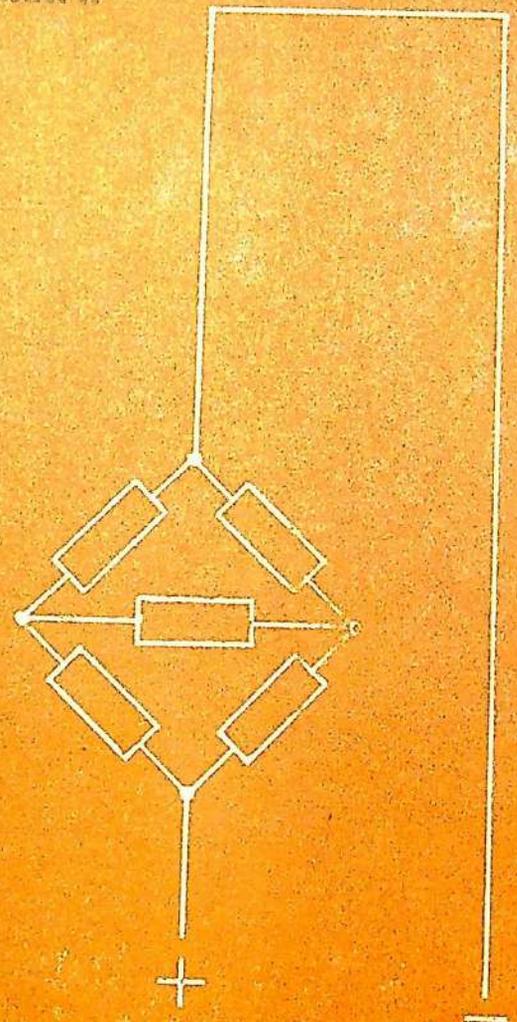


621.3
Э45
УК №51

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

МАСАЛАЛАР ТУПЛАМИ
ВА ЛАБОРАТОРИЯ ИШЛАРИ

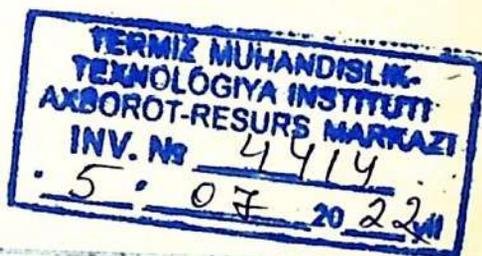


А. С. КАРИМОВ, К. П. БАТИРЕВ, В. П. КОВАЛЕНКО,
М. М. МИРҲАЙДАРОВ, А. Д. ХМЕЛЕВСКИЙ

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

МАСАЛАЛАР ТҮПЛАМИ ВА ЛАБОРАТОРИЯ ИШЛАРИ

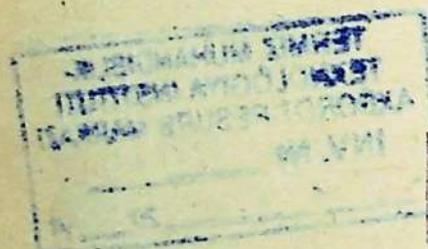
Ўзбекистон-ССР Олий ва махсус ўрта таълим вазирлиги олий техника ўқув юрталарининг электротехникадан бошқа ихтисослик студентлари учун ўқув қўлланмаси сифатида тавсия этган



© «Уқитувчи», нашриёти, 1975.

621.3
Э45

ОПИСАНО



Библиотека
ТИТЛП

К 30306—№ 88.
М353(06)—75 139—75

СЎЗ БОШИ

Ушбу «Электротехникага оид масалалар тўплами ва лаборатория ишлари» ўқув қўлланмаси олий техника ўқув юртларининг электротехникадан бошқа ихтисосликлари учун ~~Сўз~~ Олий ва махсус ўрта таълим министрлиги тасдиқлаган электротехника курси программасига асосан тузилди.

Қўлланма икки қисмдан иборат:

1. Электротехника курсининг бўлимлари бўйича масалалар тўплами.

2. Электротехника курсининг бўлимлари бўйича лаборатория ишлари.

Электротехника курсининг назарий қисмини масалалар ечиш билан биргаликда ўрганиш студентлар билим доираларининг кенгайишига, ишлаб чиқариш масалаларини ҳал этиш учун зарур билимларни эгаллашларига катта ёрдам беради.

Электротехника курсини мустақил ўрганувчи сиртқи бўлим студентларининг системали равишда масалалар ечиб боришлари алоҳида аҳамиятга эга.

Электротехника курси айрим факультет ва ихтисосликлар учун турли ўқув соатига мўлжалланганлигидан тўпلامнинг ҳар бир бўлимида масалаларнинг мураккаблиги ҳисобга олинган. Қандай мураккабликдаги масалалар ечилиши ўқитувчининг кўрсатмасига биноан танлангани мумкин.

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

Қўлланмада йиғирма иккита лаборатория иши бўлиб, уни бажариш шу машғулот учун ажратилган соатга боғлиқ. Шунинг учун бажарилиши зарур бўлган лаборатория ишларининг сонини кафедра методик йиғилишида ҳал этилади.

Студентларнинг лаборатория машғулотларини ўтказишга тайёрланишини осонлаштириш мақсадида ҳар бир лаборатория ишига тегишли назарий материал берилган. Бу эса лаборатория ишларини истаган тартибда бажариш имконини беради.

Ушбу қўлланма Тошкент политехника институти энергетика факультетининг «Умумий электротехника» кафедраси ўқитувчилар коллективи томонидан доц. А. С. Қаримовнинг умумий раҳбарлиги остида тузилган бўлиб, I қисмини А. С. Қаримов, В. П. Коваленко, К. П. Батирев, М. М. Мирҳайдаров, II қисмини А. С. Қаримов, А. Д. Хмелевский, К. П. Батирев, С. Г. Блейхман, В. А. Попов ва М. М. Мирҳайдаровлар ТошПИда 1972 йилда рус тилида нашр қилинган «Руководство к лабораторным работам по общей электротехнике» (авторлари А. Д. Хмелевский, К. П. Батирев, С. Г. Блейхман, В. А. Попов) асосида ёзганлар.

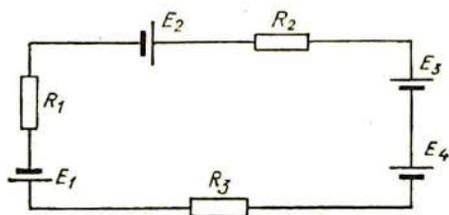
Ушбу қўлланмани тайёрлашда унинг қўл ёзмасини диққат билан кўриб чиқиб, қимматли маслаҳат ва кўрсатмалар берган Тошкент тўқимачилик ва енгил саноат институтининг доценти Н. Ф. Фозиловга, Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаштириш инженерлари институтининг доценти С. М. Мажидовга ва техника фанлари кандидати З. М. Солиховга, шунингдек, қўл ёзмани тайёрлашда ҳамкорлик қилган, Тошкент политехника институти «Умумий электротехника» кафедрасининг катта ўқитувчиси А. А. Кошкарров ва С. Р. Лутфуллаевага авторлар ўзларининг самимий миннадорчиликларини билдирадилар.

Биринчи қисм

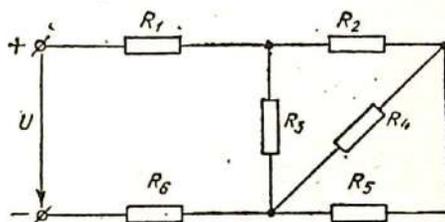
МАСАЛАЛАР

I. ҲЗГАРМАС ТОҚ ЗАҢЖИРЛАРИ

1- масала. Манбанинг электр юритувчи кучлари $E_1 = 110$ в, $E_2 = 36$ в, $E_3 = 60$ в, $E_4 = 24$ в, занжир участкаларининг қаршиликлари $R_1 = 30$ ом, $R_2 = 26$ ом, $R_3 = 35$ ом бўлган ҳол учун 1-расмда тасвир этилган электр занжиридаги токнинг йўналиши ва катталиги аниқлансин. Ҳисоблаш Кирхгофнинг иккинчи қонуни бўйича текширилсин.



1- расм



2- расм

2- масала. 2- расмдаги схемада кўрсатилган электр занжирининг қаршиликлари қуйидагига тенг:

$$R_1 = 12 \text{ ом},$$

$$R_2 = 3 \text{ ом},$$

$$R_3 = 15 \text{ ом},$$

$$R_4 = 24 \text{ ом},$$

$$R_5 = 24 \text{ ом},$$

$$R_6 = 4,5 \text{ ом}.$$

Занжирга берилган кучланиш $U = 120$ в. Ҳар бир қаршиликдан ўтаётган ток ва ундаги кучланиш тушуви аниқлансин. Қувватлар баланси текширилсин.

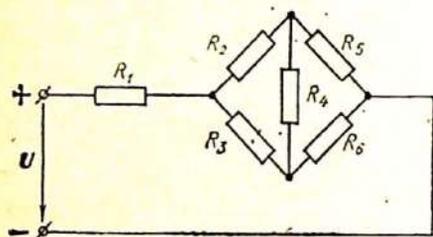
3- масала. Қиздириш печи ҳар бирининг қаршилиги 10 ом дан бўлган 12 та элементдан йиғилган. Агар ҳар бир элементнинг номинал токи 2 а бўлса, кучланиши 120 в бўлган манбага печни улаш схемаси чизилсин.

4- масала. Кучланиши $U = 110$ в бўлган ёритиш тармоғига ҳар бирининг қуввати 100 ваттли 5 та, 60 ваттли 10 та, 25 ваттли 3 та лампа уланган. Лампалардан ўтаётган ток, чўгланма спиралининг қаршиликлари ҳамда ёриткичларнинг умумий қуввати аниқлансин.

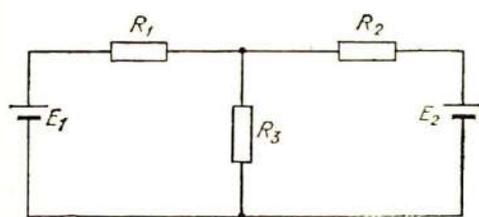
5- масала. Икки симли линия охирига қуввати $P_1 = 22$ кВт ли электр двигатели билан умумий қуввати 2,2 кВт бўлган бир группа лампалардан иборат энергия истеъмолчилари параллел уланган. Битта линия симининг қаршилиги 0,02 ом. Истеъмолчиларнинг қисмаларидаги кучланиш $U_2 = 220$ в. Линия бошидаги кучланиш аниқлансин.

6- масала. $R_1 = 0,25$ ом, $R_2 = 4,5$ ом, $R_3 = 1,5$ ом, $R_4 = 3$ ом, $R_5 = 1,5$ ом, $R_6 = 2,5$ ом бўлган ҳол учун 3- расмдаги схемада келтирилган занжирнинг эквивалент қаршилиги ҳисоблансин.

7- масала. Ҳар бирининг қаршилиги 20 ом дан бўлган учта электр энергияси истеъмолчиси юлдуз схемада уланган (4- расм).



3- расм

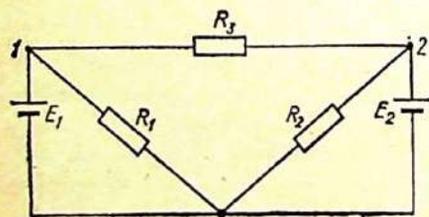


4- расм

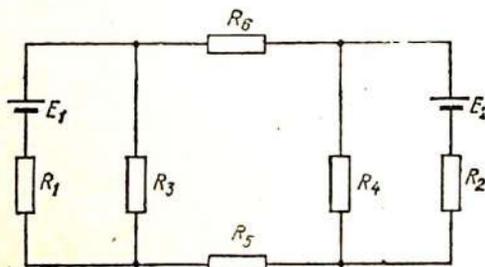
Агар $E_1 = 120$ в, $E_2 = 30$ в бўлса, занжирнинг барча участкаларидаги ток ва истеъмолчиларнинг умумий истеъмол қуввати аниқлансин.

8- масала. Агар аввалги масаладаги истеъмолчилар учбурчак схемада уланса, занжирдаги токларнинг тақсимланиши, истеъмолчилар сарфлаётган умумий қувват қандай ўзгаради (5- расм).

9- масала. $E_1 = 60$ в, $E_2 = 120$ в, $R_1 = R_2 = 6$ ом, $R_3 = R_4 = 12$ ом, $R_5 = R_6 = 4$ ом бўлган электр занжири қаршиликларидаги кучланиш ва токларнинг тақсимланиши супперпозиция (устлаш) усули билан ҳисоблансин (6- расм).



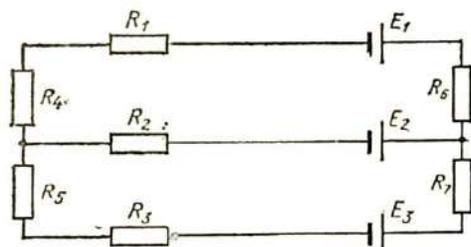
5- расм



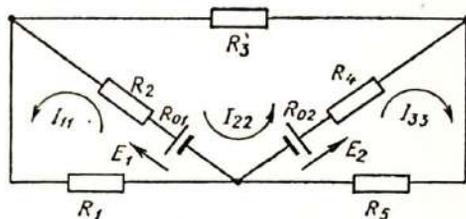
6- расм

10- масала. Агар $E_1 = 120$ в, $E_2 = 60$ в, $E_3 = 48$ в, $R_1 = 5$ ом, $R_2 = R_4 = 12$ ом, $R_3 = 6$ ом, $R_5 = 2$ ом, $R_6 = 7$ ом, $R_7 = 4$ ом бўлса, Қирхгоф тенгламаларидан фойдаланиб, 7- расмда тасвир этилган электр занжирининг барча участкаларидаги кучланиш ва тоқларнинг тақсимланиши ҳисоблансин.

11- масала. 8- расмда берилган электр занжирининг тармоқларидаги тоқлар ва кучланишларнинг тушуви контур тоқлари усули ёрдамида аниқлансин. Барча мустақил контурларнинг ечими Қирхгофнинг иккинчи қонуни асосида текширилсин. Бунда $E_1 = 20$ в, $E_2 = 24$ в, $R_{01} = 2$ ом, $R_{02} = 3$ ом, $R_1 = 5$ ом, $R_2 = 8$ ом, $R_3 = 5$ ом, $R_4 = 7$ ом, $R_5 = 10$ ом.



7- расм



8- расм

Ечиш. Схемани мустақил контурларга ажратиб, 8- расмда кўрсатилгандек, контур тоқларнинг йўналишини ихтиёрый танлаб оламиз. Ҳар бир контурга тузилган тенгламаларнинг умумий кўрinishи қуйидагича бўлади:

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

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

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

Контурлардаги э. ю. к. лар, контурларнинг қаршиликлари ва ёндош тармоқларнинг қаршиликларини ҳисоблаймиз:

$$E_{11} = E_1 = 20 \text{ в}; \quad E_{22} = E_2 - E_1 = 24 - 20 = 4 \text{ в}; \quad E_{33} = E_2 = 24 \text{ в};$$

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

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

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

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

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

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

Тенгламаларни ечиш учун аниқловчилар усулини қўллаймиз:

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

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} E_{11} & R_{12} & R_{13} \\ E_{22} & R_{22} & R_{23} \\ E_{31} & R_{32} & R_{33} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 20 & -10 & 0 \\ 4 & 25 & 10 \\ 24 & 10 & 20 \end{vmatrix} = 10000 - 2400 - 2000 + 800 = 6400$$

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

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

Контур тоқларини аниқлаймиз:

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

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

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

Тармоқлардаги тоқларни аниқлаймиз:

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

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

$$I_5 = I_{33} = 1 \text{ а}.$$

Тармоқлардаги кучланишларнинг тушувини аниқлаймиз:

$$U_1 = I_1 \cdot R_1 = 1,6 \cdot 5 = 8 \text{ в};$$

$$U_2 = I_2 \cdot (R_2 + R_{01}) = 1,2(8 + 2) = 12 \text{ в};$$

$$U_3 = I_3 \cdot R_3 = 0,4 \cdot 5 = 2 \text{ в};$$

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

$$U_5 = I_5 \cdot R_5 = 1 \cdot 10 = 10 \text{ в}.$$

Схемани тармоқлардаги тоқларнинг ҳақиқий йўналишлари бўйича чизамиз (9-расм).

Ечимларни Кирхгофнинг иккинчи қонуни асосида текширамиз:

$$1. E_1 = I_1 \cdot R_1 + I_2(R_2 + R_{01});$$

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

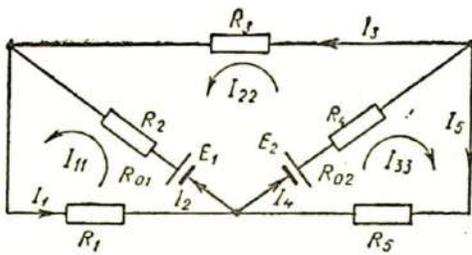
$$2. E_2 - E_1 = I_4(R_4 + R_{02}) + I_3 R_3 - I_2(R_2 + R_{01});$$

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

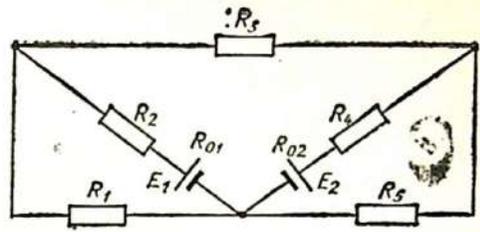
$$3. E_2 = I_4(R_4 + R_{02}) + I_5 \cdot R_5;$$

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

12-масала. Аввалги масалада берилганлардан фойдаланиб, тармоқдаги тоқлар супперпозиция усули ёрдамида аниқлансин (10-расм).



9- рasm

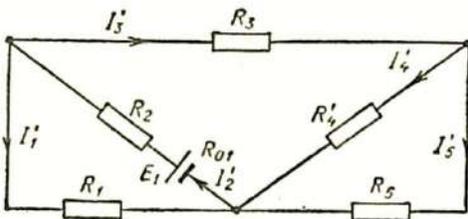


10- рasm

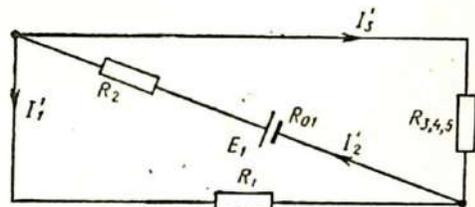
Фақат E_1 манба таъсирида ҳосил бўлган тармоқ тоқларини аниқлаймиз (11- рasm):

$$R'_4 = R_4 + R_{02} = 10 \text{ ом.}$$

Схемани соддалаштирамиз (12- рasm):



11- рasm



12- рasm

$$R_{3,4,5} = R_3 + \frac{R'_4 \cdot R_5}{R'_4 + R_5} = 5 + \frac{10 \cdot 10}{10 + 10} = 5 + 5 = 10 \text{ ом.}$$

I'_2 токни аниқлаймиз:

$$I'_2 = \frac{E_1}{R_1 + R_{01} + \frac{R_1 \cdot R_{3,4,5}}{R_1 + R_{3,4,5}}} = \frac{20}{8 + 2 + \frac{5 \cdot 10}{5 + 10}} = \frac{3}{2} = 1,5 \text{ а;}$$

I'_1 ва I'_3 тоқларни аниқлаймиз:

$$I'_1 = I'_2 \cdot \frac{R_{3,4,5}}{R_1 + R_{3,4,5}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{10}{5 + 10} = 1 \text{ а;}$$

$$I'_3 = I'_2 \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_{3,4,5}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{5}{5 + 10} = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ а;}$$

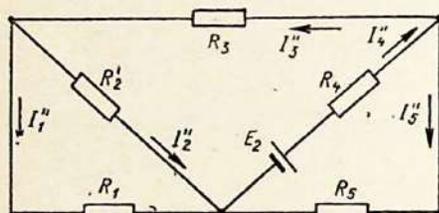
11- рasmдан I'_4 ва I'_5 тоқларни топамиз:

$$I'_4 = I'_3 \cdot \frac{R'_4}{R'_4 + R_5} = \frac{1}{2} \cdot \frac{10}{10 + 10} = \frac{1}{4} = 0,25 \text{ а;}$$

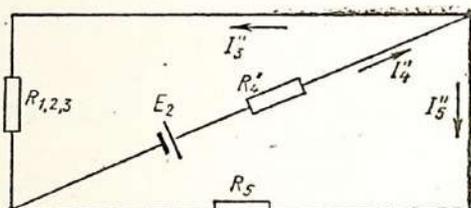
$$I'_5 = I'_3 \cdot \frac{R_4}{R_4 + R_5} = \frac{1}{2} \cdot \frac{10}{10 + 10} = \frac{1}{4} = 0,25 \text{ а};$$

Фақат E_2 манба таъсирида ҳосил бўлган тармоқ тоқларини аниқлаймиз (13-расм)

$$R'_2 = R_2 + R_{01} = 2 + 8 = 10 \text{ ом};$$



13- расм



14- расм

Схемани соддалаштирамиз (14- расм):

$$R_{1,2,3} = R_3 + \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = 5 + \frac{5 \cdot 10}{5 + 10} = \frac{25}{3} = 8,33 \text{ ом};$$

I''_4 тоқини аниқлаймиз:

$$I''_4 = \frac{E_2}{R_4 + R_{02} + \frac{R_{1,2,3} \cdot R_5}{R_{1,2,3} + R_5}} = \frac{24}{7 + 3 + \frac{25/3 \cdot 10}{25/3 + 10}} = \frac{33}{20} = 1,65 \text{ а.}$$

I''_3 ва I''_5 тоқларни аниқлаймиз:

$$I''_3 = I''_4 \cdot \frac{R_5}{R_{1,2,3} + R_5} = \frac{33}{20} \cdot \frac{10}{25/3 + 10} = \frac{9}{10} = 0,9 \text{ а};$$

$$I''_5 = I''_4 \cdot \frac{R_{1,2,3}}{R_5 + R_{1,2,3}} = \frac{33}{20} \cdot \frac{25/3}{10 + 25/3} = \frac{3}{4} = 0,75 \text{ а.}$$

13- расмдан I''_1 ва I''_2 тоқларни аниқлаймиз:

$$I''_1 = I''_3 \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 0,9 \cdot \frac{10}{5 + 10} = \frac{3}{5} = 0,6 \text{ а};$$

$$I''_2 = I''_3 \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 0,9 \cdot \frac{5}{5 + 10} = \frac{3}{10} = 0,3 \text{ а.}$$

11 ва 13- расмлардан биргаликда фойдаланиб, супперпозиция усули ёрдамида тармоқлардаги тоқларнинг ҳақиқий қийматларини аниқлаймиз:

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

$$I_2 = I'_2 - I''_2 = 1,5 - 0,3 = 1,2 \text{ а};$$

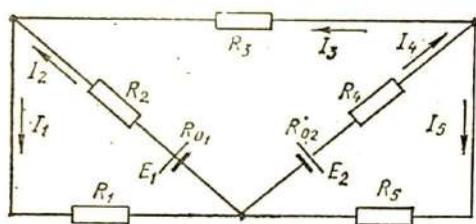
$$I_3 = I_3' - I_3'' = 0,9 - 0,5 = 0,4 \text{ а};$$

$$I_4 = I_4' - I_4'' = 1,65 - 0,25 = 1,4 \text{ а};$$

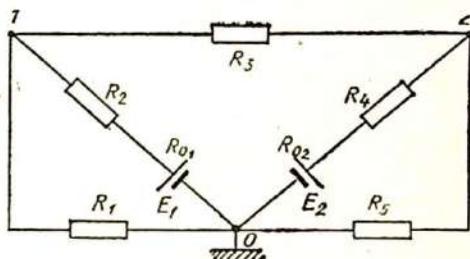
$$I_5 = I_5' + I_5'' = 0,25 + 0,75 = 1 \text{ а}.$$

Агар тармоқларда E_1 ва E_2 э. ю. к. лар ҳосил қилган тоқларнинг йўналишлари турлича бўлса, у ҳолда тоқларнинг ҳақиқий йўналишлари катта тоқ томонга бўлади (15- расм).

13- масала. 11- масалада берилганлардан фойдаланиб, 16- расмда тасвирланган электр занжири тармоқларидаги тоқлар тугун потенциаллари усули билан аниқлансин.



15- расм



16- расм

Ечиш. Чизмадаги битта тугунни 16- расмда кўрсатилгандек ерга туташтирамиз, бу тугундаги потенциал нолга тенг бўлади. I ва 2 тугунлардаги потенциалларни тегишли равишда φ_{11} ва φ_{22} лар билан белгилаймиз. Бу потенциалларни аниқлаш учун иккита тенглама тузилади:

$$I_1 = g_{11}\varphi_{11} + g_{12}\varphi_{22},$$

$$I_2 = g_{21}\varphi_{11} + g_{22}\varphi_{22},$$

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

Бу қийматларни аниқлаймиз.

$$I_1 = E_1 \cdot \frac{1}{R_2 + R_{01}} = 20 \cdot \frac{1}{8 + 2} = \frac{20}{10} = 2 \text{ а};$$

$$I_2 = E_2 \cdot \frac{1}{R_4 + R_{02}} = 24 \cdot \frac{1}{7 + 3} = \frac{24}{10} = 2,4 \text{ а};$$

$$g_{11} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2 + R_{01}} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{5} + \frac{1}{8 + 2} + \frac{1}{5} = 0,5 \text{ ом}^{-1};$$

$$g_{22} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4 + R_{02}} + \frac{1}{R_5} = \frac{1}{5} + \frac{1}{7 + 3} + \frac{1}{10} = 0,4 \text{ ом}^{-1};$$

$$g_{12} = g_{21} = -\frac{1}{R_3} = -\frac{1}{5} = -0,2 \text{ ом}^{-1}.$$

Тенгламаларни ечиш учун аниқловчилар усулини қўллаймиз:

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

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

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

Тугунларнинг потенциаллини аниқлаймиз:

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

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

Тармоқлардаги тоқларни аниқлаймиз:

$$I_1 = \frac{\varphi_{11}}{R_1} = \frac{8}{5} = 1,6 \text{ а};$$

$$I_2 = \frac{E_1 - \varphi_{11}}{R_2 + R_{01}} = \frac{20 - 8}{8 + 2} = 1,2 \text{ а};$$

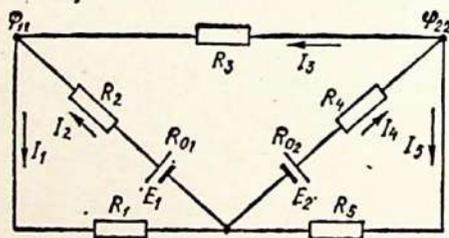
$$I_3 = \frac{\varphi_{22} - \varphi_{11}}{R_3} = \frac{10 - 8}{5} = 0,4 \text{ а};$$

$$I_4 = \frac{E_2 - \varphi_{22}}{R_4 + R_{02}} = \frac{24 - 10}{7 + 3} = 1,4 \text{ а};$$

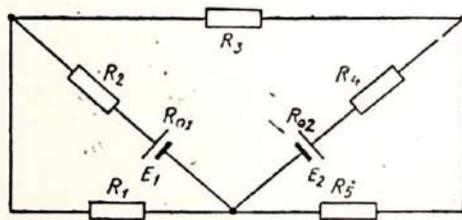
$$I_5 = \frac{\varphi_{22} - 0}{R_5} = \frac{10}{10} = 1 \text{ а}.$$

Тоқлар юқори потенциалдан кичик потенциал томонга йўналган ҳол учун тоқларнинг йўналишини чизамиз (17- расм).

14- масала. 12- масалада берилганларидан фойдаланиб, эквивалент генератор усули билан иккинчи тармоқдаги тоқ аниқлансин.



17- расм



18- расм

Берилган масалаларнинг ечиш усулларини солиштириб, қайси усул битта тармоқдаги тоқни ва қайси усул барча тармоқдаги тоқни аниқлашда самарали эканлиги тўғрисида хулоса берилсин (18- расм).

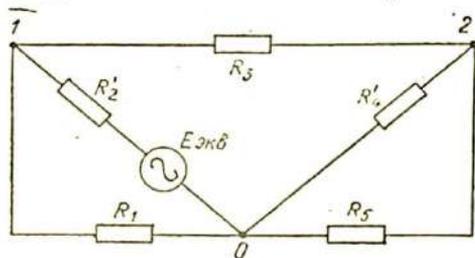
Ечиш. Чизмадаги ҳамма манбаларни битта эквивалент э. ю. к. генераторига алмаштириб, қуйидаги схемани ҳосил қиламиз (19- расм).

$$R'_2 = R_2 + R_{01}; \quad R'_4 = R_4 + R_{02}.$$

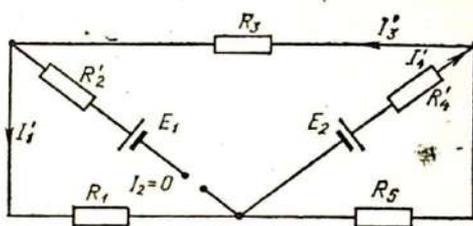
Иккинчи тармоқдаги ток қуйидагига тенг бўлади:

$$I_2 = \frac{E_{\text{ЭКВ}}}{R_2' + R_{\text{ЭКВ}}}$$

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



19- расм



20- расм

Эквивалент генераторнинг э. ю. к. и салт ишлаш режимидан аниқланади (20- расм):

$$E_{\text{ЭКВ}} = U_0.$$

Э. ю. к. E_1 қаршилик R_1 лардаги кучланишлар тушувининг алгебраик йиғиндилари салт ишлаш режимдаги кучланишига тенг, яъни

$$U_0 = E_1 - I_1' \cdot R_1.$$

I_1' токни аниқлаш учун аввал I_4' токни аниқлаймиз:

$$I_4' = \frac{E_2}{R_4' + \frac{(R_1 + R_3) \cdot R_5}{(R_1 + R_3) + R_5}} = \frac{24}{10 + \frac{(5+5) \cdot 10}{(5+5)+10}} = \frac{24}{15} = 1,6 \text{ а};$$

$$I_1' = I_4' \cdot \frac{R_5}{R_5 + R_3 + R_1} = \frac{24}{15} \cdot \frac{10}{10 + 5 + 5} = \frac{12}{15} = 0,8 \text{ а}.$$

Эквивалент генератор э. ю. к. ини аниқлаймиз.

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

Эквивалент қаршилик $R_{\text{ЭКВ}}$ ни I ва O нуқтага нисбатан схемани бирин-кетин ўзгартириб аниқланади (19- расм):

$$R_{4,5} = \frac{R_4' \cdot R_5}{R_4' + R_5} = \frac{10 \cdot 10}{10 + 10} = 5 \text{ ом};$$

$$R_{3,4,5} = R_3 + R_{4,5} = 5 + 5 = 10 \text{ ом};$$

$$R_{\text{ЭКВ}} = \frac{R_1 \cdot R_{3,4,5}}{R_1 + R_{3,4,5}} = \frac{5 \cdot 10}{5 + 10} = \frac{10}{3} = 3,33 \text{ ом}.$$

I_2 токни аниқлаймиз.

$$I_2 = \frac{E_{\text{ЭКВ}}}{R_2' + R_{\text{ЭКВ}}} = \frac{16}{10 + 3,33} = \frac{48}{40} = 1,2 \text{ а}.$$

Хулоса. 11, 12, 13, 14- масалаларнинг ечимларини таҳлил қилиб кўрамиз. Бунинг учун ҳар қайси усул билан ечилгандаги операциялар сонини ҳисоблаб чиқамиз.

I. Фақат битта тармоқ токини аниқлаш учун бажарилган ечишдаги операциялар сони:

1. Контур токлари усули билан ечишда — 14 та.
2. Супперпозиция усули билан ечишда — 17 та.
3. Тугун потенциаллари усули билан ечишда — 11 та.
4. Эквивалент генератор усули билан ечишда — 6 та.

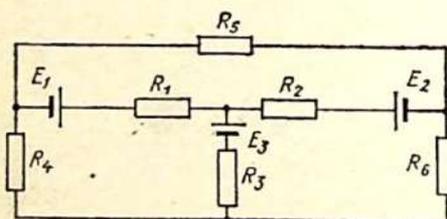
Демак, эквивалент генератор усули билан ечишда операциялар сони камроқ экан.

II. Схеманинг барча тармоқларидаги токларни топиш учун бажарилган ечишдаги операциялар сони:

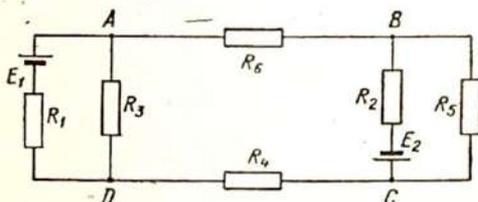
1. Контур токлари усули билан ечишда — 18 та.
2. Супперпозиция усули билан ечишда — 21 та.
3. Тугун потенциаллари усули билан ечишда — 15 та.
4. Эквивалент генератор усули билан ечишда — 30 та.

Бу ҳолда тугун потенциаллар усули билан ечиш йўли қулайдир.

15- масала. 21- расмда кўрсатилган электр занжиридаги токларнинг тақсимланиши аниқлансин. Ҳисоблаш контур токлари усули ёрдамида бажарилиб, натижалари Кирхгоф тенгламалари асосида текширилсин.



21- расм

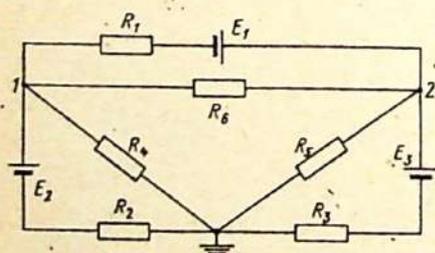


22- расм

Э. ю. к. ва қаршиликларнинг қийматлари:

$$E_1 = 6 \text{ в}, E_2 = 12 \text{ в};$$

$$E_3 = 6 \text{ в}; \quad R_1 = R_3 = 1 \text{ ом}; \quad R_2 = R_4 = R_6 = 2 \text{ ом}; \quad R_5 = 3 \text{ ом};$$



23- расм

16- масала. $E_1 = 48 \text{ в}; E_2 = 60 \text{ в}$. Агар $R_1 = 12 \text{ ом}, R_2 = R_5 = 15 \text{ ом}, R_3 = 8 \text{ ом}, R_4 = 5,3 \text{ ом}, R_6 = 4 \text{ ом}$ бўлса, 22- расмда кўрсатилган электр занжирининг АВ тармоғидаги ток эквивалент генератор усулида ҳисоблансин.

17- масала. Агар $E_1 = E_3 = 24 \text{ в}, E_2 = 48 \text{ в}, R_1 = R_2 = 0,5$

ом, $R_4 = 1$ ом, $R_5 = 4$ ом, $R_6 = 2$ ом бўлса, 23-расмда кўрсатилган электр занжиридаги тоқларнинг тақсимланиши тугун потенциаллари усули ёрдамида аниқлансин.

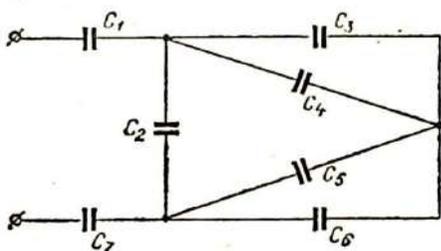
II. ЭЛЕКТР МАЙДОНИ ВА КОНДЕНСАТОРЛАР

18-масала. Кучланиши $U = 100$ в бўлган ўзгармас ток тармоғига ясси ҳаво конденсатори уланган. Ҳар бир конденсатор пластинасининг юзи $S = 100$ см², уларнинг оралиғи $d = 2$ мм. Конденсаторнинг сифими ва электр майдонининг кучланганлиги аниқлансин. Агар диэлектрик сифатида слюда ишлатилса, олинган натижалар қандай ўзгаради?

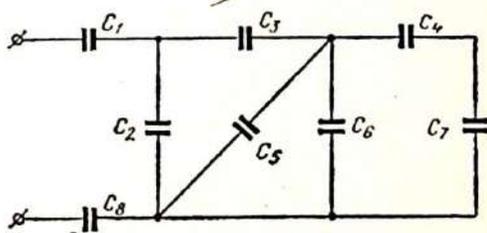
19-масала. Пластиналари оралиғи $d = 0,3$ см бўлган ясси конденсатор $U = 20$ кВ кучланишга уланган. Агар диэлектрик сифатида электротехникавий картон ишлатилган бўлса, конденсаторнинг электр майдони кучланганлиги аниқлансин.

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

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



24-расм



25-расм

21-масала. Агар 1 км узунликдаги кабелнинг сифими $C = 2 \frac{\text{мкф}}{\text{км}}$ ни ташкил этса, $l = 10$ км узунликдаги кабель линиясининг эквивалент сифими аниқлансин.

22-масала. 24-расмда тасвир этилган занжирдаги конденсаторларнинг эквивалент сифими аниқлансин. $C_1 = C_7 = 4$ мкф, $C_2 = 1$ мкф, $C_3 = 1,4$ мкф, $C_4 = 0,6$ мкф, $C_5 = C_6 = 1$ мкф.

23-масала. 25-расмда тасвир этилган занжирдаги конденсаторларнинг эквивалент сифими аниқлансин. $C_1 = 2$ мкф, $C_2 = C_4 = 4$ мкф, $C_3 = 6$ мкф, $C_5 = C_6 = 1$ мкф, $C_7 = C_8 = 3$ мкф.

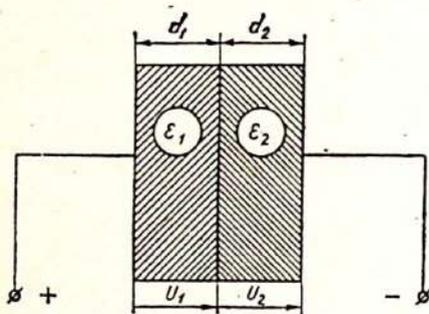
24-масала. Кучланиши $U = 220$ в бўлган ўзгармас ток тармоғига икки қатламли ясси конденсатор уланган (26-расм). Диэлектрик сифатида слюда ($\epsilon_1 = 6$, $d = 4$ мм) ва электрокартон ($\epsilon_2 = 2$, $d_2 = 4$ мм) ишлатилган. Пластинанинг юзи $S = 10$ см². Конденса-

торнинг сифими C_0 ва ҳар қайси изоляция қатламидаги кучланиш U_1 ва U_2 аниқлансин.

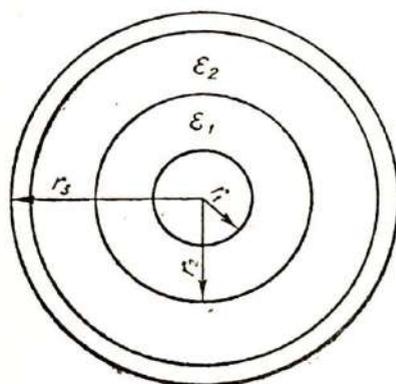
25- масала. Аввалги масалада берилганлардан фойдаланиб, қуйидагилар аниқлансин:

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

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



26- расм



27- расм

26- масала. Икки қатлам изоляцияси бўлган цилиндрик конденсаторнинг сифими аниқлансин. Биринчи ва иккинчи қатламларнинг диэлектрик доимийси $\epsilon_1 = 2$ ва $\epsilon_2 = 6$ га тенг. Цилиндрнинг узунлиги $l = 1$ м. 27- расмда конденсатор цилиндрининг кўндаланг кесими тасвирланган. Бу ерда $r_1 = 3$ мм, $r_2 = 7$ мм, $r_3 = 13$ мм.

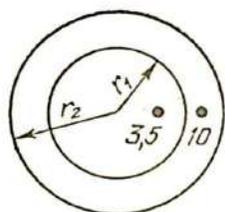
III. ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

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

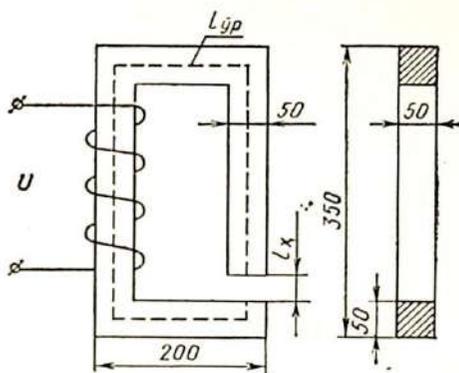
28- масала. Ички радиуси $r_n = 5$ мм, ташқи радиуси $r_T = 10$ мм бўлган труба симдон сымдан 10 а ток ўтмоқда. Сым ўқидан $x = 3,5, 10, 20$ ва 40 мм (28- расм) оралиқларда жойлашган нуқталардаги магнит майдонининг кучланганлиги аниқлансин.

29- масала. 29- расмда тасвирланган электромагнитнинг ўзаги қуйма пўлатдан ясалган бўлиб, чулғамнинг ўрамлар сони $w = 3000$.

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



28- расм



29- расм

Ечили. Пўлат ўзакдаги ва ҳаво оралиғидаги магнит индукцияси:

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

Магнитлиниш эгри чизиғидан қўйма пўлат учун ўзакдаги магнит майдонининг кучланганлигини аниқлаймиз:

$$H_n = 924 \text{ а/м.}$$

Ҳаво оралиғидаги майдон кучланганлиги:

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

Магнитловчи куч занжир айрим участкаларидаги магнит кучланганликларининг йиғиндисига тенг:

$$Iw = H_n \cdot l_n + H_x \cdot l_x = 924 \cdot 0,897 + 8 \cdot 10^5 \cdot 0,003 = 3230 \text{ а.}$$

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

Электромагнит чулғамидаги ток

$$I = \frac{Iw}{w} = \frac{3230}{3000} = 1,08 \text{ а.}$$

Агар электромагнитнинг пўлат ўзакдаги магнит индукцияси 1 вб/га бўлса, магнитловчи куч қуйидагига тенг бўлади:

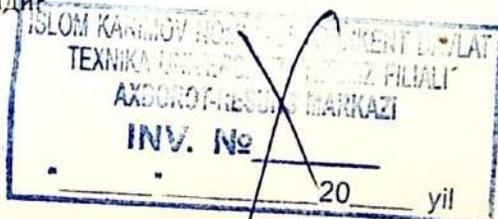
$$Iw = H_n l_n = 924 \cdot 0,9 = 832 \text{ а.}$$

У ҳолда чулғамдаги ток

$$I = \frac{Iw}{w} = \frac{832}{3000} = 0,277 \text{ а.}$$

30- масала. 29- расмда тасвирланган электромагнит чулғамидан $I = 1,08 \text{ а}$ ток ўтганда, ўзакдаги магнит оқими $\Phi = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ вб га}$ тенг. 29- масалада берилганлардан фойдаланилсин.

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



Ечиш. Агар ҳаво оралиғи нолга тенг бўлса,

$$I\omega = H_n \cdot l_n,$$

У ҳолда

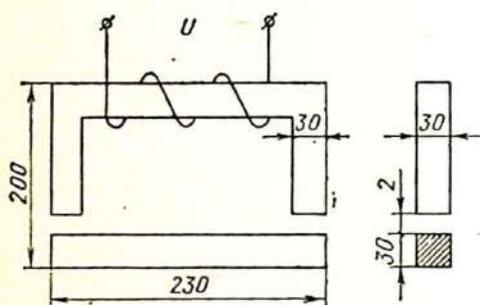
$$H_n = \frac{I\omega}{l_n} = \frac{1,08 \cdot 3000}{0,9} = 3600 \text{ а/м.}$$

Магнитланиш эгри чизигидан пўлат ўзакдаги магнит индукциясининг миқдорини аниқлаймиз:

$$B_n = 1,56 \text{ тл} = 15600 \text{ гс.}$$

Электромагнитнинг пўлат ўзакдаги магнит оқими

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



30- расм

31- масала. 30- расмда тасвирланган электромагнит чулғамидан ўтаётган ток $I = 1,5 \text{ а}$, ўрамлар сони $\omega = 1600$ га тенг бўлса, унинг тортиш кучи аниқлансин. Пўлат ўзак электротехникавий листлардан йнғилган.

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

У ҳолда ҳаво оралиғидаги магнит кучланганлиги қуйидаги формуладан аниқланади:

$$I\omega = H_{x_1} \cdot 2l_x$$

$$H_{x_1} = \frac{I\omega}{2l_x} = \frac{1,5 \cdot 1600}{2 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = 6 \cdot 10^5 \text{ а/м.}$$

Магнит индукцияси

$$B_x = B_1 = B_2,$$

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

Магнитланиш эгри чизигидан $B = 0,754 \text{ тл}$ учун пўлатдаги магнит кучланганлигини аниқлаймиз:

$$H_{11} = H_{21} = 290 \text{ а/м.}$$

Ҳисоблашни қуйидаги тенглама билан текшириб кўрамиз:

$$H_{11} \cdot l_1 + H_{21} \cdot l_2 + H_{x_1} \cdot 2l_x = I\omega;$$

$$l_1 = 2 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,153 = 0,506$$

$$290 \cdot 0,5 + 290 \cdot 0,2 + 6 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 2603.$$

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

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

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

Магнитланиш эгри чизигидан пўлатдаги кучланганликни аниқлаймиз:

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

Ҳисобни тенглама билан текшириб кўрамиз:

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

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

Электромагнитнинг кўтариш кучи

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

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

33- масала. Ўзаги Э-11 электротехникавий пўлат листлардан ясалган электромагнитнинг ўлчамлари 30- расмда кўрсатилган.

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

34- масала. Кўндаланг кесим юзи 20 см² бўлган ёғочдан ясалган ҳалқасимон ўзакка бир текис жойлашган 1000 ўрамдан иборат бўлган чулғам жойлаштирилган. Чулғам орқали ўтаётган токнинг катталиги ҳар секундига 1 а дан ортиб бормоқда. Магнит куч чизиқларининг ўртача узунлиги 50 см бўлган ғалтакнинг ўзиндукция электр юритувчи кучи аниқлансин.

Ечиш. Ўзиндукция электр юритувчи кучини қуйидаги формула билан аниқлаймиз:

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

Ток бир текис ўзгарганида:

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

бу ерда

$$\frac{\Delta i}{\Delta t} = 1 \text{ а/сек га тенг бўлган берилган катталик.}$$

Ғалтакнинг индуктивлигини аниқлаймиз:

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

бу ерда ω — ғалтак ўрамлари сони,

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

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

бу ерда l — ўзакнинг ўртача узунлиги,

S — ўзакнинг кўндаланг кесим юзи,

μ_0 — ўзакнинг абсолют магнит сингдирувчанлиги бўлиб, уни қуруқ ёғоч учун вакуумдаги магнит сингдирувчанликка тенг деб қабул қилиш мумкин.

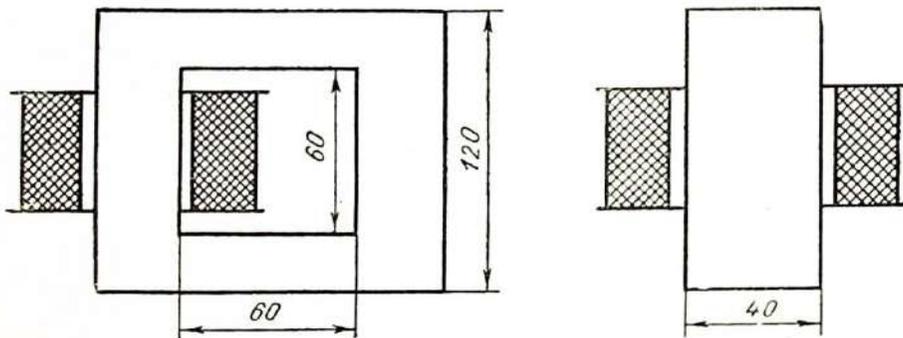
У вақтда қуйидагиларни ҳосил қиламиз:

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

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

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

35- масала. Чулғамининг ўрамлар сони $\omega = 720$ бўлган индуктив ғалтакнинг пўлат ўзаги Э-11 электротехникавий пўлат листлардан ясалган бўлиб, унинг ўлчамлари 31- расмда кўрсатилган. Индуктив ғалтак срқали $2a$ ток ўтганда, пўлат ўзакли индуктив ғалтакнинг индуктивлиги ан қлансин.



31- расм

Пўлат ўзакли индуктив ғалтакнинг индуктивлиги қуйидаги формула билан аниқланади:

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

бу ерда Ψ — ғалтакнинг оқим илашиши,

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

бу ерда B — ўзакдаги магнит индукция,

S — ўзак кўндаланг кесимининг юзи.

Магнит майдони кучланганлиги H ни аниқлаймиз:

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

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

Э-11 пўлат учун магнитланиш эгри чизигидан

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

Пўлат ўзакли индуктив ғалтакнинг индуктивлиги:

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

36- масала. Электромагнит чулғами ўрамларининг диаметри $D = 30 \text{ см}$, ўрам ўқлари орасидаги масофа $d = 0,3 \text{ см}$. Ўрамлар орасидаги электромагнит кучларнинг ўзаро таъсири, йўналиши ва ва катталиги аниқлансин:

- номинал ток $I_n = 10 \text{ а}$ бўлганда,
- қисқа туташув токи $I_k = 100 \text{ а}$ бўлганда.

IV. ЎЗГАРУВЧАН ТОК ЗАНЖИРЛАРИ

37- масала. Частотаси $f = 50 \text{ гц}$ бўлган ўзгарувчан токнинг д'юри T ва бурчак частотаси ω аниқлансин.

38- масала. Кучланишнинг эффектив қиймати $U = 220 \text{ в}$ ва частотаси 50 гц бўлган бир ўзгарувчан ток тармоғига, умумий қаршилиги $r = 15,5 \text{ ом}$ бўлган лампалар уланган.

Занжирдаги ток, кучланиш ва қувват оний қийматларининг ифодаси ёзилсин. Қувватнинг ўртача қиймати аниқлансин. Кучланишнинг бошланғич фазаси нолга тенг.

Ечиш. Кучланишнинг оний қиймати:

$$u = U_m \sin \omega t = 220 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin 314 t = 310 \sin 314 t.$$

Токнинг оний қиймати:

$$i = I_m \sin \omega t = \frac{U_m}{r} \cdot \sin \omega t = \frac{310}{15,5} \sin 314 t = 20 \sin 314 t.$$

Қувватнинг оний қиймати:

$$p = u \cdot i = r \cdot i^2 = 15,5 \cdot 20^2 \cdot \sin^2 \cdot 314 t = 6200 \sin^2 314 t.$$

Фақат актив қаршиликка эга бўлган ўзгарувчан ток занжирининг ўртача қувватининг қиймати ток ва кучланиш эффектив қийматларининг кўпайтмасига тенг:

$$P = U \cdot I = U \cdot \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{220 \cdot 20}{\sqrt{2}} = 3100 \text{ вт}.$$

39- масала. Кучланиши $U = 220 \text{ в}$ бўлган ўзгарувчан ток тармоғига $P = 600 \text{ вт}$ бўлган электр плита уланган. Электр плита истеъмол қилаётган ток, спиралининг қаршилиги ва $t = 3$ соат ишлаш мобайнида сарф қилган энергия миқдори аниқлансин.

