5 \cdot 10^{-3}$ Ом. 6.6. $r_{\Phi} = 11579$ Ом. 6.7. $r_{1\Phi} = 367$ Ом. Коллар. $r_{2\Phi} = 1600$ Ом; $r_3 = 18000$ Ом; $r_{2\Phi} = 20000$ Ом. 6.8. $P = 1000$ Вт. 6.9. $\Delta A = 0,2$; $\eta = 2,44$ %; $\eta_{\Phi} = 2$ %. 6.10. 2,5; 6,11; 0,77 %; -2,3 %; 6,12. 2,95 %; 1,7 %; 6,13. $U_1 = 33,250$ В. 6.14. $C = 3$ А/6V. 6.15. $P = 20$ кВт. 6.16. $I_a = 288$ А; $U_A = 2700$ В; $P = 777,6$ кВт. 6.17. $I = 480$ А. 6.18. $C_{\Phi} = 2812,5$ Вт. сек/айл. 6.19. $C_{\Phi} = 1428,6$ 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. $I_{1\Phi} = 2,5$ А; $I_{2\Phi} = 20$ А; $w = 1600$; $w_2 = 200$. $z_1 = 320$ Ом. $z_2 = 5$ Ом. 7.3. $w_2 = 30$; $w_3 = 120$; $w_4 = 600$. 7.4. $P = 10$ кВт. 7.6. Барча хойларда 380/220 В 6V. 7.7. $\Delta U_1 = 22,85$ В; $\Delta U_2 = 19$ В; $\Delta U_3 = 14,3$ В; $\Delta U_4 = 9,5$ В; $\Delta U_5 = 4,8$ 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. $w_2 = 360$; 2. $U_{12} = 100$ В; 3. $w_1 = 120$; $w_2 = 540$; $U'_1 = 180$ В. $U'_{12} = 40$ В. 7.9. $w_2 = 440$; 220; 144 ва 48. 7.10. $w_2 = 600$. 7.11. $I_1 = I_2 = 5$ А. 7.12. $I_1 = 120$ мА; $I_2 = 300$ мА; $I_3 = 180$ мА.

8-606.

8.1. $n = 960$ 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. $P = 3$; $n_{\Phi} = 1000$ айл/мин. $s_{\Phi} = 2,5$ %; $\omega_2 = 308$ рад/сек; $\omega_2 = 295$ рад/сек. 8.11. 2 марта камади. 8.12. $P_{\Phi} = 41,1$ кВт. $M_{\Phi} = 489$ Н.м.; $I_{\Phi} = 130$ А; $I_2 = 75,3$ А. 8.13. $\eta_{\Phi} = 1500$ айл/мин; $s_{\Phi} = 1,33$ %; $M_{\Phi} = 581$ Н.м. $M_{\Phi} = 697,2$ Н.м. $M_{\Phi} = 1336,3$ Н.м.; $I_{\Phi} = 1956,5$ А; $I_{\Phi} = 1134$ А. 8.14. $M_{\Phi} = 144$ Н.м.; $M_{\Phi} = 158,4$ Н.м. $M_{\Phi} = 317$ Н.м.; $M_{\Phi} = 163$ Н.м.; $M_{\Phi} = 129$ Н.м. 8.15. $P = 4,7$ кВт; 15 сун 90 тийин. 8.16. $P_{\Phi} = 144,3$ кВт; $\cos \varphi = 0,889$. 8.18. $I_{\Phi} = 3,25$ А; $I_{\Phi} = 5,05$ А; $Q_1 = Q_2 = 0,5$ кВАр; $S_1 = 0,7$ кВА; $S_2 = 1,1$ кВА.

9-606.

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.

10-606.

10.1. $C_{\Phi} = 2$ 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. $I_{\Phi} = 11$ А; $I_a = 261$ А. 10.8. $U_{\tau} = 220$ В. 10.10. $I_{\Phi} = 5,65$ А; $r_{\Phi} = 40,7$ Ом; $I_{\Phi} = 322$ А; $r_{\Phi} = 0,027$ Ом; $E = 239$ В. 10.11. $P_2 = 120$ кВт; $r_{\Phi} = 31$ Ом; $r_{\Phi} = 1,2$ Ом. 10.13. $E = 242,5$ В; $r_{\Phi} = 3$ А; $I_{\Phi} = 1$ = 65 А. $\eta = 90,8$ %. 10.14. $U_{\tau} = 235$ В; $r_{\Phi} = 94$ Ом. 10.16. $r_{\Phi} = 48$ Ом. 10.17. $E_{\tau} = 108$ В; $n = 818$ айл/мин. 10.20. $M_{\Phi} = 32$ Н.м. $P_{\Phi} = 4,62$ кВт; $I_{\Phi} = 42$ А; $E = 1058$ В; $n_{\Phi} = 1,21$ Ом. 10.21. $n^1 = 1298$ айл/мин; $n^{11} = 1201$ айл/мин; $n^{111} = 1104$ айл/мин.