40- масала. Қувватлари $P_{H1} = 60 \text{ вт}$, $P_{H2} = 200 \text{ вт}$ ва кучланиши $U_H = 127 \text{ в}$ бўлган икки 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 маълум қийматлари бўйича, ҳар бир лампанинг номинал токи қийматларини аниқлаймиз:

$$I_{H_1} = \frac{P_{H_1}}{U_H} = \frac{60}{127} = 0,472 \text{ а},$$

$$I_{H_2} = \frac{P_{H_2}}{U_H} = \frac{200}{127} = 1,57 \text{ а}.$$

Лампа спиралининг қаршилиги:

$$r_1 = \frac{U_H}{I_{H_1}} = \frac{127}{0,472} = 269 \text{ ом}; \quad r_2 = \frac{U_H}{I_{H_2}} = \frac{127}{1,57} = 81 \text{ ом}.$$

Лампалар кетма-кет уланганда занжирдаги ток:

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

Лампалардаги кучланиш лампаларнинг 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 $P_{H_1} = 60 \text{ вт}$ бўлган лампа номинал кучланишдан юқорироқ кучланишда бирмунча ёруғ ёниб тезда куйиши мумкин. Қуввати $P_{H_2} = 200 \text{ вт}$ бўлган лампа номинал кучланишдан пастроқ кучланишда хира ёнади.

41-масала. Индуктивлиги $L = 100 \text{ мГн}$ бўлган ғалтак, кучланиши $U = 220 \text{ в}$ 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 йнғилган энергиянинг максимал қиймати.

4. Агар тармоқ кучланишининг частотаси икки марта ортса, ток эффектив қийматининг миқдори қандай ўзгаради?

Ечиш. 1. Актив қаршилик кичик ($r \ll x_L$) бўлгани учун уни ҳисобга олинмайди:

$$z \approx x_L; \quad x_L = \omega \cdot L = 314 \cdot 100 \cdot 10^{-3} = 31,4 \text{ ом}$$

деб қабул қилиш мумкин.

Токнинг эффектив қиймати:

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

Токнинг максимал қиймати:

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

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:

$$p = u \cdot i = 220 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin \cdot 314t \cdot 9,87 \cdot \sin \left(314t - \frac{\pi}{2} \right) = 1540 \cdot \sin \cdot 628t$$

3. Ғалтакнинг магнит майдонида йиғилган энергия:

$$W_{\text{мм}} = \frac{L \cdot i^2}{2}$$

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 кучланишининг частотаси икки марта ортиши билан, токнинг миқдори икки марта камаяди, чунки индуктив қаршилик икки марта ортади:

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

42- масала. Кучланиши $U = 220 \text{ в}$ ва частотаси $f = 50 \text{ гц}$ бўлган электр тармоғига уланган электромагнит чулғамидан $I = 1,5 \text{ а}$ ток ўтказилгандаги ғалтак индуктивлиги аниқлансин.

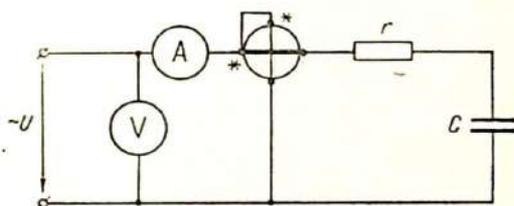
43- масала. Занжирдаги кучланиш ва токнинг оний қийматлари ифодаси қуйидаги кўринишда бўлади:

$$u = 310 \sin(314t + 20^\circ) \cdot i = 8,46 \sin(314t - 15^\circ).$$

Нагрузка характери ва унинг параметрлари аниқлансин.

44- масала. Частотаси $f = 50 \text{ гц}$ бўлган ўзгарувчан ток тармоғига ғалтак ва ўлчаш асбоблари уланган (32-расм).

Амперметр, вольтметр ва ваттметрларнинг кўрсатиши қуйидагиларга тенг:



32- расм

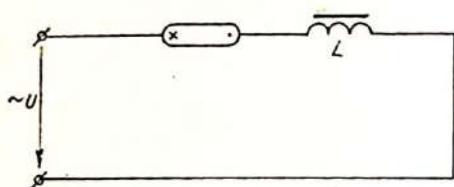
$$I = 5 \text{ а; } U = 220 \text{ в; } P = 1000 \text{ вт.}$$

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

45- масала. Завод цехида $P = 12 \text{ кВт}$ қувват истеъмол қиладиган, қувват коэффиценти $\cos \varphi = 0,8$ га тенг бўлган бир фазали пайвандлаш аппарати ўрнатилган. Таъминловчи тармоқнинг кучланиши $U = 380 \text{ в}$, частотаси $f = 50 \text{ гц}$.

Пайвандлаш аппарати истеъмол қиладиган тўла ва реактив қувват, шунингдек, узатгич симлардаги токнинг қиймати аниқлансин.

46- масала. Ўзгарувчан ток тармоғига темир ўзакли индуктив ғалтак орқали $DC = 30$ типли люминесцент лампа уланган (33- расм).



33- расм

Тармоқнинг кучланиши $U_T = 220$ в, лампанинг номинал қуввати $P_n = 30$ вт, лампанинг номинал иш токи $I_n = 0,32$ а.

Қуйидагилар аниқлансин:

1. Лампадаги ва темир ўзакли индуктив ғалтакдаги кучланиш.

2. Лампанинг актив қаршилиги ва темир ўзакли индуктив ғалтакнинг индуктивлиги.

3. Занжирнинг реактив ва тўла қуввати.

4. Занжирнинг қувват коэффициенти.

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

$$U_{\text{лп}} = \frac{P_n}{I_n} = \frac{30}{0,32} = 93,8 \text{ в.}$$

Темир ўзакли индуктив ғалтакдаги кучланиш:

$$U_L = \sqrt{U_T^2 - U_{\text{лп}}^2} = \sqrt{220^2 - 93,8^2} = 199 \text{ в.}$$

2. Лампанинг актив қаршилиги:

$$r_n = \frac{P_n}{I_n^2} = \frac{30}{0,32^2} = 293 \text{ ом.}$$

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

$$x_L = \frac{U_L}{I_n} = \frac{199}{0,32} = 622 \text{ ом.}$$

Темир ўзакли индуктив ғалтакнинг индуктивлиги:

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

3. Занжирнинг реактив қуввати:

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

Занжирнинг тўла қуввати:

$$S = \sqrt{P_n^2 + Q^2} = \sqrt{30^2 + 63,7^2} = 70,5 \text{ ва.}$$

4. Қувват коэффициенти:

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

47- масала. 33-расмдаги (46-масала) темир ўзакли индуктив ғалтакнинг ўрнига улаш мумкин бўлган реостатнинг қаршилиги аниқлансин.

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

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

$$U_T = U_{лп} + U_{реост}$$

бу ерда $U_{реост}$ — реостатдаги кучланиш.

$$U_{реост} = U_T - U_{лп} = 220 - 93,8 = 126,2 \text{ в}$$

Реостатнинг қаршилиги:

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

Реостатдаги қувват нобудгарчилиги:

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

Хулоса. Лампа билан темир ўзакли индуктив ғалтакни кетма-кет улаганда, ундаги актив қувватнинг нобудгарчилиги оз. Чунки $r < x_L$. Аммо занжирнинг қувват коэффициенти кичик. Темир ўзакли индуктив ғалтак ўрнига реостат улаганда уни қизитишга сарфланган қувват исрофи занжирнинг қувват коэффициентига (бирга) яқинлашади.

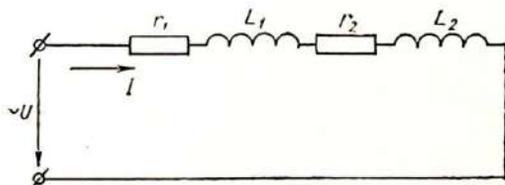
Лампанинг ёниши учун зарур бўлган темир ўзакли индуктив ғалтакни, лампа билан кетма-кет улаш керак. Одатда, қурилманинг қувват коэффициенти конденсатор ёрдамида оширилади.

48- масала. Кучланиши $U = 127 \text{ в}$ ва частотаси $f = 50 \text{ гц}$ бўлган ўзгарувчан ток тармоғига иккита ғалтак кетма-кет уланган. Ғалтакнинг параметрлари:

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

Занжирнинг қувват коэффициенти ва токнинг катталиги аниқлансин. Слинган натижалар бўйича ток ва кучланишларнинг вектор диаграммаси қурилсин.

Ечили. Берилган занжирнинг схемасини чизамиз (34-расм).



34- расм

Галтакнинг реактив қаршилиги.

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

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

Занжирнинг эквивалент актив қаршилиги:

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

Занжирнинг эквивалент реактив қаршилиги:

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

Занжирнинг эквивалент тўла қаршилиги.

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

Занжирдаги ток:

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

Занжирнинг қувват коэффициенти.

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

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

$$U_{a1} = I \cdot r_1 = 4,66 \cdot 10 = 46,6 \text{ в},$$

$$U_{p1} = I \cdot x_1 = 4,66 \cdot 6,28 = 29,3 \text{ в},$$

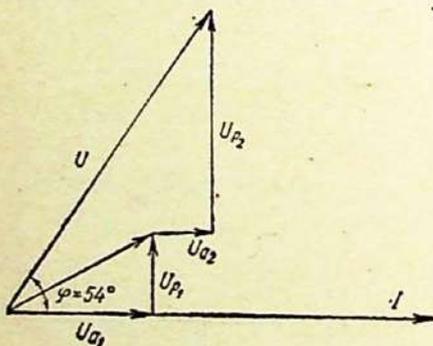
$$U_{a2} = I \cdot r_2 = 4,66 \cdot 6 = 27,8 \text{ в},$$

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

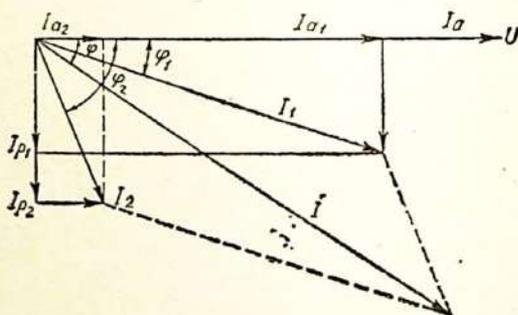
Текшириш:

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

Олинган натижалар бўйича ток ва кучланишларнинг вектор диаграммасини чизамиз (35, 36-расм). Бошланғич вектор учун I токининг вектори олинган. Кучланиш масштаби $m_U = 2 \text{ в/мм}$.



35-расм



36-расм

49- масала. Параметрлари аввалги масалада кўрилган икки ғал-так кучланиши $U = 127$ в ва частотаси $f = 50$ гц бўлган ўзгарувчан ток тармоғига уланган.

Ешиш. Берилган занжирнинг схемасини чизамиз (37- расм). Шохобчаларнинг тўла қаршилигини аниқлаймиз.

Биринчи шохобча учун:

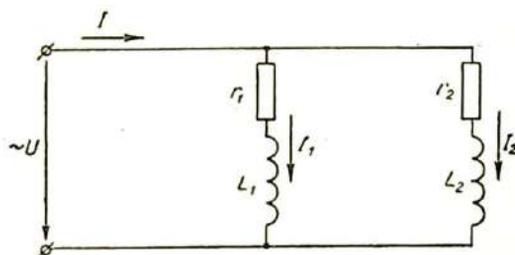
$$z_1 = \sqrt{r_1^2 + x_1^2} = \sqrt{10^2 + 6,28^2} = 11,8 \text{ ом.}$$

Иккинчи шохобча учун:

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

Биринчи шохобчадаги ток:

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



37- расм.

I_1 токи берилган кучланишдан φ_1 бурчагига орқада қолади:

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

Токнинг актив ташкил этувчиси:

$$I_{a1} = I_1 \cdot \cos \varphi_1 = 10,75 \cdot 0,848 = 9,13 \text{ а.}$$

Токнинг реактив ташкил этувчиси:

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

Иккинчи шохобчадаги ток:

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

I_2 токи берилган кучланишдан φ_2 бурчагига орқада қолади:

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

Токнинг актив ташкил этувчиси:

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

Токнинг реактив ташкил этувчиси:

$$I_{p2} = I_2 \cdot \sin \varphi_2 = 7,48 \cdot 0,934 = 6,98 \text{ а.}$$

Умумий ток I нинг йўналиши ва катталигини 36-расмдаги вектор диаграммадан топиш мумкин.

Бунинг учун, бошланғич вектор қилиб олинган (унинг йўналишини ихтиёрли олиш мумкин) кучланиш вектори \bar{U} га nisbatan φ_1 ва φ_2 қолувчан бурчаклари билан I_1 ва I_2 тоқларининг векторини чизиш керак.

Токнинг масштаби

$$m_1 = 0,2 \text{ а/мм.}$$

Умумий ток

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

Вектор диаграммадан

$$I = I(\text{мм}) \cdot m_1 = 17 \text{ а.}$$

Аналитик усул билан ҳисобланганда

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

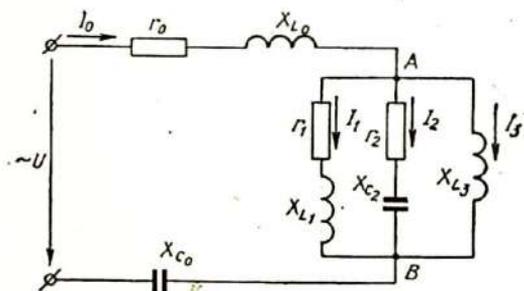
$$\sum I_a = I_{a1} + I_{a2}; \quad \sum I_p = I_{p1} + I_{p2}.$$

Умумий ток ва кучланишнинг фазавий силжиш бурчаги

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

Бутун занжирнинг қувват коэффициентини

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



38-расм

50-масала. Кучланиши $U = 220 \text{ В}$ бўлган электр тармоғига 38-расмда кўрсатилган электр занжири уланган.

Агар.

$$r_0 = 2,16 \text{ ом,} \quad x_{L0} = 60 \text{ ом,}$$

$$x_{c0} = 0,56 \text{ ом,} \quad r_1 = 3 \text{ ом}$$

$$x_{L1} = 4 \text{ ом,} \quad r_2 = 6 \text{ ом,}$$

$$x_{c2} = 8 \text{ ом,} \quad x_{L3} = 25 \text{ ом,}$$

бўлса, барча тармоқлардаги тоқлар аниқлансин.

Ечиш натижалари бўйича масштабда ток ва кучланишларнинг вектор диаграммаси қурилсин:

Ечиш. Тармоқларнинг тўла қаршиликларини аниқлаймиз:

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

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

$$z_3 = x_{L_3} = 25 \text{ ом}.$$

Тармоқларнинг актив ва реактив ўтказувчанликларини аниқлаймиз

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

$$g_2 = \frac{r_2}{z_2^2} = \frac{6}{10^2} = 0,06 \frac{1}{\text{ом}},$$

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

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

$$b_3 = \frac{x_{L_3}}{z_3^2} = \frac{25}{25^2} = 0,04 \frac{1}{\text{ом}}.$$

Тармоқланишдаги актив ўтказувчанликнинг 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

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

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

$$r_{\Sigma} = r_o + r_{AB} = 2,16 + 3,84 = 6 \text{ ом},$$

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

Занжирнинг тўла қаршилиги:

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

Тармоқланишгача бўлган ток:

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

Тармоқланишдаги кучланиш;

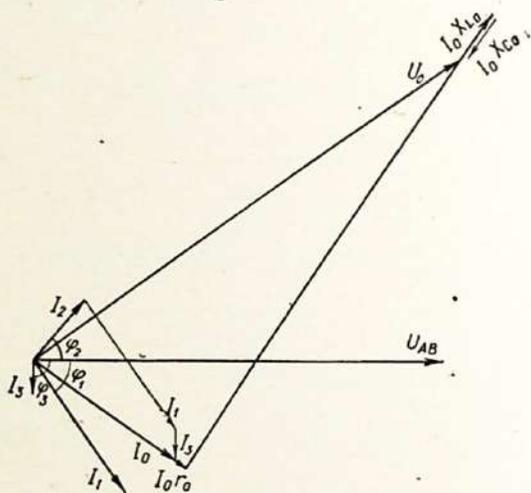
$$U_{AB} = I_0 \cdot z_{AF} = I_0 \cdot \frac{1}{y_{AB}} = 22 \cdot \frac{1}{0,216} \approx 100 \text{ в.}$$

Тармоқлардаги тожлар:

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

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

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



39- рasm

Вектор диаграммани қуриш учун (39- рasm) тармоқлардаги тожлар билан кучланиш орасидаги фазавий силжиш бурчагини аниқлаймиз

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

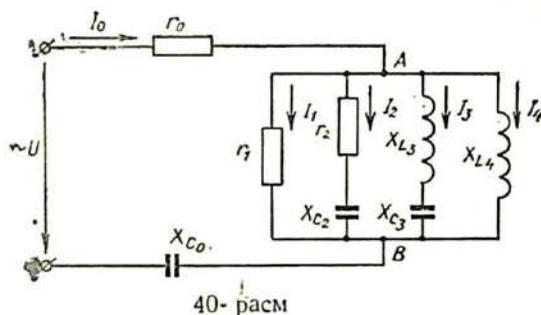
$$\varphi_2 = \arctg \frac{-x_{C2}}{r_2} = \arctg \frac{8}{6}, \quad \varphi_2 = -53^\circ 10',$$

$$\varphi_3 = \arctg \frac{x_{L3}}{r_3} = \arctg \frac{25}{0}, \quad \varphi_3 = 90^\circ$$

$$m_U = 1 \text{ в/мм,} \quad m_I = 0,5 \text{ а/мм.}$$

51-масала. Схемаси 40-расмда кўрсатилган электр занжирининг берилганлари қуйидагиларга тенг:

$$I_1 = 6 \text{ а}, r_1 = 10 \text{ ом}, r_2 = 8 \text{ ом}, x_{c_2} = 6 \text{ ом}, x_{L_3} = 16 \text{ ом}, x_{c_3} = 4 \text{ ом}, \\ x_{L_4} = 15 \text{ ом}, r_0 = 2 \text{ ом}, x_{c_0} = 10 \text{ ом}.$$

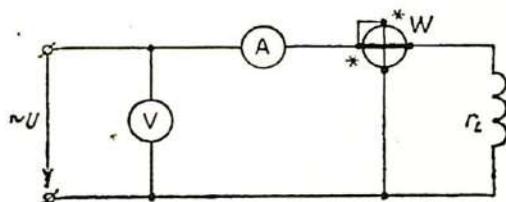


Барча тармоқлардаги тоқлар ва занжирнинг қисмларидаги кучланиш аниқлансин.

52- масала. Ҳар бирининг сифими 4 микрофарададан бўлган 10 элементли конденсаторлар батареяси параллел бириктирилган бўлиб, кучланиши $U = 36 \text{ в}$ ли ўзгарувчан ток манбага уланган.

Частоталари $f = 0$; 50 ва 1000 гц бўлганда тармоқдан истеъмол қилинадиган тоқи аниқлансин.

53- масала. Частотаси $f = 50 \text{ гц}$ ва кучланиши $U = 220 \text{ в}$ бўлган ўзгарувчан ток тармоғига сифими $C = 5 \text{ мкф}$ да бўлган конденсатор уланган. Занжирдаги ток ва конденсаторнинг электр майдонида йиғилган энергиянинг максимал қиймати аниқлансин.



41- расм

54- масала. Частотаси $f = 50 \text{ гц}$ бўлган ўзгарувчан ток тармоғига ўлчаш асбоблари ва актив қаршилик, конденсатор (актив қаршилиги $r = 0$ бўлган) уланган (41-расм). Амперметр, вольтметр, ваттметрларнинг кўрсатиши қуйидагиларга тенг:

$$I = 4 \text{ а}, U = 220 \text{ в}, P = 400 \text{ вт}.$$

Актив қаршиликнинг миқдори ва конденсатор сифими, реактив ва тўла қувват, шунингдек, занжирнинг қувват коэффициентни аниқлансин. Занжир тоқи ва кучланишларининг вектор диаграммаси қурилсин.

55-масала. Кучланиши $U_n = 127$ в ва қуввати $P_n = 40$ вт бўлган электр лампани кучланиши $U = 220$ вольтли тармоққа улаш учун қандай сифимли конденсаторларни электр лампа билан кетма-кет улаш керак?

Конденсатордаги кучланиш, реактив ва тўла қувват, шунингдек, занжирнинг қувват коэффициенти аниқлансин.

Ечиш. Конденсатордаги кучланиш:

$$U_c = \sqrt{U^2 - U_n^2} = \sqrt{220^2 - 127^2} = 179 \text{ в.}$$

Лампа занжиридаги ва конденсатордаги ток:

$$I = \frac{P_n}{U_n} = \frac{40}{127} = 0,315 \text{ а.}$$

Сифим қаршилиги:

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

Конденсаторнинг зарурий сифими:

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

Занжирнинг реактив қуввати:

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

Занжирнинг тўла қуввати:

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

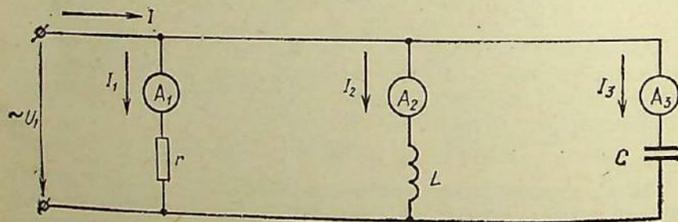
Занжирнинг қувват коэффициенти:

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

56-масала. 55-масаладаги конденсаторнинг ўрнига улаш мумкин бўлган реостатнинг қаршилигини аниқлаб, реостатдаги қувват исрофи ҳисоблансин.

Қандай қаршилиқни лампа билан кетма-кет улаган маъқул. Актив қаршилиқними ёки сифимними?

57-масала. 42-расмда тасвир этилган электр занжирида, A_1 , A_2 ва A_3 амперметрларнинг кўрсатиши қуйидагига тенг:



42-расм

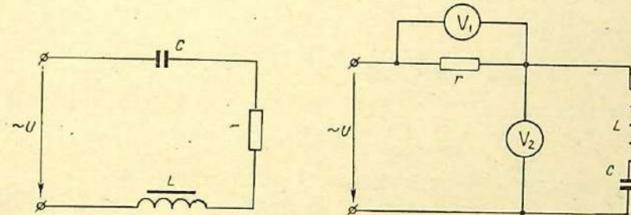
$$I_1 = I_2 = 4 \text{ а; } I_3 = 1 \text{ а.}$$

Тармоқланишгача бўлган ток аниқлансин.

58-масала. Актив қаршилиги $r = 10$ ом ва индуктивлиги $L = 70$ мГн бўлган ғалтак билан, сифими $C = 318$ мкф да бўлган конденсатор кетма-кет уланган. Таъминловчи тармоқнинг кучланиши $U_T = 220$ в, частотаси $f = 50$ Ғц. Занжирдаги ток, ғалтакдаги ва конденсатордаги кучланиш, шунингдек, актив, реактив ва тўла қувват аниқлансин. Вектор диаграммаси қурилсин.

59-масала. Параметрлари аввалги масалада келтирилган ғалтак ва конденсатор параллел бириктирилган. Таъминловчи тармоқнинг кучланиши $U_T = 220$ в, частотаси $f = 50$ Ғц. Ғалтакдаги ва конденсатордаги ток, шунингдек, тармоқланишгача бўлган ток ва бутун занжирнинг қувват коэффициенти аниқлансин. Масштабда ток ва кучланишларнинг вектор диаграммаси қурилсин.

60-масала. Частотаси $f = 50$ Ғц ва кучланиши $U = 220$ в бўлган ўзгарувчан ток тармоғига феррорезонансли кучланиш стабилизатори уланган (43-расм). Стабилизаторнинг параметрлари: актив қаршили-



43-расм

44-расм

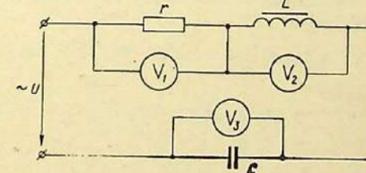
ги $r = 200$ ом, индуктивлиги $L = 127$ мГн, сифими $C = 0,845$ мкф. Занжирдаги ток ва реактив қаршилиқлардаги кучланишнинг тушуви аниқлансин. Вектор диаграммаси қурилсин. Стабилизаторнинг ишлаши ҳақида хулоса беринг.

61-масала. 44-расмда тасвир этилган электр занжири резонансга мосланган. Таъминловчи тармоқнинг кучланиши $U = 220$ в. Вольтметрнинг кўрсатиши аниқлансин.

62-масала. 45-расмда тасвир этилган электр занжиридаги V_1 , V_2 ва V_3 вольтметрларнинг кўрсатиши қуйидагиларга тенг:

$$U_1 = 120 \text{ в, } U_2 = 150 \text{ в, } U_3 = 150 \text{ в.}$$

Таъминловчи тармоқнинг кучланиши аниқлансин.



45-расм

55-масала. Кучланиши $U_n = 127$ в ва қуввати $P_n = 40$ вт бўлган электр лампани кучланиши $U = 220$ вольтли тармоққа улаш учун қандай сифимли конденсаторларни электр лампа билан кетма-кет улаш керак?

Конденсатордаги кучланиш, реактив ва тўла қувват, шунингдек, занжирнинг қувват коэффициенти аниқлансин.

Ечиш. Конденсатордаги кучланиш:

$$U_c = \sqrt{U^2 - U_n^2} = \sqrt{220^2 - 127^2} = 179 \text{ в.}$$

Лампа занжиридаги ва конденсатордаги ток:

$$I = \frac{P_n}{U_n} = \frac{40}{127} = 0,315 \text{ а.}$$

Сифим қаршилиги:

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

Конденсаторнинг зарурий сифими:

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

Занжирнинг реактив қуввати:

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

Занжирнинг тўла қуввати:

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

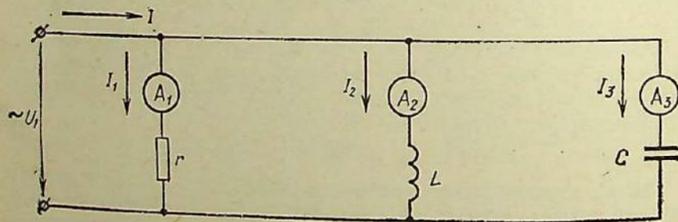
Занжирнинг қувват коэффициенти:

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

56-масала. 55-масаладаги конденсаторнинг ўрнига улаш мумкин бўлган реостатнинг қаршилигини аниқлаб, реостатдаги қувват исрофи ҳисоблансин.

Қандай қаршиликни лампа билан кетма-кет улаган маъқул. Актив қаршиликними ёки сифимними?

57-масала. 42-расмда тасвир этилган электр занжирида, A_1 , A_2 ва A_3 амперметрларнинг кўрсатиши қуйидагига тенг:



42-расм

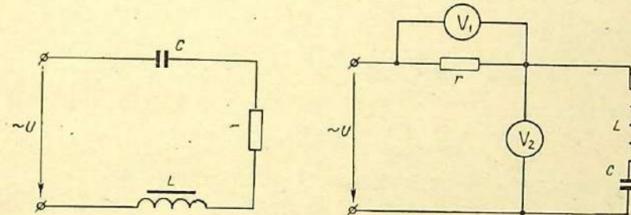
$$I_1 = I_2 = 4 \text{ а; } I_3 = 1 \text{ а.}$$

Тармоқланишгача бўлган ток аниқлансин.

58-масала. Актив қаршилиги $r = 10$ ом ва индуктивлиги $L = 70$ мГн бўлган ғалтак билан, сифими $C = 318$ мкф да бўлган конденсатор кетма-кет уланган. Таъминловчи тармоқнинг кучланиши $U_T = 220$ в, частотаси $f = 50$ Ғц. Занжирдаги ток, ғалтакдаги ва конденсатордаги кучланиш, шунингдек, актив, реактив ва тўла қувват аниқлансин. Вектор диаграммаси қурилсин.

59-масала. Параметрлари аввалги масалада келтирилган ғалтак ва конденсатор параллел бириктирилган. Таъминловчи тармоқнинг кучланиши $U_T = 220$ в, частотаси $f = 50$ Ғц. Ғалтакдаги ва конденсатордаги ток, шунингдек, тармоқланишгача бўлган ток ва бутун занжирнинг қувват коэффициенти аниқлансин. Масштабда ток ва кучланишларнинг вектор диаграммаси қурилсин.

60-масала. Частотаси $f = 50$ Ғц ва кучланиши $U = 220$ в бўлган ўзгарувчан ток тармоғига феррорезонансли кучланиш стабилизатори уланган (43-расм). Стабилизаторнинг параметрлари: актив қаршили-



43-расм

44-расм

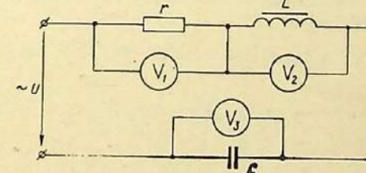
ги $r = 200$ ом, индуктивлиги $L = 127$ мГн, сифими $C = 0,845$ мкф. Занжирдаги ток ва реактив қаршиликлардаги кучланишнинг тушуви аниқлансин. Вектор диаграммаси қурилсин. Стабилизаторнинг ишлаши ҳақида хулоса беринг.

61-масала. 44-расмда тасвир этилган электр занжири резонансга мосланган. Таъминловчи тармоқнинг кучланиши $U = 220$ в. Вольтметрнинг кўрсатиши аниқлансин.

62-масала. 45-расмда тасвир этилган электр занжиридаги V_1 , V_2 ва V_3 вольтметрларнинг кўрсатиши қуйидагиларга тенг:

$$U_1 = 120 \text{ в, } U_2 = 150 \text{ в, } U_3 = 150 \text{ в.}$$

Таъминловчи тармоқнинг кучланиши аниқлансин.



45-расм

63- масала. Актив қаршилиги $r = 10$ ом ва индуктив қаршилиги $x_L = 50$ ом га тенг бўлган ғалтак, частотаси $f = 50$ гц ва кучланиши $U = 220$ вольтли ўзгарувчан ток тармоғига уланган. Занжирда кучланиш резонанси ҳосил бўлиши учун, ғалтак билан кетма-кет улаш керак бўлган конденсаторнинг сифими аниқлансин.

64- масала. Частотаси $f = 50$ гц ва кучланиши $U = 380$ в бўлган ўзгарувчан ток тармоғига, қуввати $P = 60$ квт ли актив—индуктив истеъмолчи уланган.

Қуйидагилар аниқлансин:

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

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

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

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

реактив қувват:

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

симлардаги ток

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

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

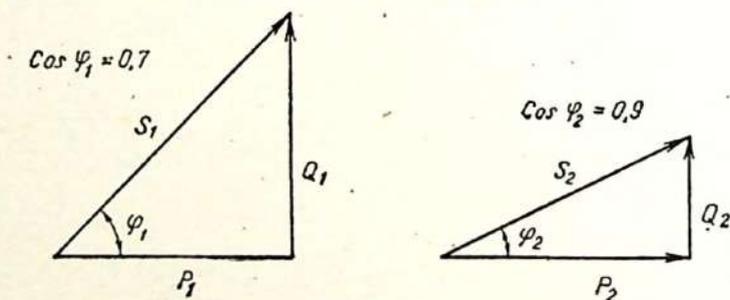
$$S_2 = \frac{P}{\cos\varphi_2} = \frac{60}{0,9} = 66,6 \text{ ква,}$$

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

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

Олинганлар бўйича масштабда қувватлар учбурчагини қурамыз (46- расм).

$$m_P = 2 \text{ квт/мм, } m_Q = 2 \text{ квар/мм, } m_S = 2 \text{ кв·а/мм.}$$



46- расм

2. Компенсация ланиши керак бўлган реактив қувватни аниқлаймиз

$$Q_c = Q_1 - Q_2 = 61,2 - 30,6 = 30,6 \text{ квар.}$$

Демак, конденсаторлар батареясининг қуввати

$$Q_c = 30,6 \text{ квар,}$$

аммо

$$Q_c = I_c \cdot U = U^2 \cdot \omega C,$$

бу ердан

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

65- масала. Конденсатор улангандан сўнг линиядаги ток ўзгармай қолса, истеъмолчиға узатилаётган актив қувватни қанчаға кўпайтириш мумкин. Аввалги масаланинг берилганларидан фойдаланинг.

Ечиш. Шарт бўйича линиядаги ток ўзгармай қолади. Демак, тўла қувват ҳам ўзгармайди (истеъмолчининг учларидаги кучланиш ўзгармай қолиши керак).

$$S_1 = UI_1 = 85,7 \text{ кв} \cdot \text{а.}$$

Конденсатор улангандан сўнг кучланиш ва ток орасидаги фазавий силжиш бурчагининг ўзгариши натижасида қувватнинг актив ва реактив ташкил этувчилари ҳам ўзгаради:

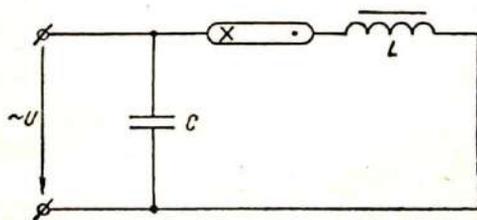
$$P' = S_1 \cdot \cos \varphi_2 = 85,7 \cdot 0,9 = 77 \text{ квт,}$$

$$Q' = S_1 \cdot \sin \varphi_2 = 85,7 \cdot 0,438 = 37,6 \text{ квар.}$$

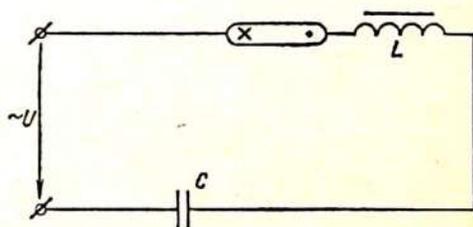
Линия бўйича истеъмолчиларға узатиш мумкин бўлган қўшимча актив қувват

$$\Delta P = P' - P = 77 - 60 = 17 \text{ квт,}$$

яъни актив қувват шунчаға ўзгаради.



47- расм



48- расм

66- масала. Ёритгич қурилманинг қувват коэффициентини биргача орттириш учун конденсатордан фойдаланиш мумкин (47-масалаға қаранг). Уни 47, 48- расмлардаги схемалар бўйича улаш мумкин. Қўрсатилган икки схемадан қайси бири лампанинг нормал ишлашини таъминлайди ва бунда конденсаторнинг сифими қандай бўлиши

керак. Тармоқдан истеъмол қилинаётган тўла қувват қандай ўзгаради?

Ечиш. 1. Конденсатор ёритиш қурилмасига параллел уланган (47-расм). Бундай занжирда тоқлар резонанси ($b_L - b_C = 0$) содир бўлиб, қувват коэффициентини бирга тенг бўлиши мумкин.

Занжир реактив қувватининг йиғиндисини нолга тенг бўлиши

$$U^2 \cdot b_L - U^2 \cdot b_C = 0, \text{ яъни } Q_L - Q_C = 0 \text{ ёки } Q_L = Q_C$$

$$Q_L = 63,7 \text{ вар (47-масала ечимидан), чунки}$$

$$b_C = \omega \cdot C,$$

у ҳолда

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

бу ердан

$$C = \frac{Q_C}{\omega \cdot U^2} = \frac{63,7 \cdot 10^6}{314 \cdot 220^2} = 4,2 \text{ мкф.}$$

2. Конденсатор ёритиш қурилмасига кетма-кет уланган (48-расм). Бундай занжирда кучланишлар резонансини ($x_L = x_C$, яъни $\omega \cdot L = \frac{1}{\omega \cdot C}$) содир бўлиб, қувват коэффициентини бирга тенг бўлади 47-масаланинг ечимидан $x_L = 622 \text{ ом}$.

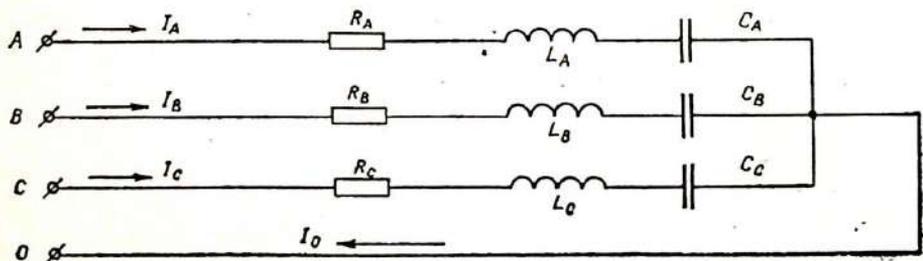
Конденсаторнинг ҳисобий сифини

$$C = \frac{1}{\omega \cdot x_C} = \frac{10^6}{314 \cdot 622} = 5,1 \text{ мкф.}$$

Одатда, 47-расм қўлланилади, чунки конденсаторнинг уланиши лампа занжирининг узилишига боғлиқ бўлмайди.

УЧ ФАЗАЛИ ТОҚ ЗАНЖИРЛАРИ

67-масала. Линия кучланиши 380 в ва частотаси 50 гц бўлган уч фазали токнинг тўрт симли тармоғига истеъмолчилар юлдуз схемада уланган (49-расм).



49- расм

Истеъмолчиларнинг параметрлари қуйидаги жадвалда берилган.

R_A	L_A	C_A	R_B	L_B	C_B	R_C	L_C	C_C
ом	мгн	мкф	ом	мгн	мкф	ом	мгн	мкф
10	63,6	318	20	31,8	159	—	95,6	79,6

1. Истеъмолчиларнинг фаза токлари ҳисоблансин.

2. Кучланиш ва токларнинг вектор диаграммаси масштабда чизилсин.

3. График усулда вектор диаграммадан ноль (нейтрал) симдаги ток аниқлансин.

4. Истеъмолчиларнинг актив, реактив ва тўла қувватлар, шунингдек, уч фазали занжирнинг тўла қуввати аниқлансин.

Ечиш. 1. Истеъмолчиларнинг фаза тоқларини аниқлаш. Бунинг учун аввал ҳар бир фазанинг тўла қаршилигини ҳисоблаймиз:

$$\begin{aligned}
 Z_A &= \sqrt{R_A^2 + \left(\omega \cdot L_A - \frac{1}{\omega \cdot C_A}\right)^2} = \\
 &= \sqrt{10^2 + \left(314 \cdot 63,6 \cdot 10^{-3} - \frac{1}{314 \cdot 318 \cdot 10^{-6}}\right)^2} = \\
 &= \sqrt{10^2 + (20 - 10)^2} = 14,18 \text{ ом}, \\
 Z_B &= \sqrt{R_B^2 + \left(\omega \cdot L_B - \frac{1}{\omega \cdot C_B}\right)^2} = \\
 &= \sqrt{20^2 + \left(314 \cdot 31,8 \cdot 10^{-3} - \frac{1}{314 \cdot 159 \cdot 10^{-6}}\right)^2} = \\
 &= \sqrt{20^2 + (10 - 20)^2} = 22,4 \text{ ом}, \\
 Z_C &= \sqrt{R_C^2 + \left(\omega \cdot L_C - \frac{1}{\omega \cdot C_C}\right)^2} = \\
 &= \sqrt{\left(314 \cdot 95,5 \cdot 10^{-3} - \frac{1}{314 \cdot 79,5 \cdot 10^{-6}}\right)^2} = \\
 &= \sqrt{(30 - 40)^2} = 10 \text{ ом}.
 \end{aligned}$$

Ҳар бир фазанинг токни Ом қонунига асосан аниқлаймиз:

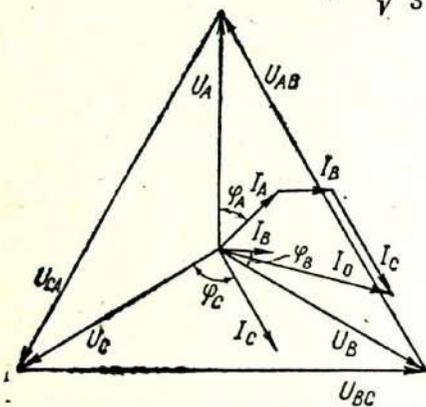
$$I_A = \frac{U_{\text{Л}}}{\sqrt{3} \cdot Z_A} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 14,18} = 15,5 \text{ а},$$

$$I_B = \frac{U_{\text{Л}}}{\sqrt{3} \cdot Z_B} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 22,4} = 9,83 \text{ а},$$

$$I_C = \frac{U_{\text{Л}}}{\sqrt{3} \cdot Z_C} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 10} = 22 \text{ а}.$$

2. Вектор диаграммани қуриш (50-расм). Аввал кучланиш учун масштаб танлаб оламиз $m_U = 5$ в/мм. Ихтиёрий O нуқтадан (50-расм) биринчи фазанинг фаза кучланиш векторини вертикал қўямиз:

$$U_A = \frac{U_L}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220 \text{ в.}$$



50- расм

Нейтрал сим бўлганда фаза кучланишлари U_A , U_B ва U_C ўзаро тенг бўлиб, уч фазали симметрик системани ташкил қилади. Фаза кучланиши векторларининг охирини бириктириб, линия кучланишлари (U_{AB} , U_{BC} , U_{CA}) нинг учбурчагини ҳосил қиламиз. Истеъмолчиларнинг ток векторларини қуриш учун, аввало, бу тоқларнинг тегишли фазавий силжиш бурчакларини аниқлаш керак:

$$\cos \varphi_A = \frac{R_A}{Z_A} = \frac{10}{14,18} = 0,705,$$

у ҳолда $\varphi_A = 45^\circ$.

I_A токи U_A кучланишидан фаза жиҳатидан орқада қолмоқда, чунки

$$\omega \cdot L_A = 20 \text{ ом} > \frac{1}{\omega \cdot C_A} = 10 \text{ ом.}$$

I_B токи U_B кучланишидан фаза жиҳатидан олдин келмоқда, (илгариламоқда) чунки

$$\cos \varphi_B = \frac{R_B}{Z_B} = \frac{20}{22,4} = 0,892; \quad \varphi_B = 27^\circ,$$

$$\omega \cdot L_B = 10 \text{ ом} < \frac{1}{\omega \cdot C_B} = 20 \text{ ом.}$$

I_C токи U_C кучланишидан фаза жиҳатдан олдин келмоқда, чунки

$$\cos \varphi_C = \frac{R_C}{Z_C} = \frac{0}{10} = 0; \quad \varphi_C = -90^\circ$$

$$\omega \cdot L_C = 30 \text{ ом} < \frac{1}{\omega \cdot C_C} = 40 \text{ ом.}$$

Ток учун масштаб қабул қилиб ($m_I = 1$ а/мм), истеъмолчиларнинг ток векторларини тегишли фаза кучланишларига нисбатан маълум бурчак остида O нуқтадан бошлаб чизамиз.

3. Нейтрал симдаги ток фаза тоklarининг геометрик йиғиндисига тенг:

$$\bar{I}_0 = \bar{I}_A + \bar{I}_B + \bar{I}_C.$$

I_0 векторининг узунлигини ток масштабида ўлчаб, нейтрал симдаги токнинг миқдорини топамиз:

$$I_0 = 3,4 \cdot m_1 = 3,4 \cdot 10 = 34 \text{ а.}$$

4. Истеъмолчиларнинг қувватини аниқлаш:

а) ҳар бир фазанинг актив қуввати:

$$P_A = U_A \cdot I_A \cdot \cos \varphi_A = 220 \cdot 15,5 \cdot 0,705 = 2400 \text{ вт,}$$

$$P_B = U_B \cdot I_B \cdot \cos \varphi_B = 220 \cdot 9,83 \cdot 0,892 = 1930 \text{ вт,}$$

$$P_C = U_C \cdot I_C \cdot \cos \varphi_C = 220 \cdot 22 \cdot 0 = 0;$$

б) учала фазанинг актив қуввати:

$$P = P_A + P_B + P_C = 2400 + 1930 = 4330 \text{ вт;}$$

в) ҳар бир фазанинг реактив қуввати;

$$Q_A = U_A \cdot I_A \cdot \sin \varphi_A = 220 \cdot 15,5 \cdot 0,705 = 2400 \text{ вар,}$$

$$Q_B = U_B \cdot I_B \cdot \sin \varphi_B = 220 \cdot 9,83 \cdot 0,454 = 984 \text{ вар,}$$

$$Q_C = U_C \cdot I_C \cdot \sin \varphi_C = 220 \cdot 22 \cdot (-1) = -4840 \text{ вар;}$$

г) учала фазанинг реактив қуввати:

$$Q = Q_A + Q_B + Q_C = 2400 - 984 - 4840 = -3424 \text{ вар;}$$

д) ҳар бир фазанинг тўла қуввати

$$S_A = \sqrt{P_A^2 + Q_A^2} = \sqrt{2400^2 + 2400^2} = 3400 \text{ в} \cdot \text{а} = 3,4 \text{ кв} \cdot \text{а,}$$

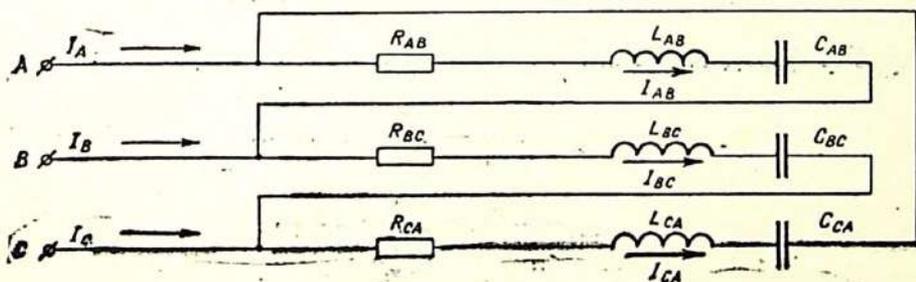
$$S_B = \sqrt{P_B^2 + Q_B^2} = \sqrt{1930^2 + 984^2} = 2300 \text{ в} \cdot \text{а} = 2,3 \text{ кв} \cdot \text{а,}$$

$$S_C = \sqrt{P_C^2 + Q_C^2} = Q_C = 4840 \text{ в} \cdot \text{а} = 4,84 \text{ ква;}$$

е) учала фазанинг тўла қуввати:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{4330^2 + (-3424)^2} = 5520 \text{ в} \cdot \text{а} = 5,52 \text{ кв} \cdot \text{а;}$$

68- масала. Линия кучланиши 380 в ва частотаси 50 гц бўлган уч фазали ток тармоғига учбурчак схемада истеъмолчилар уланган (51- расм).



51-расм

Истеъмолчиларнинг параметрлари қуйидаги жадвалда берилган.

R_{AB}	L_{AB}	C_{AB}	R_{BC}	L_{BC}	C_{BC}	R_{CA}	L_{CA}	C_{CA}
ом	мГН	мкФ	ом	мГН	мкФ	ом	мГН	мкФ
—	63,6	636	10	31,8	318	20	95,6	79,5

1. Истеъмолчиларнинг фаза токлари ҳисоблансин.
2. Ток ва кучланишларнинг вектор диаграммаси масштабда қурилсин.
3. Линия токлари вектор диаграммадан график усулда аниқлансин.
4. Истеъмолчиларнинг актив, реактив ва тўла қувватлари, шунингдек, уч фазали занжирнинг тўла қуввати аниқлансин.

Ечиш.

1. Истеъмолчиларнинг фаза тоқларини аниқлаш.

Бунинг учун ҳар бир фазанинг тўла қаршиликларини ҳисоблаймиз:

$$Z_{AB} = \sqrt{R_{AB}^2 + \left(\omega \cdot L_{AB} - \frac{1}{\omega \cdot C_{AB}}\right)^2} =$$

$$= \sqrt{\left(314 \cdot 63,6 \cdot 10^{-6} - \frac{1}{314 \cdot 636 \cdot 10^{-6}}\right)^2} = 15 \text{ ом},$$

$$Z_{BC} = \sqrt{R_{BC}^2 + \left(\omega \cdot L_{BC} - \frac{1}{\omega \cdot C_{BC}}\right)^2} =$$

$$= \sqrt{10^2 + \left(314 \cdot 31,8 \cdot 10^{-3} - \frac{1}{314 \cdot 318 \cdot 10^{-6}}\right)^2} = 10 \text{ ом},$$

$$Z_{CA} = \sqrt{R_{CA}^2 + \left(\omega \cdot L_{CA} - \frac{1}{\omega \cdot C_{CA}}\right)^2} =$$

$$= \sqrt{20^2 + \left(314 \cdot 95,6 \cdot 10^{-3} - \frac{1}{314 \cdot 79,5 \cdot 10^{-6}}\right)^2} = 22,4 \text{ ом}.$$

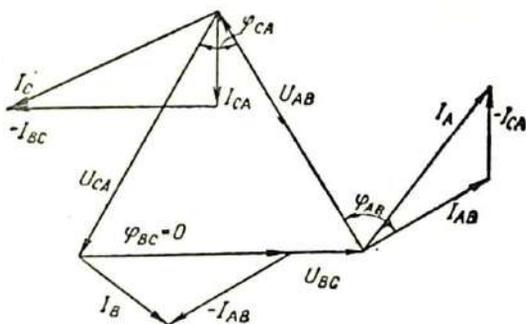
Ҳар бир фазадаги токни ом қонунига асосан аниқлаймиз:

$$I_{AB} = \frac{U_{AB}}{Z_{AB}} = \frac{380}{15} = 25,3 \text{ а},$$

$$I_{BC} = \frac{U_{BC}}{Z_{BC}} = \frac{380}{10} = 38 \text{ а},$$

$$I_{CA} = \frac{U_{CA}}{Z_{CA}} = \frac{380}{22,4} = 16,95 \text{ а}.$$

2. Вектор диаграммасини қуриш. Аввал кучланиш учун масштаб танлаб оламиз; $m_U = 7,5$ в/мм токлар учун $m_I = 1$ а/мм. Линия кучланишлари U_{AB} , U_{BC} , U_{CA} ёпиқ учбурчак ҳосил қилади (52-расм). Истеъмолчиларнинг фаза тоқлари векторини қу-



52- расм

риш учун бу тоқларнинг линия кучланишлари U_{AB} , U_{BC} , U_{CA} га нисбатан фазавий силжиш бурчакларини аниқлаш керак:

$$\cos \varphi_{AB} = \frac{R_{AB}}{Z_{AB}} = \frac{0}{15} = 0, \text{ демак, } \varphi_{AB} = 90^\circ.$$

I_{AB} токи фаза жиҳатдан U_{AB} кучланишдан орқада қолмоқда, чунки

$$\omega \cdot L_{AB} = 20 > \frac{1}{\omega \cdot C_{AB}} = 5 \text{ ом,}$$

$$\cos \varphi_{BC} = \frac{R_{BC}}{Z_{BC}} = \frac{10}{10} = 1; \quad \varphi_{BC} = 0.$$

Демак, I_{BC} токи фаза жиҳатдан U_{BC} кучланиши билан бир йўналишда, чунки

$$\omega \cdot L_{BC} = 10 = \frac{1}{\omega \cdot C_{BC}} = 10 \text{ ом,}$$

$$\cos \varphi_{CA} = \frac{R_{CA}}{Z_{CA}} = \frac{20}{22,4} = 0,892; \quad \varphi_{CA} = 27^\circ.$$

I_{CA} токи фаза жиҳатдан U_{CA} кучланишидан олдин келмоқда, чунки

$$\omega \cdot L_{CA} = 30 < \frac{1}{\omega \cdot C_{CA}} = 40 \text{ ом.}$$

I_{AB} , I_{BC} ва I_{CA} тоқларнинг векторларини вектор диаграммада тегишли U_{AB} , U_{BC} ва U_{CA} кучланиш векторларининг бошланишидан маълум фазавий силжиш бурчаги ҳосил қилиб чизамиз.

3. Истеъмолчиларнинг линия токлари қуйидаги геометрик ифодаларга асосан вектор диаграммадан график бўйича ифодаланади:

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

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

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

Диаграммадан қуйидагиларни ток масштаби билан ўлчаб оламиз:

$$I_A = 37,5 \text{ мм} \cdot m_1 = 37,5 \text{ мм} \cdot 1 \text{ а/мм} = 37,5 \text{ а},$$

$$I_B = 21,5 \text{ мм} \cdot m_1 = 21,5 \text{ мм} \cdot 1 \text{ а/мм} = 21,5 \text{ а},$$

$$I_C = 42 \text{ мм} \cdot m_1 = 42 \text{ мм} \cdot 1 \text{ а/мм} = 42 \text{ а}.$$

4. Қувватларни аниқлаш:

а) ҳар бир фазанинг актив қуввати:

$$P_{AB} = U_{AB} \cdot I_{AB} \cdot \cos \varphi_{AB} = 0, \text{ чунки } \cos \varphi_{AB} = 0;$$

$$P_{BC} = U_{BC} \cdot I_{BC} \cdot \cos \varphi_{BC} = 380 \cdot 38 \cdot 1 = 14430 \text{ вт} = 14,43 \text{ кВт},$$

$$P_{CA} = U_{CA} \cdot I_{CA} \cdot \cos \varphi_{CA} = 380 \cdot 16,95 \cdot 0,892 = 5740 \text{ вт} = 5,74 \text{ кВт}$$

б) учала фазанинг актив қуввати:

$$P = P_{AB} + P_{BC} + P_{CA} = 0 + 14430 + 5740 = 20170 \text{ вт} = 20,17 \text{ кВт},$$

в) ҳар бир фазанинг реактив қуввати:

$$Q_{AB} = U_{AB} \cdot I_{AB} \cdot \sin \varphi_{AB} = 380 \cdot 25,3 \cdot 1 = 9620 \text{ вар} = 9,62 \text{ квар},$$

$$Q_{BC} = U_{BC} \cdot I_{BC} \cdot \sin \varphi_{BC} = 0, \text{ чунки } \sin \varphi_{BC} = 0$$

$$Q_{CA} = U_{CA} \cdot I_{CA} \cdot \sin \varphi_{CA} = 380 \cdot 16,95 \cdot 0,454 = 2930 \text{ вар} = 2,93 \text{ квар},$$

г) учала фазанинг реактив қуввати:

$$Q = Q_{AB} + Q_{BC} - Q_{CA} = 9620 + 0 - 2930 = 6690 \text{ вар} = 6,69 \text{ квар},$$

д) ҳар бир фазанинг тўла қуввати:

$$S_{AB} = \sqrt{P_{AB}^2 + Q_{AB}^2} = Q_{AB} = 9620 \text{ в} \cdot \text{а}, \text{ чунки } P_{AB} = 0.$$

$$S_{BC} = \sqrt{P_{BC}^2 + Q_{BC}^2} = P_{BC} = 14430 \text{ в} \cdot \text{а}, \text{ чунки } Q_{BC} = 0;$$

$$S_{CA} = \sqrt{P_{CA}^2 + Q_{CA}^2} = \sqrt{5740^2 + 2930^2} = 6450 \text{ в} \cdot \text{а},$$

е) учала фазанинг тўла қуввати:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{20170^2 + 6690^2} = 21200 \text{ в} \cdot \text{а}.$$

69-масала. Линия кучланиши $U_L = 380 \text{ в}$ бўлган уч фазали ток тармоғига электр печь уланган. Печнинг қиздириш элемент-

лари юлдуз схемада уланса, тармоқдан истеъмол қиладиган қувват $P = 5 \text{ кВт}$ бўлади. Агар печнинг қиздириш элементлари учбурчак схемада уланса, фаза токлари ва тармоқдан истеъмол қилинадиган қувват қандай ўзгаради?

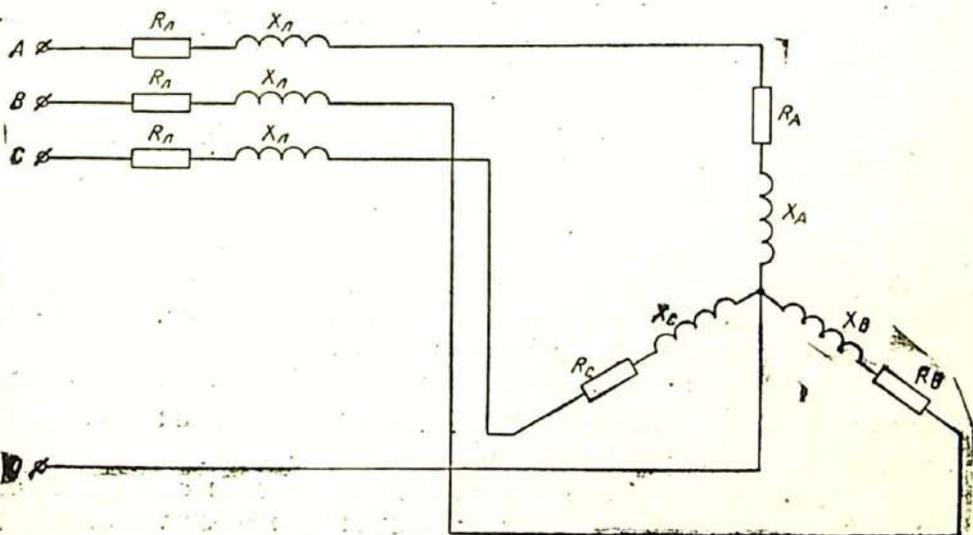
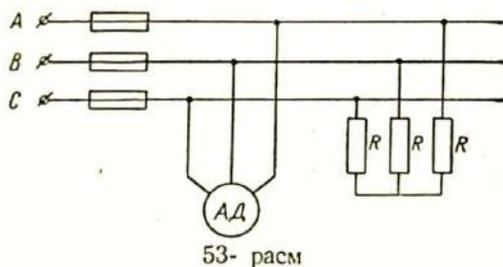
70- масала. Линия кучланиши $U_{\text{л}} = 380 \text{ в}$ бўлган уч фазали ток тармоғига қувват коэффиценти $\cos \varphi = 0,8$ да $P = 5 \text{ кВт}$ қувват истеъмол қилувчи индукцион печь уланган. Печнинг қиздириш элементлари юлдуз схема уланган. Ҳар бир фазанинг параметрлари аниқлансин.

71- масала. Линия кучланиши $U_{\text{л}} = 380 \text{ в}$ бўлган уч фазали ток тармоғига индукцион печь уланган. Печнинг қиздириш элементлари юлдуз схемада уланганда тармоқдан истеъмол қилган қуввати $P = 7 \text{ кВт}$ га тенг ($\cos \varphi = 0,8$). Агар қиздириш элементлари учбурчак схемада уланса,

печнинг тармоқдан истеъмол қиладиган актив, реактив ва тўла қуввати қандай ўзгаради?

72- масала. Линия кучланиши $U_{\text{л}} = 380 \text{ в}$ бўлган уч фазали ток тармоғига асинхрон двигатель ва қиздиргич печь уланган (53- расм). Қувват коэффиценти $\cos \varphi = 0,8$ да двигательнинг истеъмол қиладиган қуввати $P_{\text{дв}} = 16 \text{ кВт}$, печнинг истеъмол қиладиган қуввати $P_{\text{п}} = 6 \text{ кВт}$. Уч фазали занжирнинг тўла қуввати ва барча қурилмаларнинг қувват коэффиценти аниқлансин.

73- масала. Тўрт симли электр тармоғига уч фазали истеъмолчи уланган. Линия токлари $I_{\text{А}} = I_{\text{В}} = I_{\text{С}} = 10 \text{ а}$. Қувват коэффици-



54- расм

ентлари $\cos \varphi_A = 0,6$; $\cos \varphi_B = 0,75$; $\cos \varphi_C = 0,9$. Нагрузкани симметрик деб ҳисоблаш мумкинми?

74- масала. Уч фазали линия охирида истеъмолчилар юлдуз схемада уланган (54- расм). Актив қаршиликлари $R_A = 17$ ом, $R_B = 14$ ом, $R_C = 13$ ом. Реактив қаршиликлари $X_A = 22$ ом, $X_B = 18$ ом, $X_C = 28$ ом. Ҳар бир линия симининг актив ва реактив қаршилиги $R_{\Delta} = 10$ ом, $X_{\Delta} = 2$ ом. Линия бошидаги кучланиш $U = 380$ в.

Қуйидагилар аниқлансин:

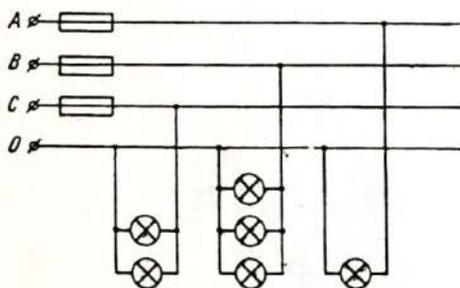
1. Фазалардаги тоқлар.
2. Уч фазали занжирнинг актив, реактив ва тўла қуввати.

75- масала. Линия кучланиши $U_{\Delta} = 220$ в бўлган тўрт симли электр тармоғига ёритгич нагрузка уланган (55- расм). Ёритгичларнинг фазалардаги истеъмол қуввати:

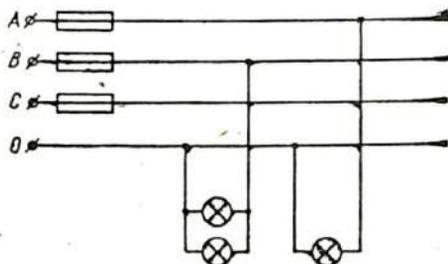
$$P_A = 5,5 \text{ кВт}, P_B = 6,6 \text{ кВт}, P_C = 2,75 \text{ кВт}.$$

Қуйидагилар аниқлансин:

1. Фазалардаги тоқлар.
2. Вектор диаграммадан ток I_0 нинг қиймати.
3. Тармоқдан истеъмол қилинаётган умумий қувват
4. Масштабда ток ва кучланишларнинг вектор диаграммаси қурилсин.



55- расм



56- расм

76- масала. Қуввати $P = 2,4$ кВт бўлган уч фазали симметрик истеъмолчи юлдуз схемада уланган. Фаза кучланиши $U_{\phi} = 120$ в. Фазалардан бирортасига $R = 24$ ом актив қаршилик кетма-кет уланганда нейтрал симдаги ток аниқлансин.

77- масала. Ҳар бирининг қуввати $P_A = 2,2$ кВт, $P_B = 4,4$ кВт бўлган иккита лампалар группаси линия кучланиши $U_{\Delta} = 380$ вольтли уч фазали ток тармоғига уланган (56- расм).

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

78- масала. Ҳар бирининг қуввати 1000 ваттдан бўлган учта электр лампа, линия кучланиши $U_{\text{л}} = 220$ вольтли уч фазали ток тармоғига уланган (57- расм).

1. В фазадаги сақлагич куйганда ҳар бир лампа қисмларидаги кучланиш аниқлансин.

Масштабда вектор диаграммаси қурилсин.

2. Лампалардан бири куйганда линия симларидаги тоқлар аниқлансин.

Масштабда вектор диаграммаси қурилсин.

79- масала. Юлдуз схемада уланган уч фазали истеъмолчининг фаза қаршиликлари ўзаро тенг: $R_A = X_B = X_C$. Фаза кучланишларини симметрик қилиш учун нейтрал сим керакми?

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

81- масала. Уч фазали симметрик актив қувват истеъмолчиси фаза кучланиши $U_{\text{ф}} = 220$ в бўлган тўрт симли электр тармоғига юлдуз схемада уланган. Линия симларидаги тоқлар $I_A = I_B = I_C = 10$ а.

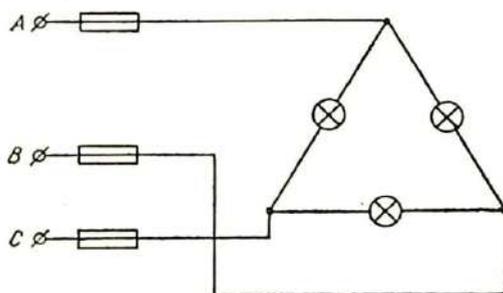
Битта линия сими, ундан сўнг иккита линия сими узилганда нейтрал симдаги ток аниқлансин.

82- масала. Асинхрон двигателнинг статор чулғами юлдуз схемада уланган бўлиб, линия кучланиши $U_{\text{л}} = 380$ в бўлган уч фазали ток тармоғига уланган. Двигателнинг тармоқдан истеъмол қиладиган қуввати $P_1 = 16$ кВт, қувват коэффиценти $\cos \varphi = 0,78$.

Фазалардаги кучланиш ва ток аниқлансин:

1. Двигатель нормал ишлаганда.
2. С фазадаги сақлагич куйганда.
3. С фазасида қисқа туташув содир бўлганда.

Барча учта режим учун вектор диаграмма чизилсин.



57- расм

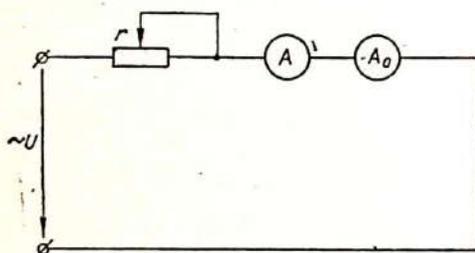
У. ЭЛЕКТР УЛЧАШЛАР

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

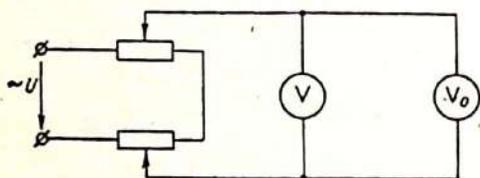
84- масала. Ұзгарувчан ток занжирига трансформация коэффициенти $K_T=300/5$ бўлган ток трансформатори орқали электромагнит системасидаги амперметр уланган. Шу асбоб ўлчайдиган номинал токнинг қиймати 5 а. Асбобнинг шкаласи 100 та бўлинмага бўлинган. Ток трансформаторини ҳисобга олган ҳолда амперметрнинг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

85- масала. Электродинамик системадаги ваттметр номинал кучланиши $U_n=300$ в ва номинал токи $I_n=5$ а бўлган электр занжирига уланган. Асбобнинг шкаласи 150 та бўлинмага бўлинган. Асбоб ўзгарувчан ток занжирига уланганда унинг стрелкаси 100 та бўлинмага бурилган. Занжирнинг қуввати аниқлансин.

86- масала. Номинал кучланиши $U_n=150$ в ва номинал токи $I_n=5$ а бўлган электродинамик системадаги ваттметр трансформация коэффициенти $K_T=200/5$ бўлган ток трансформатори орқали бир фазали ток занжирига уланган. Асбобнинг шкаласи 150 та бўлинмага бўлинган. Ваттметрнинг стрелкаси 100 та бўлинмага бурилган. Занжирнинг қуввати аниқлансин.



58- расм



59- расм

87- масала. Номинал токи $I_n=10$ а бўлган электродинамик системадаги амперметр текшириш учун 58- расмдаги схема бўйича электродинамик системадаги намуна асбоб билан кетма-кет уланган. Текшириляётган асбобнинг кўрсатиши, 8 а, намуна асбобнинг кўрсатиши 8,2 а га тенг. Амперметрнинг, абсолют, нисбий ва келтирилган хатоликлари, шунингдек, тўғрилаш коэффициенти аниқлансин.

88- масала. Номинал кучланиши $U_n=150$ в бўлган электромагнит системадаги вольтметр текшириш учун 59- расмдаги схема бўйича электродинамик системадаги на-

муна асбоб билан параллел уланган, текшириляётган асбобнинг кўрсатиши 100 в. Намуна асбобнинг кўрсатиши 102,5 в. Асбобнинг аниқлик классификацияси аниқлансин.

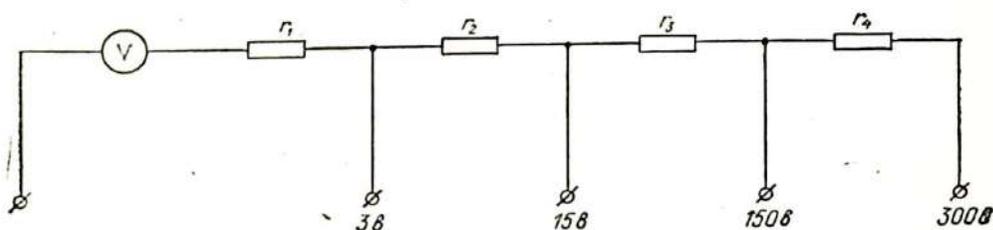
89- масала. Ұзгармас ток занжирига уланган электромагнит системадаги вольтметр 132 вольт кучланишни кўрсатди. Ҳудди шу асбобни ўзгарувчан ток занжирига уланганда 127 вольт кучланишни кўрсатди. Ұзгармас ток занжирида, шунингдек, ўзгарувчан ток занжирида ҳам кучланишнинг ҳақиқий қиймати 130 вольтга тенг. Улашнинг иккала ҳолати учун асбобнинг нисбий ўлчаш хатолиги

аниқлансин. Ўлчашнинг икки ҳолати учун асбобнинг кўрсатишларидаги фарқни қандай тушунтириш мумкин?

90- масала. Аниқлик классси 1,5 бўлган электродинамик вольтметр шкаласи 250 вольтга даражаланган. 127 ва 220 вольт кучланишда вольтметрнинг ўлчаш хатолиги аниқлачсин.

91- масала. Номинал токи $I_H = 5$ а га тенг бўлган магнитоэлектрик системадаги амперметрнинг ички қаршилиги $r_A = 0,015$ ом га тенг. Асбобнинг ўлчаш чегарасини 15 а гача ошириш керак бўлган шунт қаршилигининг қиймати аниқлачсин. Амперметрнинг шунт қаршилик билан уланиш схемаси чизилсин.

92- масала. Электромагнит системадаги вольтметрнинг ички қаршилиги $r_v = 20000$ ом, номинал кучланиши $U_H = 380$ в. Вольтметрнинг ўлчаш чегарасини 600 вольтгача ошириш учун керак бўлган қўшимча қаршиликнинг қиймати аниқлансин. Вольтметрнинг қўшимча қаршилик билан уланиш схемаси чизилсин.



60- расм

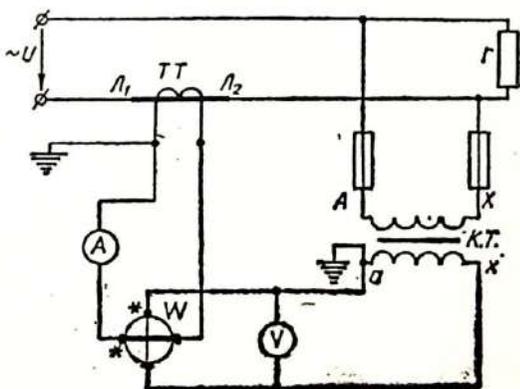
93- масала. Магнитоэлектрик системадаги вольтметр 3 — 15 — 150 — 300 в номинал кучланишларга ишлаб чиқарилади. 60- расмда асбобнинг электр схемаси келтирилган. Асбобнинг ички қаршилиги $r_H = 33$ ом ва номинал токи $I_H = 7,5$ ма маълум бўлса, r_1, r_2, r_3 ва r_4 қўшимча қаршиликларнинг қиймати аниқлансин.

94- масала. Амперметр, вольтметр ва ваттметр трансформация коэффициенти $K_T = 400/5$ бўлган ток трансформатори ва трансформация коэффициенти $K_K = 3000/100$ бўлган кучланиш трансформатори орқали бир фаза-ли ўзгарувчан ток тармоғига уланган (61- расм). Асбобларнинг кўрсатиши қуйидагиларга тенг:

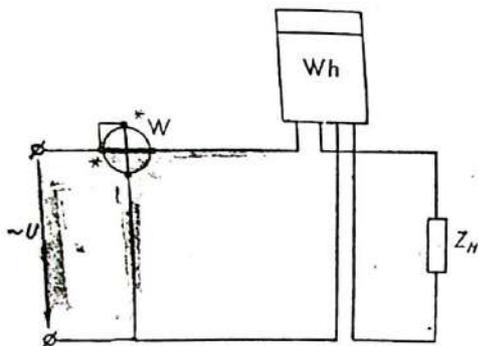
$$I = 3.6 \text{ а}; U = 90 \text{ в}; P = 324 \text{ вт.}$$

Занжирнинг токи, кучланиши ва қуввати аниқлансин.

95- масала. Квартирада номинал кучланиши $U_H = 220$ в ва номинал токи $I_H = 5$ а бўл-



61-расм



62- расм

ган бир фазали счётчик ўрнатилган. Счётчикнинг шчитчасидаги ёзув бўйича унинг номинал доимийси аниқлансин «1квт — дискнинг 1280 марта айланишига тенг».

96- масала. Бир фазали счётчикни текшириш учун 62-расмдаги схема бўйича ваттметр уланди. Бир минут давомида счётчикнинг диски 42 марта айланди, бунда ваттметрнинг кўрсатиши 1000 *вт*. Счётчикнинг номинал доимийси

$C = 1440$ *вт сек/айл*. Счётчикнинг ҳақиқий доимийси C_x , нисбий хатоси X_n ва тўғрилаш коэффициенти γ аниқлансин.

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

98- масала. Завод цехида бир фазали актив энергия счётчиги ўрнатилган. Бирор вақт ичида счётчик диски 1000 марта айланди. Счётчикнинг доимийси 1440 *вт сек/айл* га тенг. Ана шу вақт ичида цех сарф қилган энергия киловатт-соатда аниқлансин.

VI. ТРАНСФОРМАТОРЛАР

99- масала. Пулат ўзагининг кўндаланг кесим юзи $S = 10$ *см²* бўлган бир фазали трансформаторнинг максимал магнит индукцияси $B_m = 12000$ *гс*. Ўрамлар сони $w = 1000$, $w_2 = 100$. Тармоқ токининг частотаси $f = 50$ *гц*. Трансформаторнинг бирламчи ва иккиламчи чулғамларида магнит оқими индукциялаган э. ю. к. миқдорлари ви трансформаторнинг трансформация коэффициенти аниқлансин.

100- масала. ОМ—5000/38,5 типидagi бир фазали трансформаторнинг паспортда қуйидагилар берилган:

Номинал қуввати	$S_n = 5000$ <i>квa</i> .
Юқори кучланиши	$U_{1n} = 38,5$ <i>кв</i> .
Паст кучланиш	$U_{2n} = 11$ <i>кв</i> .

Салт ишлагандаги қувват исрофи $P_0 = 14$ *квт*; қисқа туташувда эса $P_k = 45$ *квт*, қисқа туташув кучланиши $U_k = 8\%$, салт ишлаш токи $I_0 = 4\%$.

Қуйидагилар аниқлансин:

1. Трансформация коэффициенти K .

2. Бирламчи ва иккиламчи чулғамларнинг номинал тоқлари.

3. Агар $\cos \varphi_2 = 0,8$ бўлса, номинал актив-индуктив нағрузкада кучланиш ΔU нинг процент ўзғариши ва ф.и.к. η .

Ечили. 1. Трансформация коэффициентини:

$$K = \frac{U_{1н}}{U_{2н}} = \frac{38,5}{11} = 3,5.$$

2. Бирламчи чулғамдаги номинал ток:

$$I_{1н} = \frac{S_{н}}{U_{1н}} = \frac{5000}{38,5} = 130 \text{ а.}$$

3. Иккиламчи чулғамдаги номинал ток:

$$I_{2н} = \frac{S_{н}}{U_{2н}} = \frac{5000}{11} = 454 \text{ а.}$$

4. Кучланишнинг ўзғариши қуйидаги формула билан аниқланади:

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

бу ерда

$$\beta = \frac{I}{I_{н}} = \frac{S}{S_{н}} \text{—нағрузка коэффициентини.}$$

Номинал режимда $I = I_{н}$ ва $\beta = 1$ бўлади. U_a ва U_p қисқа туташув кучланишининг актив ва реактив ташкил этувчилари (процент ҳисобида)

$$U_a = \frac{P_k}{S_{н}} \cdot 100 = \frac{45}{5000} \cdot 100 = 0,9\%.$$

$$U_p = \sqrt{U_k^2 - U_a^2} = \sqrt{8^2 - (0,9)^2} = 7,95\%.$$

$$\Delta U \% \approx U_a \cdot \cos \varphi_2 + U_p \cdot \sin \varphi_2 = 0,9 \cdot 0,8 + 7,95 \cdot 0,6 = 5,49\%$$

Фойдали иш коэффициентини:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100 = \frac{\beta \cdot S_{н} \cdot \cos \varphi_2}{\beta \cdot S_{н} \cdot \cos \varphi_2 + P_0 + \beta^2 P_k} \cdot 100$$

Номинал режимда ($\beta = 1$)

$$\eta = \frac{5000 \cdot 0,8}{5000 \cdot 0,8 + 14 + 45} \cdot 100 = 98,6\%.$$

101-масала. ОМ—5000/38,5 типдаги трансформаторнинг техникавий маълумотлари аввалги масалада келтирилган.

Қуйидагилар аниқлансин:

1. Нағрузкалар номиналига нисбатан 125, 100, 75, 50 ва 25% га тенг бўлганда иккиламчи чулғам учларидаги кучланиш.

2. Ўша нағрузкаларда трансформаторнинг ф.и.к.— η .

3. U_2 ва η ларнинг нағрузкага боғланишини ифодаловчи эгри чизиги чизилсин.

102-масала. Уч фазали трансформаторнинг паспортида қуйидаги миқдорлар кўрсатилган:

Номинал қуввати $S_n = 100 \text{ ква.}$

Юқори кучланиши $U_{1n} = 35 \text{ кВ.}$

Пастки кучланиши $U_{2n} = 0,525 \text{ кВ.}$

Қисқа туташувдаги қувват исрофи $P_k = 2400 \text{ Вт.}$

Салт ишлагандаги қувват исрофи $P_0 = 900 \text{ Вт.}$

Қисқа туташув кучланиши $U_k = 6,5\%$.

Чулғамларнинг уланиш схемаси $Y/\Delta - 11.$

Қуйидагилар аниқлансин:

1. Трансформация коэффициенти $K.$

2. Бирламчи ва иккиламчи чулғамлардаги номинал тоқлар.

3. $\cos \varphi_2 = 0,8$ номинал нағрузкада кучланиш ΔU нинг ўзгариши (процент ҳисобида).

Ечили. 1. Юлдуз схемада уланганда бирламчи чулғамнинг фаза кучланиши

$$U_{1\phi} = \frac{U_{1n}}{\sqrt{3}}$$

2. Учбурчак схемада уланганда иккиламчи чулғамнинг фаза кучланиши

$$U_{2\phi} = U_{2n}.$$

3. Трансформация коэффициенти

$$K = \frac{U_{1\phi}}{U_{2\phi}} = \frac{U_{1n}}{\sqrt{3} \cdot U_{2n}} = \frac{35}{\sqrt{3} \cdot 0,525} = 38,7.$$

4. Бирламчи чулғамнинг линия тоқи:

$$I_{л1} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{1n}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 35} = 1,65 \text{ а,}$$

иккиламчи чулғамнинг линия тоқи

$$I_{л2} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{2n}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 0,525} = 110 \text{ а.}$$

5. Уч фазали трансформатор кучланишининг процент ўзгариши худди бир фазали трансформаторники каби тахминий формула билан аниқланади. Аммо бу ерда S_n учала фазанинг умумий қуввати, P_k —учала фазадаги умумий қувват исрофи

$$U_a = \frac{P_k}{S_n} \cdot 100 = \frac{2,4}{100} \cdot 100 = 2,4\%.$$

$$U_p = \sqrt{U_k^2 - U_a^2} = \sqrt{6,5^2 - 2,4^2} = 6,02\%.$$

$$\Delta U\% = \beta(U_a \cdot \cos \varphi_2 + U_p \cdot \sin \varphi_2) = 2,4 \cdot 0,8 + 6,02 \cdot 0,6 = 5,53\%.$$

103- масала. Чулғамларнинг уланиш схемаси Y/Y бўлган уч фазали трансформатор бирламчи чулғамининг линия кучланиши $U_{1л} = 380 \text{ в,}$ иккиламчи чулғам линия кучланиши $U_{2л} = 220 \text{ в.}$

Трансформатор чулғамларининг уланиш схемалари:

1. Δ/Δ 2. Y/Δ . 3. Δ/Y

бўлганда, иккиламчи чулғамнинг линия кучланишлари аниқлансин,

104-масала. Каталогдан уч фазали трансформаторнинг қуйидаги техникавий маълумотлари маълум: номинал тўла қуввати $S_{н} = 560$ ква, бирламчи чулғамнинг номинал кучланиши $U_{1н} = 10$ кВ, иккиламчи чулғамнинг номинал кучланиши $U_{2н} = 0,525$ кВ, салт ишлагандаги қурват исрофи $P_0 = 2,5$ кВт, қисқа туташувдаги қувват исрофи $P_{к} = 9,4$ кВт. Қисқа туташув кучланиши $U_{к} = 5,5\%$, чулғамларнинг уланиш группаси: Y/Y—12,

$$\cos \varphi = 0,8$$

Қуйидагилар аниқлансин:

1. Нагрузкалар номиналига нисбатан 120, 100, 75, 50, 25% нга тенг бўлганда иккиламчи чулғам учларидаги кучланиш:

$$U_2 = f(\beta) \text{ боғланиш чизилсин.}$$

2. Ўша нагрузкаларда трансформаторнинг ф.и.к.;

$$\eta = f(\beta) \text{ боғланиши чизилсин.}$$

105-масала. Техникавий маълумотлари 102-масалада келтирилган уч фазали трансформатор суткасига ўрта ҳисобда 16 соатдан тўла нагрузка билан ишлайди. Трансформаторнинг йиллик ф.и.к аниқлансин ($\cos \varphi_2 = 0,8$).

Эслатма. Пўлатдаги исрофгарчиликни бутун йил давомида; мисдаги исрофгарчиликни эса фақат нагрузка билан ишлаган вақтдагиси ҳисобга олишсин.

VII. АСИНХРОН МАШИНАЛАР

106-масала. А02-73-6 типдаги уч фазали асинхрон двигателнинг ротори номинал нагрузкада $n_{2н} = 975$ айл/мин тезлик билан айланмоқда. Двигателнинг жуфт қутблар сони p , синхрон тезлиги $n_{1н}$ ва номинал сирпаниш $S_{н}$ аниқлансин. Шунингдек, сирпаниш $S = 5\%$ бўлганда двигатель роторида ҳосил бўлган э.ю.к. нинг частотаси f_2 аниқлансин. Статордаги ток частотаси $f_1 = 50$ Ғц.

107-масала. АС2-62-2 типдаги уч фазали асинхрон двигатель уч фазали ток тармоғига уланган. Роторнинг сирпаниши 2% ва 6% га тенг бўлганда, роторнинг айланиш бурчак тезлиги ω_2 аниқлансин.

108-масала. Номинал қуввати $P_{2н} = 40$ кВт бўлган АК91-8 типдаги уч фазали асинхрон двигатель роторининг номинал айланиш тезлиги $n_{2н} = 720$ айл/мин, қувват коэффиценти $\cos \varphi_{н} = 0,8$, фойдали иш коэффиценти $\eta_{н} = 87,5\%$, номинал кучланиши $U_{н} = 220/380$ В. Двигателнинг номинал нагрузкада истеъмол қилган қуввати $P_{1н}$, ўқдаги номинал момент $M_{н}$, шунингдек, статор чулғамлари учбурчак ва юлдуз схемасида уланганда статордаги номинал ток аниқлансин.

Ечили. Двигателнинг тармоқдан истеъмол қилган қуввати:

$$P_{1н} = \frac{P_{2н}}{\eta_{н}} = \frac{40}{0,875} = 45,7 \text{ кВт.}$$

Двигателнинг номинал моменти:

$$M_n = 975 \frac{P_{2н}}{n_{2н}} = 975 \frac{40}{720} = 54,2 \text{ кГм} = 530 \text{ н.м.}$$

Статор чулғамлари юлдуз схемада уланганда двигателнинг токи

$$I_{н\gamma} = \frac{P_{1н}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi_n} = \frac{45,7 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,81} = 85,6 \text{ а.}$$

Учбурчак схемада уланганда

$$I_{н\Delta} = \frac{P_{1н}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi_n} = \frac{45,7 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0,81} = 148 \text{ а.}$$

109-масала. А2-92-4 типдаги уч фазали асинхрон двигателнинг каталогда берилган маълумотлари қуйидагича:

Номинал қуввати $P_{2н} = 100 \text{ кВт.}$

Роторнинг айланиш тезлиги — $n_{2н} = 1460 \text{ айл/мин.}$

Номинал кучланиш — $U_n = 220/380 \text{ в.}$

Ф. И. Қ. — $\eta_n = 92\%.$

Қувват коэффициентини — $\cos \varphi_n = 0,89.$

Юргизиш токининг номинал токка нисбати — $\frac{I_{10}}{I_n} = 5,0.$

Максимал моментининг номинал моментга нисбати — $\frac{M_m}{M_n} = 2.$

Юргизиш моментининг номинал моментга нисбати — $\frac{M_{10}}{M_n} = 1.$

Қуйидагилар аниқлансин:

1. Синхрон тезлиги $n_{1н}$ ва номинал сирпаниш $S_n.$
2. Номинал моменти $M_n.$
3. Бошланғич юргизиш моменти $M_{10}.$
4. Максимал моменти $M_m.$
5. Статор чулғамлари юлдуз ва учбурчак схемада уланганда двигателнинг номинал ва бошланғич юргизиш тоқлари.

110-масала. А2-71-8 типдаги уч фазали асинхрон двигател роторининг $n_{2н} = 730 \text{ айл/мин}$ тезликдаги номинал қуввати $P_{2н} = 10 \text{ кВт.}$ Юргизиш моментининг номинал моментга нисбати $\frac{M_{10}}{M_n} = 1,1.$

Қуйидагилар аниқлансин:

1. Номинал кучланишдаги номинал (M_n) ва юргизиш (M_{10}) моментлари.

2. Тармоқ кучланиши 10% камайганда двигателнинг юргизиш моменти $M_{10}.$

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

Ечиш. Номинал айлантурувчи момент:

$$M_n = 975 \frac{P_{2н}}{n_{2н}} = 975 \frac{10}{730} = 13,35 \text{ кГм} = 131 \text{ н.м.}$$

Юргизиш momenti:

$$M_{ю} = 1.1 M_{н} = 1.1 \cdot 13,35 = 14,7 \text{ кГм} = 144 \text{ н}\cdot\text{м}.$$

Айлантирувчи ва юргизувчи моментлар тармоқдаги кучланишнинг квадратига тўғри пропорционал. У ҳолда $M_{ю} \equiv U^2$ деб ёзиш мумкин.

Агар тармоқнинг кучланиши 10% камайса, $U_2 = 0,9 U$ га тенг бўлади.

У ҳолда юргизиш momenti:

$$M_{1ю} \equiv (0,9 \cdot U)^2$$

Моментларнинг нисбати

$$\frac{M_{1ю}}{M_{н}} = \frac{(0,9)^2 \cdot U^2}{U^2} = \frac{0,81 \cdot U^2}{U^2} = 0,9^2,$$

бу ердан

$$M_{1ю} = 0,9^2 \cdot M_{н} = 0,81 \cdot 14,7 = 11,9 \text{ кГм} = 117 \text{ н}\cdot\text{м}$$

Шарт бўйича номинал режимда $M_{ю} = 1,1 M_{н}$ кучланиш пасайганда

$$M_{1ю} = 0,9^2 \cdot M_{ю} = 0,9^2 \cdot 1,1 \cdot M_{н} = 0,89 \cdot M_{н} \text{ ёки } \frac{M_{1ю}}{M_{н}} = 0,89$$

$M_{1ю} < M_{н}$ бўлгани учун, двигателни тўла нагрузка билан юргизиш мумкин эмас. Уни ярим нагрузкада юргизиш мумкин, чунки

$$M_{1ю} > \frac{1}{2} M_{н}; \quad \frac{M_{1ю}}{\frac{1}{2} M_{н}} = \frac{2M_{1ю}}{M_{н}} = 2 \cdot 0,89 = 1,78.$$

111-масала. А2-92-2 типдаги уч фазали асинхрон двигателнинг каталогда берилган маълумотлари қуйидагича:

Номинал кучланиши $U_{н} = 220/380 \text{ в}$, номинал қуввати $P_{2н} = 125 \text{ кВт}$, айланиш тезлиги $n_{2н} = 2950 \text{ айл/мин}$, фойдали иш коэффициентини $\eta_{н} = 92\%$, қувват коэффициентини $\cos \varphi_{н} = 0,93$, юргизиш токининг номинал токка нисбати $\frac{I_{ю}}{I_{н}} = 5,5$, юргизиш моментининг номинал моментга нисбати $\frac{M_{ю}}{M_{н}} = 1$. Электр тармоғининг кучланиши $U_{л} = 200 \text{ в}$. Двигателнинг юргизиш токи ва юргизиш momenti аниқлансин:

1. Статор чулғамлари юлдуз схемада уланганда.

2. Статор чулғамлари ушбурчак схемада уланганда.

112-масала. Номинал қуввати $P_{2н} = 10 \text{ кВт}$ ва номинал кучланиши $U_{н} = 380 \text{ в}$ бўлган уч фазали асинхрон двигатель $\eta_{н} = 87\%$ ф.и.к. билан ишлайди. Статор токи $I_{н} = 20 \text{ а}$. Двигатель салт ишлаш режимида тармоқдан $P_0 = 4 \text{ кВт}$ қувват истеъмол қилади. Салт ишлаш режимидаги ток $I_0 = 6 \text{ а}$.

Двигателнинг номинал режимда ва салт ишлагандаги қувват коэффициентини аниқлансин.

113-масала. Номинал қуввати $P_n = 40$ кВт бўлган АО 2-82—4 типдаги уч фазали асинхрон двигателнинг номинал нарузкадаги фойдали иш коэффициентини $\eta_n = 90,5\%$.

Қуйидагилар аниқлансин:

1. Двигателнинг қувват исрофгарчилиги ΔP .

2. 8 соат давомида двигателнинг неча сўмлик энергия сарфлаши аниқлансин. (1 кВт-соат—4 тийин туради.)

114-масала. Цехга ўрнатилган уч фазали асинхрон двигателнинг истеъмол қиладиган умумий актив қуввати $P_{дв} = 300$ кВт, кучланиши $U_n = 380$ в ва қувват коэффициентининг ўртача қиймати $\cos \varphi_n = 0,7$. Ёриткич лампаларнинг истеъмол қиладиган умумий қуввати $P_{ёр} = 20$ кВт. Қувват коэффициентини 0,95 гача ошириш учун конденсатордан фойдаланиш тавсия этилади.

Қуйидагилар аниқлансин:

1. Конденсатор ўрнатилмасдан аввалги цех нарузкаларининг умумий қувват коэффициентини— $\cos \varphi$.

2. Конденсаторлар батареясининг сифими— C .

3. Конденсатор ўрнатилмасдан аввал ва ўрнатилгандан сўнгги таъминловчи тармоқнинг линия симидаги I_1 ва I_2 токлари.

Ечиш. 1. Конденсатор ўрнатилмасдан аввалги умумий актив қувват:

$$P_1 = P_{дв} + P_{ёр} = 300 + 20 = 320 \text{ кВт.}$$

Реактив қувват:

$$Q_1 = P_{дв} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{ёр} = 300 \cdot 1 = 300 \text{ квар} (\operatorname{tg} \varphi_{ёр} = 1)$$

$\cos \varphi_1$ 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 ток:

$$I_1 = \frac{P_1}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi_1} = \frac{320 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,734} = 664 \text{ а,}$$

$$I_2 = \frac{P_1}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi_2} = \frac{320 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,95} = 512 \text{ а.}$$

VIII. СИНХРОН МАШИНАЛАР

115-масала. Синхрон генератор ротори номинал айланиш тезлиги $n_{сн} = 750$ айл/мин ва $f = 50$ гц частотага мўлжалланган. Агар бирламчи двигателнинг тезлиги, генератор роторининг номинал айланиш тезлигига мос келмаса, генератор токнинг частотаси қан-

дай ўзгаради? Масала бирламчи двигатель тезлигининг икки хил қиймати учун ечилин:

1. $n_1 = 1000$ айл/мин ($n_1 > n_n$)
2. $n_2 = 500$ айл/мин ($n_2 < n_n$)

116-масала. Частотаси $f = 50$ Ғз бўлган тармоққа уланган олти қутбли синхрон генераторининг ротори $n_{1n} = 1000$ айл/мин номинал тезлик билан айланмоқда. Номинал айланмиш тезлиги $n_{2n} = 500$ айл/мин га тенг бўлган 12 қутбли, бошқа генераторни параллел ишлаш учун тармоққа улаш мумкинми?

117-масала. СД12-2426 А типидagi синхрон двигатель қуйидаги номинал қийматларга эга: қуввати $P_{2n} = 250$ квт, кучланиши $U_n = 380$ в, статор токи $I_1 = 456$ а, қувват коэффициентини $\cos \varphi = 0,8$ ф.и.к. $\eta = 0,92$ айланмиш тезлиги $n_n = 1000$ айл/мин.

$$\frac{M_M}{M_n} = 1,8; \quad \frac{M_{10}}{M_n} = 1,4; \quad \frac{I_{10}}{I_n} = 6,0.$$

Қуйидагилар аниқлансин:

1. Двигательнинг жуфт қутблар сони— p .
2. Двигательнинг тармоқдан истеъмол қилинаётган қуввати— P_1 .
3. Двигательнинг юргизиш токи— I_{10} .
4. Двигательнинг номинал нагрукдаги моменти M_n .
5. Бошланғич юргизиш моменти M_{10} .
6. Двигательнинг максимал моменти M_M .
7. Номинал нагрукдаги қувват исрофгарчилиги.

Ечиш. 1. Двигательнинг жуфт қутблар сони.

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

2. Тармоқдан истеъмол қилинаётган қувват

$$P_1 = \frac{P_{2n}}{\eta} = \frac{250}{0,92} = 272 \text{ квт.}$$

3. Бошланғич юргизиш токи $I_{10} = 6 \cdot I_n = 6 \cdot 456 = 2736$ а,
4. Двигательнинг номинал нагрукдаги моменти

$$M_n = 975 \frac{P_{2n}}{n_n} = 975 \frac{250}{1000} = 244 \text{ кгм} = 2390 \text{ н.м.}$$

5. Бошланғич юргизиш моменти

$$M_{10} = 1,4 M_n = 1,4 \cdot 244 = 342 \text{ кгм} = 3346 \text{ н.м.}$$

6. Двигательнинг максимал моменти

$$M_M = 1,8 M_n = 1,8 \cdot 244 = 439,2 \text{ кгм} = 4304,16 \text{ н.м.}$$

7. Қувват исрофгарчилиги

$$\Delta P = P_1 - P_2 = 272 - 250 = 22 \text{ квт.}$$

118-масала. Завод цехида $U_n = 220$ вольт номинал кучланишга ҳисобланган уч фазали асинхрон двигатель ўрнатилган. Уларнинг

номинал қуввати, ф.и.к. ва қувват коэффициентни қуйидаги жадвалда берилган:

Двигатель сонн. <i>m</i>	Ўқлаги номинал қувват $P_{н}$, 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 коэффициентини 0,96 гача ошириш учун, ўрнатилган компенсаторнинг тўла қуввати аниқлансин. Компенсатордаги актив қувват исрофгарчилиги, унинг реактив қувватининг 0,3% ини ташкил этади.

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

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

шунингдек, уларнинг реактив қуввати

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

Ҳисоблашни осонлантириш учун юқоридаги жадвални қуйидагилар билан тўлдирамиз.

P , квт	$\operatorname{tg} \varphi$	Q , квар
29,4	0,97	28,5
65	0,81	53,3
22,8	0,70	16,0
60,0	0,65	39,3

Жадвалда берилганлардан цех двигателлари истеъмол қилаётган актив қувват йиғиндисини аниқлаймиз:

$$P = 177,7 \text{ квт.}$$

Шунингдек реактив қувват йиғиндиси:

$$Q = 137,1 \text{ квар.}$$

Нисбат:

$$\frac{Q}{P} = \frac{137,1}{177,7} = 0,773 = \operatorname{tg} \varphi; \cos \varphi_1 = 0,807,$$

шарт бўйича $\cos \varphi_2 = 0,96$, демак, $\operatorname{tg} \varphi_2 = 0,284$.

Компенсацияланиши керак бўлган реактив қувват қуйидаги нисбатлардан аниқланади:

$$Q_c = P_1(\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2) = 177,7(0,773 - 0,284) = 86,5 \text{ квар.}$$

Компенсатордаги қувват исрофгарчилиги

$$P_c = 0,03 Q_c = 0,03 \cdot 86,5 = 2,6 \text{ кВт.}$$

Компенсаторнинг тўла қуввати

$$S_k = \sqrt{P_c^2 + Q_c^2} = \sqrt{2,6^2 + 86,5^2} = 86,52 \text{ кв.а.}$$

119- масала. Цехда қувват коэффициентини ошириш мақсадида (аввалги масалада берилганларга қаранг) номинал қуввати $P_n = 55$ кВт га тенг бўлган асинхрон двигателни синхрон двигатель билан алмаштириш ҳақида таклиф киритилди.

Қуйидагилар аниқлансин:

1. Синхрон двигатель сифатида ишлаб, айни вақтда цехнинг қувват коэффициентини 0,96 гача орттирган синхрон машинанинг тўла қуввати.

2. Асинхрон двигателни синхрон двигатель билан алмаштиргунга қадар таъминловчи тармоқ, линия симларидаги ток I_1 ва алмаштиргандан кейинги ток I_2 .

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

Ечиш. 1. Цехда ўрнатилган асинхрон двигателлари истеъмол қилаётган актив қувват йиғиндисини аниқлаймиз (алмаштирилиши лозим бўлган асинхрон двигателнинг қуввати ҳисобга олинмайди)

$$P_1 = 117,2 \text{ кВт.}$$

Ўша двигателлар реактив қувватининг йиғиндисини

$$Q_1 = 97,8 \text{ квар.}$$

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

$$Q_2 = P_1 \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 = 117,2 \cdot 0,284 = 33,3 \text{ квар.}$$

Компенсанцияланиши керак бўлган реактив қувват

$$Q_c = Q_1 - Q_2 = 97,8 - 33,3 = 64,5 \text{ квар.}$$

Синхрон машинанинг тўла қуввати:

$$S = \sqrt{P_c^2 + Q_c^2} = \sqrt{60,5^2 - 64,5^2} = 88,5 \text{ кв.а.}$$

2. $\cos \varphi_1 = 0,807$ бўлганда, линия симларидаги ток (алмаштиргунга қадар):

$$I_1 = \frac{P_1}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi_1} = \frac{117,2 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0,807} = 580 \text{ а.}$$

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

$$I_2 = \frac{P_1}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi_2} = \frac{117,2 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0,96} = 487 \text{ а.}$$

3. $\cos \varphi_1 = 0,807$ га тенг бўлганда, узатгич симлардаги қувват исрофгарчилиги:

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

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

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

Исрофгарчиликлар нисбати:

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

бундан

$$P_{2\text{сим}} = P_{1\text{сим}} \cdot \frac{\cos^2 \varphi_1}{\cos^2 \varphi_2} = 18 \cdot \frac{0,807^2}{0,96^2} = 12,7 \text{ кВт.}$$

Симларда тежалган қувват:

$$P_{\text{сим}} = P_{1\text{сим}} - P_{2\text{сим}} = 18 - 12,7 = 5,3 \text{ кВт}$$

Тежалган йиллик энергия:

$$W = P_{\text{сим}} \cdot T = 5,3 \cdot 3 \cdot 7 \cdot 300 = 33\,400 \text{ кВт} \cdot \text{соат.}$$

120-масала. Қорхонада ўрнатилган уч фазали асинхрон двигателлар, кучланиш $U = 380 \text{ в}$ ва қувват коэффициенти $\cos \varphi_{\text{ур}} = 0,8$ бўлганда, истеъмол қилаётган актив қувватларининг йиғиндиси $P_{\text{дв}} = 350 \text{ кВт}$. Ёриткич нагруканинг қуввати $P_{\text{ёр}} = 30 \text{ кВт}$. Ундан ташқари, умумий қуввати $P_{\text{п}} = 50 \text{ кВт}$ бўлган қиздиргич печлар ўрнатилиб, корхонанинг истеъмол қилаётган умумий қуввати ўзгармай қолиши керак. Корхонанинг қувват коэффициентини ошириб печларни электр энергия билан таъминлаш мақсадида, қўшимча қувват олиш учун синхрон компенсатор ўрнатиш таклиф этилади.

Қуйидагилар аниқлансин:

1. Қиздиргич печлар ва синхрон компенсатор ўрнатишга қадар, шунингдек, ўрнатишдан кейин корхонанинг қувват коэффициентини.

2. Агар синхрон компенсатордаги актив қувват исрофгарчилиги унинг реактив қувватининг 5% ини ташкил этса, компенсаторнинг тўла қувватини.

3. Қувватлар учбурчаги қурилсин.

Ечили. Синхрон компенсатор ва қиздиргич печлар ўрнатишга қадар:

$$P_1 = P_{\text{дв}} + P_{\text{ёр}} = 350 + 30 = 380 \text{ кВт,}$$

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

$$S = \sqrt{P_1^2 + Q_1^2} = \sqrt{380^2 + 262^2} = 462 \text{ кв.а.}$$

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

Ўрнатилгандан сўнг

$$P_2 = P_1 + P_n = 380 + 50 = 430 \text{ квт.}$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_2}{S} = \frac{430}{462} = 0,92 \quad (\varphi_2 = 21^\circ 31')$$

Компенсацияланиши керак бўлган реактив қувват

$$Q_k = P_1 (\operatorname{tg} \varphi_1 - P_2 \cdot \operatorname{tg} \varphi_2) = 380 \cdot 0,69 - 430 \cdot 0,394 = 92,5 \text{ квар,}$$

Компенсатордаги қувват исрофгарчилиги

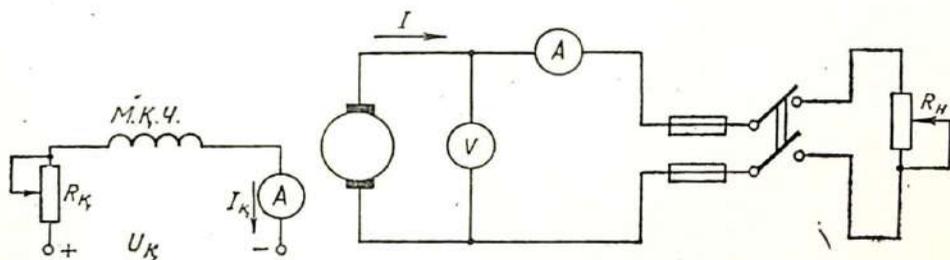
$$P_k = 0,05 \cdot Q_k = 0,05 \cdot 92,5 = 4,63 \text{ квт.}$$

Компенсаторнинг тўла қуввати

$$S_k = \sqrt{P_k^2 + Q_k^2} = \sqrt{4,63^2 + 92,5^2} = 92,55 \text{ кв.а.}$$

IX. ЎЗГАРМАС ТОК МАШИНАЛАРИ

121-масала. Мустақил қўзғатишли генераторнинг (63- расм) техникавий маълумотлари қуйидагича: номинал қуввати $P_n = 16 \text{ квт}$, номинал кучланиши $U_n = 230 \text{ в}$, якорь чулғамининг қаршилиги $R_{я} = 0,12 \text{ ом}$, қўзғатиш занжирининг қаршилиги $R_k = 18 \text{ ом}$, қўзғатиш занжирининг кучланиши $U_k = 110 \text{ в}$.