М У Н Д А Р И Ж А

Сўз боши	1
Б и р и н ч и қ и с м	1
Масалалар	1
1-606. Ҳаттамас ток занжирлари	18
2-606. Электр майдон ва конденсаторлар	19
3-606. Электромагнетизм	20
4-606. Бир фазаги ўзарувчан ток занжирлари	24
5-606. Ҳч фазаги ўзарувчан ток занжирлари	24
6-606. Электр ўташлар	24
7-606. Трансформаторлар	24
8-606. Асинхрон машиналар	26
9-606. Синхрон машиналар	26
10-606. Ҳаттамас ток машиналари	26
11-606. Электроника асослари	27
Иккинчи қисм	29

Лаборатория ишлари

1-лаборатория иши. Ҳаттамас токнинг олдин электр занжир- ларини текшириш	67
2-лаборатория иши. Икки манбагли занжирни суперпозиция (усташ) усули билан ҳисоблашни амалда текшириш	91
3-лаборатория иши. Ҳаттамас ток занжирларида электр энер- гияси истеъмолчиларини кетма-кет улаш	94
4-лаборатория иши. Ҳаттамас ток занжирларида электр энергияси истеъмолчиларини параллел улаш	102
5-лаборатория иши. Кучланишлар резонанси	108
6-лаборатория иши. Тўғри резонанси	111
7-лаборатория иши. Истеъмолчилар юлдуз схемада уланган Ҳч фазаги ток занжирини текшириш	117
8-лаборатория иши. Истеъмолчилар учбурчак схемада уланган Ҳч фазаги ток занжирини текшириш	121
9-лаборатория иши. Ҳч фазаги ток занжирларидаги қувватни ўлаш	120
10-лаборатория иши. Бир фазаги индукцион сўтчикни текшириш	131
11-лаборатория иши. Ночизикли элементлари бўлган электр зан- жирларни текшириш	136
12-лаборатория иши. Феррорезонансли кучланиш стабилизатори	140
13-лаборатория иши. Бир фазаги трансформаторни текшириш	143
14-лаборатория иши. Ҳч фазаги трансформаторни текшириш	148
15-лаборатория иши. Параллел уйғотишли Ҳаттамас ток генера- торини текшириш (шунгли генератор)	154
16-лаборатория иши. Параллел уйғотишли Ҳаттамас ток двигате- лини текшириш	159
17-лаборатория иши. Кетма-кет уйғотишли, Ҳаттамас ток дви- гателини текшириш	166

18-лаборатория иши. Ҳч фазаги қисқа гўташтирилган роторли асинхрон двигателнинг иш режимини текшириш	171
19-лаборатория иши. Фаза роторли Ҳч фазаги асинхрон двига- телнинг иш режимини текшириш	178
20-лаборатория иши. Ҳч фазаги синхрон генераторнинг ишлаган режимини текшириш	183
21-лаборатория иши. Ҳч фазаги синхрон двигателни текшириш	189
22-лаборатория иши. Конденсаторлар ёрдамида асинхрон двига- телнинг қувват коэффициентини ошириш	193
23-лаборатория иши. Электрон асбоблар дуюд, туюд, тетуюд ва пентодларнинг характеристикаларини олиш ва параметрларини аниқ- лаш	197
24-лаборатория иши. Ярим ўтказгичли дуюд, стабилитрон ва тристорларнинг статик характеристикаларини текшириш	206
25-лаборатория иши. Лампали ва ярим ўтказгичли кучайтиргич- лар	213
26-лаборатория иши. Ҳаттамас токни тўғридан занжирлари	221
27-лаборатория иши. Ярим ўтказгичли Ҳаттамас кучланиш ста- билизаторлари	226
Иловадлар	234
Жавоблар	241

На узбекском языке

Каримов Анвар Саидабдуллаевич,
Мирҳайдаров Мирсобитдин Мирҳусанович,
Блехман Сергей Григорьевич,
Попов Виктор Александрович

ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОНИКИ
(Сборник задач и лабораторных работ)

Учебное пособие для ВУЗов

Ташкент "Учпитуви" 1989

Махсус муҳаррир **Ф. Шоғкулов**
Нашриёт муҳаррири **А. Аҳмедов**
Базийи муҳаррир **Ф. Неъматидинов**
Тези муҳаррир **Н. Комиссарова, Л. Габдрахманова**
корректор **Н. Абдуллаева**

ИБ № 4727

Терипга берилди 18.09.88, босишга рухсат этилди 18.04.89,
Р-10582, Формати 60×90/16, Тип, қоғози № 2, Кетми 10 шунот
сиз. Литературал гарнитурда, Юкори босма усулида босил-
ди. Шартли 0, 2, 15.5, Шартли 49-отт, 15.69. Нашр. н. 13.3.
Тиражи 6000. Зав. № 6080. Бахоси 65 т.

"Учпитуви" нашриёти, Тошкент — 129 Навоий кўчаси, 30.
Шартнома 11—178—88.

Область газеталарининг **М. В. Морозов** номидиги босмахо-
ниси. Самарканд, У. Турсунов кўчаси, 82, 1989.

Областан типография иници **М. В. Морозова, Самарканд**,
ул. У. Турсунов, 82.

Электротехника ва электроника асослари
(масаладар тўплами ва лаборатория ишлари):
Олий ўқув юр. учун ўқув қўлланма. А. С. Ка-
римов, М. М. Мирҳайдаров, С. Г. Блейхман,
А. Попов. 2-нашри. ЎТ.: Ўқитувчи, 1989. 248 б.

1. Каримов А. С. ва бошқ.
Основи электротехники и электроники (Сб. за-
дач и лабораторных работ).

ББК 31. 21+32. 85я73