63- расм

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

Қуйидагилар аниқлансин:

1. Генераторнинг э.ю.к. (E).
2. Генераторнинг нарузка токи номинал қийматига тенг бўлгандаги ф.и.к.— η .

Ечили. 1. Генераторнинг э.ю.к.:

$$E = U + I_{я} \cdot R_{я}$$

Мустақил қўзғатишли генераторда:

$$I_{я} = I.$$

Генератор номинал токининг қиймати:

$$I_{н} = \frac{P_{н}}{U_{н}} = \frac{16 \cdot 10^3}{230} = 69,5 \text{ а},$$

у ҳолда

$$E = 230 + 69,5 \cdot 0,12 = 238,35 \text{ в.}$$

2. Номинал режимда генераторнинг ф.и.к.

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

бу ерда $\sum P$ — генератордаги қувват исрофгарчиликларнинг йиғиндис:

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

Ана шу пайтда қўзғатиш занжиридаги қувват исрофгарчилиги

$$P_{к} = \frac{U_{к}^2}{R_{к}} = \frac{110^2}{18} = 672 \text{ вт} = 0,672 \text{ квт.}$$

Якорь чулғамидаги қувват исрофгарчилиги:

$$P_{я} = I_{ян}^2 \cdot R_{я} = 69,5^2 \cdot 0,12 = 580 \text{ вт} = 0,58 \text{ квт.}$$

Шарт бўйича:

$$P_{мех} + P_{магн.} = 0,05 \cdot P_{н} = 0,05 \cdot 16 \cdot 10^3 = 80 \text{ вт} = 0,08 \text{ квт.}$$

Демак,

$$\eta = \frac{P_{н}}{P_{н} + P_{к} + P_{я} + P_{мех} + P_{магн.}} = \frac{16}{16 + 0,672 + 0,58 + 0,08} = 0,923.$$

122-масала. Аввалги масаланинг берилганларидан фойдаланиб, нагрузка токи номинал ток қийматининг 125, 100, 75, 50 ва 25% ига тенг бўлганда, генератор учларидаги кучланиш ва ф.и.к. аниқлансин.

$U(I_{я})$ ва $\eta(I_{я})$ боғланишларнинг графиклари чизилсин.

123-масала. Мустақил қўзғатишли генератор (63-расм) салт ишлаганда унинг учларидаги кучланиш $U_0 = 248 \text{ в}$. Якорнинг айланиш тезлиги $n = 1000 \text{ айл/мин}$, якорь занжиридаги қаршилиги $R_{я} = 0,19 \text{ ом}$. Нагрузка улангандан сўнг амперметр $I = 53 \text{ а}$ токни, вольтметр $U = 220 \text{ в}$ кучланишни кўрсатди. Якорнинг нагрузка улангандаги айланиш тезлиги аниқлансин. Магнит оқимларининг ўзгаришига эътибор берилмасин.

Ечилиш. Генератор салт ишлагандаги э.ю.к.

$$E_0 = U_0 = 248 \text{ в.}$$

Нагрузка билан ишлагандаги э.ю.к.:

$$E = U + I_n R_n = 220 + 53 \cdot 0,19 = 230 \text{ в.}$$

Аммо салт ишлаганда:

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

Нагрузка билан ишлаганда эса:

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

чунки шарт бўйича:

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

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

бу ердан

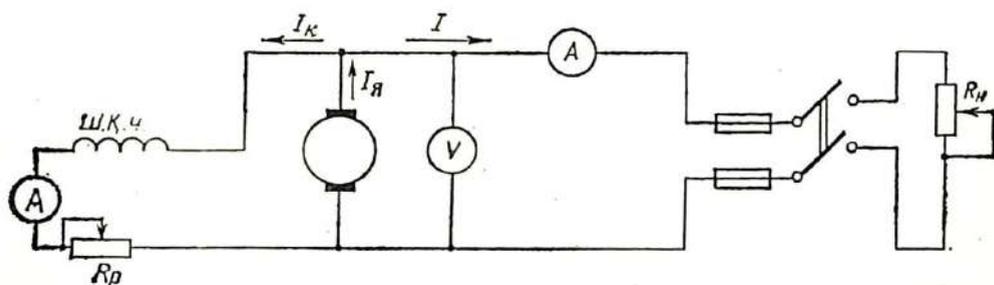
$$n = n_0 \frac{E}{E_0} = 1000 \cdot \frac{230}{248} = 930 \text{ айл/мин.}$$

124- масала. Мустақил қўзғатишли генераторга $U_1 = 110 \text{ в}$ кучланишда $I_1 = 160 \text{ а}$ ток истеъмол қиладиган истеъмолчи бириктирилган. Генератор якорининг тезлиги $n_1 = 1560 \text{ айл/мин}$, якорь занжирининг қаршилиги $R_n = 0,08 \text{ ом}$. Ўзгармас нагрузкада якорнинг айланиш тезлигини ўзгартирсак, токнинг катталиги қандай ўзгаради? Масала тезликнинг икки қиймати учун ечилсин ва бунда магнит оқими ўзгармас деб ҳисоблансин:

1. $n_2 = 2100 \text{ айл/мин}$ ($n_2 > n_1$).

2. $n_3 = 1000 \text{ айл/мин}$ ($n_3 < n_1$).

125- масала. Параллел қўзғатишли генератор $I = 160 \text{ а}$ нагрузка токида $U_n = 230 \text{ в}$ номинал кучланишга эга (64- расм). Якорь чулгамининг қаршилиги $R_n = 0,11 \text{ ом}$, қўзғатиш занжирининг қаршили-



64- расм

ги $R_K = 72 \text{ ом}$. Якорь чулгамидаги э.ю.к. E ва ток I_n шунингдек, генератор бераётган P_2 қувват ҳамда якорь занжиридаги исрофгарчилик P_n аниқлансин.

Ечиши. Қўзғатиш занжиридаги ток:

$$I_K = \frac{U}{R_K} = \frac{230}{72} = 3,2 \text{ а.}$$

Якорь занжиридаги ток:

$$I_{я} = I + I_{к} = 160 + 3,2 = 163,2 \text{ а.}$$

Якордаги э. ю. к. :

$$E = U + I_{я} \cdot R_{я} = 230 + 163,2 \cdot 0,11 = 248 \text{ в.}$$

Узатилаётган фойдали қувват:

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

Якорь занжиридаги қувват исрофгарчилиги:

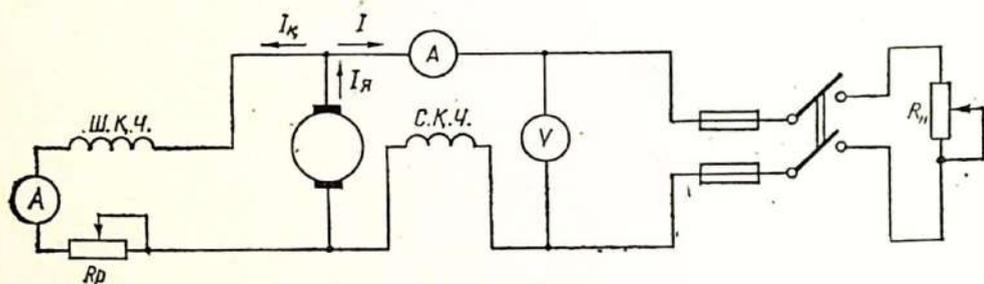
$$P_{я} = I_{я}^2 \cdot R_{я} = 163,2^2 \cdot 0,11 = 2940 \text{ вт} = 2,94 \text{ кВт.}$$

126-масала. Параллел қўзғатишли генератор (64-расм) $U_H = 230 \text{ в}$ номинал кучланишда $P_H = 70 \text{ кВт}$ номинал қувватга эга. Қўзғатиш занжиридаги қувват исрофгарчилиги $P_K = 1300 \text{ вт}$, якорь занжиридаги қувват исрофгарчилиги $P_{я} = 2800 \text{ вт}$.

Қуйдагилар аниқлансин:

1. Қўзғатиш занжирининг токи I_K ва қаршилиги R_K .
2. Якорь занжирининг токи $I_{я}$ ва қаршилиги $R_{я}$.
3. Якорь чулғамидаги э. ю. к. $E_{я}$

127-масала. 65-расмда аралаш қўзғатишли генераторнинг схемаси келтирилган. Генераторнинг номинал қуввати $P_H = 15 \text{ кВт}$,



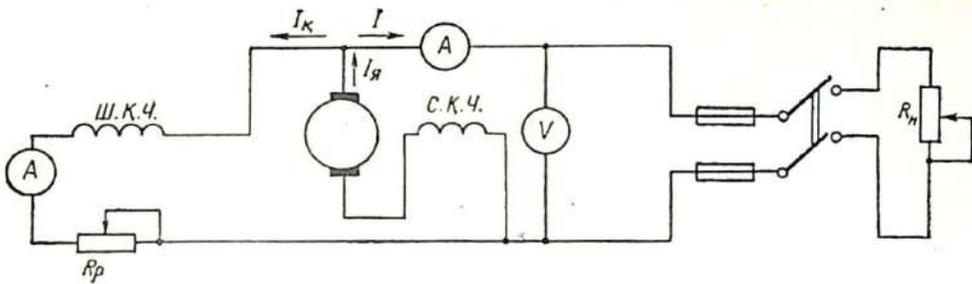
65-расм

номинал кучланиши $U_H = 230 \text{ в}$, якорь чулғамининг қаршилиги $R_{я} = 0,13 \text{ ом}$ параллел қўзғатиш занжирининг қаршилиги $R_K = 76 \text{ ом}$, кетма-кет қўзғатиш чулғамининг қаршилиги $R_{к.к.к} = 0,056 \text{ ом}$.

Қуйдагилар аниқлансин:

1. Якорда индукцияланган э. ю. к. $E_{я}$.
2. Параллел қўзғатиш занжиридаги ток I_K .
3. Кетма-кет қўзғатиш чулғамидаги ток $I_{к.к.к}$.
4. Генераторнинг ф. и. к. η

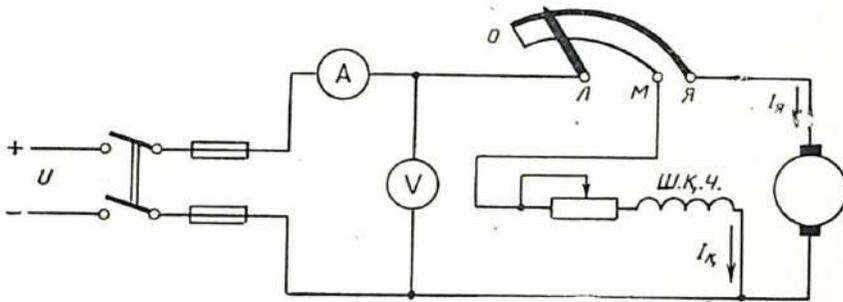
128-масала. 127-масала 66-расмдаги схема бўйича уланган аралаш қўзғатишли генератор учун ечилсин. Олинган натижалар аввалги масаланинг натижалари билан таққослансин:



66- расм

129- масала. Аралаш қўзғатишли ўзгармас ток генератор якорининг э. ю. к. $E_{я} = 245$ в (65-расм). Агар якорь чулғамининг қаршилиги $R_{я} = 0,12$ ом, кетма-кет қўзғатиш чулғамининг қаршилиги $R_{к.к.} = 0,025$ ом, қўзғатиш токи $I_{к} = 2,5$ а ва нагрузка токи $I = 67,5$ а бўлса, генератор учларидаги кучланиш U ва параллел қўзғатиш занжирининг қаршилиги $R_{к}$ аниқлансин.

130- масала. Номинал қуввати $P_{н} = 11$ кВт бўлган параллел қўзғатишли ўзгармас ток двигатели $U_{н} = 220$ в номинал кучланишга эга (67-расм). Қўзғатиш занжирининг қаршилиги $R_{к} = 73,3$ ом.



67- расм

Якорь чулғамининг қаршилиги $R_{я} = 0,2$ ом, двигателнинг айланиш тезлиги $n = 1500$ айл/мин, двигателнинг ф. и. к. $\eta = 84\%$.

Қуйидагилар аниқлансин:

1. Двигателни бевосита (юргизиш реостатисиз) тармоққа улагандаги юргизиш токи.
2. Юргизиш токини $2 \cdot I_{нл}$ га қадар чеклаш учун керак бўлган юргизиш реостатининг қаршилиги — $R_{юр}$.
3. Номинал айлантирувчи момент $M_{н}$ нинг миқдори.
4. $\Phi = \text{const}$ деб ҳисоблаб, юргизиш momenti $M_{ю}$ нинг миқдори.

Ечиш. 1. Двигателнинг юргизиш токини аниқлаш. Двигатель қисмаларидаги кучланиш:

$$U_{н} = E + I_{я} \cdot R_{я},$$

бундан

$$I_{я} = \frac{U_H - E}{R_{я}}$$

Юргизиш вақтидаги айланиш тезлиги:

$$n = 0 \text{ ва } \varepsilon. \text{ ю. к. } E = 0,$$

у ҳолда

$$I_{я} = \frac{U_H}{R_{я}} = \frac{220}{0,2} = 1100 \text{ а.}$$

2. Юргизиш реостатининг қаршилигини аниқлаш

$$I = I_{я} + I_{к}$$

бундан

$$I_{я} = I - I_{к}$$

Номинал режимда:

$$I_H = \frac{P_1}{U_H} = \frac{P_{2H}}{\eta \cdot U_H} = \frac{11 \cdot 10^3}{0,84 \cdot 220} = 59,5 \text{ а.}$$

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

$$I_{к.п.} = \frac{U_H}{R_{к}} = \frac{220}{73,3} = 3 \text{ а,}$$

у ҳолда якордаги ток

$$I_{я.н.} = I_H - I_{к.п.} = 59,5 - 3 = 56,5 \text{ а.}$$

Агар якорь чулғами билан кетма-кет юргизиш реостати уланса
у ҳолда якордаги ток:

$$I_{я.ю.} = \frac{U}{R_{я} + R_{юр}}$$

бу ердан

$$R_{юр} = \frac{U - I_{я.ю.} \cdot P_{я}}{I_{я.ю.}}$$

шарт бўйича $I_{я.ю.} = 2 I_{я.н.}$, демак,

$$R_{юр} = \frac{U - 2 I_{я.н.} \cdot R_{я}}{2 I_{я.н.}} = \frac{220 - 2 \cdot 56,5 \cdot 0,2}{2 \cdot 56,5} = 1,75 \text{ ом.}$$

3. Номинал айлантирувчи моментни аниқлаш:

$$M_H = 975 \frac{P_H}{n_H} = 975 \frac{11}{1500} = 7,33 \text{ кГм} = 72 \text{ н.м.}$$

4. Юргизувчи моментни аниқлаш. Маълумки, $M_H = c \cdot \Phi \cdot I_{я.в.}$
шарт бўйича

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

бўлгани учун,

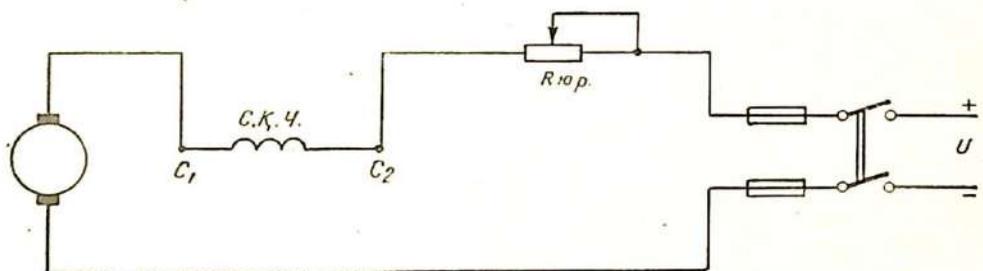
$$M_{ю} = c \cdot \Phi \cdot I_{я.ю.}$$

демак,

$$M_{ю} = M_{н} \frac{I_{я \cdot ю}}{I_{я \cdot н}} = 14,66 \text{ кГм} = 144 \text{ н.м.}$$

131- масала. Параллел қўзғатишли ўзгармас ток двигателнининг (67-расм) якорь занжири билан кетма-кет уч поғонали реостат уланган. Тармоқ кучланиш $U = 220 \text{ в}$. Якорь токи $I_{я} = 35 \text{ а}$. Якорь чулғамининг қаршилиги $R_{я} = 0,11 \text{ ом}$. Якорь $n = 1400 \text{ айл/мин}$ тезлик билан айланади. Агар реостат бир поғонасининг қаршилиги $R_{пор} = 0,5 \cdot R_{я}$ бўлса, ҳар бир поғона киритилгандаги якорь тезлиги аниқлансин.

132- масала. Кетма-кет қўзғатишли двигатель кучланиши 110 в бўлган тармоқдан ишлайди (68-расм). Двигателнининг номинал қув-



68-расм

вати $P_{н} = 3,7 \text{ кет}$, номинал айланиш тезлиги $n_{н} = 1120 \text{ айл/мин}$ Якорь чулғамининг қаршилиги $R_{я} = 0,1 \text{ ом}$. Қўзғатиш чулғамининг қаршилиги $R_{к} = 0,05 \text{ ом}$ двигателнининг ф. н. к. $\eta = 80\%$.

Қуйидагилар аниқлансин:

1. Номинал айлантурувчи момент $M_{н}$.
2. Двигателнининг манбадан истеъмол қилаётган қуввати — P_{1} .
3. Двигателнининг номинал токи $I_{н}$.
4. Якордаги қарама-қарши э. ю. к. E .
5. Юргизиш токини $2 \cdot I_{н}$ га қадар чеклаш учун керак бўлган юргизиш реостатининг қаршилиги — $R_{юр}$.

133- масала. Номинал қуввати $P_{я} = 16 \text{ кет}$ ва номинал кучланиши $U_{н} = 230 \text{ в}$ бўлган параллел қўзғатишли генератор двигатель режимида ишламоқда. Номинал айланиш тезлиги $n_{н} = 1450 \text{ айл/мин}$ якорь чулғамининг қаршилиги $R_{я} = 0,18 \text{ ом}$, қўзғатиш занжирининг қаршилиги $R_{к} = 82 \text{ ом}$. Двигатель якоридagi ток генератор якоридagi токка тенг бўлганда, двигатель учларидаги кучланиш $U = 220 \text{ в}$ га тенг. Машинанинги якори қандай тезликда айланиши аниқлансин. Машинанинги магнит оқими ўзгармас деб қабул қилинган.

Ечили. 1. Генератор якорининг токини аниқлаймиз:

$$I_{я \cdot г} = I_{н \cdot г} + I_{к \cdot г} = \frac{P_{н \cdot г}}{U_{н}} + \frac{U_{н}}{R_{к}} = \frac{16 \cdot 10^3}{230} + \frac{230}{82} = 72,4 \text{ а.}$$

Двигателнинг тармоқдан истеъмол қилаётган токи:

$$I_{\text{дв}} = I_{\text{и.дв}} + I_{\text{к.дв}} = I_{\text{з.дв}} + \frac{U_{\text{дв}}}{R_{\text{к}}} = 72,4 + \frac{220}{82} = 75,1 \text{ а.}$$

Генератор якори чулғаидаги э. ю. к.:

$$E_{\text{г}} = U_{\text{н}} + I_{\text{з.дв}} \cdot R_{\text{з}} = 230 + 72,4 \cdot 0,18 = 243 \text{ в.}$$

Двигатель якори чулғаидаги э. ю. к.:

$$E_{\text{дв}} = U_{\text{дв}} - I_{\text{з.дв}} \cdot R_{\text{з}} = 220 - 72,4 \cdot 0,18 = 207 \text{ в.}$$

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

$$E_{\text{г}} = C \cdot n_{\text{г}} \cdot \Phi; \quad E_{\text{дв}} = C \cdot n_{\text{дв}} \cdot \Phi,$$

бундан

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

Машинанинг электромагнит қуввати:

$$P_{\text{э.м.}} = E_{\text{дв}} \cdot I_{\text{з.дв}} = 207 \cdot 72,4 = 15 \text{ квт.}$$

Х. ЭЛЕКТРИК ЮРИТМА

134- масала. 200 мм сув устунни босимида, айланиш тезлиги 1460 айл./мин бўлиб, соатига 5400 м³ ҳаво ҳайдаб берадиган марказдан қочма вентилятор учун двигатель танлансин. Вентиляторнинг ф. и. к. 0,7. Юритма ф. и. к. 0,95 бўлган понасимон тасмали узатма ёрдамида амалга оширилади. Запас коэффициенти 20% қилиб олинсин.

Ечили. Двигатель қувватини вентилятор қувватига тенг ёки бир оз каттароқ қилиб олинади, яъни

$$P_{\text{н}} \geq P_{\text{вент.}}$$

Вентиляторнинг қувватини қуйидаги формуладан аниқлаш мумкин

$$P_{\text{вент.}} = \frac{Q \cdot h \cdot K}{102 \cdot \eta_{\text{вент.}} \cdot \eta_{\text{уз}}}$$

бу ерда Q — вентиляторнинг иш унуми, м³/сек;

h — босим, мм сув устунни;

K — запас коэффициенти.

$\eta_{\text{вент.}}$, $\eta_{\text{уз}}$ — тегишлича вентилятор ва узатиш механизмининг ф. и. к. лари

$$Q = \frac{5400}{3600} = 1,5 \text{ м}^3/\text{сек}; \quad P_{\text{вент.}} = \frac{1,5 \cdot 200 \cdot 1,2}{102 \cdot 0,7 \cdot 0,95} = 5,3 \text{ квт.}$$

Каталог бўйича қуввати $P_{\text{н}} = 5,5$ квт бўлган А02-42-4 серияли двигательни танлаймиз. Вентилятор учун двигательнинг юргизиш моменти текширилмайд.

135-масала. Горизонтал ҳолатда ишлайдиган 54 м узунликдаги лентали транспортёр, ҳар бири 25 кг дан бўлган юкли яшикларни 1,5 м/сек тезлик билан ташийди. Бир вақтнинг ўзида транспортёр-га 60 та яшик жойлаштирилади. Конструкциясида сирпаниш подшипниги қўлланилган ва юритмаси понасимон тасмали узатма ёрдамида ҳаракатга келадиган транспортёрни ҳаракатга келтирувчи двигателнинг қуввати аниқлансин.

Ечили. Горизонтал ҳолатда ишлайдиган лентали транспортёрнинг қувватини қуйидаги формуладан аниқлаш мумкин:

$$P_{\text{тр}} = \frac{Q \cdot f \cdot l}{367 \cdot \eta_{\text{уз}}},$$

бу ерда Q — транспортёрнинг бир соатдаги иш унуми тонна ҳисобида;

l — транспортёр юк ташийдиган қисмининг узунлиги, м;

f — ишқаланиш коэффиценти (сирпаниш подшипниги учун $f = 0,1$);

$\eta_{\text{уз}}$ — узатиш ф. и. к. (понасимон тасмали узатма учун $\eta_{\text{уз}} = 0,95$);

Транспортёрнинг иш унумини аниқлаймиз. Узунлиги 54 м, тезлиги 1,5 м/сек бўлган транспортёрда ҳар бир яшикнинг бўлиш вақти қуйидагича топилади:

$$t = \frac{l}{v} = \frac{54}{1,5} = 36 \text{ сек.}$$

Транспортёрнинг 36 секунддаги иш унуми 60 та яшик бўлади, бир соатдагиси эса, қуйидагини ташкил этади:

$$60 \cdot \frac{3600}{36} = 6000 \text{ яшик, килограмм ҳисобида } 25 \cdot 6000 = 150000 \text{ кг} = 150 \text{ т.}$$

$$P_{\text{тр}} = \frac{150 \cdot 0,1 \cdot 54}{367 \cdot 0,95} = 2,33 \text{ кВт.}$$

Каталогдан катта юргизиш моментли АОП серияли, қуввати $P_{\text{н}} = 2,8 \text{ кВт}$ бўлган двигателни танлаймиз.

136-масала. 2 тонна юкни 0,5 м/сек тезлик билан кўтарувчи механизм қисқа муддатли режимда ишлайди. Механизмнинг узатма билан биргаликдаги ф. и. к. 0,6.

Шу механизмга тўғри келадиган двигатель танлансин.

Ечили. Юкни кўтариш учун керак бўлган қувватни аниқлаймиз:

$$P_{\text{юк}} = m \cdot v = 2000 \cdot 0,5 = 1000 \text{ кг} \cdot \text{м/сек} = 1000 \cdot 9,8 = 9800 \text{ вт} = 9,8 \text{ кВт.}$$

Ф. и. к. ни ҳисобга олиб, керакли қувватни ҳисоблаймиз:

$$P = \frac{P_{\text{юк}}}{\eta_{\text{мех}}} = \frac{9,8}{0,6} = 16,3 \text{ кВт.}$$

Агар узоқ муддатли ишлаш режими учун А серияли двигатель танласак, каталог бўйича унинг қуввати 20 кВт га тенг бўлади. Лекин, двигатель қисқа муддатли иш режими бўйича ишлайдиган

бўлгани учун унинг чулғамларининг қизиши рухсат этилган температурагача етмайди, яъни у «совуқ» ҳолда бўлади. Демак, двигателни узоқ муддатли ишлаш режими бўйича танлаш рационал эмас.

Шунинг учун қисқа муддатли режимда ишлайдиган двигателни, унинг ортиқча нагрузкаланиш қобилияти бўйича, яъни максимал momenti бўйича танланади.

Бунда қуйидаги шарт бажарилиши лозим:

$$M_{\max} \geq 1,2 M_k$$

(кучланишининг камайиш эҳтимоли бўлганлиги учун 20% запас олинади). Агар айланиш тезлиги 1460 *айл/мин* бўлган двигатель қўласак, унинг ўқидаги момент қаршилигини аниқлаймиз:

$$M_k = \frac{P}{\Omega} = 9550 \frac{P}{n} = \frac{9550 \cdot 16,3}{1460} = 107 \text{ ж} = 10,9 \text{ кгм.}$$

$$M_{\max} \geq 1,2 M_k = 1,2 \cdot 107 = 129 \text{ ж.}$$

Катологдан АО2-62-4 серияли двигатель танлаймиз, унинг максимал momenti

$$M_{\max} = 150 \text{ ж ва қуввати } P_n = 10 \text{ кВт.}$$

137-масала. Айланиш тезлиги 1460 *айл/мин* бўлган марказдан қочма вентилятор, 70×80 см ўлчамли тўғри тўртбурчак кесимли ҳаво ўтказгичида 250 мм сув устунига тўғри келувчи ҳаво босимини ҳосил қилади. Бевосита двигатель ўқиға ўрнатилган ва ф. и. к. 65% бўлган вентиляторнинг қуввати аниқлансин ва унга тўғри келадиган двигатель танлансин. Запас коэффициентини 1,15 қилиб олинсин.

138-масала. 12-Д-19-60 маркали марказдан қочар насос бир соатда 720 м³ сувни 15 м баландликка чиқариб беради. Ф. и. к. 0,8 бўлган насосга қуввати бўйича запаси 30% бўлган АО серияли двигатель танлансин.

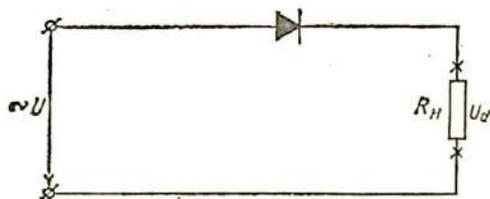
Х. ЭЛЕКТРОНИКА

139-масала. Қаршилиги $R = 60$ ом бўлган нагрузка битта ярим даврли тўғрилагич орқали $U = 120$ в тармоқ кучланишига уланган (69-расм). Вентилнинг ички қаршилигини ҳисобга олмай, тўғриланган токнинг ўртача қиймати ҳисоблансин.

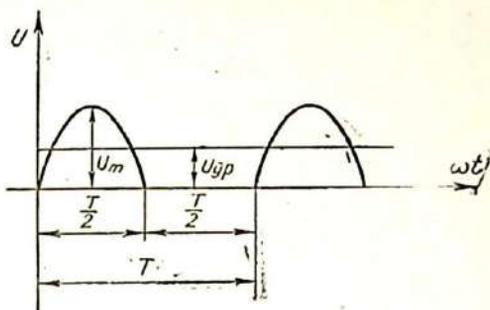
Ечиши. Қуйидаги формула билан токнинг ўртача қийматини аниқлаймиз:

$$I_{\text{ўр}} = \frac{U_{\text{ўр}}}{R}$$

Битта ярим даврли тўғрилашда нагрузкадаги тўғриланган кучланишининг шакли (формаси) ва ўртача қиймати 70-расмда берилган.



69-расм



70-расм

Битта ярим даврли тўғрилашда ўтказувчан ярим давр учун тўғриланган кучланишнинг ўртача қиймати

$$U_{\text{дp}}\left(\frac{T}{2}\right) = \frac{2}{\pi} U_m.$$

Иккинчи ярим даврдан фойдаланилмаганидан, тўла давр учун тўғриланган кучланишнинг ўртача қиймати икки марта кам бўлади:

$$U_{\text{дp}} = \frac{1}{\pi} U_m = \frac{\sqrt{2}}{\pi} U = 0,45 U.$$

Токнинг ўртача қийматини аниқлаймиз:

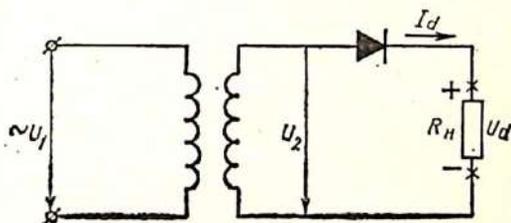
$$I_{\text{дp}} = \frac{U_{\text{дp}}}{R} = \frac{0,45 \cdot 120}{60} = 0,9 a.$$

140-масала. Диаметри 100 мм ли селен шайбалардан иборат вентиль элементли битта ярим даврли тўғрилагич, нагрузкада $U_d = 36$ в тўғриланган ўртача кучланиш ва $I_d = 12$ а тўғриланган ток бериши керак.

1. Агар вентилдаги йўл қўйилган тескари кучланиш $U_{\text{тес}}$ (даврининг ўтказмайдиган қисмида) 25 вольтдан ортиқ бўлмаса ва совиш шартига кўра рухсат этилган ток $I_{\text{рухс}} = 1,5$ ампердан ортиқ бўлмаса шайбалар сони ва уларнинг бириктириш схемаси кўрсатилсин. Битта шайбанинг ички қаршилиги 0,3 ом.

2. $U_1 = 220$ в кучланишли тармоққа уланган трансформатордаги кучланиш тушуви 4% бўлса, трансформаторнинг иккиламчи чулғами қисмаларидаги кучланиш, трансформация коэффиценти ва унинг ҳисобий қуввати аниқлансин (71-расм).

Ечиш. Тўғриланган ток $I_d = 12$ а ва битта вентилдаги рухсат этилган ток $I_{\text{рухс}} = 1,5$ а бўлгани учун вентиллар бир неча параллел зан-



71-расм

жирлардан иборат бўлиши керак. Бу занжирларнинг сони қуйидагича топилади:

$$a = \frac{I_d}{I_{\text{рухс}}} = \frac{1,2}{1,5} = 8.$$

Вентилларнинг ички қаршиликларини ҳисобга олмаганда, улардаги тескари кучланишнинг амплитуда қиймати:

$$U_{\text{тес}} = \pi \cdot U_d = 3,14 \cdot 36 = 113 \text{ в.}$$

Битта вентилга рухсат этилган кучланиш $U_{\text{рухс}} = 25 \text{ в}$ бўлган, лиги учун, кетма-кет уланган вентиллар сони қуйидагича топилади:

$$n = \frac{U_{\text{тес}}}{U_{\text{рухс}}} = \frac{113}{25} \approx 4,52, \text{ яъни } 5 \text{ та.}$$

Шундай қилиб, ҳар бир занжирда бештадан вентили бўлган саккизта параллел занжир бўлиши керак.

Тўғрилагичнинг қаршилиги:

$$R_a = 5 \frac{R_{\text{ш}}}{8} = 5 \frac{0,3}{8} = \frac{1,5}{8} \approx 0,2 \text{ ом.}$$

Вентиллардаги кучланиш тушувини ҳисобга олганда тўғрилانган кучланиш:

$$U'_d = U_d + R_a \cdot I_d = 36 + 0,2 \cdot 12 = 38,4 \text{ в.}$$

Ҳақиқий тескари кучланиш:

$$U'_{\text{тес}} = \pi \cdot U'_d = 3,14 \cdot 38,4 = 120 \text{ в.}$$

Битта шайбадаги тескари кучланиш

$$U_{1\text{тес}} = \frac{U'_{\text{тес}}}{n} = \frac{120}{5} = 24 \text{ в,}$$

бу эса рухсат этилган кучланиш $U_{\text{рухс}} = 25 \text{ в}$ дан кам.

Трансформаторнинг иккиламчи чулғами қисмаларида нағрузка улангандаги кучланиш:

$$U_2 = 2 \cdot 1,11 \cdot U'_d = 2 \cdot 1,11 \cdot 38,4 = 85 \text{ в.}$$

Трансформатордаги 4% кучланиш тушуви ҳисобга олинганда, салт ишлашда иккиламчи чулғам кучланиши:

$$U_{2,0} = 1,04 \cdot U_2 = 1,04 \cdot 85 = 88 \text{ в.}$$

Трансформаторнинг трансформация коэффициенти:

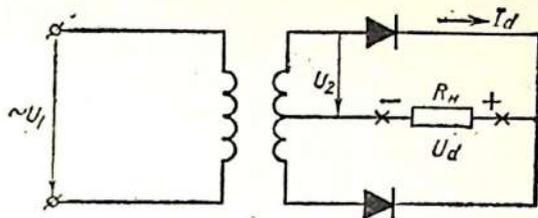
$$K = \frac{U_1}{U_{2,0}} = \frac{220}{88} = 2,5.$$

Трансформаторнинг ҳисобий қуввати:

$$S_{\text{тр}} = 1,74 \cdot U'_d \cdot I_d = 1,74 \cdot 38,4 \cdot 12 = 802 \text{ в} \cdot \text{а.}$$

141-масала. Аввалги масаланинг берилганлари бўйича нейтрал симли трансформатор (иккита иккиламчи чулғамли) қўллаб, иккита ярим даврли тўғрилагич ҳисоблансин (72-расм).

Ечиш. Вентиллар сонини ва уларнинг улаш схемасини аниқлаймиз. Ҳар бир елкадаги параллел тармоқлар сони:



72-расм

$$a_{(1)} = \frac{I_n}{I_{\text{рухс}}} = \frac{6}{1,5} = 4.$$

Ҳар бир елкадаги тескари кучланишнинг амплитуда қиймати:

$$U_{\text{тес}} = \pi \cdot U_d = 3,14 \cdot 36 = 113 \text{ в.}$$

Кетма-кет бириктирилган вентиллар сони:

$$n = \frac{U_{\text{тес}}}{U_{\text{рухс}}} = \frac{113}{25} \approx 4,52, \text{ яъни } 5 \text{ та.}$$

Шундай қилиб, ҳар бир тармоқ тўртта параллел занжирдан, ҳар бир занжир эса кетма-кет уланган бешта вентилдан иборат. Вентилларнинг умумий сони 40 та. Тўғрилагич ҳар бир елкасининг қаршилиги:

$$R_a = n \cdot \frac{R_{\text{ш}}}{4} = 5 \cdot \frac{0,3}{4} = 0,375 \text{ ом.}$$

Вентиллардаги кучланиш тушувларини ҳисобга олганда, тўғриланган кучланиш:

$$U'_d = U_d + R_a \cdot I_a = 36 + 6 \cdot 0,375 = 38,3 \text{ в.}$$

Ҳақиқий тескари кучланиш:

$$U'_{\text{тес}} = \pi \cdot U'_d = 3,14 \cdot 38,3 = 120 \text{ в.}$$

Битта шайбадаги тескари кучланиш:

$$U_{1\text{тес}} = \frac{U'_{\text{тес}}}{n} = \frac{120}{5} = 24 \text{ в,}$$

яъни

$$U_{1\text{тес}} < U_{\text{рухс}}.$$

Нагрузка уланганда, ҳар бир иккиламчи чулғамдаги кучланиш:

$$U_2 = 1,11 \cdot U'_d = 1,11 \cdot 38,3 = 42,5 \text{ в.}$$

Трансформатордаги 4% кучланиш тушувини ҳисобга олинса, салт ишлагандаги иккиламчи чулғам кучланиши:

$$U_{2\cdot 0} = 1,04 \cdot U_2 = 1,04 \cdot 42,5 = 44 \text{ в.}$$

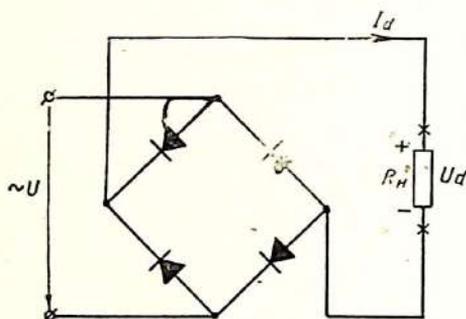
Зарурий трансформация коэффициентини:

$$K = \frac{U_1}{U_{2.0}} = \frac{220}{44} = 5.$$

Трансформаторнинг ҳисобий қуввати

$$S_{\text{тр}} = 1,48 \cdot U'_d \cdot I_d = 1,48 \cdot 38,3 \cdot 12 = 680 \text{ в} \cdot \text{а}.$$

Берилган тўғрилагични битта ярим даврли тўғрилагич билан солиштирсак, улардаги шайбалар сони тенг, ammo иккита ярим даврли тўғрилагич трансформаторнинг ҳисобий қуввати оз эканлигини кўрамиз. Битта ярим даврли тўғрилагичларда кучланиш пульсацияланиши кўпдир ва шунинг учун ҳам улар кам қўлланилади.



73-расм

142-масала. Аввалги масаладаги берилганлар асосида бир фазали кўприк схемасини қўллаб, иккита ярим даврли тўғрилагич ҳисоблансин (73-расм).

Ечили. Вентиллар сони ва уларни улаш схемасини аниқлаймиз. Тўғриланган ток 12 а бўлганда кўприкнинг ҳар бир елкасидан 6 а ток ўтади; у ҳол-

да параллел тармоқлар сони қуйидагига тенг:

$$a = \frac{I_a}{I_{\text{рухс}}} = \frac{6}{1,5} = 4.$$

Кўприк схемада битта елкага тўғри келган тескари кучланиш $U_{\text{тес}}$ қуйидагича бўлади:

$$U_{\text{тес}} = \frac{\pi}{2} \cdot U_d = 1,57 \cdot 36 = 56,5 \text{ в}.$$

Кетма-кет уланган шайбалар сони:

$$n = \frac{U_{\text{тес}}}{U_{\text{рухс}}} = \frac{56,5}{25} \approx 2,26,$$

яъни 3 та

Шундай қилиб, кўприкнинг ҳар бир елкасини ташкил этувчи параллел занжирларнинг ҳар бири учтадан шайбага эга экан. Шайбаларнинг умумий сони — 48. Ҳар бир тармоқнинг қаршилиги:

$$R_a = 6 \cdot \frac{R_{\text{ш}}}{4} = \frac{6 \cdot 0,3}{4} = 0,45 \text{ ом}.$$

Вентиллардаги кучланиш тушувини ҳисобга олинса, тўғриланган кучланиш:

$$U'_d = U_d + I_a \cdot R_a = 36 + 6 \cdot 0,45 = 38,7 \text{ в}.$$

Битта шайбадаги ҳақиқий тескари кучланиш:

$$U_{1\text{тес}} = \frac{U'_{\text{тес}}}{n} = \frac{1,57 \cdot 38,7}{3} = 20,3 \text{ в.}$$

яъни

$$U_{1\text{тес}} < U_{\text{рукс.}}$$

Нагрузка уланган трансформатор иккиламчи чулғаидаги кучланиш:

$$U_2 = 1,11 \cdot U'_d = 1,11 \cdot 38,7 = 42,6 \text{ в.}$$

Трансформатордаги 4% кучланиш тушуви ҳисобга олинса, салт ишлагандаги иккиламчи чулғам кучланиши:

$$U_{2.0} = 1,04 \cdot U_2 = 1,04 \cdot 42,6 = 44 \text{ в.}$$

Трансформация коэффициенти:

$$K = \frac{U_1}{U_{2.0}} = \frac{220}{44} = 5.$$

Трансформаторнинг ҳисобий қуввати:

$$S_{\text{тр}} = 1,23 \cdot U'_d \cdot I_d = 1,23 \cdot 38,7 \cdot 12 = 572 \text{ в} \cdot \text{а.}$$

Кўприк схема билан нейтрал симли 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. Агар ҳар бир елка бир печта кетма-кет бириктирилган элементлардан иборат бўлса, амалда уларнинг сони бир хил бўлади. Бундан кўринадики, кўприк схемани қўллаш қулайдир.

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

Ечиш. Ўзгарувчан кучланиш эффектив қиймати пульсациясининг тўғриланган кучланиш ўртача қийматига бўлган нисбати пульсацияланиш коэффициенти деб аталади.

Тўғриланган кучланишнинг эффектив қиймати:

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

бу ердà $U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_n^2 = U_{\Pi}^2$ — кучланиш пульсацияланиши эффектив қийматининг квадрати ёки

$$U_{\Pi} = \sqrt{U^2 - U_d^2}.$$

Иккита ярим даврли тўғрилагич схемаси учун кучланиш эффектив қийматининг квадрати:

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

Тўғриланган кучланишнинг ўртача қийматининг квадрати

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

Кучланиш пульсацияланишининг эффектив қиймати:

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

Пульсацияланиш коэффициенти:

$$K_n = \frac{U_n}{U_d} = \frac{U_m \sqrt{\frac{\pi^2 - 8}{2}}}{\frac{4U_m^2}{\pi^2}} \cdot \frac{\pi}{2 \cdot U_m} = \frac{\sqrt{\pi^2 - 8}}{2\sqrt{2}} = 0,48$$

ёки $K_n = 48\%$.

Битта ярим тўғрилагич схемаси учун кучланиш эффектив қийматининг квадрати:

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

Тўғриланган кучланиш ўртача қийматининг квадрати:

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

Кучланиш пульсацияланишининг эффектив қиймати:

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

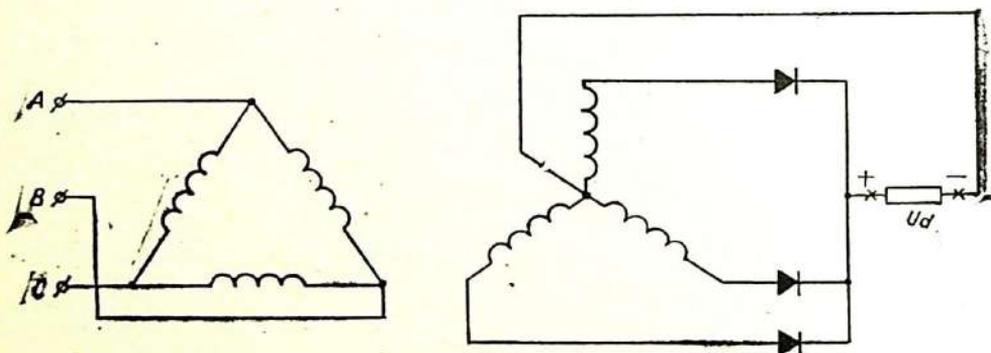
Пульсацияланиш коэффициенти:

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

ёки $K_n = 121\%$.

Битта ярим даврли схемада пульсацияланиш коэффициенти иккита ярим даврли схемадагига нисбатан 2; 5 марта каттадир.

144-масала. Уч фазали трансформаторнинг уч фазали иккиламчи системасини тўғрилагич схемасида ишлатиш мўлжалланмоқда (74-расм). Номинал миқдорлари: $S_n = 1,8 \text{ кв} \cdot \text{а}$, $U_{1н} = 380 \text{ в}$, $U_{2н} =$



74-расм

$= 220$ в, $I_{1н} = 2,8$ а, $I_{2н} = 4,7$ а. Чулғамларни улаш схемаси Δ/Y . Тармоқнинг линия кучланиши $U_n = 380$ в. Вентиллардаги максимум тескари кучланиш ва берилган тўғрилагичдан олинishi мумкин бўлган тўғриланган кучланиш ва ток аниқлансин. Вентилларнинг ички қаршиликлари ҳисобга олинмасин.

Ечиш. Тўғриланган кучланишнинг ўртача қиймати:

$$U_d = 1,17 \cdot U_{2\phi} = 1,17 \frac{220}{\sqrt{3}} = 149 \text{ в.}$$

Берилган схемадаги трансформаторнинг ҳисобий қуввати:

$$S_{тр} = 1,34 \cdot P_d.$$

Тўғриланган токнинг қуввати:

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

Нагрузка токи:

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

Вентиллардаги максимум тескари кучланиш:

$$U_{тес} = 2,09 \cdot U_d = 2,09 \cdot 149 = 312 \text{ в.}$$

145- масала. Уч электродли 6Н15П лампанинг анод кучланиши 100 в ва тўр кучланиши 1 в бўлганида анод токи 7,5 миллиамперни ташкил этади. Анод кучланишини 150 вольтгача оширсак, анод токи 14 миллиампергача ортади. Сўнгра анод кучланишини ўзгартирмасдан, тўрдаги манфий кучланишни 2 вольтгача оширганимизда анод токининг аввалги миқдори 7,5 миллиамперга тенг бўлиб қолади. Лампанинг S , μ ва R_i параметрлари аниқлансин.

Ечиш. Анод кучланиши ўзгармай турганда ($U_a = \text{const}$) анод токининг тўр кучланишига қараб қандай ўзгаришини кўрсатувчи катталиқ тўр характеристикасининг тиклиги деб аталади ва S ҳарфи билан белгиланади.

$$S = \frac{\partial I_a}{\partial U_T}.$$

Характеристиканинг кўрилатган қисмини чизиқли десак,

$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_T} = \frac{I_{2a} - I_{1a}}{U_{2T} - U_{1T}} = \frac{14 - 7,5}{-1 - (-2)} = 6,5.$$

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

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

ёки

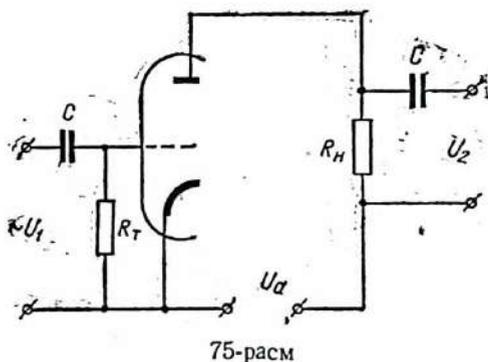
$$\mu = - \frac{\Delta U_a}{\Delta U_T} = - \frac{U_{2a} - U_{1a}}{U_{2T} - U_{1T}} = - \frac{150 - 100}{-2 - (-1)} = 50.$$

Тўр кучланиши ўзгармай турганда ($U_T = \text{const}$) анод токига қараб анод кучланишининг қандай ўзгаришини кўрсатувчи катталик лампанинг ички қаршилигини белгилайди:

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

ёки

$$R_i = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a} = \frac{U_{2a} - U_{1a}}{I_{2a} - I_{1a}} = \frac{150 - 100}{(14 - 7,5) \cdot 10^{-3}} = 7700 \text{ ом} = 7,7 \text{ ком.}$$



Шу учала параметрлар ўзаро тубандагича боғланган:

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

146-масала. Параметрлари аввалги масалада аниқланган 6Н15П лампани қўллаб, схема кучланишининг иш кучайтириш коэффициентини аниқлансин. Анод нагрукаси $R_a = 20 \text{ ком}$ (75-расм).

Ечиш. Схема кучланишининг иш кучайтириш коэффициенти:

$$K_{и} = \mu \frac{R_a}{R_i + R_a} = 50 \frac{20}{7,7 + 20} = 36.$$

Схеманинг иш кучайтириш коэффициенти лампанинг статик кучайтириш коэффициентидан ҳамма вақт кичик бўлади. Анод нагрукасининг қаршилиги қанча катта бўлса, схеманинг ички кучайтириш коэффициенти лампанинг статик кучайтириш коэффициентига яқин бўлади.

Агар 6Н15П лампанинг иккала триодидан фойдаланилса, яъни кучайтиргич икки каскадди бўлса, схеманинг натижавий иш кучайтириш коэффициенти ҳар хил каскаднинг кучайтириш коэффициентлари кўпайтмасига тенг:

$$K_{и} = K_{и1} \cdot K_{и2}.$$

Бизнинг ҳолда

$$K_{и} = 36 \cdot 36 = 1296.$$

ХII. КУРС ТОПШИРИҒИНИ ҲИСОБЛАШГА МИСОЛ

Қурилиш факультетининг «Саноат конструкциялари» ихтисослиги учун.

Топшириқ. 1. Барча хоналарнинг ҳажми, берилган цехнинг ҳажмидан 3 марта катта, ҳавонинг тўла алмашилиш вақти t_x соатни ташкил этади деб олиб, ишлаб чиқариш биноси учун вентиляторнинг қуввати ҳисоблансин.

2. Цехдаги вентиляторга ва бошқа ускуналарга тегишли электр двигателлар ва уларга мос юргизиш аппаратлари (магнитли юргизгич) танлансин.

3. Ҳар бир двигателга электр энергияси узатувчи симнинг ва бош кабелнинг кўндаланг кесимини аниқлансин. Ҳар бир двигателни ҳимоя қилиш учун алоҳида сақлагич ва щитдаги умумий сақлагич танлансин.

4. Цехнинг қувват коэффициенти $\cos \varphi$ ни 1 га ошириш учун керакли конденсаторлар сифими аниқлансин.

5. Ишлаб чиқаришдаги қурилмаларнинг қувват коэффициентини бирга тенг қилиб ушлаб турилади деб ҳисоблаб, цехни ва бошқа ишлаб чиқариш хоналарини электр энергияси билан таъминлаш учун трансформатор қуввати ва типи танлансин.

6. Конденсаторлар ўрнатилгунга қадар ва ўрнатилгандан сўнгги ($\cos \varphi = 1$ бўлганда) электр энергиянинг таннархи ҳисоблансин.

Ҳисоблашда қуйидагилар қабул қилинсин:

1. Двигателларнинг бир вақтда ишлаш коэффициенти $\alpha = 1$.

2. Двигателнинг нагрузка коэффициенти $\beta = \frac{P_{н.м}}{P_{н.дв}}$,

бу ерда $P_{н.м}$ — ижро этувчи механизмнинг қуввати,

$P_{н.дв}$ — двигателнинг каталог бўйича номинал қуввати.

3. Вентилятор учун узатиш фойдали иш коэффициенти $\eta_{уз.} = 0,95$.

4. Вентиляторнинг запас коэффициенти $K_3 = 1,1$.

5. Вентилятор двигатели юргизиш токининг катталиги:

$$K_{I_5} = \frac{I_{10}}{I_n}$$

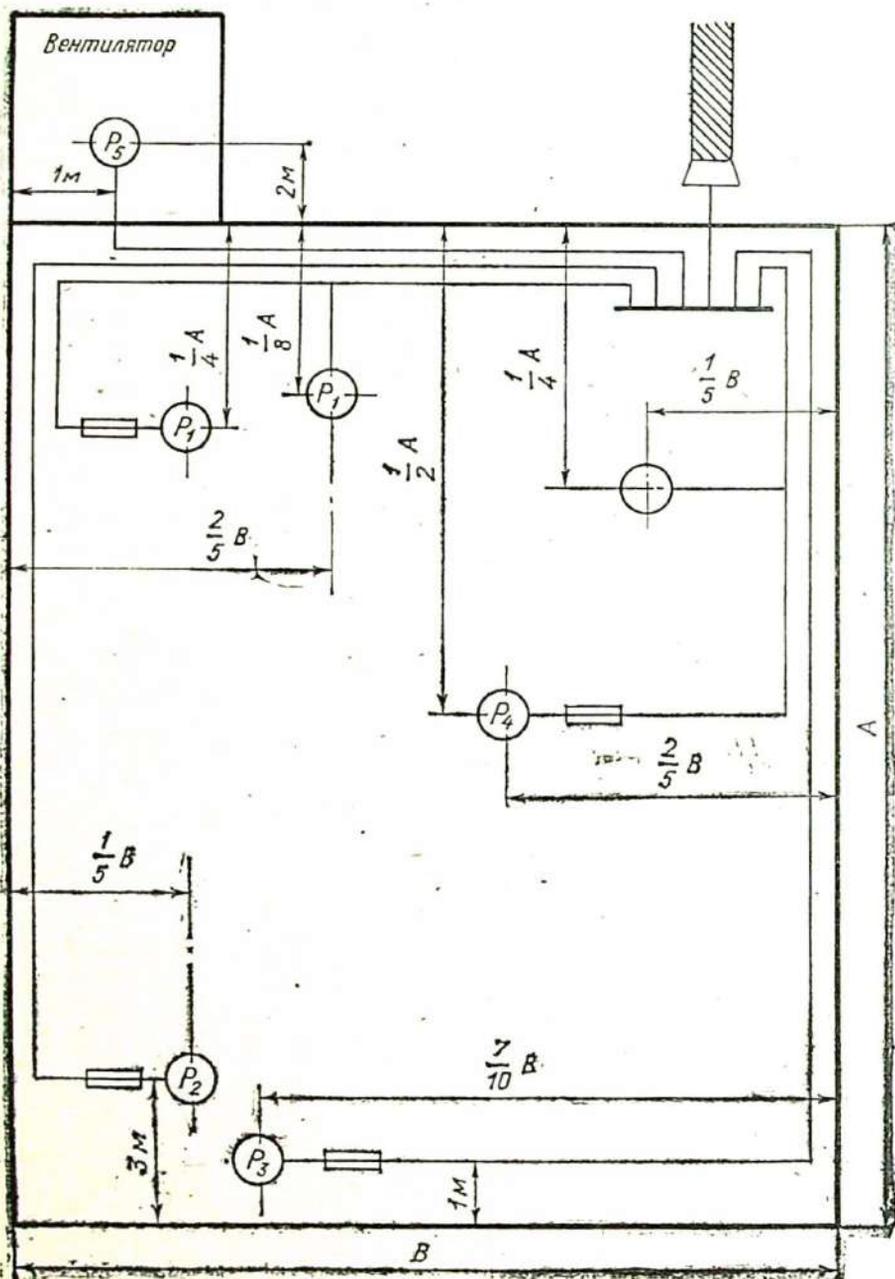
Юргизиш токининг катталиги, қуввати 10 кВт гача бўлган двигателлар учун 6 га тенг деб, 20 кВт гача 7 га ва қуввати 20 кВт дан юқори бўлган двигателлар учун 7,5 га тенг деб қабул қилинади.

6. Кабелдаги кучланишнинг тушувини $\epsilon_k \% = 5\%$ га тенг деб қабул қилинади.

Дастлабки маълумотлар 1-жадвалга ёзилади.

1-жадвал

Фамилия				А м	В м	Н м	P_1 квт	P_2 квт	P_3 квт	P_4 квт
Вариант №				35	80	7	16	22	30	11
K_{I_1}	K_{I_2}	K_{I_3}	K_{I_4}	$H_{вент}$	$\eta_{вент}$	t_x	$\epsilon\%$	N	$t_{см}$	I_k
				мм сув уст		соат	%		соат	м
4,2	2,2	1,5	6	250	0,6	3	3,5	3	4	200



76-рasm

A, B, H — цех хонасининг ўлчамлари;
 P_1, P_2, P_3, P_4 — цехдаги ускуналарнинг қуввати;
 $K_{11}; K_{12}; K_{13}; K_{14}$ — двигателлар юргизиш токининг катталиги;

$K = 2,5$ бўлганда, АК сериядаги фаза роторли двигателлар бўлиши керак;

$K = 3,5 - 4,5$ бўлганда, АП ёки АОП сериядаги, юргизиш хараактеристикалари яхшилланган двигателлар бўлиши керак;

$K = 5,5 - 7,5$ бўлганда А, АО, А2, АО2 нормал сериядаги двигател бўлиши керак.

$H_{\text{вент}}$ — вентилятор ҳссил қилган ортиқча босим (депрессия);

$\eta_{\text{вент}}$ — вентиляторнинг ф. и. к.;

$\varepsilon\%$ — хонадаги нисбий кучланиш исрофгарчилиги;

$t_{\text{см}}$ — двигателларнинг бир сменадаги ишлаш соатлари сони;

N — суткадаги иш сманалари сони;

L_k — транскиоскадан цехгача ётқизилган кабелнинг узунлиги.

Цех хонасининг ўлчамлари, плани ҳамда ускуналарнинг, вентиляторларнинг, электр узатгич симларнинг ва электр тақсимлагич шчитнинг жойланиши 76-расмда берилган.

ТОПШИРИҚНИ БАЖАРИШ ТАРТИБИ

Бундай топшириқни бажаришдан аввал дастлабки маълумотларни ва ҳисоблаш натижаларини ёзиш учун жадвал тузиб олиш тавсия этилади. Ушбу ҳол учун иккита жадвал тузилса қулай бўлади. Вентиляторнинг қувватини қуйидаги формула билан аниқлаймиз.

$$P_{\text{вент}} = \frac{Q \cdot H_{\text{вент}} \cdot K}{102 \eta_{\text{вент}} \cdot \eta_{\text{уз}}},$$

бу ерда Q — вентиляторнинг секундлик иш унуми, $\text{м}^3/\text{сек}$

$$Q = \frac{V}{t_x};$$

$V = 3V_1$ — барча хоналарнинг ҳажми.

V_1 — цехнинг ҳажми.

$$V_1 = A \cdot B \cdot H = 35 \cdot 80 \cdot 7 = 19600 \text{ м}^3,$$

$$V = 3 \cdot 19600 = 58800 \text{ м}^3,$$

$$Q = \frac{58800}{3 \cdot 3600} = 5,45 \text{ м}^3/\text{сек},$$

$$P_{\text{вент}} = \frac{5,45 \cdot 250 \cdot 1,1}{102 \cdot 0,6 \cdot 0,95} = 25,8 \text{ квт.}$$

Двигателнинг номинал қуввати қуйидаги шартни қониқтириши керак:

$$P_{\text{н.дв}} \geq P_{\text{н.м}},$$

бу ерда $P_{н.м}$ — ижро этувчи механизмнинг қуввати; ушбу ҳолда вентиляторнинг қуввати. Каталог бўйича қуввати 28 *квт* га тенг бўлган АО-73-4 серияли, ёпиқ тузилишдаги қисқа туташган роторли асинхрон двигателни танлаймиз.

Бир вақтнинг ўзида цехдаги бошқа ускуналар учун ҳам двигателларнинг қуввати ва сериясини аниқлаймиз.

Двигателнинг қуввати, серияси, айланиш тезлиги қувват коэффициент ва фойдали иш коэффициентини 2-жадвалга, двигателнинг номинал токини 3-жадвалга ёзамиз.

Кейинги ҳисоблашлар 2, 3-жадвалларда берилган тартиб бўйича олиб борилади.

β — двигателни юклаш коэффициенти, $\beta = \frac{P_{н.м}}{P_{н.дв}}$,

$$\beta_{(1)} = \frac{16}{20} = 0,8; \quad \beta_{(2)} = \frac{22}{28} = 0,785 \text{ ва ҳ. к.}$$

$P_{н.эл}$ — двигатель ўқида номинал нагрузка бўлганда, унинг тармоқдан истеъмол қилинадиган номинал электр қуввати

$$P_{н.эл} = \frac{P_{н.дв}}{\eta}; \quad P_{н.эл1} = \frac{20}{0,88} = 22,7; \quad P_{н.эл2} = \frac{28}{0,87} = 32,2 \text{ квт ва ҳ. к.}$$

P_x — нагрузка коэффициенти билан биргаликда, двигателнинг ҳақиқий истеъмол қилаётган қуввати

$$P_x = P_{н.эл} \cdot \beta,$$

$$P_{x(1)} = 22,7 \cdot 0,8 = 18,2 \text{ квт,}$$

$$P_{x(2)} = 32,2 \cdot 0,785 = 25,2 \text{ квт ва ҳ. к.}$$

$t_{вил}$ — двигателларнинг йиллик иш соатлари сони

$$t_{вил} = N \cdot t_{см} \cdot D,$$

D — бир йилдаги иш кунлари сони.

Бир йилдаги иш кунлари сони, йилдаги умумий кунлар сонидан дам олиш ва байрам кунларининг айирмасига тенг.

Олти кунлик иш ҳафтасида қуйидагини оламиз

$$365 - 52 - 8 = 305 \text{ кун.}$$

Профилактика мақсадлари учун бир йилда 20 кунни ажратиш мумкин:

$$D = 305 - 20 = 285 \text{ кун.}$$

Бир йилдаги иш соатлари сони

$$t_{вил} = 3 \cdot 4 \cdot 285 = 3420 \text{ соат.}$$

W — двигателнинг бир йилда истеъмол қиладиган энергияси

$$W_1 = P_{x.1} \cdot t_{вил} = 18,2 \cdot 3420 = 62244 \text{ квт} \cdot \text{соат.}$$

Барча двигателларнинг истеъмол қиладиган қуввати

$$W = \Sigma P_{x.ум} \cdot t_{вил} = 118,7 \cdot 3420 = 405944 \text{ квт} \cdot \text{соат.}$$

Тартиб номери	Р _{и.м.} кВт	Р _{и.дв.} кВт	Двигатель типи	п. айл/мин	cos φ	η, %	β	Р _{и.эл.} кВт	Р _{х.} кВт	Г _{фил.} соат	W _{кат соат}	tg φ	Q, квар
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	16	20	АОП-72-4	1450	0,85	88	0,8	22,7	18,2		62244	0,62	14,0
2	22	28	АК-72-4	1420	0,87	87	0,785	32,2	25,2		86100	0,56	18,0
3	30	40	АК-81-4	1440	0,87	88	0,75	45,5	34,1		116800	0,56	25,4
4	11	14	АО-72-6	970	0,83	87	0,785	16,1	12,6	32,2	43000	0,67	10,8
5	25,8	28	АО-83-4	1470	0,89	90	0,92	31,1	28,6		97000	0,51	15,0
Умум	105	130						148	118,7		405944		84,1

Тартиб номери	Двигатель типи	Р _{и.дв.} кВт	β	Р _{х.} кВт	I _{и.} а	K _J	I _{ю.} а	I _{сақ} а	I, к	S, кВА²	Марингли юрғизгичлар	ИССИҚЛИК ЭЛЕМЕНТИ		
												№	14	15
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	АОП-72-4	20	0,8	18,2	38,8	14,2	163	80	92	16	П-322	39	37-41	
2	АК-72-4	28	0,785	25,2	55,5	2,2	122	60	115	16	П-422	49	55-50	
3	АК-81-4	40	0,75	34,1	78	1,5	117	60	109	25	П-524	59	77-85	
4	АО-72-6	14	0,785	12,6	29	6	137	60	69	10	П-322	36	28-31	
5	АО-83-4	28	0,92	28,6	53,8	7,5	401	160	68	70	П-522	47	45-50	
Умум.		130		118,7			556	225	200	120				

Q — двигателнинг реактив қуввати

$$Q = P_{н. эл} \cdot \operatorname{tg} \varphi.$$

$\operatorname{tg} \varphi$ — жадвалдан ёки логарифмик линейка орқали топилади.

$$Q_1 = 22,7 \cdot 0,62 = 14,0 \text{ квар},$$

$$Q_2 = 32,2 \cdot 0,56 = 18,0 \text{ квар ва х. к.}$$

Умумий реактив қуввати

$$Q_{ум} = \Sigma Q = 84,1 \text{ квар.}$$

Конденсаторлар ўрнатилгунга қадар корхонанинг ўртача қувват коэффициенти

$$\cos \varphi = \frac{P_{х. ум}}{\sqrt{P_{х. ум}^2 + Q_{ум}^2}} = \frac{118,7}{\sqrt{118,7^2 + 84,1^2}} = 0,81.$$

Реактив қувватни компенсациялаш ва $\cos \varphi$ ни бирга ошириш учун сифими қуйидагига тенг бўлган конденсатор ўрнатиш керак:

$$C = \frac{10^9 \cdot Q}{\omega U^2} = \frac{10^9 \cdot 84,1}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 380^2} = 1860 \text{ мкф.}$$

ТРАНСФОРМАТОРНИ ТАНЛАШ

Ўрнатилиши керак бўлган трансформаторнинг қуввати, цехнинг нагрузка қуввати билан нагрузка қувватининг 4 процентини ташкил этувчи узатгич симлардаги қувват исрофгарчилигининг йиғиндига тенг бўлиши керак.

$\cos \varphi = 1$ бўлганда, қуйидагига эга бўламиз:

$$(S_{тр}) \geq P_{х. ум} + 0,04 P_{х. ум},$$

бу ерда $S_{тр}$ — трансформаторнинг тўла қуввати, *квa*;

$$S_{тр} = 118,7 + \frac{118,7 \cdot 4\%}{100\%} = 118,7 \cdot 1,04 = 123,4 \text{ квa.}$$

Каталог бўйича номинал қуввати 180 *квa* га тенг бўлган ТМ-180/6 трансформаторни танлаймиз.

Бир йилда истеъмол қилинган электр энергиясининг қиймати қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$C_3 = C_1 \cdot S_{тр} + C_2 \cdot W + \Delta C_3$$

C_1 — трансформатор бир киловольтампер қувватининг йиллик қиймати; темир-бетон конструкциялари заводи учун $C = 20$ сўм деб қабул қилиш мумкин.

C_2 — истеъмол қилинган бир киловатт-соат электр энергиясининг қиймати; $C_2 = 0,02$ сўм деб қабул қилиш мумкин.

ΔC_3 — қувват коэффициенти $\cos \varphi$ учун устама қиймат.

$\cos \varphi = 1$ бўлганда устама қиймат 6 процентни ташкил этади.

$$C_3 = (20 \cdot 180 + 0,02 \cdot 405944) 0,94 = (3600 + 8116) 0,94 = 11\,000 \text{ сўм.}$$

$\cos \varphi = 0,81$ бўлганда устама қиймат 5,5 процентни ташкил этади.

$$C_3 = (3600 + 8116) 1,055 \approx 12\,380 \text{ сўм.}$$

3- жадвални тўлдиришга ўтамиз.

I_n — двигателнинг иш токи: $I_n = I_n \cdot \beta$.

$$I_{n(1)} = 38,8 \cdot 0,8 = 31 \text{ а,}$$

$$I_{n(2)} = 55,5 \cdot 0,785 = 43,5 \text{ а ва ҳ. к.}$$

$$I_{n(\text{ум})} = \sum_1^n I_n = 205 \text{ а.}$$

$I_{ю}$ — двигателларнинг юргизиш токи: $I_{ю} = I_n \cdot K_1$.

$$I_{ю(1)} = 38,8 \cdot 4,2 = 163 \text{ а; } I_{ю(2)} = 55,5 \cdot 2,2 = 122 \text{ а ва ҳ. к.}$$

$$I_{ю(\text{ум})} = a \sum_1^n I_n + (I_{ю} - I_n),$$

бу ерда $I_{ю}$ ва I_n двигателнинг юргизиш ва иш токлари бўлиб, уларнинг фарқи $I_{ю} - I_n$ катта қийматга эга:

$$I_{ю(\text{ум})} = 205 + 351 = 556 \text{ а.}$$

$I_{\text{сақ}}$ — эрувчан сақлагичнинг номинал токи. Уни тармоқнинг иш ва юргизиш токи бўйича аниқлаб, энг катта қийматни олинади.

$$1. I_n = 31 \text{ а; } I_{\text{сақ}} = 35 \text{ а; } \frac{I_{ю}}{2,5} = \frac{163}{2,5} = 65 \text{ а; } I_{\text{сақ}} = 80 \text{ а.}$$

$$2. I_n = 43,5 \text{ а; } I_{\text{сақ}} = 60 \text{ а; } \frac{I_{ю}}{2,5} = \frac{122}{2,5} = 49 \text{ а; } I_{\text{сақ}} = 60 \text{ а.}$$

$$3. I_n = 58,5 \text{ а; } I_{\text{сақ}} = 60 \text{ а; } \frac{I_{ю}}{2,5} = \frac{117}{2,5} = 47 \text{ а; } I_{\text{сақ}} = 60 \text{ а.}$$

$$4. I_n = 22,8 \text{ а; } I_{\text{сақ}} = 25 \text{ а; } \frac{I_{ю}}{2,5} = \frac{137}{2,5} = 55 \text{ а; } I_{\text{сақ}} = 60 \text{ а.}$$

$$5. I_n = 49,5 \text{ а; } I_{\text{сақ}} = 60 \text{ а; } \frac{I_{ю}}{2,5} = \frac{401}{2,5} = 160 \text{ а; } I_{\text{сақ}} = 160 \text{ а.}$$

Умумий

$$I_n = 205 \text{ а; } I_{\text{сақ}} = 225 \text{ а; } \frac{I_{ю}}{2,5} = \frac{556}{2,5} = 223 \text{ а; } I_{\text{сақ}} = 225 \text{ а.}$$

Энг катта қийматларини 3- жадвалга ёзамиз.

S — симларнинг кўндаланг кесими. Уни учта усул билан аниқлаб, энг катта қийматлари олинади.

1. Симларнинг кўндаланг кесимини қизиш шарти бўйича аниқлаш. Қизиш шарти бўйича симнинг кўндаланг кесимини шундай танланадики, унинг учун рухсат этилган ток қиймати иш токига тенг бўлсин, яъни

$$I_n \leq I_{\text{рухс. вт.}} \rightarrow S.$$

Уч симли кабель ва алюминий симларни очик ўтказилганда:

1. $I_n = 31 \text{ а}; \quad I_{\text{рухс. эт.}} = 35 \text{ а}; \quad S = 6 \text{ мм}^2$
2. $I_n = 43,5 \text{ а}; \quad I_{\text{рухс. эт.}} = 46 \text{ а}; \quad S = 10 \text{ мм}^2$
3. $I_n = 58,5 \text{ а}; \quad I_{\text{рухс. эт.}} = 60 \text{ а}; \quad S = 16 \text{ мм}^2$
4. $I_n = 22,8 \text{ а}; \quad I_{\text{рухс. эт.}} = 29 \text{ а}; \quad S = 4 \text{ мм}^2$
5. $I_n = 49,5 \text{ а}; \quad I_{\text{рухс. эт.}} = 60 \text{ а}; \quad S = 16 \text{ мм}^2.$

Умумий

$$I_n = 205 \text{ а}; \quad I_{\text{рухс. эт.}} = 220 \text{ а}; \quad S = 70 \text{ мм}^2$$

2. Симларнинг кўндаланг кесимини кучланиш тушуви бўйича аниқлаш.

Симнинг кўндаланг кесимини қуйидаги формула билан аниқлаймиз.

$$S = \frac{10^5 \cdot P_x \cdot l}{\gamma \cdot \epsilon \% \cdot U^2};$$

бу ерда P_x — ҳақиқий истеъмол қилинаётган қувват, *квт.*

l — узатгич симнинг двигателдан тақсимловчи шчитгача бўлган узунлиги.

γ — 20° С температурада симнинг солиштира ўтказувчанлиги, алюминий сим учун

$$\gamma = 34 \frac{\text{м}}{\text{ом} \cdot \text{мм}^2}.$$

$\epsilon \%$ — ички тармоқ симларидаги рухсат этилган кучланиш тушуви,

U — тармоқ кучланиши.

Симларнинг узунлигини, двигателларнинг жойланиши кўрсатилган цех планидан аниқлаймиз.

$$l_{(1)} = B - \frac{1}{5} B + \frac{1}{4} A + \frac{1}{5} B = B + \frac{1}{4} A = 80 + \frac{35}{4} = 89 \text{ м.}$$

Кўтарилиш ва пасайишлар учун 3 м қўшганимизда қуйидагиларни оламиз:

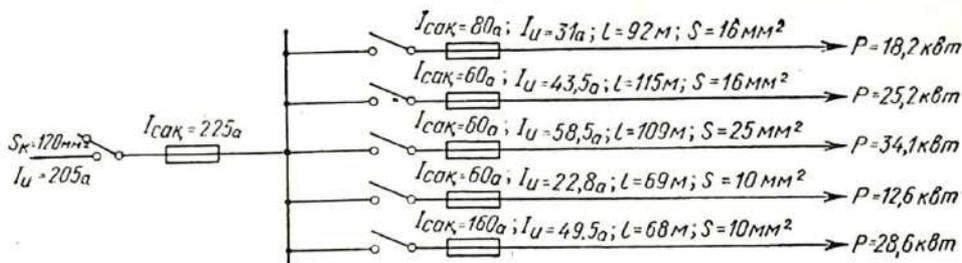
$$l_{(1)} = 89 + 3 = 92 \text{ м.}$$

$$l_{(2)} = \frac{4}{5} B + A + \frac{1}{5} B - 3 \text{ м} + 3 \text{ м} = 115 \text{ м.}$$

$$l_{(3)} = \frac{1}{5} B + A + \frac{7}{10} B - 1 \text{ м} + 3 \text{ м} = 109 \text{ м.}$$

$$l_{(4)} = \frac{1}{5} B + \frac{1}{2} A + \frac{2}{5} B + 3 \text{ м} = 69 \text{ м.}$$

$$l_{(5)} = \frac{4}{5} B - 1 \text{ м} + 2 \text{ м} + 3 \text{ м} = 68 \text{ м.}$$



77-расм

Участкаларнинг узунлигини, нарузкаларини ва сақлагич токларини, симлар жойланешини кўрсатувчи бир чизиқли схемани чизамиз (77- расм).

Ҳар бир участка симининг кўндаланг кесимини аниқлаймиз:

$$S_{(1)} = \frac{10^5 \cdot 18,2 \cdot 92}{34 \cdot 3,5 \cdot 380^2} = \frac{18,2 \cdot 92}{172} = 9,7 \text{ мм}^2, \quad S_{(1)} = 10 \text{ мм}^2 \text{ деб оламиз (каталогдан)}$$

$$S_{(2)} = \frac{25,2 \cdot 115}{172} = 16,8 \text{ мм}^2, \quad S_{(2)} = 16 \text{ мм}^2 \text{ «}$$

$$S_{(3)} = \frac{34,1 \cdot 109}{172} = 21,6 \text{ мм}^2, \quad S_{(3)} = 25 \text{ мм}^2 \text{ «}$$

$$S_{(4)} = \frac{12,6 \cdot 69}{172} = 5,06 \text{ мм}^2, \quad S_{(4)} = 6 \text{ мм}^2 \text{ «}$$

$$S_{(5)} = \frac{28,6 \cdot 68}{172} = 11,3 \text{ мм}^2, \quad S_{(5)} = 16 \text{ мм}^2 \text{ «}$$

$$S_k = \frac{10^5 P_{\text{ум}} \cdot l_k}{\gamma \cdot e \% U^2} = \frac{10^5 \cdot 118,7 \cdot 200}{34 \cdot 5 \cdot 380^2} = 97 \text{ мм}^2; \quad S_k = 120 \text{ мм}^2 \text{ «}$$

3. Симларнинг кўндаланг кесимини сақлагичнинг токи бўйича аниқлаш.

Симнинг ҳар бир стандарт кўндаланг кесими учун сақлагичнинг энг катта номинал токи қиймати, шунингдек, ҳар бир сақлагич учун симнинг минимал рухсат этилган кўндаланг кесими маълум бўлиб, уни справочникдан танлаш мумкин.

Уч симли кабель ва очиқ ўрнатилган алюминий симлар учун:

$$\begin{aligned} I_{\text{сақ}} = 80 \text{ а}, & \quad S_{(1)} = 16 \text{ мм}^2 \\ I_{\text{сақ}} = 60 \text{ а}, & \quad S_{(2)} = 10 \text{ мм}^2 \quad S_{(3)} = 10 \text{ мм}^2, \quad S_{(4)} = 10 \text{ мм}^2. \\ I_{\text{сақ}} = 160 \text{ а}, & \quad S_{(5)} = 70 \text{ мм}^2 \\ I_{\text{сақ}} = 225 \text{ а}, & \quad S_{(к)} = 120 \text{ мм}^2 \end{aligned}$$

Қўшимча 4- жадвални тузиб, унга турли усуллар билан аниқланган симларнинг кўндаланг кесимини киритамиз.

4- жадвал

Тартиб номери	Симларнинг кўндаланг кесими, мм ²		
	Қизиши буйича	кучланиш исрофгарчили- ги буйича	сақлагичнинг токи буйича
1	6	10	16
2	10	16	10
3	16	25	10
4	4	6	10
5	16	16	70
Кабель	70	120	120

Қийматларнинг энг каттасини 3-жадвалга ёзамиз. Сақлагичли магнитли юргизгичлар қўллаёмиз. Юргизгичнинг типни электродвигателнинг қуввати ва кучланишига қараб танланади.

Магнитли юргизгичлар учун иссиқлик релесининг иссиқлик элементи номерини электр двигателининг номинал токига қараб танлаймиз.

Иккинчи қисм

ЛАБОРАТОРИЯ ИШЛАРИ

1- ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

Ўзгармас ток занжирларида бажариладиган ўлчашлар

I. Ишдан кўзда тутилган мақсад

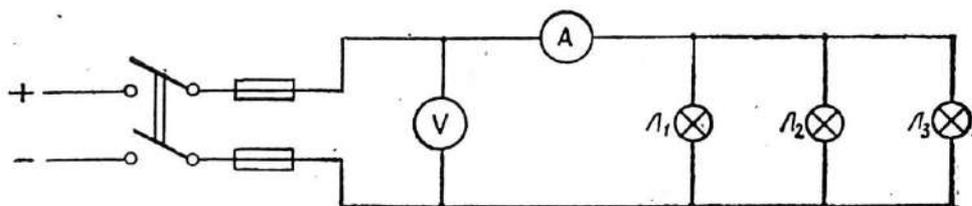
1. Электр энергияси истеъмолчиларининг схемасини йнғиб, тармоққа улашни ўрганиш (кетма-кет, параллел ва аралаш улаш).
2. Магнитоэлектрик системадаги амперметр ва вольтметрнинг тузилиши билан танишиш.
3. Турли улаш схемаларида, занжирнинг айрим участкалари ва бутун занжир учун ток кучи ва кучланишни ўлчашни ўрганиш.
4. Ўзгармас ток занжири учун Кирхгофнинг биринчи ва иккинчи қонунларини амалда текшириш.

II. Лаборатория ишига тушунтириш

1. Уч лампадан ҳар бирининг қаршилигини амперметр ва вольтметр усули билан аниқлаш (78- расм). Бунда лампаларни навбати билан улаб, амперметр ва вольтметрларнинг кўрсатишлари ёзиб олинади, шу қийматларни Ом қонуни формуласига қўйиб ҳар бир лампа спиралининг қаршилиги аниқланади.

$$R_1 = \frac{U_1}{I_1}; \quad R_2 = \frac{U_2}{I_2}; \quad R_3 = \frac{U_3}{I_3}$$

2. Учта параллел уланган чўғланш лампаси спиралининг умумий қаршилигини аниқлаш (78- расм).



78-расм

Ом қонуни бўйича

$$R_{\text{ум}} = \frac{U}{I},$$

бу ерда I — амперметрнинг кўрсатиши, a ,
 U — вольтметрнинг кўрсатиши, b .

Лампаларни параллел улаш схемаси бўйича қуйидаги асосий нисбатлар текширилади:

а) занжирдаги умумий ток, параллел уланган истеъмолчилардаги токларнинг йиғиндисига тенг (Кирхгофнинг I қонуни):

$$I_{\text{ум}} = I_1 + I_2 + I_3.$$

Берилганлар 5- ва 6- жадваллардан олинади;

б) параллел уланган истеъмолчиларнинг ҳисобий занжир қаршилиги (R_x) қуйидаги формула билан ҳисобланади:

$$\frac{1}{R_x} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3},$$

бу ерда

$$R_x = \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3}{R_1 \cdot R_2 + R_2 \cdot R_3 + R_3 \cdot R_1},$$

R_1, R_2, R_3 ларнинг қийматлари 5- жадвалдан олинади.

Жадвалдан олинганлар бўйича (6- жадвал) ҳисобий қаршилик (R_x) умумий қаршилик ($R_{\text{ум}}$) билан солиштирилади.

3. Кетма-кет уланган лампалар спиралининг қаршилигини аниқлаш.

Кетма-кет уланганда, ҳар бир лампа спиралининг қаршилиги Ом қонуни бўйича аниқланади:

$$R_1 = \frac{U_1}{I}; \quad R_2 = \frac{U_2}{I}; \quad R_3 = \frac{U_3}{I};$$

бу ерда I — занжирдаги ток, a ,

U_1, U_2, U_3 — ҳар бир лампадаги кучланишнинг тушуви, b .

Кучланишларнинг бу тушуви ҳар бир лампага навбати билан уланган вольтметр ёрдамида ўлчанади.

Умумий қаршилик Ом қонуни бўйича аниқланади:

$$R_{\text{ум}} = \frac{U}{I},$$

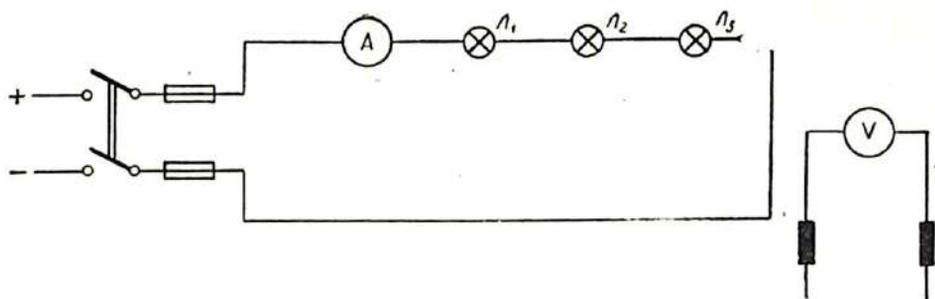
бу ерда U — тармоқ кучланиши, b .

Лампаларни кетма-кет улаш схемаси бўйича (79- расм) қуйидаги асосий нисбатлар текширилади:

а) лампалар кетма-кет уланганда занжирнинг ҳисобий қаршилиги (R_x) алоҳида лампалар қаршиликларининг йиғиндисига тенг:

$$R_x = R_1 + R_2 + R_3.$$

Бу қийматлар жадвалдан олиниб, $R_{\text{ум}}$ билан солиштирилади;



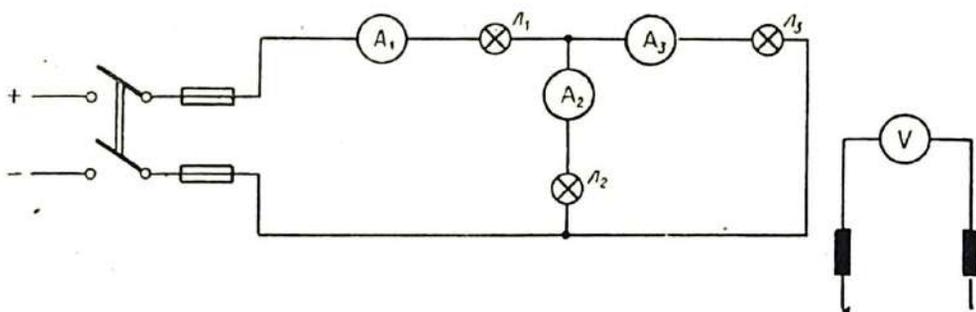
79-расм

б) занжирга берилган кучланиш, айрим лампалардаги кучланишлар тушувининг йиғиндисига тенг (Кирхгофнинг II қонуни):

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

в) занжирнинг барча участкаларида токнинг миқдорлари тенг.

4. Аралаш уланганда (80-расм) лампа спиралининг қаршилиги ва бутун занжирнинг умумий қаршилиги Ом қонуни бўйича аниқланади:



80-расм

$$R_1 = \frac{U_1}{I_1}; \quad R_2 = \frac{U_2}{I_2}; \quad R_3 = \frac{U_3}{I_3}; \quad R_{\text{ум}} = \frac{U}{I}.$$

L_2 ва L_3 лампалар параллел улангани учун $U_2 = U_3$ дейиш мумкин.

U_1, U_2, U_3, U — кучланишлар вольтметр ёрдамида ўлчанади. Ҳисобий қаршилик қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$R_x = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}.$$

Бу миқдор тажрибадан олинган $R_{\text{ум}}$ билан солиштириб кўрилади.

5. Турли тажрибалардан олинган R_1, R_2, R_3 қаршиликларнинг бир хил эмаслигига эътибор берилсин. Бунга турли улаш схемала-

рида чўғланиш спиралидан ўтаётган тоқлар катталигининг тенг эмаслиги сабаб бўлади.

Ўтказгичдан ўтган ток, катталиги жиҳатидан шу ток кучига пропорционал бўлган иссиқлик ажратиб чиқаради (Жоуль-Ленц қонуни). Бу иссиқлик ўтказгичнинг температурасини, бинобарин, унинг қаршилигини ҳам оширади.

Қайси чўғланиш лампаси спиралидан катта ток ўтса, ўша спиралнинг қаршилиги катта бўлади.

III. Ишни бажариш тартиби

1. 78-расмдаги схема йиғилади.
2. L_1, L_2, L_3 лампаларни навбатин билан биттадан улаб, амперметр ва вольтметрнинг кўрсатишлари 5-жадвалга ёзиб олинади.
3. Ҳар бир лампани параллел улаб, амперметр ва вольтметр кўрсатишлари 6-жадвалга ёзиб олинади.
4. 79-расмдаги схема йиғилади.
5. Вольтметр билан ҳар бир лампадаги ва бутун тармоқдаги кучланиш ўлчанади. Вольтметрнинг, шунингдек, амперметрнинг кўрсатишлари 7-жадвалга ёзиб олинади.
6. 80-расмдаги схема йиғилади.
7. Вольтметр ёрдамида ҳар бир лампадаги ва бутун тармоқдаги кучланиш ўлчанади. Вольтметрнинг шунингдек, амперметрнинг кўрсатишлари 8-жадвалга ёзиб олинади.
8. Ҳар бир лампанинг қаршилиги, шунингдек, 1, 4, 6-пунктдаги схемалар учун умумий ва ҳисобий қаршилиқларни ҳисоблаш, натижалари 5, 6, 7, 8-жадвалларга ёзиб олинади.

5- жадвал

Лампалар	Ўлчашлар		Ҳисоблашлар
	I а	U в	R ом
L_1			
L_2			
L_3			

6- жадвал

Ўлчашлар		Ҳисоблашлар	
U в	I а	$R_{ум}$	R_x

7- жадвал

Ўлчашлар					Ҳисоблашлар				
I	U	U_1	U_2	U_3	R_1	R_2	R_3	$R_{ум}$	R_x
а	в	в	в	в	ом	ом	ом	ом	ом

Ўлчашлар						Ҳисоблашлар					
U	U_1	U_2	U_3	I_1	I_2	I_3	R_1	R_2	R_3	$R_{\text{ум}}$	R_x
v	v	v	v	a	a	a	ом	ом	ом	ом	ом

IV. Контрол саволлар

1. Параллел уланган учта лампанинг умумий эквивалент қарши-лиги амперметр ва вольтметр усули бўйича қандай аниқланади?
2. Параллел улашда ҳисобий қаршилиқ қандай аниқланади?
3. Кирхгофнинг биринчи қонуни қандай ифодланади?
4. Кирхгофнинг иккинчи қонуни қандай ифодланади?
5. Кетма-кет улашда ҳисобий қаршилиқ қандай аниқланади?
6. Аралаш улашда ҳисобий қаршилиқ қандай аниқланади?

2- ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

Ўзгарувчан ток занжирида қувватни ўлчаш ва ваттметр кўрсатишининг аниқлигини баҳолаш

I. Ишдан кўзда тутилган мақсад

1. Амперметр, вольтметр ва ваттметрнинг тузилиши билан та-нишиш.
2. Ваттметр шкаласининг бўлиниш даражасини аниқлаш.
3. Ўзгарувчан ток занжирида қувватни ўлчашни ўрганиш.
4. Амперметр ва вольтметр ёрдамида ваттметр кўрсатишининг аниқлигини баҳолаш.

II. Лаборатория ишига тушунтириш

Электродинамик системадаги ваттметр ёрдамида ўзгарувчан ва ўзгармас ток занжиридаги қувват ўлчанади. Ўзгарувчан ток занжирида электродинамик ваттметр билан актив қувват ўлчанади. Ваттметр кўрсатаётган қувватни аниқлаш учун, ваттметр стрелкаси кўрсатаётган шкаланинг бўлинмалари сонини унинг бўлиниш даражасига кўпайтириш керак. Одатда, ҳар бир ваттметрнинг шкаласида, кетма-кет чулғам токининг ва параллел чулғам кучланишининг номинал қийматлари кўрсатилади (масалан 5 а, 220 в). Бу берилганлар бўйича ваттметр шкаласининг бўлиниш даражаси аниқланади:

$$C = \frac{U_n \cdot I_n}{n},$$

бу ерда I_n , U_n — ток ва кучланишнинг номинал қийматлари,
 n — шкаланинг бўлинмалари сони.

Ваттметр стрелкасининг бурилиши унинг кетма-кет ва параллел

чўлғамларидан ўтаётган тоқларнинг ўзаро йўналишига боғлиқ. Ваттметрни занжирга тўғри улаш учун кетма-кет чулғамнинг бир учи ва параллел чулғамнинг бир учи алоҳида белги * (юлдузча) билан белгиланади. Булар генератор учлар деб аталади. Генератор учлари деб аталишига сабаб шуки, ана шу иккала учни (қисмани) генераторнинг бир қутбига уланганда, ваттметр стрелкасининг бурилиши тўғри бўлади. Барча ўлчаш асбоблари каби, ваттметр ҳам хатоликка эга ва бу хатоликлар ваттметрнинг кўрсатишини, амперметр ва вольтметр кўрсатишлари билан солиштириб аниқланади.

Бу мақсад учун қўлланган амперметр ва вольтметрнинг аниқлик классси, ваттметрнинг аниқлик классидан юқори бўлиши лозим. Амперметр ва вольтметрнинг кўрсатиши бўйича ҳисобланган қувват ҳақиқий қувват деб қабул қилинади:

$$P_x \cong U \cdot I,$$

бу ерда U ва I — вольтметр ва амперметр ёрдамида ўлчанган кучланиш ҳамда тоқнинг ўртача қиймати. Ваттметр кўрсатишига тузатиш киритиш лозим. Ҳар қандай текширилган ваттметрнинг ишлаб чиқариш шароитидаги ишини енгиллаштириш учун, тузатиш эгри чизигига эга бўлиши керак.

Тузатиш эгри чизиги қуйидагича ифодаланади:

$$\sigma = f(P),$$

бу ерда σ — тесқари ишора билан олиниб, сон жиҳатдан абсолют хатоликка тенг бўлган тузатиш, *вт*

$$\sigma = -\Delta P = -(P - P_x),$$

бу ерда ΔP — абсолют хатолик, *вт*,

P — текширилаётган ваттметрнинг кўрсатиши, *вт*.

Аниқ ўлчашларда абсолют хатолик тузатиш киритиш йўли билан ҳисобланади. Ўлчанаётган миқдорнинг ҳақиқий қийматини олиш учун, асбобнинг кўрсатишига қўшилиши керак бўлган миқдорга тузатиш дейилади:

$$P_x = P + \sigma$$

Асбобнинг нисбий хатолиги, унинг абсолют хатолиги билан ўлчанаётган миқдор ҳақиқий қийматининг нисбатига тенг бўлиб, процентларда ифодаланади:

$$\gamma_n = \frac{P - P_x}{P_x} \cdot 100\%.$$

Ўлчаш асбобининг келтирилган хатолиги, унинг абсолют хатолиги билан асбоб шкаласи номинал қийматининг нисбатига тенг бўлиб, процентларда ифодаланади:

$$\pm \gamma_{\text{кел}} = \frac{\pm \Delta P}{P_n} \cdot 100\%.$$

бу ерда P_n — асбоб шкаласининг номинал қиймати, *вт*.

Нормал иш шароитида аниқланган энг катта асосий келтирилган хатолик асбобнинг аниқлик классси дейилади. Нормал иш шароити — бу атроф муҳитнинг температураси 20°C , асбобнинг

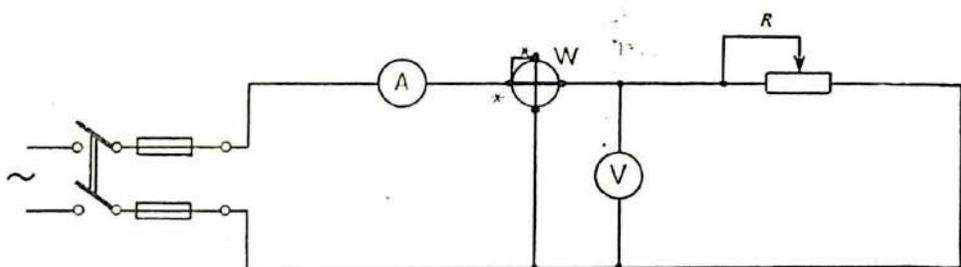
нормал иш ҳолати, унинг яқинида ферромагнит массаларнинг ва ташқи магнит майдонининг (ерникидан ташқари) бўлмаслигидир.

Агар асбобни текширишда унинг аниқлик классини баҳолаш керак бўлса (масалан, ремонтдан сўнг), у ҳолда энг катта келтирилган хатоликни аниқлаб, қуйидаги миқдорлардан яқин каттасини асбобнинг аниқлик классини учун қабул қилинади.

ГОСТ 1845-59 га кўра ўлчаш асбобларининг аниқлик класслари 0,05, 0,1, 0,2, 0,5, 1,0, 1,5, 2,5, 4,0 га тенг.

III. Ишни бажариш тартиби

1. 81-расмдаги схема йиғилади.
2. Ваттметр шкаласининг бўлиниш даражаси аниқланади.
3. R реостатнинг қаршилигини аста-секин камайтира бориб, ваттметр стрелкаси шкаланинг энг кичик бўлинмасига эҳтиётлик билан келтирилади (10 мартача): амперметр ва вольтметрнинг кўр-



81-расм

сатишлари ёзиб олинади. Навбатдаги ёзишларни, занжирдаги токни реостат билан аста-секин кўпайтириб, шкаланинг ҳар 10 бўлинмасида бажарилади. Шу тартибда ваттметр шкаласининг охиригача бўлган барча нуқталар олинади. Сўнгра тажрибани тесқари тартибда бажариб, ўлчаш натижалари 9-жадвалга ёзиб олинади.

9-жадвал

№№ п/п	Ўлчашлар			Ҳисоблашлар						
	$\downarrow I$	$\downarrow U$	P	$\downarrow I$	$\downarrow U$	P_x	ΔP	σ	γ_H	$\gamma_{кел}$
	а	в	вт	а	в	вт	вт	вт	%	%
1										
2										
3										
...										
n										

4. Тузатиш эгри чизиги чизилади.
5. Текширилаётган ваттметрни қайси аниқлик классига киритиш мумкинлиги тўғрисида хулоса чиқарилади.

IV. Контрол саволлар

1. Электродинамик системадаги ваттметрнинг тузилиши ва ишлаш принципи нимадан иборат?
2. Ваттметр шкаласининг бўлиниш даражаси қандай аниқланади?
3. Асбобнинг абсолют хатолиги деб нимага айтилади?
4. Асбобнинг нисбий хатолиги деб нимага айтилади?
5. Асбобнинг келтирилган хатолиги деб нимага айтилади?
6. Электр ўлчаш асбобларининг ГОСТ бўйича қабул қилинган аниқлик классларини айтиб беринг.
7. Тузатиш эгри чизиги нима?

8-ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

Ўзгарувчан ток занжирида электр энергияси истеъмолчиларини кетма-кет улаш

I. Ишдан кўзда тутилган мақсад

1. Кирхгофнинг иккинчи қонунини ўзгарувчан ток занжири учун татбиқ этишни ўрганиш.
2. Ўзгарувчан ток занжирининг тўла қаршилиги z , шунингдек, унинг ташкил этувчилари — актив қаршилик R ва реактив қаршилик x ни аниқлашни ўрганиш.
3. Занжирнинг параметрлари — актив қаршилик R , индуктивлик L ва сифим C ни аниқлашни ўрганиш.
4. Занжирнинг параметрларига қараб ток ва кучланиш турли фазавий силжиш бурчакларига эга бўлишини, осциллограф ёрдамида кўриб ишонч ҳосил қилиш.

II. Лаборатория ишига тушунтириш

Бу ишда ўзгарувчан ток занжирида истеъмолчиларни кетма-кет улашнинг қуйидаги ҳоллари ўрганилади:

- а) нагрузка иккита актив қаршиликдан иборат (R_1 ва R_2 реостатлари);
- б) актив ва индуктив қаршилик — реостат R_1 ва индуктив ғалтак L дан иборат,
- в) нагрузка актив ва сифим қаршилиги — реостат R_1 ва конденсатор C дан иборат.

Ўзгарувчан ток занжирига электр энергияси истеъмолчилари уланганда Ом қонуни қуйидагича ифодаланади:

$$I = \frac{U}{z} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (x_L - x_C)^2}},$$

бу ерда I ва U — ток ва кучланишнинг таъсирий қиймати.

z — занжирнинг тўла қаршилиги, ом;
 R — актив қаршилик, ом;
 x_L — индуктив қаршилик, ом;
 x_C — сиғим қаршилиги, ом;

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

бу ерда L — индуктивлик, гн;
 C — сиғим, мкф;

$\omega = 2\pi \cdot f$ — ўзгарувчан ток бурчак частотаси сек^{-1} , f — тармоқдаги ўзгарувчан ток частотаси, гц. Бундай занжирда истеъмол қилинаётган актив қувват қуйидагига тенг:

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi,$$

бу ерда $\cos \varphi$ — қувват коэффициентини.

φ — ток ва кучланиш орасидаги фазавий силжиш бурчаги.

Умуман ўзгарувчан ток тармоғига уланган электр занжири турли характерли параметрларга эга (индуктивлик, сиғим ёки актив қаршилик), у ҳолда (Кирхгофнинг 2-қонунига кўра) занжирнинг участкаларидаги кучланишлар тушувининг алгебраик йиғиндиси, ўзгармас ток занжиридаги каби манбанинг кучланишига тенг бўлмай, балки ундан катта бўлади. Ўзгарувчан ток занжири участкаларида кучланиш тушуви векторларининг геометрик йиғиндиси тармоқ кучланишига тенг бўлади.

$$\bar{U}_T = \bar{I} \cdot Z_1 + \bar{I} \cdot Z_2 + \dots + \bar{I} \cdot Z_n$$

Кирхгоф 2-қонунининг ўзгарувчан ток занжири учун татбиқ этилиши хусусияти шу билан фарқ қилади. Фақат актив нагрукда Кирхгофнинг 2-қонунини худди ўзгармас ток занжиридаги каби татбиқ этилади.

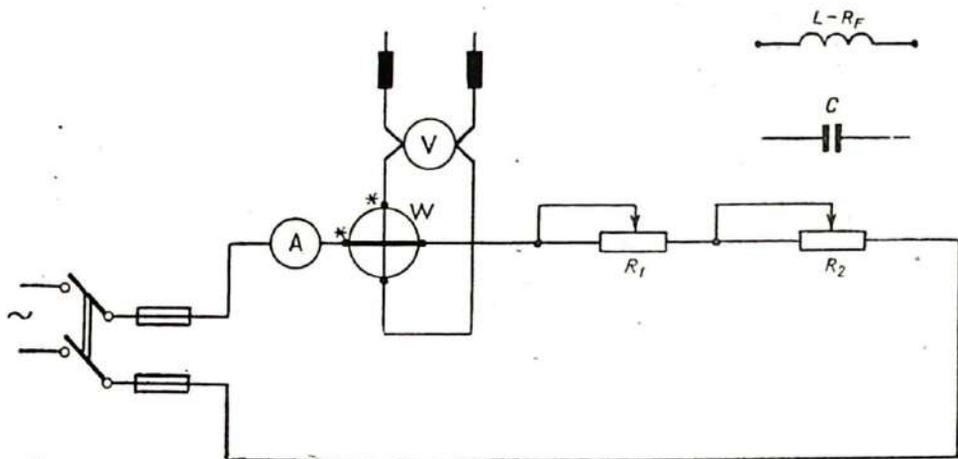
III. Ишни бажариш тартиби

1. Актив қаршиликлар (реостатлар) R_1 ва R_2 дан иборат бўлган 82-расмдаги схема йиғилади.

2. Ўқитувчи кўрсатган ток қийматига эришилгандан сўнг, тегишли ўлчаш натижалари 10-жадвалга ёзилади. Кучланиш U_1 ва U_2 лар алгебраик йиғиндисининг, тармоқ кучланиши U_T га тенг эканлигига ишонч ҳосил қилинади.

3. Ток ва кучланишнинг осциллограммаси калъага кўчирилади.

4. Йиғилган схемадаги 2-реостат индуктив ғалтак L билан алмаштирилади.



82-расм

5. 2- ва 4- пунктларни бажаргандан сўнг U_1 ва U_T кучланишларнинг алгебраик йиғиндиси, тармоқ кучланиши U_T дан катта эканлигига ишонч ҳосил қилинади.

6. Йиғилган схемадаги индуктив ғалтакни C сифимли конденсатор билан алмаштирилади.

7. 2- ва 6- пунктларни бажаргандан сўнг U_1 ва $U_{\text{кон}}$ кучланишларнинг алгебраик йиғиндиси, тармоқ кучланиши U_T дан катта эканлигига ишонч ҳосил қилинади.

8. Ток ва кучланишнинг вектор диаграммалари ва улар билан ёнма-ён тегишли осциллограммалари қурилади.

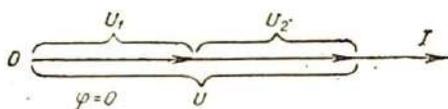
9. 10- жадвалдаги барча ҳисоблашларни бажаргандан сўнг, занжирнинг параметрларини аниқлашга ўтилади.

10. Ўзгарувчан ток занжирида Ом қонуни ва Кирхгоф иккинчи қонунининг татбиқ этилиш хусусиятлари, шунингдек, ток ва кучланиш орасидаги фазавий силжиш бурчагига занжир параметрларининг таъсири ҳақида ҳулоса берилади.

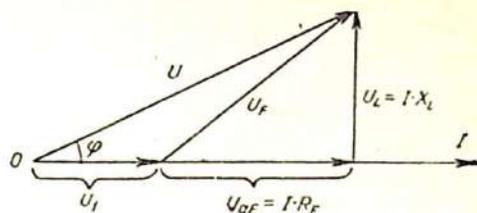
IV. Ҳисобот тузишга тушунтириш

1. Ток ва кучланишларнинг вектор диаграммаларини қуриш. Барча вектор диаграммалар масштабда қурилади:

а) нагрузка актив қаршилиқдан иборат бўлганда. Ихтиёрий O нуқтадан \vec{I} токининг векторини қўямиз (83- расм). Яна шу нуқтадан ток векторининг йўналиши бўйича биринчи реостатдаги кучланиш тушуви вектори \vec{U}_1 ни қўямиз, чунки фазавий силжиш бурчаги $\varphi = 0$. \vec{U}_1 векторининг охиридан иккинчи реостатдаги кучланиш тушуви вектори \vec{U}_2 ни қўямиз. Бу векторларнинг йиғиндиси тармоқ кучланишининг векторига тенг.



83- расм



84- расм

б) Нагрузка актив қаршилик ва индуктивликдан иборат бўлганда. Ихтиёрый O нуқтадан (84- расм) \vec{I} токининг векторини қўйиб, яна шу нуқтадан ток векторининг йўналиши бўйича реостатдаги кучланиш тушуви вектори \vec{U}_1 ни қўямиз. Берилган занжир учун Кирхгофнинг иккинчи қонунига кўра

$$\vec{U} = \vec{I} \cdot R_1 + \vec{I} \cdot z_F = \vec{U}_1 + \vec{U}_F$$

бу ерда z_F — ғалтакнинг тўла қаршилиги, *ом*,

U_F — ғалтакдаги кучланиш тушуви, *в*.

Сўнгра U_1 векторининг охиридан соат стелкаси ҳаракатига тескари йўналишда U_F векторига тенг радиус билан ёй чизиб, O нуқтадан эса U кучланишнинг векторига тенг радиус билан ёй чизилади. Ёйларнинг кесилган нуқтасини O нуқта ва U_1 векторининг охири билан бирлаштириб, вектор диаграммани ҳосил қиламиз. Ғалтакдаги кучланиш U_F ни актив $U_{aF} = I \cdot R_F$ ва индуктив $U_L = I \cdot X_F$ ташкил этувчиларга ажратиш мумкин.

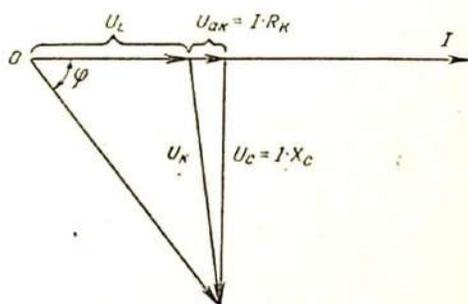
в) Нагрузка актив қаршилик ва сифимдан иборат бўлганда. Вектор диаграммани қуриш худди нагрузка актив қаршилик ва индуктивликдан иборат бўлгандаги каби олиб борилади, аммо ток кучланишдан фаза жиҳатдан олдин келгани учун, ёй соат стрелкасининг йўналиши бўйича чизилади (85- расм).

Конденсатордаги кучланишни актив кучланиш $U_{a.к} = I \cdot R_к$ ва сифим кучланиши $U_c = I \cdot X_c$ дан иборат ташкил этувчиларга ажратиш мумкин. Таъриба тўғри бажарилганда актив кучланиш $U_{a.к}$ сифим кучланиши U_c га нисбатан бир оз каттароқ бўлиши керак.

2. Схеманинг параметрларини аниқлаш

а) қувват коэффиценти асбобларнинг кўрсатиши бўйича қуйидаги формуладан аниқланади:

$$\cos \varphi = \frac{P}{U \cdot I}$$



85-расм

Вектор диаграммадан тегишли косинус бурчагини ўлчаб ва унинг қийматиини тригонометрик 10-жадвалдан топгандан сўнг, қувват коэффициентини $\cos \varphi$ ни аниқлаш мумкин ёки тегишли тўғри бурчакли үбурчакнинг катет ва гипотенузасини мм да ўлчаб, уларнинг нисбатини олинш мумкин. Иккинчи усул аниқроқ натижани беради. $\cos \varphi$ нинг вектор диаграммадан аниқланган қиймати 10-жадвалга баъланди.

10- жадвал

Нагружен характери	Элманлар				Ҳисоблашлар						
	I		U		cos φ		z	R	x	L	C
	a	b	бул	ет	диаг- рамма- дан	ҳисоб- дан- гани	ом	ом	ом	гн	мкф
Актив	1-реостат								—	—	—
	2-реостат								—	—	—
	бутун занжир								—	—	—
Актив — индуктив	1-реостат								—	—	—
	индуктив ғалтак										—
	бутун занжир										—
Актив — сигим	1-реостат								—	—	—
	конден- сатор									—	
	бутун занжир									—	

б) φ бурчаги осциллограммадан қуйидаги тарзда аниқланади. Бир давр T га тенг бўлган (360° нинг ташкил этувчиси) кесма ўлчанади, сўнгга φ бурчакка тегишли кесмани ўлчаб, уларнинг нисбати бўйича бу бурчакнинг косинуси аниқланади,

в) занжирнинг истаган участкасидаги тўла қаршилик Ом қонунидан аниқланади:

$$z = \frac{U}{I}$$

г) бутун занжирнинг актив қувватидан бутун занжирнинг актив қаршилиги R ни аниқлаш мумкин:

$$P = I^2 R \text{ бундан } R = \frac{P}{I^2}.$$

Занжир айрим участкаларининг актив қаршилиги реостат, ғалтак ёки конденсаторларнинг тегишли актив қувватларини юқоридаги формулага қўйиш йўли билан топилади.

д) Бутун занжирнинг реактив қаршилиги x қўйидагига тенг:

$$x = \sqrt{z^2 - R^2}.$$

е) ғалтакнинг индуктивлиги L ни аниқлаш учун унинг индуктив қаршилиги x_L ни қўйидаги формуладан ҳисобланади:

$$x_L = \omega \cdot L = \sqrt{z_F^2 - R_F^2}$$

бу ерда z_F — ғалтакнинг тўла қаршилиги $z_F = \frac{U_F}{I}$,

R_F — ғалтакнинг актив қаршилиги, $R_F = \frac{P_F}{I^2}$

бу ерда

$$L = \frac{x_L}{\omega} = \frac{x_L}{2 \cdot \pi \cdot f}.$$

ж) конденсаторнинг сифими C ни аниқлаш аввалгига ўхшаш бажарилиб, яъни сифим қаршилиги x_c аниқлангандан сўнг, унинг сифими C аниқланади

$$C = \frac{1}{x_c \cdot \omega} = \frac{1}{x_c \cdot 2 \cdot \pi \cdot f}.$$

Одатда, конденсаторнинг актив қаршилиги унинг сифим қарши-лигидан жуда кичик, шунинг учун

$$x_c = z_c = \frac{U_{\text{кон}}}{I}$$

деб ҳисоблаш мумкин.

V. Контрол саволлар

1. Нагрузканинг қўйидагича уланган ҳоллари учун ток ва куч-ланишнинг вектор диаграммасини қандай қуриш мумкин:

- иккита реостат кетма-кет уланганда,
- реостат ва ғалтак кетма-кет уланганда,
- реостат ва конденсатор кетма-кет уланганда.

2. Фазавий силжиш бурчаги нима?

3. Бутун занжирнинг ва занжир айрим участкаларининг қувват коэффициенти қандай аниқланади?

4. Реостат, ғалтак, конденсатор ва бутун занжирнинг актив қаршилиги қандай аниқланади?

5. Индуктив ва сифим реактив қаршиликлари қандай аниқланади?

6. Ғалтакнинг индуктивлиги ва конденсаторнинг сифими қандай аниқланади?

4-ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

Ўзгарувчан ток занжирида электр энергияси истеъмолчиларини параллел улаш

I. Ишдан кўзда тутиладиган мақсад

1. Ўзгарувчан ток занжирларида Кирхгоф биринчи қонунининг татбиқ этилиш хусусиятларини аниқлаш.

2. Ўзгарувчан ток занжирининг тўла (z), актив (R) ва реактив (x) қаршиликларини аниқлашни ўрганиш.

3. Занжирнинг параметрлари — актив қаршилик R , индуктивлик L ва сифим C ни аниқлашни ўрганиш.

II. Лаборатория ишига тушунтириш

Бу ишда ўзгарувчан ток занжирида параллел улашнинг қуйидаги кўринишлари ўрганилади:

а) Нагрузка актив — индуктив қаршиликлардан иборат бўлганда (реостат R ва индуктив ғалтак L),

б) нагрузка актив — сифим қаршилигидан иборат бўлганда (реостат R ва конденсатор C),

в) нагрузка индуктив — сифим қаршилигидан иборат бўлганда (индуктив ғалтак L ва конденсатор C).

Ҳар бир параллел тармоқдаги ток Ом қонунига асосан қуйидаги тартибда аниқланади:

а) актив қаршиликли тармоқдаги ток

$$I_R = \frac{U}{R},$$

бу ерда I_R — реостат орқали ўтувчи ток, a ;

U — тармоқнинг кучланиши, b ;

R — реостатнинг қаршилиги, om .

б) индуктив ғалтакли тармоқдаги ток

$$I_F = \frac{U}{z_F} = \frac{\dot{U}}{\sqrt{R_F^2 + x_F^2}} = \frac{U}{\sqrt{R_F^2 + (\omega \cdot L)^2}},$$

бу ерда I_F — ғалтак орқали ўтувчи ток, a ;

z_F — ғалтакнинг тўла қаршилиги, om ;

R_F — ғалтакнинг актив қаршилиги, om ;

x_F — ғалтакнинг индуктив қаршилиги, om ;

Δ — ғалтакнинг индуктивлиги, 2π ;
 ω — ўзгарувчан токнинг бурчак частотаси ($\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$);
 f — ўзгарувчан ток частотаси, 2π .

в) сифимли тармоқдаги ток

$$I_c = \frac{U}{\sqrt{R_c^2 + x_c^2}} = \frac{U}{\sqrt{R_c^2 + \left(\frac{1}{\omega \cdot C}\right)^2}},$$

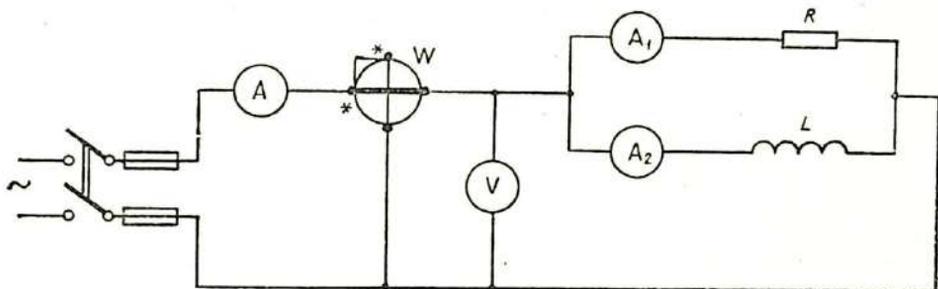
бу ерда I_c — конденсатор орқали ўтувчи ток, a ;
 R_c — конденсаторнинг актив қаршилиги, $ом$;
 x_c — конденсаторнинг сифим қаршилиги, $ом$;
 C — конденсаторнинг сифими, ϕ .

Одатда, конденсаторнинг актив қаршилиги унинг сифим қаршилигига нисбатан жуда кичик бўлгани учун конденсаторнинг актив қаршилигини ҳисобга олмаса ҳам бўлади.

Кирхгофнинг биринчи қонунига асосан ўзгарувчан ток занжири учун тармоқланмиш нуқтасидаги тоқларнинг геометрик йиғиндисини нолга тенг, яъни:

$$\Sigma I = 0 \text{ ёки } \bar{I} = \bar{I}_R + \bar{I}_F,$$

бу ерда I — занжирнинг тармоқланмаган қисмидаги ток кучи (86 расм). Агар занжирнинг участкаларидан (параллел шохобчаларидан,



86-расм

ўтаётган ток кучларининг алгебраик йиғиндисини олсак, у занжирнинг тармоқланмаган қисмидаги ток кучидан катта бўлади, яъни:

$$I_R + I_F > I.$$

Ўзгарувчан ток занжирида Кирхгоф биринчи қонунининг татбиқ этилиши хусусияти шундан иборат. Агар занжир фақат актив қаршиликлардан (ёки соф индуктив ёки соф сифимдан) иборат бўлса, у ҳолда Кирхгофнинг биринчи қонуни бу занжир учун худди ўзгармас ток занжиридаги каби татбиқ этилади.

Ўзгарувчан ток занжирида истеъмол қилинаётган актив қувват

$$P = U \cdot I \cdot \cos\phi,$$

бу ерда $\cos\varphi$ — қувват коэффициентини,
 φ — занжирнинг тармоқланмаган қисмидаги ток билан кучланиш орасидаги фазавий силжиш бурчаги.

Параллел шохобчаларда истеъмол қилинаётган актив қувватлар учун шунга ўхшаш ифода ёзилади:

$$P_R = U \cdot I_R \quad (\cos\varphi_R = 1),$$

$$P_F = U \cdot I_F \cdot \cos\varphi_F,$$

$$P_C = U \cdot I_C \cdot \cos\varphi_C,$$

бу ерда P_R — реостат истеъмол қилаётган қувват, *вт*;

P_F — ғалтак истеъмол қилаётган қувват, *вт*;

P_C — конденсатор истеъмол қилаётган қувват, *вт*.

Бутун занжирнинг умумий актив қуввати, занжир участкалари (параллел шохобчалари) қувватларининг алгебраик йиғиндисидан иборат.

III. Лаборатория ишини бажариш тартиби

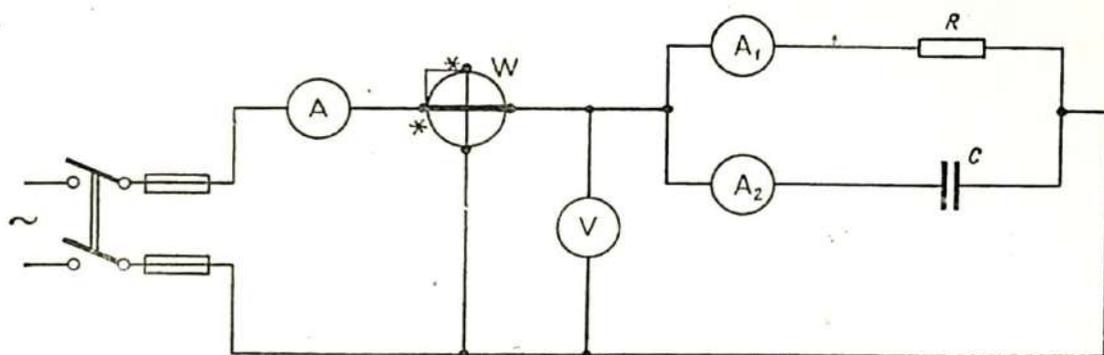
1. Актив қаршилиқ ва индуктив ғалтақдан иборат бўлган схема йиғилади (86-расм).

2. Ўқитувчи кўрсатган ток қийматларига эришилганидан сўнг, тегишли ўлчаш натижалари 11-жадвалга ёзилади. I_R ва I_F тоқлари алгебраик йиғиндисининг умумий ток I дан катта эканлигига ишонч ҳосил қилинади.

11-жадвал

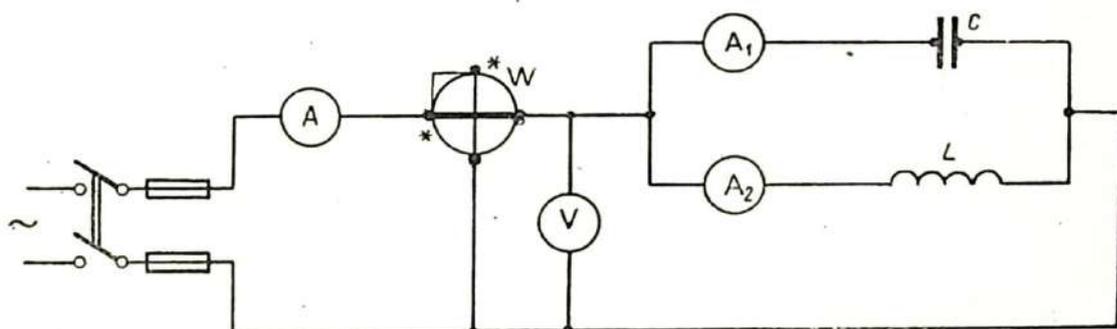
Нагрузка характери		Ўлчашлар		
		U	I	P
		<i>в</i>	<i>а</i>	<i>вт</i>
Актив — индуктив	реостат			
	ғалтак			
	бутун занжир			
Актив — сифим	реостат			
	конденсатор			
	бутун занжир			
Индуктив — сифим	ғалтак			
	конденсатор			
	бутун занжир			

3. Актив қаршилик ва конденсатордан иборат бўлган схемани йиғиб (87-расм), 2- пункт бажарилади. Шунингдек, I_R ва I_C токлари алгебраик йиғиндиснинг умумий ток I дан катта эканлигига ишонч ҳосил қилинади.



87-расм

4. Ғалтак ва конденсатордан иборат бўлган схемани йиғиб (88-расм), 2- пункт бажарилади. I_F ва $I_{СКГ}$ токлари алгебраик йиғиндиснинг умумий ток I дан катта бўлишига ишонч ҳосил қилинади.



88-расм

5. Ток ва кучланишларнинг вектор диаграммаси қурилади.

6. 12-жадвалга тегишли ҳисоблашларни бажаргандан сўнг, занжирнинг параметрлари аниқланади.

7. Ом ва Кирхгоф биринчи қонунларининг ўзгарувчан ток занжирига татбиқ этилиши ва фазавий силжиш бурчаги тўғрисида хулоса чиқарилади.

IV. Ҳисобот тузиш тартиби

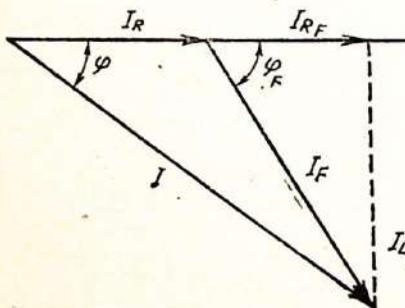
1. Вектор диаграммалари қурилади.

а) нагрузка актив-индуктив қаршиликдан иборат бўлганда. Ихтиёрий O нуқтадан (89-расм) кучланиш U нинг векторини қўямиз. Яна шу нуқтадан кучланиш векторининг йўна-

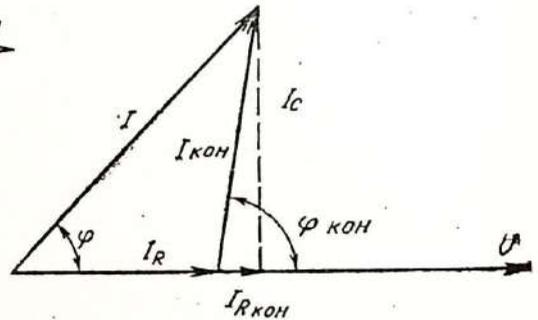
Ҳисоблашлар					
бутун занжирнинг параметрлари					
$\cos\varphi$	$\cos\varphi$	R	z	x	Нагрузка характери
ҳисобланган	диаграммадан	ом	ом	ом	
					актив — индуктив
					актив — сифим
					индуктив — сифим
Ғалтақнинг параметрлари					
$\cos\varphi$	$\cos\varphi$	R_F	x_F	X_L	L
ҳисобланган	диаграммадан	ом	ом	ом	гн
Конденсаторнинг параметрлари					
$\cos\varphi$	$\cos\varphi$	$R_{кон}$	Z_C	X_C	C
ҳисобланган	диаграммадан	ом	ом	ом	мкф

лиши бўйича, реостат орқали ўтувчи ток I_R нинг векторини қўямиз.
Кирхгофнинг биринчи қонунига асосан берилган занжир учун

$$\bar{I} = \bar{I}_R + \bar{I}_F$$



89-расм



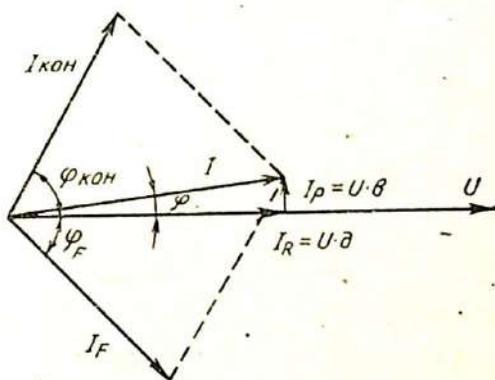
90-расм

Бу ифоданинг вектор диаграммасини қуриш учун ток вектори \vec{I}_R нинг охиридан соат стрелкаси йўналишида (чунки индуктив ток кучланишдан фаза жиҳатдан орқада қолади) \vec{I}_F токи векторига тенг радиус билан ёй чизилади. Сўнгра O нуқтадан умумий ток \vec{I} нинг векторига тенг радиус билан ёй чизилади. Ёйларнинг кесишган нуқтасини \vec{I}_R токи векторининг охири ҳамда O нуқта билан бирлаштириб, вектор диаграммани ҳосил қиламиз.

Ғалтак токи \vec{I}_F ни актив ток $\vec{I}_{R\text{кон}}$ ва индуктив ток \vec{I}_L дан иборат ташкил этувчиларга ажратиш мумкин.

б) нагрузка актив—сғим қаршилигидан иборат бўлганда. Бунда ҳам вектор диаграмма нагрузка актив—индуктив қаршилиқ бўлгандаги каби қурилади, аммо ёйлар соат стрелкаси ҳаракати йўналишига тескари йўналишда чизилади. Чунки занжирдаги сғим токи кучланишдан фаза жиҳатдан олдин келади (90-расм). Конденсатор токи $\vec{I}_{\text{кон}}$ ни актив ток $\vec{I}_{R\text{кон}}$ ва сғим токи \vec{I}_C дан иборат ташкил этувчиларга ажратиш мумкин. Актив ток $\vec{I}_{R\text{кон}}$ сғим токи \vec{I}_C дан бирмунча кичик бўлиб чиқиши керак,

в) нагрузка индуктив—сғим қаршилигидан иборат бўлганда. Ихтиёрий O нуқтадан (91-расм) кучланиш вектори \vec{U} ни қўямиз. Ана шу нуқтадан нагрузка актив—индуктив бўлган ҳолга оид диаграммадан (89-расм) олинган $\vec{\varphi}_F$ бурчаги остида \vec{I}_F ғалтакдаги ток векторини қўямиз, сўнгра яна шу нуқтадан нагрузка актив—сғим қаршилиги бўлган ҳолга оид диаграммадан (90-расм) олинган $\vec{\varphi}_{\text{кон}}$ бурчаги остида конденсатордаги $\vec{I}_{\text{кон}}$ ток вектори қўйилади. Бу векторларнинг геометрик йиғиндисини \vec{I} умумий ток векторига тенг бўлиши керак. \vec{I}_F ва $\vec{I}_{\text{кон}}$ токларнинг нисбатларига кўра, умумий ток фаза жиҳатдан кучланишдан олдин келиши ёки орқада қолиши мумкин. \vec{I} умумий токни \vec{I}_R актив ток ва I_p реактив токлардан иборат ташкил этувчиларга ажратиш мумкин.



91-расм

2. Занжирнинг параметрлари аниқланади.

а) занжир участкаларининг актив қувватини аниқлаш.

Реостат истеъмол қилаётган қувват

$$P_R = U \cdot I_R,$$

бу ерда U — тармоқ кучланиши, v ;
 I_R — реостат орқали ўтувчи ток, a .

Индуктив ғалтак истеъмол қилаётган қувват

$$P_F = P - P_R,$$

бу ерда P — ваттметр кўрсатган қувват, $вт$.

Конденсатор истеъмол қилаётган қувват ҳам шундай аниқланади

$$P_{кон} = P - P_R.$$

Агар барча ҳолларда кучланиш U ўзгармай қолса, 88-расм схемасидегги P_F ва $P_{кон}$ қувватларнинг қийматлари шундайлигича қолади.

Агар кучланиш ўзгарса, у ҳолда қувват ҳам кучланишнинг квадратига пропорционал равишда ўзгаради.

б) Қувват коэффициентини аниқлаш. Бутун занжир учун қувват коэффициенти қуйидаги формула билан аниқланади.

$$\cos\varphi = \frac{P}{U \cdot I}.$$

Параллел тармоқлар учун ҳам қувват коэффициенти ана шу формула билан аниқланади, аммо қувват ва токнинг ҳар бир тармоқ учун тегишли қийматлари олинади.

Вектор диаграммадан занжирнинг қувват коэффициенти аниқлаш учун тегишли бурчакларни ўлчаб, тригонометрик жадвалдан $\cos\varphi$ нинг қиймати аниқланади. Шунингдек, вектор диаграммадан тегишли тўғри бурчакли учбурчакнинг катет ва гипотенузаларини ўлчаб, уларнинг нисбатини олиш мумкин. Кейинги усул аниқроқ натижани беради.

в) Параметрларни аниқлаш.

1. Бутун занжирнинг параметрлари:

Тўла қаршилик

$$z = \frac{U}{I}.$$

Актив қаршилик

$$R = \frac{P}{I^2}.$$

Реактив қаршилик

$$x = \sqrt{z^2 - R^2}.$$

2. Ғалтакнинг параметрлари:

Тўла қаршилик

$$z_F = \frac{U}{I_F}$$

Актив қаршилик

$$R_F = \frac{P_F}{I_F^2}.$$

Индуктив қаршилик

$$x_L = \omega \cdot L = \sqrt{z_F^2 - R_F^2}$$

Ғалтакнинг индуктивлиги

$$L = \frac{x_L}{\omega} = \frac{x_L}{2 \cdot \pi \cdot f}$$

3. Конденсаторнинг параметрлари.

Конденсаторнинг актив қаршилиги унинг сифим қаршилигидан бирмунча кичик бўлгани учун ҳисобга олинмайди.

Сифим қаршилиги

$$x_C = z_C = \frac{U}{I_{\text{кон}}}$$

Конденсаторнинг сифими

$$C = \frac{1}{x_C \cdot \omega} = \frac{1}{x_C \cdot 2 \cdot \pi \cdot f}$$

V. Контрол саволлар

1. Кирхгоф биринчи қонунининг ўзгарувчан ток занжирларига татбиқ этилиш хусусиятлари нималардан иборат?

2. Ўзгарувчан ток занжири учун Ом қонуни қандай татбиқ этилади?

3. Ғалтакнинг индуктивлиги L ва конденсаторнинг сифими C ни қандай аниқлаш мумкин?

4. Фазавий силжиш деб нимага айтилади?

5. Қувват коэффициентини қандай аниқланади?

5-ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

Кучланишлар резонанси

I. Ишдан кўзда тутилган мақсад

1. Резонанс ҳодисаси билан амалда танишиш.

2. Конденсатор сифими ўзгарганда индуктив ғалтакда ва конденсатордан кучланишнинг ўзгаришини текшириш.

3. Кучланишлар резонансида занжирнинг параметрларини аниқлаш.

4. Кучланишлар резонансида индуктив ғалтак ва конденсатордаги кучланишнинг тармоқ кучланишидан неча марта катта бўлишини аниқлаш.

II. Лаборатория ишига тушунтириш

Кетма-кет уланган индуктив ғалтак ва конденсатордан иборат электр занжирининг реактив қаршиликлари тенг бўлгандаги иш режимига кучланишлар резонанси дейилади, яъни

$$x_L = x_C \text{ ёки } \omega \cdot L = \frac{1}{\omega \cdot C},$$

бу ерда ω — ўзгарувчан ток бурчак частотаси, сек^{-1} ; у
 $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$ га тенг.

f — ўзгарувчан ток частотаси, Гц ;

L — ғалтакнинг индуктивлиги, Гн ;

C — конденсаторнинг сифими, Ф .

Резонансда:

а) занжирнинг тўла қаршилиги унинг актив қаршилигига тенг бўлади

$$z_{\text{рез}} = \sqrt{R^2 + \left(\omega \cdot L - \frac{1}{\omega \cdot C} \right)^2} = R,$$

б) занжирнинг қувват коэффициентини бирга тенг бўлади

$$\cos \varphi_{\text{рез}} = \frac{R}{z_{\text{рез}}} = 1,$$

в) занжирдаги ток энг катта қийматга эга бўлади

$$I_{\text{рез}} = \frac{U}{z_{\text{рез}}} = \frac{U}{R}; \quad z > z_{\text{рез}} = R,$$

г) реактив кучланишлар ўзаро тенг бўлади

$$U_L = U_C,$$

аммо реактив кучланиш U_p нолга тенг

$$U_p = U_L - U_C = 0,$$

д) занжирга берилган кучланиш фақат актив кучланишнинг тушувига сарф бўлади

$$U = \sqrt{U_a^2 + U_p^2} = U_a = I_{\text{рез}} \cdot R.$$

Демак, кучланишлар резонансида актив, индуктив ва сифим қаршиликларидан иборат бўлган электр занжири фақат актив қаршиликли занжирга ўхшайди.

Кучланишлар резонансида реактив кучланиш нолга тенг бўлганда ҳам, индуктив ва сифим кучланишларининг ҳар бири алоҳида нолга тенг бўлмаслиги, яъни занжирга берилган кучланишга nisbatan бирмунча катта қийматларга эга бўлиши мумкин.

Бу ҳолни қуйидаги ифодадан кўрса бўлади:

$$U_L = I_{\text{рез}} \cdot x_L = \frac{U}{R} \cdot x_L = U \cdot \frac{\omega \cdot L}{R}.$$

R нинг кичик ва x_L нинг катта қийматларида, кучланиш U_L ва унга тенг бўлган кучланиш U_C занжирга берилган кучланишдан бир неча ўн марта катта бўлиши мумкин. Кучланишлар резонансида тармоқдан истеъмол қилинадиган реактив қувват нолга тенг бўлади:

$$Q = Q_L - Q_C = 0.$$

Чунки, индуктив ғалтак ва конденсаторнинг реактив қувватлари ўзаро тенг; тўла қувват эса актив қувватга тенг:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = P.$$

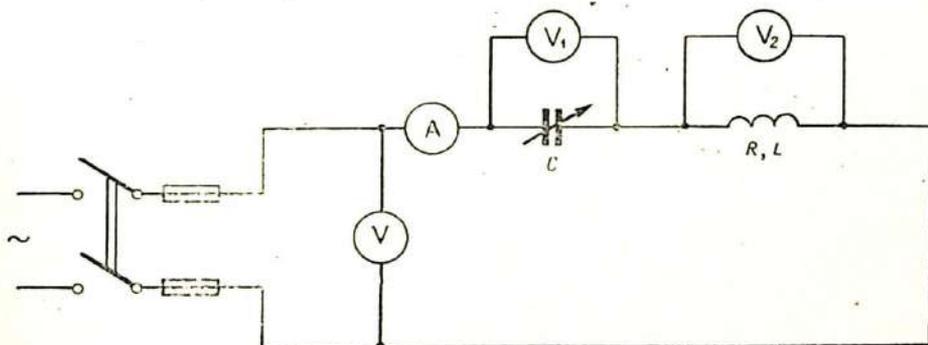
Демак, кучланишлар резонансида индуктив ғалтак ва конденсатор орасида реактив энергия алмашинуви содир бўлади, аммо тармоқ ва индуктив ғалтак ёки тармоқ ва конденсатор орасида эса энергия алмашинуви юз бермайди ва шу сабабли $\cos\varphi = 1$ бўлади.

Кучланиш резонанси у пайдо бўлган қурилма учун хавфли, чунки юқорида айтилганидек, кучланиш бир неча ўн марта ортиб кетиши мумкин. Агар маълум сизимга эга бўлган кабель линиясига бирон аппаратнинг индуктив ғалтаги (масалан, трансформатор чулғами) уланса, шундай ҳол содир бўлиши мумкин.

Аммо техниканинг кўп соҳаларида кучланиш резонансидан кенг фойдаланилмоқда (масалан, радиотехникада филтёрлар сифатида ва ҳ. к.)

III. Ишни бажариш тартиби

1. 92- расмдаги схема йиғилади.
2. Конденсаторларнинг сизимини кетма-кет 2 $\mu\text{кф}$ дан, резонансга яқин областларда 1 $\mu\text{кф}$ дан ўзгарта бориб, асбобларнинг кўрсатиши 13-жадвалга ёзиб олинади.



92-расм

13- жадвал

№№	Ўлчашлар				
	C	I	U	U_F	U_C
	мкф	а	в	в	в
1					
2					
...					
n					

3. U_C , U_F ва I ларнинг C га боғлиқлик графиклари қурилади.
4. График бўйича резонанс momenti аниқланади.
5. Кучланишлар резонансда занжирнинг параметрларини ҳисоблаб, унинг натижалари 14-жадвалга ёзилади.

14- жадвал

Графиклардан			Ҳисоблашлар			
C	U_F	U_C	L	R	$\frac{U_F}{U}$	$\frac{U_C}{U}$
мкф	в	в	гн	ом		

6. Резонанс momenti учун вектор диаграмма қурилади.

IV. Ҳисобот тузиш тартиби

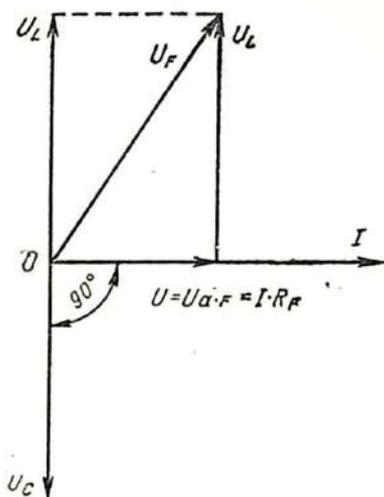
а) Резонанс шarti учун вектор диаграмма қурилади (93-расм). Ихтиёрний O нуқтадан \vec{I} токининг векторини қўямиз. Яна шу нуқтадан бу векторга параллел қилиб (устма-уст қилиб) индуктив ғалтакдаги актив кучланиш $U_{aF} = I_{рез} \cdot R$ нинг тушувига тенг бўлган, тармоқ кучланиши \vec{U} нинг вектори ўтказилади. Сўнгра 90° га қолувчан бурчак остида конденсатордаги кучланиш тушуви вектори \vec{U}_C қўйилади. Индуктив ғалтакдаги кучланиш \vec{U}_F ғалтакдаги актив U_{aF} ва индуктив \vec{U}_{LF} кучланишлар тушувининг геометрик йиғиндисига тенг бўлиши керак. Сўнгра \vec{U}_{aF} вектори

нинг охиридан юқорига перпендикуляр чиқариб, ана шу перпендикулярга O нуқтадан туриб \vec{U}_F векторига тенг радиус билан ёй чизилади. \vec{U}_{aF} ва \vec{U}_F векторларининг охирларини бирлаштирувчи кесма кучланишнинг индуктив тушуви \vec{U}_L га тенг бўлади. Бу векторни O нуқтага кўчириб, пастга йўналтирилганда у \vec{U}_C векторига тенг бўлиб чиқиши керак.

б) Графиклар қурилади.

$$U_F = f_1(C), \quad U_C = f_2(C) \quad \text{ва} \quad I = f_3(C)$$

боғланишларнинг эгри чизигини бир графикда чизиш керак. Ток I максимал қийматига эришган нуқта кучланиш резонансига тўғри келади. Ток I максимал қийматга эришган нуқтадан ордината ўқига параллел тўғри чизиқ ўтказилса, бу тўғри чизиқ кучланиш резонансида U_F , U_C ва C ларнинг қийматини аниқловчи нуқталарда тегишли эгри чизиқларни кесиб ўтади. Графикдан олинган қийматларни 14-жадвалга ёзилади.



93-расм

V. Контрол саволлар

1. Қандай электр занжирларида кучланиш резонанси содир бўлиши мумкин?
2. Кучланиш резонанси ҳосил бўлишининг шартлари қандай?
3. Электр занжиридаги кучланиш резонансида қандай ҳодисалар кузатилади?
4. Кучланишлар резонанси нима билан хавфли?
5. Кучланишлар резонансида ток ва кучланишларнинг вектор диаграммаси қандай қурилади?
6. Қандай миқдорларни ўзгартиш билан кучланиш резонансига эришиш мумкин?

6-ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

Токлар резонанси

I. Ишдан кўзда тутилган мақсад

1. Токлар резонанси ҳодисаси билан амалий танишиш.
2. Конденсаторнинг сифими ўзгарганда, бутун занжирда ва занжирнинг участкаларида токнинг ўзгаршини текшириш.

3. Токлар резонанси бошланиш моментини аниқлаш.

4. Токлар резонанси momentiда занжирнинг ўтказувчанлигини аниқлаш.

II. Лаборатория ишига тушунтириш

Параллел уланган индуктив ғалтак ва конденсатордан иборат электр занжирининг реактив ўтказувчанликлари тенг бўлгандаги иш режимида токлар резонанси дейилади, яъни:

$$b_L = b_C.$$

Ғалтакнинг реактив ўтказувчанлиги

$$b_L = \frac{x_L}{Z_F^2} = \frac{x_L}{R_F^2 + x_L^2}.$$

Конденсаторнинг реактив ўтказувчанлиги (агар конденсаторнинг кичик актив қаршилиги ҳисобга олинмаса)

$$b_C = \omega \cdot C$$

бу ерда $x_L = \omega \cdot L$ — ғалтакнинг индуктив қаршилиги, ом;

Z_F — ғалтакнинг тўла қаршилиги, ом;

R_F — ғалтакнинг актив қаршилиги, ом;

L — ғалтакнинг индуктивлиги, гн;

C — конденсаторнинг сифими, ф;

$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$ — ўзгарувчан токнинг бурчак частотаси, сек⁻¹;

f — тармоқдаги ўзгарувчан токнинг частотаси.

Токлар резонансида қуйидаги ҳодисалар кузатилади:

а) занжирнинг тўла ўтказувчанлиги Y , унинг актив ўтказувчанлиги g га тенг бўлади,

б) занжирнинг қувват коэффициенти $\cos \varphi$ бирга тенг

$$\cos \varphi_{\text{рез}} = \frac{g}{Y_{\text{рез}}} = 1,$$

в) занжирнинг тармоқланмаган қисмидаги ток

$$I = U \cdot Y_{\text{рез}} = U \cdot g$$

энг кичик қийматга эга бўлади. Токнинг индуктив I_L ва сифими I_C ташкил этувчилари ўзаро тенг бўлади. Бу қуйидаги ифодадан кўринади:

$$b_L = b_C; \quad U \cdot b_L = U \cdot b_C, \quad \text{яъни } I_L = I_C,$$

г) шунингдек, реактив қувватлар Q_L ва Q_C ўзаро тенг

$$I_L = I_C; \quad U \cdot I_L = U \cdot I_C, \quad \text{яъни } Q_L = Q_C.$$

Демак, занжирнинг умумий қисмида реактив қувват бўлмайди, тўла қувват эса актив қувватга тенг бўлади:

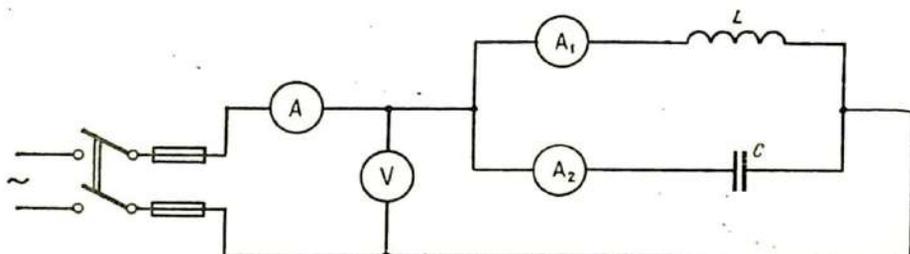
$$S = \sqrt{P^2 + (Q_L - Q_C)^2} = P.$$

Реактив қувват ва реактив ток фақат L ; C контурида бўлади. Чунки занжирнинг тармоқланмаган қисмидаги ток кучи, токлар

резонансида энг кичик қийматга эга. Ўзгармас актив қувватда, индуктив ғалтак ва конденсаторнинг истеъмол қилаётган актив қуввати амалда нолга тенг. Бу ҳодисадан, амалда электр энергиясини электр станциялардан истеъмолчиларга узатишда, узатгич симлардаги энергия исрофгарчиликларини камайтиришда фойдаланилади. Бундан ташқари, тоқлар резонанси ҳодисасидан электротехникада электр филтрлари тайёрлашда, радиотехникада тебраниш контурлари олишда ва бошқа соҳаларда фойдаланилади.

III. Ишни бажариш тартиби

1. 94-расмдаги схема йиғилади.
2. Конденсатор C нинг сифимини ўзгартириб, тоқлар резонанси бошланиш momenti аниқланади. Конденсаторларнинг сифимини кет-



94- расм

ма-кет 2 мкф дан, резонансга яқин областларда (чегараларда) 1 мкф дан ўзгарта бориб, асбобларнинг кўрсатиши 15-жадвалга ёзилади.

15- жадвал

Тартиб номери	Ўлчашиллар					Вектор диаграммадан
	C	U	I	I_{II}	$I_{кон}$	
	мкф	в	а	а	а	
1						
2						
3						
...						
п						

3. Конденсатор сифими ўзгарганда I , I_F ва I_C тоқларнинг ўзгариш графиги қурилади. Графикдан конденсаторларнинг сифимини ва резонанс моментидаги тоқларни аниқлаб, олинганларни 16-жадвалга ёзилади.

16-жадвал

Графиклардан				Ҳисоблашлар	
C	I	I_C	I_F	b_L	b_C
мкф	a	a	a	1/ом	1/ом

4. Вектор диаграммалари қурилади:

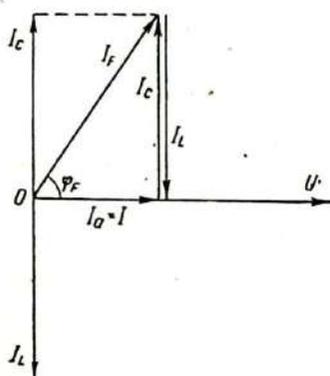
- тоқлар резонанси momenti учун,
- 15-жадвалга биноан I_C тоқининг турли қийматлари учун умумий вектор диаграмма.

5. Тоқлар резонанси моментидаги ўтказувчанликни аниқлаб, уларнинг қиймати 16-жадвалга ёзилади.

IV. Ҳисобот тузиш тартиби

1. Графиклар қурилади.

$I = f_1(C)$; $I_F = f_2(C)$, $I_C = f_3(C)$ боғланишлар бир графикда қурилади. Тоқ I нинг минимал қиймати тоқлар резонанси моментига мос келади. Бу тоқ актив тоқ бўлади, яъни $I_{\min} = I_a$. Резонанс моментидаги тоқларнинг қиймати 16-жадвалга ёзилади.



95-расм

2. Тоқ ва кучланишларнинг вектор диаграммалари қурилади.

а) тоқлар резонанси momenti учун.

Ихтиёрий O нуқтадан (95-расм) кучланиш \bar{U} нинг вектори горизонтал қўйилади. Ана шу нуқтадан кучланиш векторининг йўналиши бўйича тоқ вектори \bar{I} қўйилади, чунки резонансда улар орасидаги фазовий силжиш бурчаги нолга тенг. Кирхгофнинг биринчи қонунига асосан:

$$\bar{I} = \bar{I}_F + \bar{I}_C.$$

Шунинг учун вектор диаграмманинг бундан кейинги қурилиши қуйидаги тартибда олиб борилади. O нуқтадан индуктив ғалтак тоқи \bar{I}_F нинг векторига тенг радиус билан ёй чизиб, \bar{I} тоқи векторининг охиридан эса, \bar{I}_C тоқининг векторига тенг радиус билан ёй чизи-

лади. Ёйларнинг кесишган нуқтасини \bar{I} токи векторининг боши ва охири билан бирлаштириш керак. Ток \bar{I}_C нинг векторини O нуқтага кўчириб, ғалтак токи \bar{I}_F ни эса, амалда умумий ток \bar{I} га тенг бўлган актив ток \bar{I}_a га ва индуктив ток \bar{I}_L га ажратилади. Ана шу вектор диаграммадан ғалтакнинг қувват коэффициенти $\cos \varphi$ ни аниқлаш мумкин.

б) Қолган кучланишлар учун.

Ихтиёрий O нуқтадан (96-расм) кучланиш \bar{U} нинг вектори горизонтал қўйилади. Сўнгра аввалги диаграммадан (95-расм) маълум бўлган φ_F бурчаги остида ғалтак токи \bar{I}_F нинг вектори қўйилади.

Ғалтак токи векторининг охиридан 15-жадвалдан олинган \bar{I}_C токиннинг вектори ўтказилади. Бу тоklarнинг геометрик йиғиндиси, занжирнинг тармоқланмаган қисмидаги токнинг қийматини беради.

в) Қувват коэффициенти $\cos \varphi$ аниқланади.

Занжирнинг тармоқланмаган қисмидаги кучланиш вектори билан ток вектори орасидаги бурчакни ўлчаб, тармоқнинг қувват коэффициенти $\cos \varphi$ ни аниқлаш мумкин. Қувват коэффициенти $\cos \varphi$ ни занжирнинг тармоқланмаган қисмидаги токнинг актив ташкил этувчисини, тўла ток I га бўлиш йўли билан ҳам аниқлаш мумкин. Кейинги усул аниқроқ натижани беради.

г) ўтказувчанликлар аниқланади.

Ғалтакнинг индуктив ўтказувчанлиги

$$b_L = Y_F \cdot \sin \varphi_F,$$

бу ерда $Y_F = \frac{1}{z_F}$ ғалтакнинг тўла ўтказувчанлиги,

z_F — ғалтакнинг тўла қаршилиги.

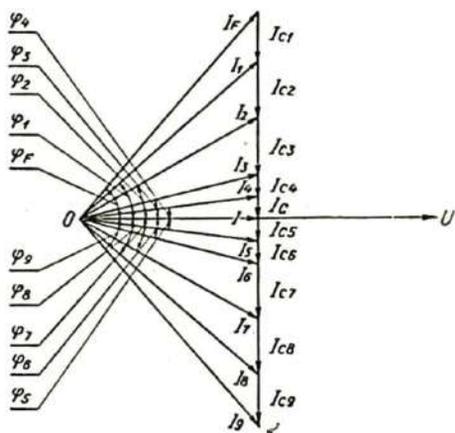
$$z_F = \frac{U_F}{I_F} = \frac{U}{I}$$

бу қийматларни ўрнига қўйиб, индуктив ўтказувчанлик учун ҳисоблаш формуласини оламиз:

$$b_L = \frac{I_F \cdot \sin \varphi}{U}$$

Конденсаторларнинг сифим ўтказувчанлиги

$$b_c = \frac{I_c}{U}$$



96- расм

V. Контрол саволлар

1. Қандай электр занжирида тоқлар резонанси содир бўлиши мумкин?
2. Тоқлар резонанси ҳосил бўлишининг шартлари қандай?
3. Электр занжиридаги тоқлар резонансида қандай ҳодисалар кузатилади?
4. Тоқлар резонанси бошланиш моментини графикда қандай аниқлаш мумкин?
5. Тоқлар резонанси momenti учун вектор диаграммани қандай қуриш мумкин?
6. Вектор диаграммадан қувват коэффициентини қандай аниқлаш мумкин?
7. Тоқлар резонанси ҳодисасидан қаерларда фойдаланилади?
8. Тоқлар резонансида $I_L = I_C$ неча марта I дан фарқ қилади?

7-ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

Истеъмолчилар юлдуз схемада уланганда уч фазали ўзгарувчан ток занжирини текшириш

I. Ишдан кўзда тутилган мақсад

1. Электр энергияси истеъмолчилари юлдуз схемада уланганда уч фазали занжирнинг турли режимларидаги ишини ўрганиш:
 - а) текис актив нағрузка учун,
 - б) нотекис актив нағрузка учун,
 - в) нотекис актив нағрузкада нейтрал сим узилган ҳол учун.
2. Фаза ва линия кучланишларини ўлчашни ўрганиш ва улар орасидаги нисбатни амалда текшириш.

II. Лаборатория ишига тушунтириш

Электр энергияси истеъмолчилари барча фазаларининг охириги учлари x, y, z лар битта умумий ноль нуқтага уланса, бу улаш юлдуз схемада улаш деб аталади.

Генератор ёки истеъмолчи фазасининг бош ва охириги учлари орасидаги кучланишга ёки ҳар бир линия сими билан нейтрал сим орасидаги кучланишга фаза кучланиши дейилади. Улар U_A, U_B, U_C ёки U_ϕ деб белгиланади. Исталган икки линия сими ёки икки фаза бош учлари орасидаги кучланишга линия кучланиши дейилиб, улар U_{AB}, U_{BC}, U_{CA} ёки U_L деб белгиланади.

Линия симларидан ўтувчи ток линия токи деб аталади, улар I_A, I_B, I_C ёки I_L деб белгиланади.

Истеъмолчининг ёки генераторнинг фазаларидан ўтувчи ток фаза токи деб аталади, улар I_A, I_B, I_C ёки I_Φ деб белгиланади.

Барча фазаларнинг э.ю.к. кучланиши ёки токлари катталиги жиҳатдан тенг бўлиб, фаза жиҳатидан бир-бирларига нисбатан 120° силжиган бўлса, бундай система э.ю.к., кучланиш ёки токларнинг симметрик системаси деб аталади. Электр энергияси истеъмолчиларининг барча фазаларидаги қаршиликлар ўзаро тенг бўлгандаги уч фазали занжирнинг иш режимига текис нагрузка дейилади.

Ушбу лаборатория ишида электр энергияси истеъмолчилари сифатида чўгланиш лампаси ва симли реостат уланади. Истеъмолчилар юлдуз схемада уланганда линия ва фаза токлари ўзаро тенг, яъни

$$I_L = I_\Phi.$$

Актив нагрузкада ток ва кучланиш бир хил фазада бўлгани учун, уларнинг векторлари бир йўналишда бўлади.

Истеъмолчилар юлдуз схемада уланиб, учала фазада текис нагрузка бўлганида, фаза токлари ўзаро тенг бўлади, яъни

$$I_A = I_B = I_C.$$

Шунингдек, фаза кучланишлари

$$U_A = U_B = U_C$$

бўлиб, фаза жиҳатидан бир-бирига нисбатан 120° га силжиган бўлади.

Линия кучланиши катталиги жиҳатидан фаза кучланишидан $\sqrt{3}$ марта катта, яъни

$$U_L = \sqrt{3} \cdot U_\Phi$$

ва фаза кучланишидан 30° га ўзади.

Истеъмолчилар юлдуз схемада уланганда линия ва фаза кучланишлари қуйидаги нисбатда боғланган бўлади.

$$\bar{U}_{AB} = \bar{U}_A - \bar{U}_B,$$

$$\bar{U}_{BC} = \bar{U}_B - \bar{U}_C,$$

$$\bar{U}_{CA} = \bar{U}_C - \bar{U}_A.$$

Истеъмолчилар юлдуз схемада уланиб, учала фазада текис нагрузка бўлганда нейтрал симдаги ток I_0 нолга тенг бўлади, яъни

$$\bar{I}_A + \bar{I}_B + \bar{I}_C = \bar{I}_0 = 0.$$

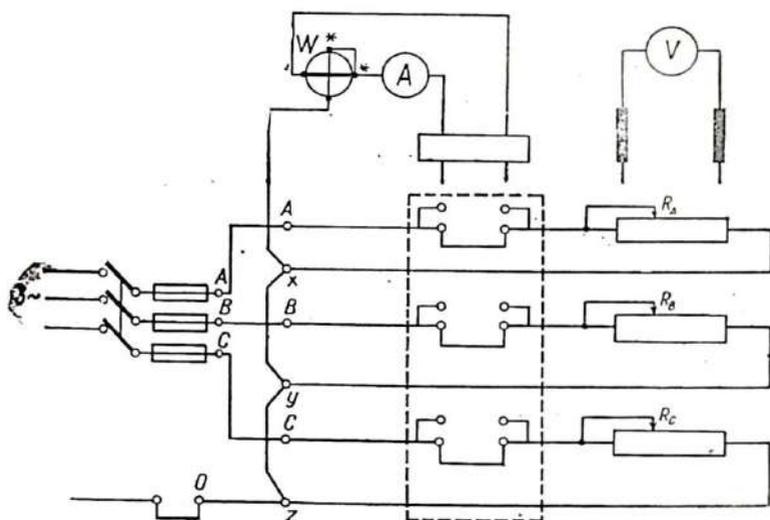
Истеъмолчилар нейтрал симли юлдуз схемада ўланиб (тўрт симли система) фазаларда нотекис нагрузка бўлганда, нейтрал симдан ток ўтади, яъни:

$$I_0 \neq 0.$$

Аmmo истеъмолчиларнинг фазаларидаги кучланиш ўзгармайди. Агар фазаларда нагрузка нотекис бўлганда нейтрал сим узилса, фаза токлари шундай ўзгарадики, уларнинг йиғиндиси нолга тенг бўлиб тақсимланади. Натижада фазалардаги кучланишларнинг қийматлари турлича бўлади. Қаршилиги кичик бўлиб, нагрузкаси кўп бўлган фазанинг кучланиши камайиб, бошқа фазалардаги кучланиш номинал фаза кучланишидан ортиб кетади.

III. Ишни бажариш тартиби

1. 97-расмдаги схема йиғилади.
2. Рубильникни улагандан сўнг, ҳар бир фазага навбати билан уланадиган амперметрнинг кўрсатиши бўйича, реостатларнинг ёрдамида учала фазада текис нагрузка ўрнатилади. Ҳар бир фазанинг



97- расм

токи, кучланиши ва қувватини ўлчанади. Нейтрал симда токнинг йўқлигини текширилади. Нагрузканинг умумий қуввати аниқланади:

$$P_{\Sigma M} = P_A + P_B + P_C.$$

3. Турли лампаларни улаш ва реостат қаршиликларини ўзгартириш йўли билан учала фазада нотекис нагрузка ҳосил қилинади, яна ўша катталиклар ўлчанади. Нейтрал симдаги токнинг катталиги ўлчанади.

Нагрузка турлари	Ҳисоблашлар											
	Үлчалар						Ҳисоблашлар					
	I_A	I_B	I_C	I_0	I_A	I_B	I_C	I_0	P_A	P_B	P_C	P_{Σ}
	a	a	a	a	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ
					U_{CA}	U_{BC}	U_{AB}	U_{CA}	U_{BC}	U_{AB}	U_{CA}	U_{BC}
					φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ
					φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ
Текис												
Нотекис												
Нейтрал сим узилган												

4. 3-пунктдаги нагруканинг катталигини ўзгартмасдан, нейтрал симни узиб яна ўша катталиклар ўлчанади.

5. Барча ўлчаш натижалари 17-жадвалга ёзилади.

6. Нагруканинг барча ҳоллари учун, линия ва фаза кучланишлари ҳамда токларнинг вектор диаграммалари қурилади, 17-жадвалда кўрсатилган катталиклар ҳисобланади.

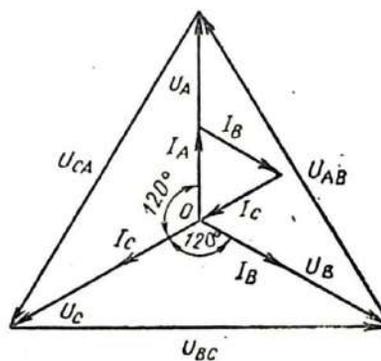
7. Бажарилган лаборатория иши бўйича хулоса чиқарилади:

а) истеъмолчилар юлдуз схемада уланганда фаза ва линия кучланишларининг нисбати қандай?

б) истеъмолчилар юлдуз схемада уланиб, нагрук фаза-ларда нотекис бўлганда нейтрал симнинг таъсири қандай?

VI. Вектор диаграммалари қурилади.

а) текис нагрук бўлганда (98-расм)



98- расм

Ихтиёрий O нуқтадан \vec{U}_A , \vec{U}_B , \vec{U}_C векторларини бир-бирларига нисбатан 120° дан бурчак остида қўйиб, фаза кучланишлари векторларининг юлдуз схемасини оламиз. Фаза кучланишлари векторла-

рининг охирларини бирлаштириб \bar{U}_{AB} , \bar{U}_{BC} , \bar{U}_{CA} векторларидан тuzилган, линия кучланишлари векторларининг учбурчагини ҳосил қиламиз.

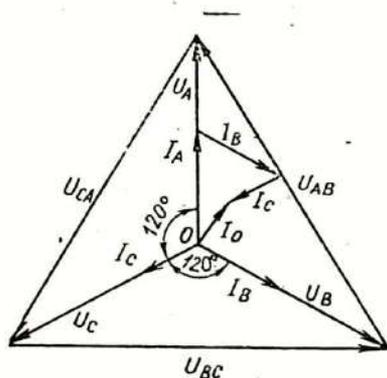
Токларнинг вектор диаграммасини қуриш учун ўша нуқтадан фаза кучланишлари векторларининг йўналиши бўйича \bar{I}_A , \bar{I}_B , \bar{I}_C токларининг векторларини чизамиз.

Токларнинг геометрик йиғиндиси аниқланади: $\bar{I}_A + \bar{I}_B + \bar{I}_C = \bar{I}_O = 0$

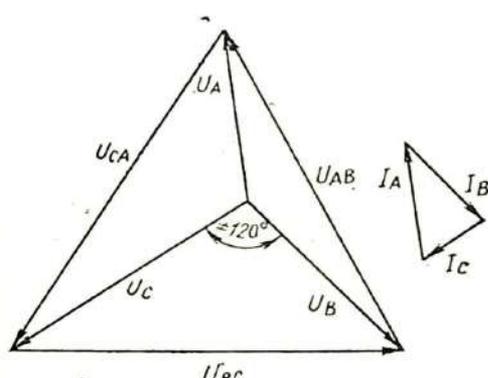
б) нотекис нагрузка (99- расм). Бу нагрузка учун вектор диаграммани қуриш, нагрузка текис бўлгандаги каби бажарилади. Аммо нейтрал симдаги ток нолга тенг бўлмайди, яъни

$$\bar{I}_A + \bar{I}_B + \bar{I}_C \neq 0.$$

Нейтрал симдаги токни график усулда аниқлаб, амперметр билан ўлчагандаги қиймати билан солиштириб кўрилади.



99- расм



100- расм

в) нотекис нагрузкада нейтрал сим узилган (100-расм). Бу ҳолда фаза кучланишлари орасидаги фаза силжиш бурчаги 120° га тенг бўлмай, токларнинг геометрик йиғиндиси нолга тенг.

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

Демак, ёй чизиш усули билан уч нуқта орқали токларнинг учбурчагини қуриш мумкин. Кучланиш вектор диаграммаларини қуриш учун ихтиёрий O нуқтадан \bar{I}_A , \bar{I}_B , \bar{I}_C ток векторларига параллел равишда \bar{U}_A , \bar{U}_B , \bar{U}_C фаза кучланишларининг векторларини чизамиз.

Фаза кучланишлари векторларининг охирларини бирлаштириб линия кучланишлари векторларининг учбурчагини ҳосил қиламиз.

V. Контрол саволлар

1. Қандай улашга юлдуз схемада улаш дейилади?
2. Юлдуз схемада уланганда линия кучланиши фаза кучланишидан неча марта катта бўлади?
3. Агар ҳар бир фаза симларидаги тоқлар маълум бўлса, нейтрал симдаги токнинг катталигини қандай аниқлаш мумкин?
4. Нейтрал симнинг роли нимада?
5. Ҳар бир фазага навбати билан уланадиган ваттметрнинг кўрсатиши бўйича уч фазали занжирнинг қуввати қандай аниқланади?

8-ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

Истеъмолчиларни учбурчак схемада улаганда уч фазали ўзгарувчан ток занжирини текшириш

I. Ишдан нўзда тутилган мақсад

Электр энергияси истеъмолчилари учбурчак схемада уланганда уч фазали занжирнинг турли режимлардаги ишини ўрганиш:

- а) текис актив нагрузка учун,
 - б) нотекис актив нагрузка учун,
 - в) истеъмолчиларнинг бир фазаси ажратилганда,
 - г) истеъмолчиларнинг икки фазаси ажратилганда,
 - д) линия симларидан бири узилганда.
2. Фаза ва линия тоқларини ўлчашни ўрганиш ва амалда улар орасидаги нисбатни текшириш.

II. Лаборатория ишига тушунтириш

Электр энергияси истеъмолчиси биринчи фазасининг охирини иккинчи фазасининг бошланиши билан, иккинчи фазасининг охирини учинчи фазасининг бошланиши билан, учинчи фазасининг охирини биринчи фазасининг бошланиши билан улашишига учбурчак схема улаш деб аталади. Бу ҳолда электр энергияси истеъмолчилари нейтрал симсиз линия кучланишига бириктирилади.

Учбурчак схемада уланганда линия кучланиши фаза кучланишига тенг, яъни

$$U_L = U_\phi.$$

Текис нагрузка ва симметрик кучланиш системасида линия тоқи фаза тоқидан $\sqrt{3}$ марта катта, яъни

$$I_L = \sqrt{3} \cdot I_\phi.$$

Текис нагрузкада фаза ва линия тоқлари ўзаро 120° га силжиган бўлади, аммо линия тоқлари фаза жиҳатидан фаза тоқларидан 30° га орқада қолади.

Нотекис нагрузкада фаза ва линия токлари орасидаги нисбат ўзгаради, яъни

$$I_{л} \neq \sqrt{3} \cdot I_{\phi}.$$

Аммо бу ҳолда линия тоklarининг бир-бирига нисбатан фазавий силжиши 120° га тенг эмас. Электр энергияси истеъмолчиларининг бир ёки икки фазаси ажратилганда, тегишли фазаларнинг токи нолга тенг бўлади.

Линия симлари узилганда учбурчак схема тармоқланган бир фазали занжирга айланади. Бундай занжирда узилган сим билан боғлиқ бўлган электр энергияси истеъмолчиларининг иккита фазаси кетма-кет уланиб, учинчи фаза билан параллел қолган симлар орасидаги линия кучланишига уланади.

Кирхгофнинг биринчи қонунига асосан фаза ва линия токлари орасидаги нисбат қуйидаги вектор ифодалар билан белгиланади:

$$\bar{I}_A = \bar{I}_{AB} - \bar{I}_{CA},$$

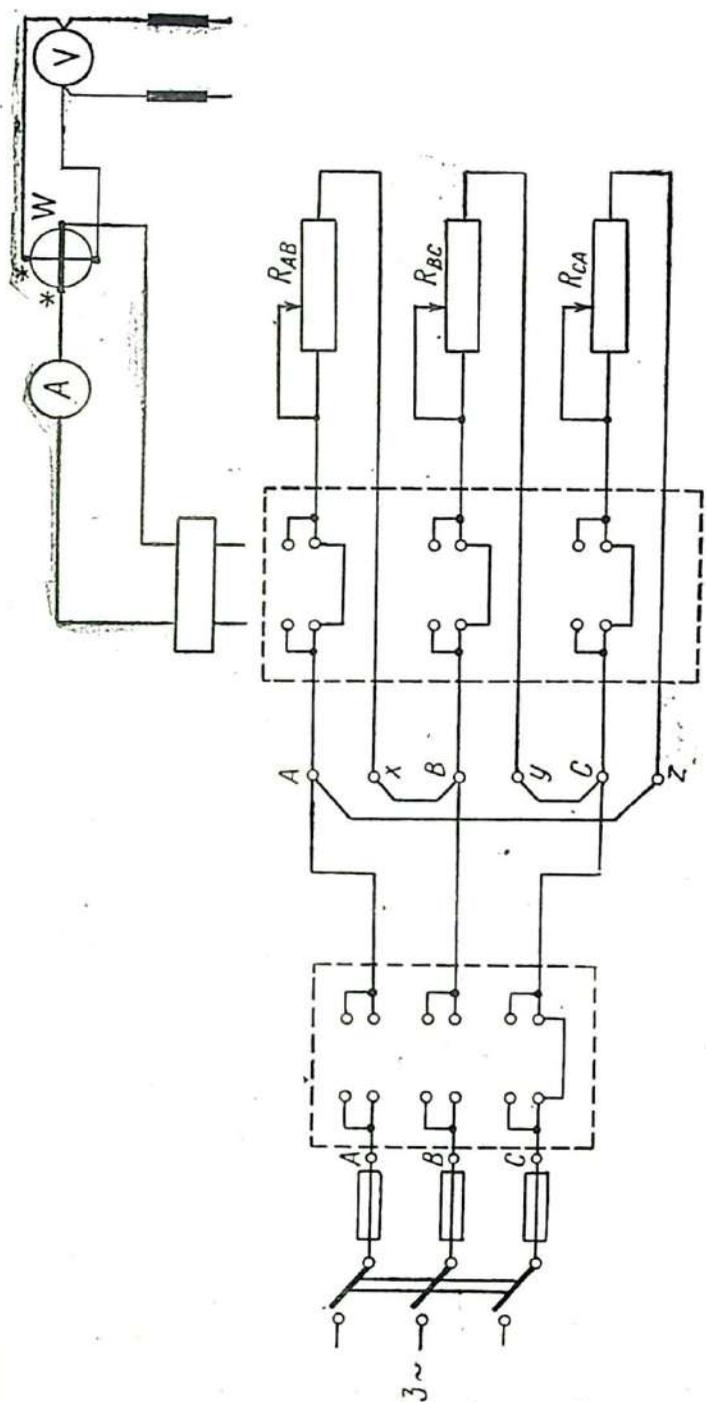
$$\bar{I}_B = \bar{I}_{BC} - \bar{I}_{AB},$$

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

Бу лаборатория ишида электр энергияси истеъмолчилари сифатида ҳар бир фазага чўғланиш лампаси ва қаршилиқ реостатлари, яъни актив нагрузка уланади.

III. Ишни бажариш тартиби

1. 101-расмда кўрсатилган схема йиғилади.
2. Рубильникни улагандан сўнг, амперметрни ҳар бир фазага навбати билан улаб, реостат ёрдамида учала фазада текис нагрузка ҳосил қиламиз. Ҳар бир фазадаги линия ва фаза токлари, кучланиш ва қувват ўлчанади.
3. Электр энергияси истеъмолчиларининг бир фазасини ажратиб (фазадаги бириктирувчи симни олиб), кучланиш таъсирида қолган икки фазадаги электр энергияси истеъмолчиларининг ўша катталиклари ўлчанади.
4. Электр энергияси истеъмолчиларининг икки фазасини ажратиб (икки фазадаги бириктирувчи симни олиб), кучланиш таъсирида қолган бир фазадаги ўша катталиклар ўлчанади.
5. Линия симларидан бирини узиб (линия симидаги бириктирувчи симни олиб) кучланиш таъсирида қолган икки линия симидаги занжирнинг ўша катталиклари ўлчанади.
6. Уланган лампалар сонини ва реостат қаршилигини ўзгартиш йўли билан нотекис нагрузка ҳосил қилиниб, яна ўша катталиклар ўлчанади.
7. Барча ўлчаш натижалари 18-жадвалга ёзилади.



101- пасм

Нагрузка турлари	Ўлчашлар												Ҳисоблашлар				
	I_{AR}	I_{BC}	I_{CA}	I_A	I_B	I_C	U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}	P_{AB}	P_{BC}	P_{CA}	$P_{\Sigma M}$	$\frac{I_A}{I_{AB}}$	$\frac{I_B}{I_{BC}}$	$\frac{I_C}{I_{CA}}$	
	a	a	a	a	a	a	e	e	e	$вт$	$вт$	$вт$	$вт$				
Текис																	
Бир фаза узилганда																	
Икки фаза узилганда																	
Линия сими узилганда																	

8. Барча тур нагрузка учун олинган натижалар буйича I ва U ларнинг вектор диаграммалари чизилади ва 18-жадвалда кўрсатилган катталиклар ҳисобланади.

9. Лаборатория иши буйича хулоса чиқарилади.

а) Истеъмолчилар учбурчак схемада уланганда текис ва нотекис нагрузкада фаза ҳамда линия тоқларнинг орасидаги нисбат қандай?

б) агар биронта линия симларидаги сақлагич куйса ёки линия сими узилса, электр энергияси истеъмолчиларидаги фаза кучланиши қандай ўзгаради?

Вектор диаграммалари чизилади.

а) текис нагрузка (102-расм). Кирхгофнинг иккинчи қонунига кўра учбурчак контуридаги кучланишларнинг геометрик йиғиндиси нолга тенг; чунки учбурчак контурда э.ю.к. манбаи йўқ

$$\bar{U}_A + \bar{U}_B + \bar{U}_C = 0.$$

Демак, тажрибадан олинган натижалар буйича чизилган фаза кучланишларининг вектори доимо ёпиқ, тенг томонли учбурчак ташкил этади. Бу учбурчакда

$$U_A = U_{AB}$$

$$U_B = U_{BC}$$

$$U_C = U_{CA}.$$

Сўнгра тегишли фаза қучланишлари вектори бошидан, фаза тоқлари векторини қўйиш керак

$$I_{AB} = I_{BC} = I_{CA}.$$

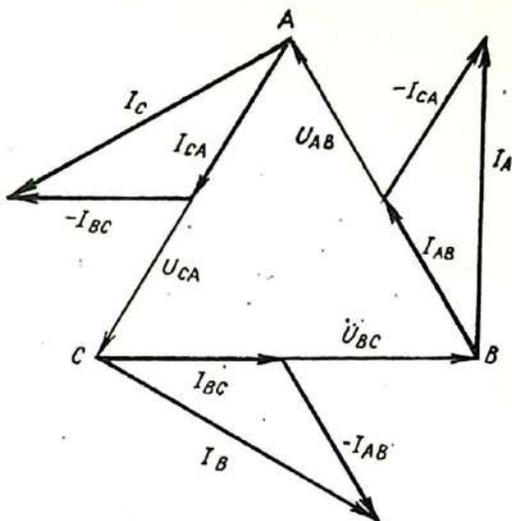
Нагрузка актив бўлгани учун ток векторлари, фаза кучланишларининг вектор йўналиши билан устма-уст тушади.

Буни тушунтириш учун, Кирхгофнинг I қонунига асосан тузилган тоқларнинг геометрик нисбатига кўра линия тоқларининг вектор диаграммаси қурилади. Уни вектор диаграмма қуриш қулай бўлсин учун қуйидагича ёзиш мумкин:

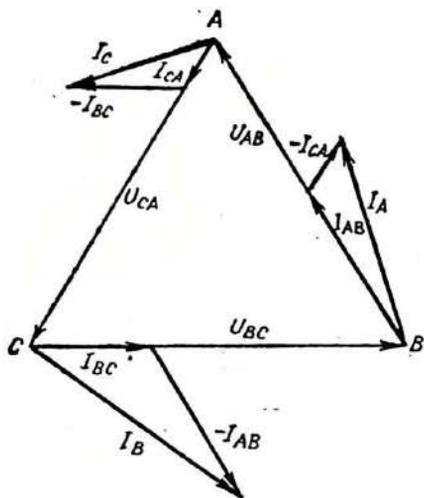
$$\bar{I}_A = \bar{I}_{AB} + (-\bar{I}_{CA}),$$

$$\bar{I}_B = \bar{I}_{BC} + (-\bar{I}_{AB}),$$

$$\bar{I}_C = \bar{I}_{CA} + (-\bar{I}_{BC}).$$



102-расм



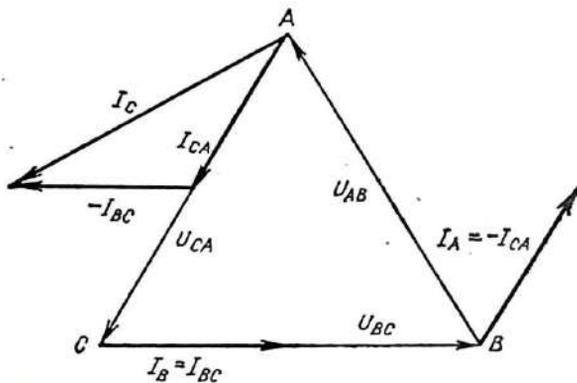
103- рasm.

Шундай қилиб, линия токларининг векторларини қуриш учун фаза токлари векторларини геометрик қўшиш керак. Бу ифодаларда манфий ишорали фаза токларининг вектори, тегншли мусбат фазадаги токлар векторига катталиги жиҳатидан тенг бўлиб, йўналиши бўйича қарама-қаршидир.

б) нотекис нагрузка (103-рasm).

Бу ҳол учун вектор диаграмма қуриш текис нагрузка учун қурилгандек бажарилиб, фақат фаза ва линия токларининг катталиклари турлича бўлади.

в) бир фазани ажратиш (104-рasm).



104- рasm

Масалан, А фазани ажратганда, бу фазадаги ток

$$I_{AB} = 0$$

бўлади. Вектор диаграммани қуриш аввалги ҳоллардагидек бажарилиб, фақат линия токларининг векторлари қуйидаги нисбатлардан аниқланади:

$$\bar{I}_A = 0 + (-\bar{I}_{CA}) = -\bar{I}_{CA},$$

$$\bar{I}_B = \bar{I}_{BC} + 0 = \bar{I}_{BC}$$

$$\bar{I}_C = \bar{I}_{CA} + (-\bar{I}_{BC}).$$

г) икки фазани ажратиш (105-расм).

Масалан A ва B фазаларини ажратганда, бу фазалардаги ток

$$I_{AB} = 0, \quad I_{BC} = 0.$$

Аммо линия тоқларининг векторлари қуйидаги ифодалардан аниқланади.

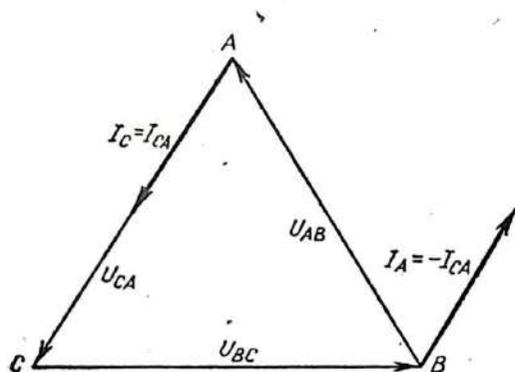
$$\bar{I}_A = 0 + (-\bar{I}_{CA}) = -\bar{I}_{CA}$$

$$I_B = 0$$

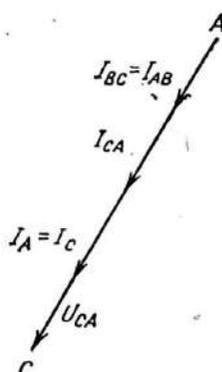
$$\bar{I}_C = \bar{I}_{CA}$$

д) линия симини узиш (106-расм).

B линия сими узилганда, уч фазали занжирнинг кучланиш таъсирида қолган симлар орасидаги фақат битта линия кучланиши



105- расм



106- расм

(U_{CA}) сақланади. Бу вектор ҳам вектор диаграммага, барча аввалги вектор диаграммаларда чизилганидек бажарилади. Бу ҳол икки фазани ажратгандагига ўхшаб, симлар орасига иккита параллел шохобчанинг (AB ва BC фазалари ҳамда кетма-кет бириктирилган CA фазаси) уланганлиги билан фарқ қилади. Худди икки фазани ажратгандаги каби, линия сими узилганда ҳам бир фазали ўзгарувчан ток занжирини оламиз. B линия сими узилганда, ундаги ток нолга тенг, яъни

$$I_B = 0.$$

Юқоридаги берилган тушунтиришлардаги фаза ва линия тоқлари орасидаги нисбатни аниқловчи ифодалардан, қуйидагини кўрсатиш мумкин

$$I_A = -I_C, \quad I_{AB} = I_{BC}.$$

Нагрузка актив бўлгани учун

$$\bar{I}_{AB} = \bar{I}_{BC}, \bar{I}_{CA}, \bar{I}_A = -\bar{I}_C$$

токларнинг векторини, вектор диаграммада кучланиш вектори U_{CA} нинг йўналиши бўйича қўйиш керак.

V. Контрол саволлар

1. Қандай улаш учбурчак схемада улаш деб аталади?
2. Истеъмолчилар учбурчак схемада уланиб, фазаларда симметрик нагрузка ҳосил қилинганда, линия ва фаза кучланишлари, шунингдек, линия ва фаза токлари орасидаги нисбат қандай бўлади?
3. Линия токи вектор диаграммада қандай аниқланади?
4. Уч фазали занжирнинг қуввати қандай аниқланади?

9-ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

Конденсаторлар ёрдамида қувват коэффицентини ошириш

I. Ишдан кўзда тутилган мақсад

1. Электр энергияси истеъмолчиларига параллел уланган конденсаторлар сифimini ўзгартиш йўли билан қувват коэффицентининг ўзгаришини текшириш.
2. Қувват коэффиценти бирга яқин бўлганда конденсаторлар сифimini аниқлаш.
3. Қувват коэффиценти ўзгарганида линиядаги қувват исрофгарчилигини аниқлаш.
4. Қувват коэффиценти ўзгарганда истеъмолчиларнинг қисмларида кучланишнинг ўзгаришини аниқлаш.

II. Лаборатория ишига тушунтириш

1. Қувват коэффиценти қуйидаги формула билан аниқланади:

$$\cos\varphi = \frac{P_2}{U_2 \cdot I},$$

бу ерда P_2 — истеъмолчининг қуввати, *вт*;
 U_2 — истеъмолчининг қисмаларидаги кучланиш, *в*;
 I — линиядаги ток, *а*.

Истеъмолчиларнинг қуввати ўзгармас бўлганда, $\cos\varphi$ ўзгарса, истеъмолчиларнинг қисмаларидаги кучланиш ва узатгич линиядаги қувват исрофгарчиликлари ҳам ўзгаради. Бундай бўлишига сабаб, истеъмолчининг қуввати ўзгармаса, унинг $\cos\varphi$ сининг турли қийматларида линия токининг ҳам турлича бўлишидир.

Линиядаги токнинг катталиги қуйидаги ифода билан аниқланади:

$$I = \frac{P_2}{U_2 \cdot \cos\varphi}$$

Бу формуладан қўриниб турибдики, $\cos\varphi$ камайган сари линиядаги токнинг катталиги орта боради. Бунда, узаткич линиядаги қувват исрофгарчилиги ортади, яъни:

$$\Delta P = I^2 \cdot R_{\Sigma} = P_1 - P_2,$$

бу ерда R_{Σ} — симларнинг қаршилиги, *ом*;

P_1 — манбадан истеъмол қилинадиган қувват (линия бошланишидаги қувват), *вт*.

$\cos\varphi$ нинг камайиши билан линиядаги кучланиш исрофгарчилиги орта бориб, истеъмолчининг қисмаларидаги кучланиш камаяди, яъни

$$U_2 = U_1 - \Delta U; \quad \Delta U = U_1 - U_2,$$

бу ерда U_1 — линия бошланишидаги кучланиш, *в*.

Бу лаборатория ишидаги схема электр энергияси узатиш линиясини аке эттиради. Истеъмолчи сифатида қаршилиги Z_F бўлган индуктив ғалтак олинган. Ғалтак нагрузка характери бўйича, саноат тармоқларида асосий истеъмолчи ҳисобланган электр двигателларни аке эттиради. Узаткич линиянинг қаршилиги пўлат ўзакли ғалтакнинг қаршилиги Z_{Σ} тарзида берилган.

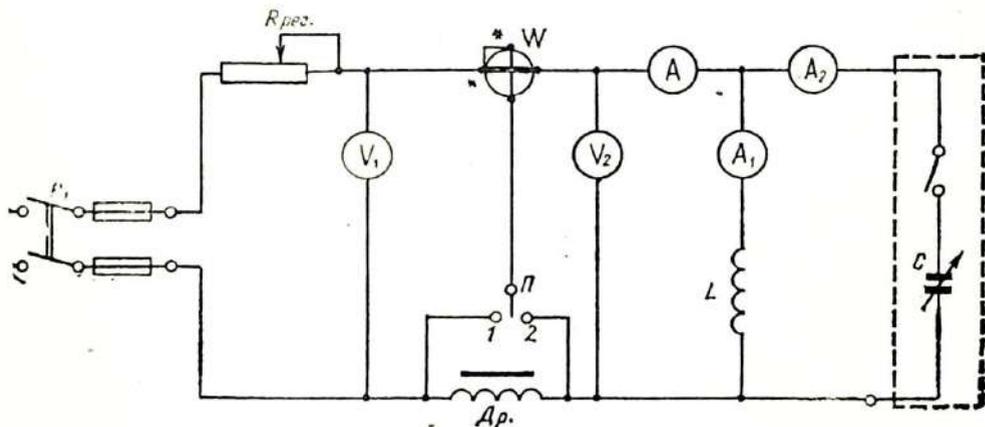
Двигателлар истеъмол қиладиган реактив ток катта бўлгани учун, саноат тармоқларида $\cos\varphi$ кичик бўлади. Уни двигателларга параллел конденсаторлар улаш йўли билан оширилади.

Ушбу лаборатория ишида ҳам шундай қилинади. Амалда, иқтисодий нуқтан назардан, $\cos\varphi = 0,9 \div 0,95$ бўлгани маъқул.

III. Ишни бажариш тартиби

1. 107-расмдаги схема йнгилади.

2. Конденсаторлар ажратилганда ($C=0$), занжирни улаб, асбобларнинг кўрсатишини 15-жадвалга ёзилади. Переключатель Π нинг



107-расм

ёрдамида линия бошидаги қувват P_1 (1-ҳолат) ва линия охиридаги қувват P_2 (2-ҳолат) ни ўлчанади.

3. Конденсаторлар улангандан сўнг уларнинг сифимини ўзгартириб, асбобларнинг кўрсатишини 19-жадвалга ёзилади. Ростлаш реостати $R_{рос}$ ёрдамида линия бошидаги кучланишни ўзгартирмасдан, конденсаторлар сифимини ўзгартириб ўлчашни бир неча марта ўтказилади.

19-жадвал

Г №	Ўлчашлар								Ҳисоблашлар		
	C мкф	U_1 в	U_2 в	I а	I_F а	I_C а	P_1 вт	P_2 вт	$\cos\varphi$	ΔP вт	ΔU в
1											
2											
....											
п											

Даставвал линиядаги ток камая бориб, сўнгра орта бошлайди. Бошланишда конденсаторларнинг сифимини 2 мкф дан ўзгартириш керак. Минимал токка тегишли бўлган сифим миқдорини тўғри аниқлаш учун, минимал ток чегараларида конденсаторлар сифимини 1 мкф дан ўзгартирилади.

4. Минимал токни аниқланади.

Линиянинг минимал токида $\cos\varphi$ бирга тенг.

5. Зарур бўлган ҳисоблашлар бажарилади.

$$I = f_1(C); \cos\varphi = f_2(C); \Delta P = f_1(\cos\varphi); U_2 = f_2(\cos\varphi)$$

боғланишларнинг графиклари қурилади.

Охири икки боғланишнинг графикларини қуришда координата бошидан горизонтал ўқ бўйича $\cos\varphi$ нинг ноль қийматларини эмас, балки $C=0$ да олинган минимал қийматлар қўйилади.

6. Ток ва кучланишларнинг вектор диаграммалари қурилади.

7. Лаборатория иши бўйича хулоса чиқарилади.

а) линиянинг иши учун $\cos\varphi$ қандай таъсир қилади, яъни линиядаги қувват ва кучланиш исрофгарчиликлари қандай ўзгаради (лаборатория ишидан олинган сон қийматларни кўрсатиш),

б) қувват коэффициенти бирга тенг бўлганда, сифим қиймати нимага тенг?

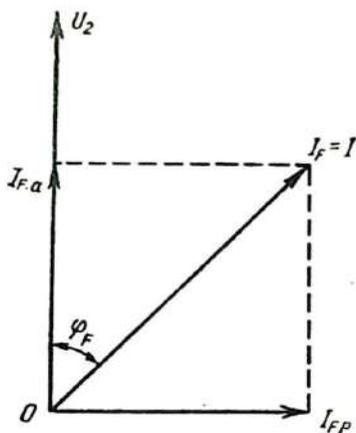
IV. Ток ва кучланишларнинг вектор диаграммалари қурилади.

а) конденсаторлар ажратилганда ($C=0$).

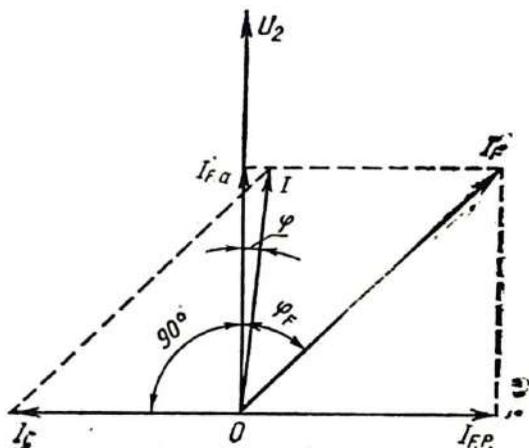
Ихтиёрий O нуқтадан кучланиш вектори \bar{U}_2 ни юқорига вертикал қўйилади. Ғалтакнинг актив токи $I_{F,a} = I_F \cdot \cos\varphi$ ва реактив токи $I_{F,p} = I_F \cdot \sin\varphi$ ҳисобланади. Актив ток O нуқтадан юқорига вертикал қўйилади, чунки у кучланиш билан бир фаза йўналишидадир. Реактив ток векторини эса соат стрелкасининг йўналиши бўйича 90° бурчак остида қўйилади, чунки бу ток индуктив ток бўлиб, кучланишдан фаза бўйича 90° га орқада қолади. Бу тоқларнинг геометрик йиғиндиси линия токи \bar{I} га тенг бўлиб, ушбу ҳолда эса ғалтак токи \bar{I}_F га тенг. Ток ва кучланиш орасидаги фазавий силжиш бурчаги φ бўлади (108-расм).

б) конденсаторлар ула ганда ($C \neq 0$).

Аввалги ҳолдаги каби O нуқтадан кучланиш вектори \bar{U}_2 ва ғалтак токнинг вектори \bar{I}_F чизилади. Сўнгра соат стрелкаси йўналишига тескари қилиб, 90° бурчак остида конденсатор токи \bar{I}_C чизи-



108-расм



109-расм

лади, чунки сиғим токи кучланишидан фаза кучланиши фаза бўйича 90° га ўзувчандир. Линия токи \bar{I} , ғалтак токи \bar{I}_F ва сиғим токи \bar{I}_C векторларининг геометрик йиғиндисига тенг (ўзгарувчан ток занжири учун Қирхгофнинг биринчи қонуни). Ток ва кучланиш орасидаги фазавий силжиш бурчаги φ нолга тенг ёки нолга яқин бўлади (109-расм).

V. Контрол саволлар

1. Қувват коэффициенти нима учун муҳим иқтисодий кўрсаткич ҳисобланади?
2. Қувват коэффициенти саноат тармоқларида б рга тенг бўлиши мумкинми?

3. Қувват коэффициентини қандай ошириш мумкин?
4. Қувват коэффициенти бирга тенг бўлганда, конденсаторларнинг сифими қандай аниқланади?

10-ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

Бир фазали индукцион счётчикни текшириш

I. Ишдан кўзда тутилган мақсад

1. Бир фазали ўзгарувчан ток индукцион счётчигининг тузилиши ва ишлаш принципи билан танишиш.
2. Бир фазали индукцион счётчикни текширишни бажариш.

II. Лаборатория ишига тушунтириш

Ўзгарувчан ток занжирларида электр энергиясини ҳисоблаш учун индукцион счётчиклар қўлланилади. Счётчикни текширишдан мақсад, унинг бутуниттифоқ Давлат стандарти (ГОСТ 6570 — 60) нинг талаб ва шартларини қониқтириш ёки қониқтирмаслигини аниқлашдир. ГОСТ 6570-60 нинг техник шартлари қуйидагича:

а) қувват коэффициенти $\cos\varphi = 1$ бўлиб, номинал кучланиш ва частотада счётчик кўрсатишининг нисбий хатолиги, аниқлик класси 1,0 бўлган счётчиклар учун, ток номиналидан 10 дан 150% гача юқори бўлганда $\pm 1\%$ дан ва аниқлик класси 2,0 бўлган счётчиклар учун, ток номиналидан 10 дан 200% гача юқори бўлганда $\pm 2\%$ дан ортмаслиги керак. Аниқлик класси 2,5 бўлган счётчиклар учун $\pm 2,5\%$.

б) $\cos\varphi = 1$ бўлганда счётчикнинг сезгирлиги — аниқлик класси 1,0 ва 2,0 бўлган счётчиклар учун, нагрузка номиналига нисбатан 0,5% дан ва аниқлик класси 2,5 счётчиклари учун 1% дан ортиб кетмаганида счётчик диски тўхтовсиз айланиши керак.

в) Счётчикнинг кетма-кет чулғамида ток бўлмай, кучланиш номиналига нисбатан 80 — 110% ташкил этганда счётчикнинг диски тўла бир мартадан ортиқ айланмаслиги керак. Счётчикнинг нисбий хатолиги қуйидаги формула билан аниқланади:

$$\gamma = \frac{C_n - C_x}{C_x} \cdot 100\%,$$

бу ерда C_n — счётчикнинг номинал доимийси, яъни диск бир марта айланганда, санаш механизми ҳисобга олган электр энергиясининг миқдори. Одатда, счётчикнинг паспортида, счётчикнинг узатиш сони, яъни бир киловатт-соат энергия дискнинг неча марта айланишига тенг эканлиги кўрсатилади, масалан, «1 *квт·соат* — *A* диск айланиши». У ҳолда

$$C_n = \frac{1000 \cdot 3600}{A} \left[\frac{\text{вт} \cdot \text{соат}}{\text{айл}} \right],$$

бу ерда A — счётчикнинг узатиш сони (паспортдан олинади).

C_x — счётчикнинг ҳақиқий доимийси, яъни счётчик диски бир марта айланиши учун кетган вақт ичида счётчик орқали ўтган электр энергиясининг ҳақиқий миқдори (истеъмолчи сарфлаган энергия)

$$C_x = \frac{U \cdot I \cdot t}{n}$$

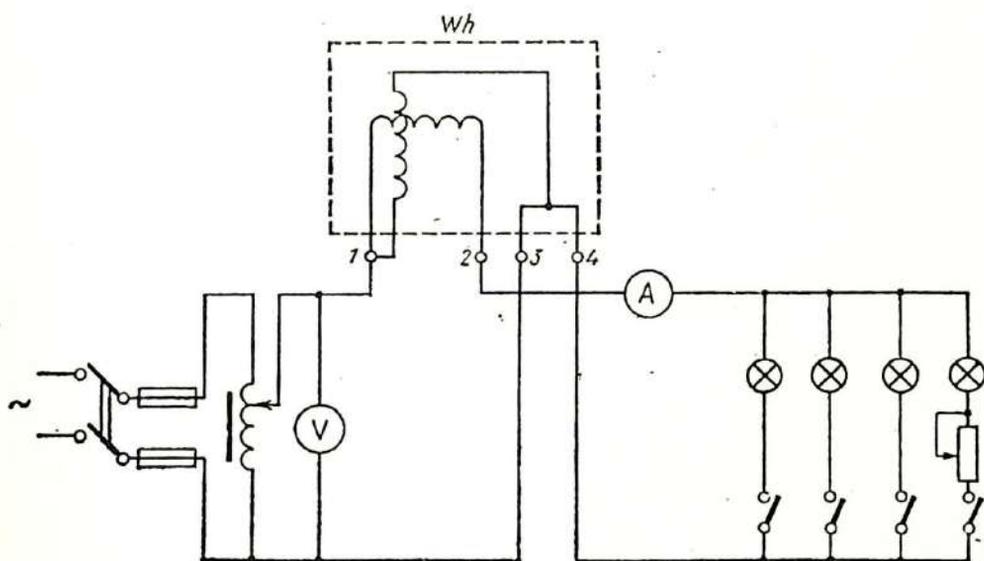
бу ерда n — дискнинг t вақт ичидаги айланишлар сони.

Счётчикнинг сезгирлигини аниқлаш учун, номинал кучланишда счётчикнинг диски айлана бошлайдиган даражада кичик I_{\min} нагрузка ўрнатиб, уни қуйидаги формула билан ҳисобланади.

$$\sigma = \frac{I_{\min}}{I_n} \cdot 100\%$$

III. Ишни бажариш тартиби

1. 110-расмдаги счётчикни текшириш схемаси йиғилади.
2. Лампали нагрузка реостати ёрдамида, номинал ток ўрнатилиб, счётчикни 15 минут давомида қиздирилади.



110- расм

3. Паспортида берилганлари бўйича счётчикнинг номинал доимийсини ҳисоблаб, олинган қийматлар 20-жадвалга ёзилади.

Т №	Ўлчашлар					Ҳисоблашлар		
	I	I	U	n	t	C_{II}	C_X	$\pm\sigma$
	%	a	σ	айл	сек			%
1								
2								
3								
4								
5								

4. Счётчикни номинал токда қиздиргандан сўнг, t вақт ичида дискнинг айланишлар сони n ҳисобланади. Дискнинг айланишлар сони қуйидаги тарзда ҳисобланади. Дискдаги белги пайдо бўлиши билан кузатувчи секундомерни юргизиб, айланишлар сонини санай бошлайди, «ноль» (аммо «бир» демасдан), «бир», «икки» ва ҳоказо. Дискнинг айланишлар сонини ҳисоблашни, секундомер стрелкаси мўлжалланган вақтга яқинлашгунча давом эттирилади (ёки аввалдан берилган дискнинг айланишлар сони ҳисоблангунча). Кузатувчи, бутун айланишлар сонига яқинроқ ҳисоблаб, секундомерни тўхтади.

5. Занжир қисмаларидаги кучланишни автотрансформатор ёрдамида номинал ушлаб туриб, ток номиналига нисбатан 75, 50, 25 ва 10% ларни ташкил этганда тажрибани токнинг ҳар бир қиймати учун 2 мартадан қайтариб, икки ҳисобнинг ўртача арифметик қиймати олинади. Тажрибанинг натижалари 20-жадвалга ёзилади.

6. Счётчикнинг сезгирлигини аниқлаш.

Бунинг учун схемадаги амперметрни олиб, ўрнига ўлчаш чегараси 1 a гача бўлган амперметрни улаш лозим. Автотрансформатор ёрдамида номинал кучланишни ўрнатиб, лампани реостатда (ростлаш реостати билан боғлиқ бўлган лампани қолдириб) барча лампаларни ўчириб счётчикнинг диски аста-секин (тўхтовсиз) айлана бошлагунга қадар реостатнинг қаршилиги камайтирилади. Ана шу моментда амперметр бўйича I_{min} ни аниқлаб, счётчикнинг сезгирлиги σ ни ҳисобланади.

7. Счётчикнинг сезгирлиги аниқланган схемани ўзгартирмасдан, барча лампаларни ўчириб, автотрансформатор ёрдамида кучланишни аввал номиналига нисбатан 80%, сўнгра 110% га ўзгартирганда, иккала ҳолда ҳам счётчикнинг диски айланмаса, демак счётчик ўзи айланмайди.

8. Тажрибадан ва ҳисоблашлардан олинганларга асосан счётчикнинг хатолик эгри чизиғи $\gamma = f(I\%)$ ни қурилади.

9. Счѐтчикнинг ишлатишга яроқлилиги ва қандай аниқлик клас-сига тегишлилиги ҳақида хулоса чиқарилади.

V. Контрол саволлар

1. Индукцион системадаги бир фазали счѐтчикнинг тузилиши ва ишлаш принципи қандай?

2. ГОСТ бўйича счѐтчиклар учун қандай талаб ва шартлар қўйи-лади.

3. Счѐтчикнинг узатиш сони нима?

4. Счѐтчикнинг сезгирлиги деб нима тушунилади?

5. Счѐтчикнинг номинал доимийси деб нимага айтилади?

6. Счѐтчикнинг ҳақиқий доимийси деб нима тушунилади ва у қандай аниқланади?

7. Счѐтчикнинг нисбий хатолиги қандай аниқланади?

11-ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

Изоляция қаршилигини мегомметр билан ўлчаш

I. Ишдан кўзда тутилган мақсад

1. Мегомметрнинг ишлаш принципи ва тузилишини ўрганиш.

2. Мегомметр ёрдамида изоляция қаршилигини ўлчашни ўр-ганиш.

II. Лаборатория ишига тушунтириш

Изоляция ҳолатининг яхшилиги, хавфсиз ишлашни ва электр қурилмаларининг тўғри (бузилмасдан) ва тўхтовсиз ишлашни таъ-минлайди. Шунинг учун ишлатиш даврида электр қурилмалари изоляциясининг ҳолати даврий равишда текшириб турилади.

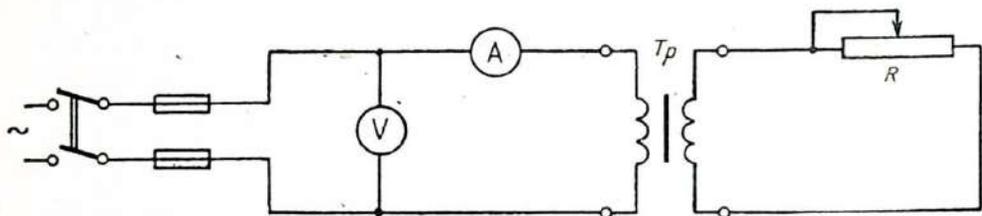
Ишлатишнинг техникавий қондасига асосан, номинал кучланиши 1000 вольтгача бўлган электр қурилмаларнинг изоляция қаршилиги 1 *Мом* дан кам бўлса, ишлашга рухсат этилмайди.

Электротехника қурилмалари изоляциясининг ҳолатини контрол қилиб туришнинг кенг тарқалган ва оддий усули, изоляция қарши-лиги миқдорини мегомметр ёрдамида ўлчаш ҳисобланади. Мегом-метр кўчма ўлчаш асбоби бўлиб, генератор ва изоляция қаршили-гининг миқдорини кўрсатувчи ўлчаш асбобидан иборат. Генератор-нинг якори махсус даста ёрдамида ҳаракатга келтирилади.

Ушбу лаборатория ишида, бир фазали трансформатор бирламчи ва иккиламчи чулғамининг пўлат ўзакка нисбатан, шунингдек, бир-бирларига нисбатан изоляция қаршилиги аниқланади.

Ишлатишнинг техникавий қондаси, трансформатор чулғамининг температураси 20° дан 40° гача бўлган оралиқда, изоляция қарши-лигини ўлчашни тавсия этганлиги учун, чулғамни қиздириш мақ-

садида тажриба бошланишидан аввал трансформатор номинал наг-рузкага уланади. Бунинг учун трансформаторни 111-расмдаги схе-ма бўйича улаш керак. Трансформатор чулғамининг изоляция қар-шилигини пўлат ўзакка нисбатан ўлчаш учун, мегомметрни ерга бириктиришга мўлжалланган 3 қисмаси трансформаторнинг пўлат



111- расм

ўзагига уланади. L қисмаси эса, трансформатор бирламчи ва икки-ламчи чулғамининг бирон қисмаси билан навбатма-навбат бирикти-рилади (112- расм).

Трансформаторнинг чулғамлари орасидаги изоляция қаршилиги-ни ўлчаш учун, мегомметрнинг 3 ва L қисмалари, трансформатор бирламчи ва иккиламчи чулғамларининг тегишли учлари билан би-риктирилади (113- расм).

Шунга ўхшаш йўл билан бошқа қурилмаларнинг (масалан, асинхрон двигатель, узатиш линияси ва бошқаларнинг) ҳам изоля-ция қаршилигини ўлчаш мумкин.

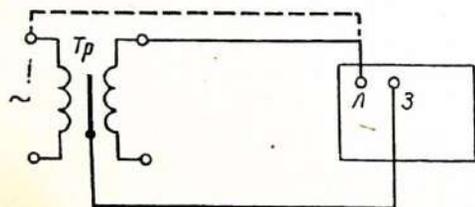
III. Ишни бажариш тартиби

1. Мегомметрнинг принципаал бириктириш схемасини қайта чи-зиб ҳисоботга қўшилади. Схема бўйича мегомметрнинг ишлаши ту-шунтириб берилади.

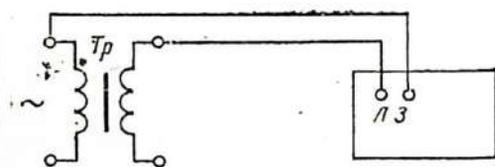
2. Мегомметрнинг инструкцияси билан танишилади.

3. Мегомметрнинг типи ва унинг техникавий маълумотлари ҳи-соботга ёзилади.

4. Трансформаторнинг чулғамини қизитиш учун 111- расмдаги схема йиғилади, реостат R ёрдамида (амперметр бўйича) номинал нагрузка ўрнатилади. Трансформатор 10 минут давомида номинал



112- расм



113- расм

нагрузкада ишлагандан сўнг, уни тармоқдан ажратиб, изоляция қаршилиги ўлчанади.

5. 112-расмдаги схемани йиғиб, трансформаторнинг бирламчи ва иккиламчи чулғамлари орасидаги изоляция қаршилиги ўлчанади.

6. 113-расмдаги схемани йиғиб, трансформаторнинг бирламчи ва иккиламчи чулғамлари орасидаги изоляция қаршилиги ўлчанади.

7. Барча ўлчашларнинг натижалари 21-жадвалга ёзилади.

21- жадвал

Тартиб номери	Қаршилиги ўлчанадиган жой	Изоляция қаршилиги Мом
1.	Трансформаторнинг бирламчи чулғами — ўзак	
2.	Трансформаторнинг иккиламчи чулғами — ўзак	
3.	Бирламчи чулғам — иккиламчи чулғам	

8. Трансформаторнинг ишлатишга яроқли-яроқмаслиги тўғрисида хулоса чиқарилади.

IV. Контрол саволлар

1. Мегомметрнинг тузилиши ва ишлаш принципи қандай?
2. Изоляция қаршилигини ўлчаш нима учун зарур?
3. Изоляция қаршилигининг қандай миқдориди, электр қурилма ишлатишга яроқли ҳисобланади?
4. Мегомметрнинг тўғри кўрсатишига қандай қилиб ишонч ҳосил қилинади?

12-ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

Кабелнинг электр сиғимини аниқлаш

I. Ишдан кўзда тутилган мақсад

1. Кабелнинг электр сиғимини:
 - а) кабелнинг айрим симлари орасидаги электр сиғимини.
 - б) кабелнинг қобиғи ва бирон сими орасидаги электр сиғимини ўлчашни ўрганиш.

II. Лаборатория ишига тушунтириш.

Кабелнинг ток ўтказувчи симлари, уларни ажратиб турувчи изоляцияси билан биргаликда, шунингдек, кабелнинг ҳар бир сими ва унинг қобиғи маълум сиғимга эга. Кабель тармоқларини ҳисоблашда кабелнинг сиғимини ҳисобга олиш керак, чунки:

а) кабелнинг сифими электр занжирларида бўладиган улаш-узниш ва қисқа туташувлардаги ўткинчи процессларга таъсир кўрсатади:

б) индуктив қаршилиқ (электр двигателлари, реакторлар) ва сифим қаршилигига (кабель тармоқлари) эга бўлган занжирда кучланиш резонанси ҳодисаси содир бўлиши мумкин. Кучланиш резонансида, занжирнинг айрим участкаларида, кабель изоляциясининг бутунлиги учун хавфли бўлган катта кучланишлар ҳосил бўлади.

Кабелнинг сифимини кабелли линияларда ремонт ишлари олиб борилганда ҳам ҳисобга олиш керак. Кабелли участкада ремонт ишини бошлашдан аввал, уни икки охиридан ажратиб, айрим симларини ўзаро улагандан сўнг, ремонт ишини бажарувчи шахснинг хавфсизлигини таъминлаш мақсадида ва кабелни конденсатор каби разрядлаш учун уларни ерга улаш керак.

Ўлчаш натижасида олинганлар бўйича кабелнинг сифими қуйидаги формула билан ҳисобланади:

$$C = \frac{I \cdot 10^3}{\omega \cdot U},$$

бу ерда I — амперметр кўрсатган ток, mA ;

U — вольтметр кўрсатган кучланиш, v ;

$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$ — ўзгарувчан ток бурчак частотаси, $сек^{-1}$

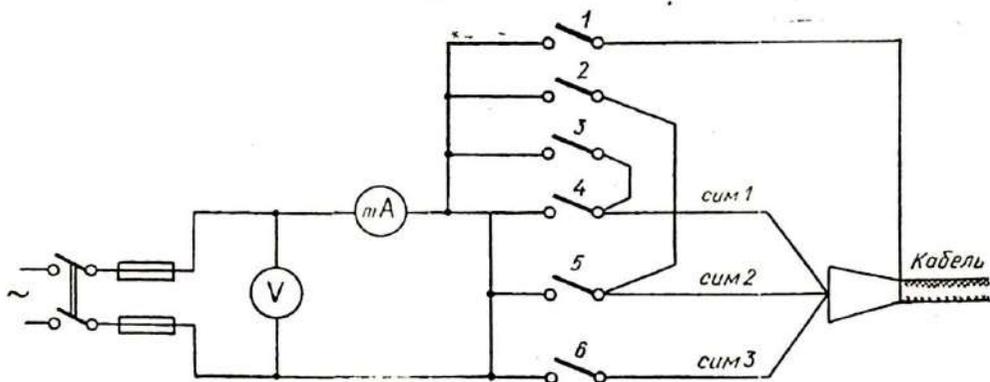
f — тармоқдаги ўзгарувчан ток частотаси, 50 гц ;

C — сифим, $мкф$.

III. Ишни бажариш тартиби.

1. 114-расмдаги схема йиғилади.

2. Берилган конденсаторнинг сифимини аниқлаш учун ажратгичнинг турли ҳолатида ток ва кучланишнинг катталиги ўлчанади:



114- расм

а) кабелнинг қобиғи билан ҳар бир сими орасидаги сифим,

б) кабелнинг симлари орасидаги сифим ўлчанади.

3. Ўлчаш натижалари 22- жадвалга ёзилади.

Тартиб №	Рубильниклар уланган	Ўлчаш жойи	Ўлчашлар		Ҳисоблашлар
			U в	I а	C мкф
1	1,4	сим 1 — қобиқ			
2	1,5	сим 2 — қобиқ			
3	1,6	сим 3 — қобиқ			
4	3,5	сим 1 — сим 2			
5	3,6	сим 1 — сим 3			
6	2,6	сим 2 — сим 3			

4. Ҳар бир ўлчаш натижалари асосида кабелнинг сигimini ҳисоблаб 22-жадвалга ёзилади.

IV. Контрол саволлар

1. Кабелнинг қандай конструктив қисмлари сигимга эга?
2. Ремонт ишлари олиб борилаётган кабель линияларида қандай хавфсизлик чораларини кўриш лозим?
3. Текширилаётган кабелнинг тузилиши қандай?

13-ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

Бир фазали трансформаторни текшириш

I. Ишдан нўзда тутилган мақсад

1. Трансформаторнинг тузилиши ва унинг паспорти билан танишиш.
2. Трансформация коэффициенти, фойдали иш коэффициенти, кучланиш тушувини ва қисқа туташув кучланишини аниқлаш.
3. Трансформаторнинг ташқи характеристикасини олиш.

II. Лаборатория ишига тушунтириш

Трансформаторнинг салт ишлаш тажрибаси пўлатдаги қувват исрофгарчилиги ΔP_n ни ва трансформаторнинг трансформация коэффициенти K ни аниқлаш учун ўтказилади. Бунда трансформаторнинг бирламчи чулғами қисмалари тармоқ кучланишига уланиб, иккиламчи чулғам қисмалари эса очиқ қолдирилади, яъни нагрузка уланмайди. Трансформаторнинг трансформация коэффициенти қуйидаги формула билан аниқланади:

$$K = \frac{U_1}{U_{20}}$$

бу ерда U_1 — трансформаторнинг бирламчи чулғамига берилган кучланиш, *в*;

U_{20} — трансформатор салт ишлаганда иккиламчи чулғам қисмаларидаги кучланиш, *в*.

Пўлат ўзакдаги қувват исрофгарчилиги бирламчи чулғамдаги ваттметрнинг кўрсатиши бўйича аниқланади.

Трансформаторнинг фойдали иш коэффициенти η , кучланиш тушуви ΔU ва ташқи характеристикаси $U_2 = f(I_2)$ ни олиш учун трансформаторнинг нагрузка тажрибаси ўтказилади. Трансформаторга симли реостат ёрдамида нагрузка берилиб, унинг ёрдамида иккиламчи чулғамдаги ток кучи I_2 нинг қиймати ўрнатилади.

I_2 нинг қийматини аввал қуйидаги формула билан ҳисоблаб топилади:

$$I_2 = \beta \cdot I_{2н},$$

бу ерда β — трансформаторнинг нагрузка коэффициенти, у 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 га тенг;

$I_{2н}$ — трансформатор иккиламчи чулғамининг паспортида кўрсатилган номинал ток, *а*.

Трансформаторнинг фойдали иш коэффициенти икки усул билан аниқланади:

а) аниқ усул

$$\eta' = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100 \%,$$

бу ерда P_2 — трансформаторнинг бераётган қуввати (иккиламчи чулғамга уланган ваттметрнинг кўрсатиши), *вт*.

P_1 — Трансформаторнинг тармоқдан истеъмол қиладиган қуввати (бирламчи чулғамга уланган ваттметрнинг кўрсатиши), *вт*.

б) тақрибий усул:

$$\eta'' = \frac{\beta \cdot P_{2н}}{\beta \cdot P_{2н} + \beta^2 \cdot \Delta P_m + \Delta P_n} \cdot 100 \%$$

бу ерда $P_{2н}$ — трансформатор иккиламчи чулғамининг паспортида кўрсатилган номинал қувват, *вт*;

ΔP_m — трансформаторнинг қисқа туташув тажрибасида, ваттметрнинг кўрсатиши бўйича аниқланадиган мисдаги қувват исрофгарчиликлари, *вт*;

ΔP_n — трансформаторнинг салт ишлаш тажрибасида ваттметрнинг кўрсатиши бўйича аниқланадиган пўлат ўзакдаги қувват исрофгарчиликлари, *вт*.

Эслатма. Трансформаторнинг паспортида, одатда, иккиламчи чулғамининг номинал тўла қуввати S_n кўрсатилган бўлади. Нагрузка қувват коэффициенти $\cos \varphi_2$ маълум бўлганда, уни тўла қувват S_n га кўпайтириб, актив қувват P ни ҳисоблаб топish мумкин.

Ушбу лаборатория ишида трансформаторнинг нагрзукаси сифатида актив қаршилик (симли реостат) олингани учун $\cos\varphi = 1$ га тенг, у ҳолда ф. и. к. формуласида

$$S_n = P_{2n}$$

дейиш мумкин.

Трансформатордаги кучланиш тушуви қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$\Delta U = \frac{U_1 - K \cdot U_2}{U_1} \cdot 100 \%$$

бу ерда ΔU — процентда ҳисобланган кучланиш тушуви;

U_1 — трансформаторнинг бирламчи чулғамидаги кучланиш, в;

U_2 — трансформаторнинг иккиламчи чулғамидаги кучланиш, в.

Трансформаторнинг қисқа туташув тажрибаси, мисдаги қувват исрофгарчилиги ΔP_M ни ва қисқа туташув кучланиши e_k ни аниқлаш учун ўтказилади. Бу тажрибани ўтказиш учун трансформаторнинг иккиламчи чулғами амперметр орқали қисқа туташтирилиб, бирламчи чулғамига потенциометр Π орқали шундай пасайтирилган кучланиш берилдики, бунда унинг бирламчи ва иккиламчи чулғамидан номинал ток ўтади. Трансформаторнинг қисқа туташув кучланиши қуйидаги формула билан аниқланади

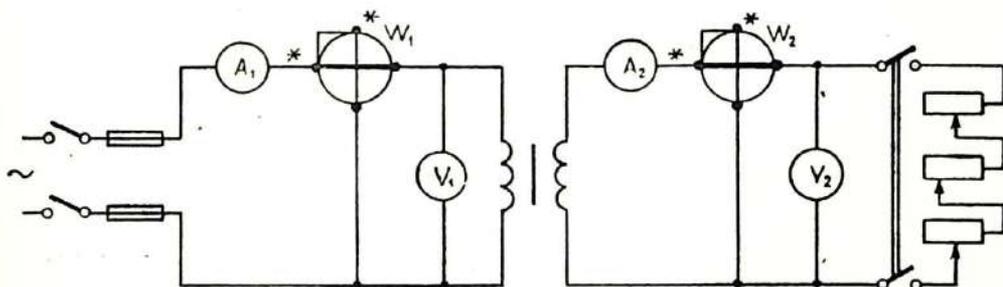
$$e_k = \frac{U_k}{U_{1n}} \cdot 100 \%$$

бу ерда U_k — трансформаторнинг бирламчи чулғамига берилган пасайтирилган кучланиш, в;

U_{1n} — трансформаторнинг паспортида кўрсатилган бирламчи чулғамнинг номинал кучланиши, в.

III. Ишни бажариш тартиби

1. 115-расмдаги схема йиғилади.



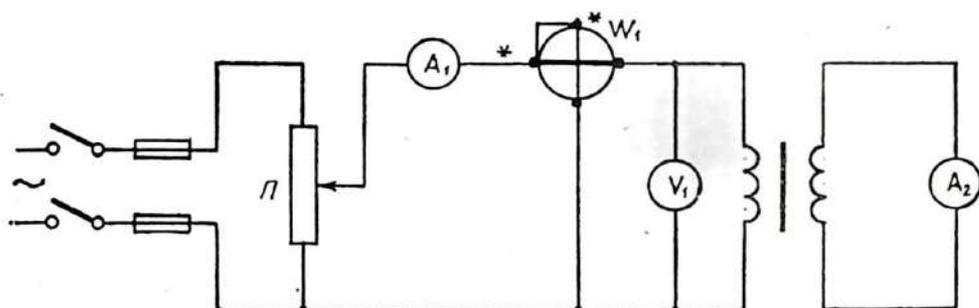
115- расм

2. Трансформаторнинг салт ишлаш тажрибасини ўтказиб, ўлчаш натижалари 23-жадвалга ёзилади.

Ўлчашлар				Ҳисоблашлар	
I_0	ΔP_n	U_1	U_2	K	$\frac{I_0}{I_{1H}} \cdot 100\%$
<i>a</i>	<i>вт</i>	<i>в</i>	<i>в</i>		

3. Трансформаторни нарузкалаш тажрибасини ўтказиб, ўлчаш натижалари 25-жадвалга ёзилади.

4. 116-расмдаги схема йиғилади.



116-расм

5. Трансформаторнинг қисқа туташув тажрибасини ўтказиб, ўлчаш натижалари 24-жадвалга ёзилади.

24-жадвал.

Ўлчашлар				Ҳисоблашлар	
$I_{к.т.}$	ΔP_m	U_k	ϵ_k	$\frac{\Delta P_m}{P_n} \cdot 100\%$	
<i>a</i>	<i>вт</i>	<i>в</i>	<i>%</i>		

6. Трансформаторнинг ташқи характеристикаси қурилади.

7. Лаборатория иши юзасидан хулоса чиқарилади:

а) тажрибадан олинган салт ишлаш токи I_0 ва қисқа туташув кучланиши e_k нинг қийматлари паспортда ва ўқув қўлланмаларида кўрсатилган қийматлари билан солиштириб кўрилади;

б) трансформаторнинг фойдали иш коэффициенти қандай нагрузкада энг катта қийматга эга бўлиши аниқланади;

в) трансформаторнинг назарий фойдали иш коэффициенти қандай нагрузкада максимал қийматга эга бўлиши аниқланади.

25-жадвал

№	Ўлчашлар						Ҳисоблашлар			
	β	I_1	U_1	P_1	I_2	U_2	P_2	η'	η''	ΔU
		<i>a</i>	<i>e</i>	<i>вт</i>	<i>a</i>	<i>e</i>	<i>вт</i>	%	%	%
1	0,2									
2	0,4									
3	0,6									
4	0,8									
5	1,0									

IV. Контрол саволлар

1. Бир фазали трансформаторнинг тузилиши ва ишлаш принципи қандай?

2. Трансформаторнинг трансформация коэффициенти нима ва уни қандай аниқланади?

3. Трансформатор ишлаганда унда қандай қувват исрофгарчилиги содир бўлади?

4. Трансформаторнинг салт ишлаш тажрибаси қандай бажарилади ва ундан қандай катталиклар аниқланади?

5. Трансформаторнинг қисқа туташув тажрибаси қандай бажарилади ва ундан қандай катталиклар аниқланади?

6. Трансформаторнинг фойдали иш коэффициенти қандай аниқланади?

14- ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

Уч фазали трансформаторни текшириш

I. Ишдан кўзда тутилган мақсад

1. Уч фазали икки чулғамли трансформаторнинг тузилиши ва паспорти билан танишиш.

2. Трансформаторнинг трансформация коэффициенти, фойдали иш коэффициенти, кучланиш тушуви ва қисқа туташув кучланишини аниқлашни ўрганиш.

3. Трансформаторни нагрузка режимида текшириш ва ташқи характеристикасини олиш.

II. Лаборатория ишига тушунтириш

1. Уч фазали трансформаторларни қуйидагича бириктириш схемалари қабул қилинган.

а) юлдуз ва ноль симли юлдуз Y/Y_0-0 .

б) юлдуз ва учбурчак— $Y/\Delta-11$

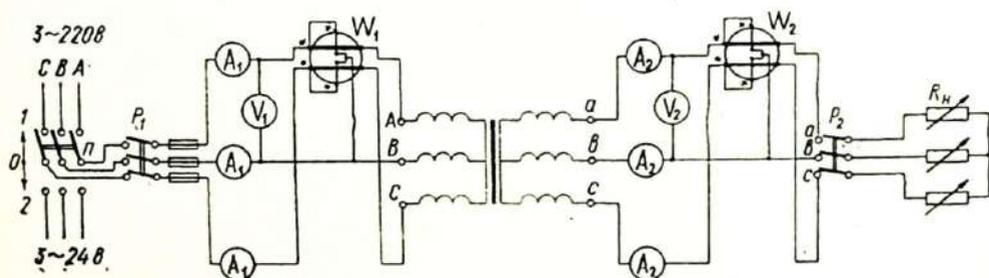
в) ноль симли юлдуз ва учбурчак— $Y_0/\Delta-11$.

Бундай бириктириш учун трансформация коэффициенти қуйидаги ифодалардан аниқланади:

$$Y/Y \text{ схемада бириктирилганда } K = \frac{U_{1\Phi}}{U_{2\Phi}} = \frac{U_{1Л}}{U_{2Л}}$$

$$Y/\Delta \text{ схемада бириктирилганда } K = \frac{U_{1Л}}{U_{1Л}} = \frac{U_{1\Phi} \sqrt{3}}{U_{2\Phi}}$$

2. Салт ишлаш тажрибаси. Трансформатор бирламчи чулғами қисмаларига номинал кучланиш берилиб, иккиламчи қисмаларининг очиқ (нагрузка уланмаган) қолдирилиши салт ишлаш режими деб аталади (117-расм). Бунда бирламчи чулғамдан салт ишлаш токи $I_0 = (5 \div 8) \% \cdot I_n$ ўтади.



117-расм

Салт режимда ишлаётган трансформатор қабул қилаётган қувват унинг пўлат ўзагини магнитлашга ва уюрма ток ҳосил қилишга сарф бўлади. Булар пўлатдаги исрофгарчилик ҳисобланади. Бирламчи чулғамни қиздириш учун сарф бўлган қувват салт ишлаш режимда ҳисобга олинмаса ҳам бўлади.

3. Қисқа туташув тажрибаси. Қисқа туташув тажрибасида трансформаторнинг иккиламчи чулғами учлари ҳеч қандай нагрукасиз уланади, бирламчи чулғам учларига эса автотрансформатор ёрдамида шундай пасайтирилган кучланиш берилдики, натижада унинг бирламчи ва иккиламчи чулғамларидан номинал ток ўтади. Бу пасайтирилган кучланиш қисқа туташув кучланиши деб аталади. Қисқа туташув кучланиши, одатда, номинал кучланишга нисбатан процентларда ифодаланади.

$$U_k \% = \frac{U_{\text{ф.к.т.}}}{U_{\text{ф.н}}} \cdot 100 \%,$$

бу ерда $U_{\text{ф.к.т.}}$ — қисқа туташув тажрибасида трансформаторнинг бирламчи чулғамига берилган фаза кучланиши, v ;
 $U_{\text{ф.н}}$ — трансформатор бирламчи чулғамининг паспорт бўйича номинал фаза кучланиши, v .

Қисқа туташув тажрибасида трансформатор истеъмол қилган қувват унинг бирламчи ва иккиламчи чулғамларининг қизишига сарф бўлиб, уни мисдаги исрофгарчиликлар (ΔP_M) деб аталади. Қисқа туташув кучланиши кичик бўлганлиги учун трансформатор ўзагидаги магнит оқими жуда кучсиз бўлади, шунга кўра, унинг пўлат ўзагини магнитлашга сарф бўлган қувват исрофгарчилигини ҳисобга олмасак ҳам бўлади.

Трансформаторнинг қисқа туташув параметрлари

1. Қисқа туташув актив қаршилиги

$$R_k = R_1 + R_2',$$

бу ерда R_1 — бирламчи чулғамнинг актив қаршилиги, $ом$;
 R_2' — иккиламчи чулғамнинг келтирилган актив қаршилиги, $ом$.

2. Қисқа туташув индуктив қаршилиги

$$x_k = x_1 + x_2',$$

бу ерда x_1 — бирламчи чулғамнинг индуктив қаршилиги, $ом$;
 x_2' — иккиламчи чулғамнинг келтирилган индуктив қаршилиги, $ом$.

3. Қисқа туташув тўла қаршилиги

$$z_k = \sqrt{R_k^2 + x_k^2}.$$

Бу қаршиликлар қисқа туташув тажрибасидан олинган маълумотлар бўйича қуйидаги формула билан аниқланади:

$$z_k = \frac{U_{\text{ф.к.т.}}}{I_{1н}},$$

бу ерда $U_{\text{ф.к.т.}}$ — қисқа туташув фаза кучланиши, v ;
 $I_{1н}$ — бирламчи чулғам номинал токи, a .

$$R_k = \frac{\Delta P_M}{I_{1н}^2},$$

бу ерда ΔP_M — ваттметрнинг кўрсатиши бўйича трансформаторнинг мис чулғамдаги қувват исрофгарчилиги, $вт$.

$$x_k = \sqrt{z_k^2 - R_k^2}$$

Трансформаторнинг асосий иш режими нагрузка режимидир. Нагрузка режимда трансформаторнинг иккиламчи чулғамга нагрузка уланади. Трансформаторни нагрузкада текшириш нагрузка реостатининг қаршилигини ўзгартириш билан олиб борилади (117-расмга қаранг).

Фаза ва линия кучланиши, фаза токи ва қувватини ўлчаш қуйидаги катталикларни аниқлашга имкон беради:

а) трансформаторнинг фойдали иш коэффициенти қуйидаги формулалар билан аниқланади.

Аниқ усул:

$$\eta' = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\%,$$

бу ерда P_2 — иккиламчи чулғамга бириктирилган нагрузкаларнинг қуввати, $вт$;

P_1 — трансформаторнинг тармоқдан истеъмол қиладиган қуввати, $вт$. Тақрибий усул:

$$\eta'' = \frac{\beta \cdot P_{2н}}{\beta \cdot P_{2н} + \beta^2 \cdot \Delta P_M + \Delta P_{II}} \cdot 100\%,$$

бу ерда β — трансформаторнинг нагрузка коэффициенти, уни 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 га тенг деб қабул қилинади;

$P_{2н}$ — трансформаторнинг номинал қуввати, $вт$. Трансформаторнинг паспортида унинг номинал тўла қуввати S_{II} да кўрсатилади. Мазкур лаборатория ишида трансформатор актив нагрузкада текшириляётгани учун

$$S_{II} = P_{2н};$$

ΔP_{II} — салт ишлаш тажрибасидан аниқландиган пўлатдаги қувват исрофгарчилиги бўлиб, уни бирламчи чулғамга уланган ваттметрнинг кўрсатиши бўйича аниқланади;

ΔP_M — қисқа туташув тажрибасидан аниқландиган мисдаги қувват исрофгарчилиги бўлиб, уни бирламчи чулғамга уланган ваттметрнинг кўрсатиши бўйича аниқланади.

б) Трансформатордаги кучланишнинг тушуви қуйидаги ифода бўйича аниқланади:

$$\Delta U = \frac{U_{1\phi} - K \cdot U_{2\phi}}{U_{1\phi}} \cdot 100\%,$$

бу ерда $U_{1\phi}$ — бирламчи чулғамнинг фаза кучланиши, в;
 $U_{2\phi}$ — иккиламчи чулғамнинг фаза кучланиши, в;
 K — трансформаторнинг трансформация коэффиценти.

в) Трансформаторнинг қувват коэффиценти.
 Қувват коэффиценти қуйидаги формула билан аниқланади:

$$\cos \varphi_1 = \frac{P_1}{\sqrt{3} \cdot U_{1л} \cdot I_1},$$

бу ерда $U_{1л}$ — бирламчи чулғам линия кучланиши, в;
 I_1 — бирламчи чулғам токи, а.

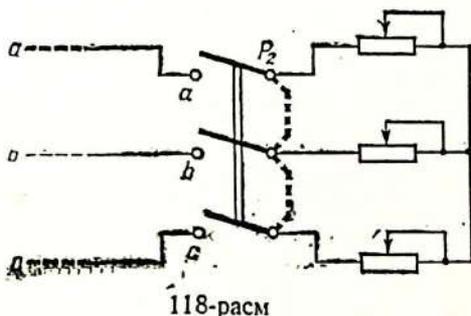
III. Ишни бажариш тартиби

1. Схемани йиғишдан аввал переключатель Π «0» ҳолатга ўтказилади. 117-расмдаги схемани йиғиб, салт ишлаш тажрибасини ўтказиш учун P_2 рубильнигини ажратиб P_1 рубильниги эса уланади, переключатель Π «1» ҳолатга (салт ишлаш ва нагрузка режимига) ўтказилади. Бирламчи чулғамнинг тармоқдан истеъмол қиладиган қуввати, токи ва линия кучланиши ўлчанади. Ўлчаш натижалари 26-жадвалга ёзилади.

26-жадвал

Ўлчашлар		
$I_{\text{оф}}$	$U_{\text{л}}$	ΔP
а	в	вт

2. Трансформаторни нагрузкаланган ҳолатида текшириш. Бунинг учун P_2 рубильникни улаб, нагрузка реостатлари ёрдамида трансформаторнинг ушла фазасидаги нагрузка бир текис ўзгартириб борилади. Бу тажриба нагрузка коэффиценти 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 қийматларга эга бўлган ҳолларда ўтказилади.



118-расм

Бирламчи ва иккиламчи чулғамнинг ўлчаш натижасида олинган ток кучи, кучланиши ва қувватлари 27-жадвалга ёзилади.

27-жадвал

Ўлчашлар							Ҳисоблашлар			
β	$I_{1\phi}$	$U_{1Л}$	P_1	$I_{2\phi}$	$U_{2Л}$	P_2	η'	η''	$\cos \varphi_1$	ΔU
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>вт</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>вт</i>	%	%		%
0,2										
0,4										
0,6										
0,8										
1;0										

3. Қисқа туташув тажрибаси. Схемани йиғишдан аввал переключатель Π ни «0» ҳолатга ўтказиб, P_1 ва P_2 рубильниклари ажратилади. Сўнгра нагрузка қисмалари a , b , c ни (118-расм) қисқа туташтириб, переключатель Π ни «2» ҳолатга (қисқа туташув режими)га ўтказилади. Ўқитувчи ёки лаборант схемани текшириб рухсат бергандан сўнг P_1 рубильниги уланади. Олинган қийматлар 28-жадвалга ёзилади.

28-жадвал

Ўлчашлар			Ҳисоблашлар			
$I_{ш}$	$U_{\phi-қ.т.}$	ΔP_M	U_K	z_K	R_K	x_K
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>вт</i>	%	ом	ом	ом

IV. Олинган натижалар бўйича қуйидаги графиклар қурилади

$$U = f(P_2); \eta' = f(P_2); \cos \varphi_1 = f(P_2).$$

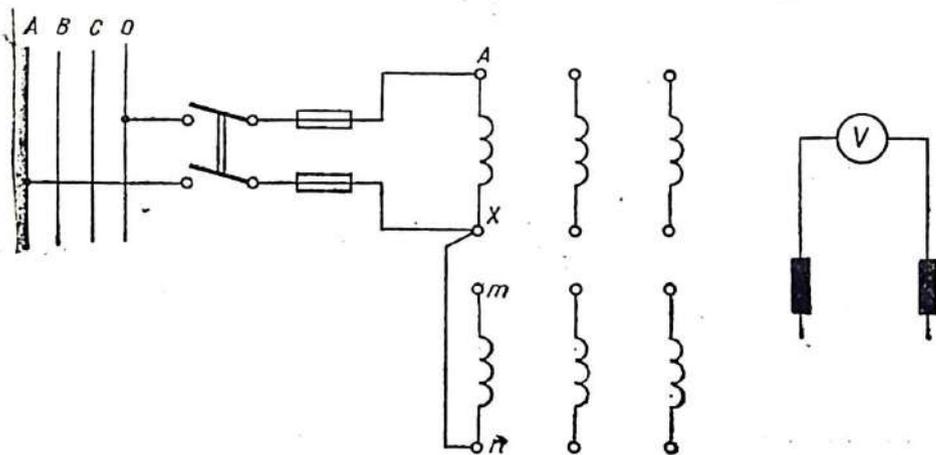
V. Тажрибада олинганларни трансформаторнинг паспортида берилганлар билан солиштириб унинг иши тўғрисида хулоса чиқарилади.

IV. Контрол саволлар

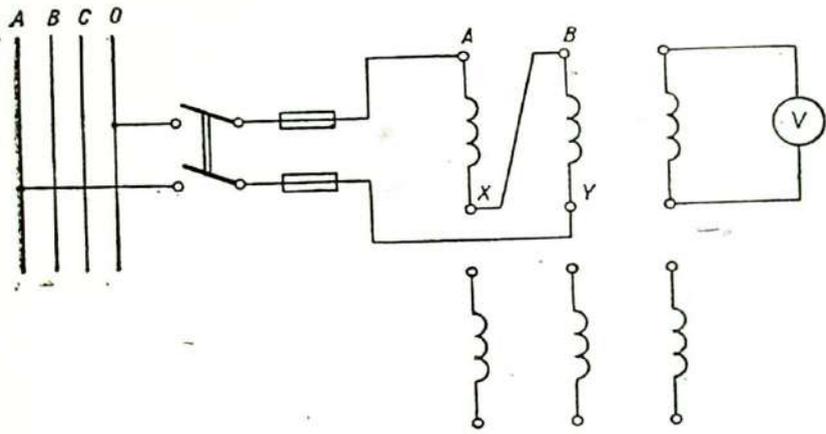
1. Уч фазали трансформатор қандай тузилган?
2. Нима учун трансформатор ўзаги пўлат пластинкалардан йиғилган?
3. Трансформатор чулғамларини қандай бириктириш схемаларини биласиз ва улар чизмада қандай белгиланади?
4. Уч фазали трансформаторнинг трансформация коэффициенти қандай аниқланади?
5. Трансформаторнинг қисқа туташув параметрлари қандай аниқланади?
6. Трансформаторнинг ташқи характеристикаси деб нимага айтилади?
7. Трансформаторнинг кучланиш тушуви деб нимага айтилади ва у қандай аниқланади?
8. Трансформаторнинг фойдали иш коэффициенти деб нимага айтилади ва у қандай усуллар билан аниқланади?

Лаборатория ишига қўшимча тушунтириш

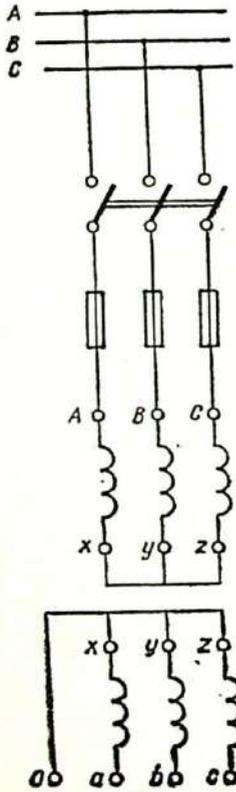
1. Трансформатор чулғамларининг бош ва охириги учларини аниқлаш. Уч фазали трансформатор чулғамларининг қисмаларини тўғри белгилаш учун бирон ихтиёрий бирламчи чулғамнинг иккита учидан бирини «бош» уч A ва иккинчисини «охирги» уч X деб белгилаш лозим. Шунга тегишли бўлган иккиламчи чулғамнинг «бош» учи a ва «охирги» x учларини аниқлаш учун, 119- расмдаги схема бўйича U_{Ax} , U_{mn} , U_{Am} кучланишлар ўлчанади. Агар $U_{Am} = U_{Ax} - U_{mn}$ бўлса, чулғамларнинг A ва m учлари бир хил қутбли, шунга кўра m иккиламчи чулғамнинг бош учи ҳисобланади ва a ҳарфи билан бел-



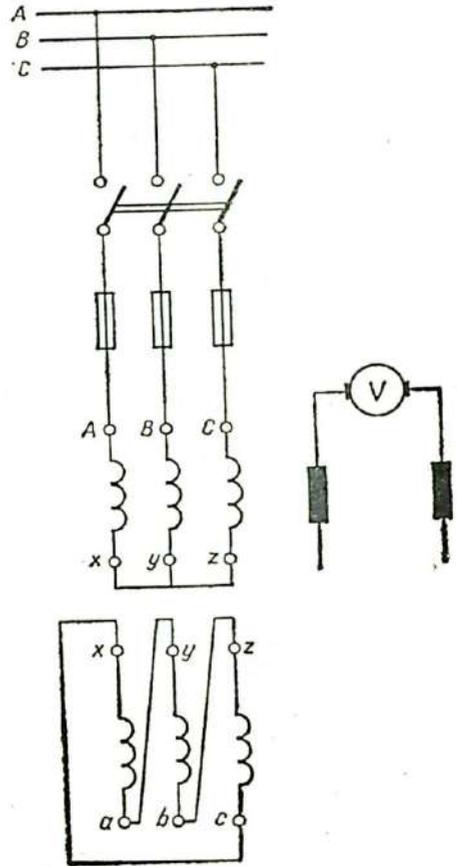
119- расм.



120- расм



121- расм.



122- расм.

гиланади, n учи эса иккиламчи чулғамнинг охириги учи ҳисобланади ва x ҳарфи билан белгиланади. Агар $U_{Am} = U_A + U_{ma}$ бўлса, y ҳолда A ва m учлари ҳар хил қутбли бўлади ва шунга кўра m учи иккиламчи чулғамнинг охириги учи ҳисобланади ва x ҳарфи билан белгиланади. Бирламчи ва шунга тегишли бўлган иккиламчи чулғамнинг учларини белгилаб олингандан сўнг бошқаларини аниқлашга киришилади. Учлари белгиланган бирламчи чулғамни бошқа бирламчи чулғам билан кетма-кег уланади. Учинчи бирламчи чулғамга вольтметр уланади (120-расм). Агар вольтметр катта қийматни кўрсатса, y ҳолда, бирламчи чулғамнинг охириги X учи иккинчи чулғамнинг бош учи B билан уланган бўлади. Агар вольтметрнинг кўрсатиши нолга яқин бўлса, y ҳолда биринчи чулғамнинг X учи иккинчи чулғамнинг y учи билан уланган бўлади. Иккиламчи чулғамнинг v ва y учлари аниқлангандан сўнг унинг ўрнига учинчи чулғам уланади, иккинчи чулғамга эса вольтметр уланиб, C ва Z учлари аниқланади. b, y ва c, z учлари ҳам A, X учлари каби аниқланади.

2. Трансформаторнинг чулғамлари $Y/Y_0 - 12$ ва $Y/\Delta - 11$ схемада бириктирилганда, унинг трансформация коэффиценти 121, 122-расмлардаги схемалар бўйича аниқланади. Ўлчаш натижалари 29-жадвалга ёзилади.

29-жадвал

Бириктириш схемаси	Ўлчашлар												
	U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}	U_A	U_B	U_C	U_{ab}	U_{bc}	U_{ca}	U_a	U_b	U_c	K
	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	
$Y/Y_0 - 12$													
$Y/\Delta - 11$													

15-ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

Параллел қўзғатишли ўзгармас ток генераторини текшириш

1. Ишдан кўзда тутилган мақсад

1. Ўзгармас ток генераторининг тузилиши ва схемасини ўрганиш.
2. Генераторнинг паспорти билан танишиш ва унда берилганларни ҳисоботга ёзиш.
3. Генераторнинг характеристикаларини олиш ва қуриш.

II. Лаборатория ишига тушунтириш

Ўзгармас ток генератори, айланма ҳаракатнинг механикавий энергиясини электр энергиясига айлантириб беради. У учта асосий қисмдан: машинанинг қўзғалмас ўзгармас ток электромагнети, механикавий энергия таъсирида ўзгарувчан э.ю.к. ҳосил қилувчи якорь, ўзгарувчан э.ю.к. ни ўзгармас э.ю.к. га айлантириб берувчи чўткали коллектордан иборат. Бу лаборатория ишида, генератор якорини айлантирувчи механикавий энергиянинг манбаи сифатида, қисқа туташган роторли уч фазали асинхрон двигатель хизмат қилади. Генераторнинг қўзғатиш чулғами (электромагнит чулғами) якорь чулғамига параллел улашини билан характерланади.

Якорь чулғамида индуктивланган э.ю.к.:

$$E = c\Phi n$$

бу ерда n — якорнинг айланиш тезлиги, *айл/мин*;

Φ — якорь чулғами кесиб ўтган бир магнит қутбининг оқими, *вб*;

c — берилган машина учун ўзгармас коэффициент.

Генератор учларидаги кучланиш қуйидаги формула билан аниқланади:

$$U = E - I_a R_a,$$

бу ерда E — якорда индуктивланган э.ю.к. *в*;

I_a — якорь чулғамидаги ток, *а*;

R_a — якорь чулғамининг қаршилиги, *ом*.

Генератор учларидаги кучланишни бошқариш учун, қўзғатиш занжирдаги реостат ёрдамида, қўзғатиш тоқининг кучи ўзгартирилади.

Электр машиналарининг хоссаларини уларнинг характеристикаларни ёрдамида осон тушунилади. Бу характеристикалар машинага онд барча катталиклар ўзгармай туриб, фақат икки асосий параметри ўзгарганда улар орасидаги боғланишни ифода этувчи эгри чизиқдан иборат. Генератор учун якорнинг айланиш сони амалда ўзгармас бўлиб, ўзгарувчан катталиклар якорь учидаги кучланиш, якорь тоқи ва қўзғатиш тоқи ҳисобланади.

Параллел қўзғатишли ўзгармас ток генераторини текширганда, унинг учта асосий характеристикаси олинади.

Салт ишлаш характеристикаси. Нагрузка тоқи ноль ва якорнинг айланиш тезлиги ўзгармас бўлганда, генератор учларидаги кучланиш U нинг қўзғатиш тоқи I_k га боғланишини кўрсатувчи эгри чизиқ генераторнинг салт ишлаш характеристикаси бўлади, яъни

$$U = f(I_k); \quad I = 0; \quad n = \text{const.}$$

Характеристика генераторнинг ўз-ўзидан қўзғатиш жараёнида олинади. Салт ишлаш режимида якордан қўзғатиш тоқига тенг ток

ўтади. Якорь қаршилиги кичик бўлганлиги учун якордаги кучланиш тушувини эътиборга олмасак, генераторнинг учларидаги кучланишни индуктивланган э. ю. к. га тенг деб ҳисоблаш мумкин, яъни

$$U = E.$$

2. Ташқи характеристика. Қўзғатиш занжирининг қаршилиги ва якорнинг айланиш тезлиги ўзгармай турганида генератор учларидаги кучланишнинг нагрузка токи билан қандай боғланганлигини кўрсатувчи эгри чизиқ ташқи характеристика бўлади, яъни

$$U = f(I); \quad R_K = \text{const}, \quad n = \text{const}.$$

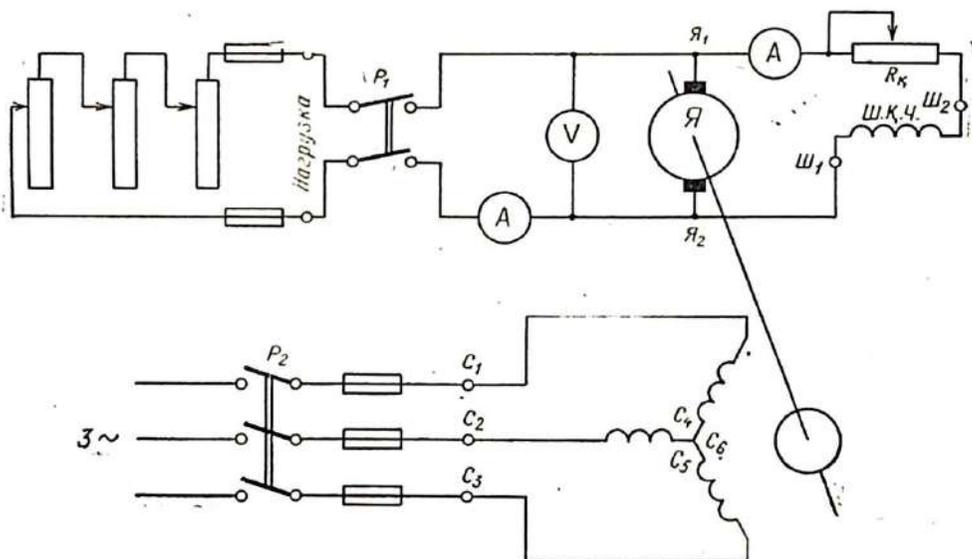
3. Ростлаш характеристикаси. Генератор учларидаги кучланиш ва якорнинг айланиш тезлиги ўзгармай турганида қўзғатиш токининг нагрузка токи билан қандай боғланишини кўрсатувчи эгри чизиқ ростлаш характеристикаси бўлади, яъни

$$I_K = f(I); \quad U = \text{const}; \quad n = \text{const}.$$

Ростлаш характеристикаси турли нагрузкаларда, генераторнинг учларидаги кучланишни бир хил (ўзгармас) ушлаб туриш учун қўзғатиш токини қанча ўзгартириш кераклигини кўрсатади.

III. Ишни бажариш тартиби

1. 123-расмдаги схема йнғилгандан сўнг, уч фазали қисқа туташган роторли асинхрон двигателни юргизиб, генераторниг ишини текшираимиз. Қўзғатиш занжиридаги ростлаш реостатининг қаршилигини тўла улаб, вольтметр кўрсатишининг ўзгаришини кузатамиз.



123-расм.

Вольтметр бир неча вольтга тенг қолдиқ магнит оқими индуктивлаган э. ю. к. ни кўрсатади. Агар генераторнинг схемаси тўғри йирилган бўлса, реостатнинг қаршилигини камайтира борганимизда вольтметрнинг кўрсатиши орта боради. Агар вольтметрнинг кўрсатиши ортмаса, у ҳолда генератор қўзғалмаган, яъни қолдиқ магнетизм магнит майдони билан қўзғатиш токининг магнит майдони бир томонга йўналмаган бўлади. Бу ҳолда агрегатни тўхтатиб, двигателнинг айланиш йўналишини ўзгартириш ёки қўзғатиш зanjирининг якорь чулғамларига уланган учларини алмаштириш керак.

2. Салт ишлаш характеристикасини олиш. Бунинг учун ростлаш реостатининг ёрдамида қўзғатиш токини орттириш билан генераторнинг учларидаги кучланишни (1,2 — 1,25) U_n гача ўзгартирамиз. Шундан сўнг қўзғатиш токи нолгача камайтирилади. Ўлчаш натижалари 30-жадвалга ёзилади.

30-жадвал

I_k	a								
U	b								
U	b								

3. Ташқи характеристикани олиш. Нагрузка токи нолга тенг бўлганда қўзғатиш токининг шундай қийматини танлаш керакки, бунда генератор учларидаги кучланиш номинал кучланишига тенг бўлсин. P_1 рубильник орқали нагрукани улаб, якорь токини 0 дан I_n гача ўзгарганимизда генератор учларидаги кучланишнинг камайишини кузатамиз, қўзғатиш зanjирдаги қаршилиқ ўзгармасдан қолдирилади. Ўлчаш натижалари 31-жадвалга ёзилади.

31-жадвал

I_a	a								
U	b								

4. Генераторнинг ростлаш характеристикасини олиш. Нагрузка токи нолга тенг бўлганда генератор учларида номинал кучланиш ҳосил қилинади. Кучланишни ўзгартмай, якорь токини 0 дан I_a гача ўзгартамиз. Кучланиш қўзғатиш зanjирдаги реостат ёрдамида қўзғатиш токини ўзгартиш билан бир хил ушлаб турилади. Ўлчаш натижалари 32-жадвалга ёзилади.

$I_{я}$	a							
$I_{к}$	a							

5. Барча характеристикалар қурилади.

6. Ҳар бир характеристика хусусиятларининг қандай физикавий процессларга боғлиқ эканлиги тушунтирилади. Иш бўйича хулоса чиқарилади.

IV. Контрол саволлар

1. Параллел қўзғатишли ўзгармас ток генераторининг тузилиши ва ишлаш принципи қандай?
2. Коллекторнинг вазифаси нима?
3. Салт ишлаш характеристикаси нима ва у қандай олинади?
4. Ташқи характеристикаси нима ва у қандай олинади?
5. Ростлаш характеристикаси нима ва у қандай олинади?

16- ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

Параллел қўзғатишли ўзгармас ток двигателни текшириш

I. Ишдан кўзда тутилган мақсад

1. Параллел қўзғатишли ўзгармас ток двигателнинг тузилишини ва схемасини ўрганиш (шунтли двигатель).
2. Двигателнинг паспорти билан танишиш ва унда берилганларни ҳисоботга ёзиш.
3. Двигателни тармоққа улашни ўрганиш.
4. Двигателнинг тезлигини ва айланиш йўналишини ўзгартиришни ўрганиш.
5. Двигателнинг характеристикаларини олиш.

II. Лаборатория ишига тушунтириш

Параллел қўзғатишли ўзгармас ток двигателнинг қўзғатиш чулғами якорь чулғамига параллел уланади. Бу двигатель айланиш тезлигининг жуда кенг чегарада ўзгартирилиши билан бошқа хил двигателлардан фарқ қилади. Двигатель ишлаётганда қўзғатиш ва якорь чулғамлари орқали ток ўтади. Қўзғатиш чулғамларидаги ток двигатель номинал токининг 5—10% ини ташкил этади. Якорь

чулгаларидаги ток ўқдаги нагрузкага боғлиқ бўлади ва қуйидаги формула билан аниқланади

$$I_{я} = \frac{U - E}{R_{я}}$$

бу ерда U — тармоқ кучланиши, *в*;

E — якорь чулғамларида ҳосил бўладиган э.ю.к., *в*. U ток-ка тескари йўналган бўлади ва шунинг учун ҳам тескари э.ю.к. деб аталади;

$R_{я}$ — якорь чулғамининг қаршилиги, *ом*.

Двигателни юргизиш, яъни уни тармоққа улаш пайтида якорь чулғамидан ўз номинал қийматига нисбатан 10 — 20 марта катта бўлган ток ўтади чунки юргизиш вақтида тескари э.ю.к. нолга тенг бўлади. Якорь токининг қиймати қуйидагича аниқланади:

$$I_{я} = \frac{U}{R_{я}}$$

Токнинг бундай катта қийматида двигателнинг коллектори эриб кетиши мумкин. Бунга рухсат этилмайди. Юргизиш токини камайтириш учун якорга кетма-кет қилиб юргизиш реостати уланади. Бундай ҳолда якорь токи юргизиш вақтида қуйидагича топилади:

$$I_{я} = \frac{U}{R_{я} + R_{юр}}$$

бу ерда $R_{юр}$ — юргизиш реостатининг қаршилиги, *ом*.

Юргизиш реостатининг қаршилиги, юргизиш токини йўл қўйиш мумкин бўлган қийматигача, яъни ўз номинал қийматидан 2 — 2,5 мартадан зиёд бўлмаган қийматгача камайтирадиган қилиб танлаб олинади. Двигателни юргизишда якорь токи тез камайиши учун тескари э.ю.к. E тез ошиши керак. Чунки

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

бу ерда c — машина доимийси;

Φ — қутбларнинг бир жуфтига тегишли магнит оқими, *вб*;

n — айланиш тезлиги, *айл/мин*.

Φ магнит оқими максимал қийматига эришиши учун, шу магнит оқимини ҳосил қилаётган қўзғатиш токи ҳам максимал қийматга эга бўлиши керак. Шунинг учун қўзғатиш занжирларидаги реостат юргизиш вақтида узилган бўлиши керак. Двигатель қўзғатиш занжирининг ишончлилигига алоҳида эътибор бериш лозим. Агар двигатель ишлаётганда қўзғатиш занжири узилса, биринчидан, якорь занжирида ток ортиб кетади, иккинчидан, двигатель тезлиги катта қийматигача ўсиб боради, бу эса двигатель учун хавфлидир. Ҳақиқатан ҳам, қўзғатиш занжири узилганда қўзғатиш занжирдаги $I_{к}$ ток нолга тенг бўлади. Шундай қилиб, магнит оқими, тескари э.ю.к. ва якордаги ток номинал қийматидан бир неча марта ортиб кетади. Қўзғатиш занжирининг индуктивлиги катта бўлганлиги сабабли, бу тўсатдан содир бўлмай, бирор вақт ичида давом этади. У якорь токининг ортиши

Ф магнит оқимининг камайишидан тезроқ содир бўлади. Шунинг учун аввал двигателнинг айлантирувчи моменти

$$M = K \cdot \Phi \cdot I_a$$

ортади ва натижада двигатель айланиш тезлигининг ўсиши содир бўлади. Двигателнинг айланиш йўналишини ўзгартириш учун якорга ёки қўзғатиш чулғамларига келаётган симларнинг ўрнини алмаштириш керак. Агар манба қисмаларидаги симларнинг ўрнини алмаштирсак, двигателнинг айланиш йўналиши ўзгармайди.

Двигателнинг айланиш тезлигини ўзгартириш учун қўзғатиш токни ўзгартириш керак, чунки бундай ҳолда магнит оқими ва айланиш тезлиги ҳам ўзгаради, яъни

$$n = \frac{U - I_a R_a}{c \cdot \Phi}$$

Қўзғатиш токни ўзгартириш учун R_p ростлаш реостати қўлланилади. Двигателнинг хусусиятларини аниқлаш учун қуйидаги характеристикалар бўлиши керак.

1. Салт ишлаш характеристикаси — двигатель қисмаларидаги кучланиш ўзгармаганда ва ўқдаги фойдали қувват $P_2 = 0$ бўлганда якорь айланиш тезлигининг қўзғатиш токига боғлиқлиги, яъни $n = f(I_k)$ бунда $U = U_H = \text{const}$; $P_2 = 0$ бўлиши керак. Бундай характеристика двигателнинг айланиш тезлиги қандай ўзгаришини кўрсатади.

2. Ташқи характеристика қўзғатиш токи ўзгармас бўлиб, кучланиш номинал бўлганда, двигатель айланиш тезлигининг якорь токига, яъни ўқдаги нагрузкага боғлиқлигини кўрсатади, яъни $n = f(I_a)$. Бунда $I_k = \text{const}$ ва $U = U_H = \text{const}$ бўлиши керак. Нагрузка двигатель билан бир ўққа маҳкамланган мустақил қўзғатишли генератор ёрдамида ҳосил қилинади. Нагрузка ҳосил қилиш учун генераторнинг қўзғатиш занжиридаги рубилник P_2 ни улаб (124-расмга қаралсин), сўнгра генераторнинг якорини нагрузка қаршилиги билан боғлайдиган рубильник P_3 улашиши керак. Генераторнинг қўзғатиш занжиридаги $R_{к.ген}$ қаршилигини ўзгартирганимизда генератор нагрузкасини ва шунинг билан двигатель нагрузкасини ўзгартирган бўламиз. Қўшимча равишда нагрузкани ўзгартириш учун қўшимча қаршилиқ $R_{нагр}$ ни ўзгартирса ҳам бўлади. Якорь токи ортса, айланиш тезлиги камай боради. Якорь реакцияси натижада, якорь токнинг ортиб боришида магнит оқими бир оз камайди ва шунинг учун двигатель айланиш тезлигининг ўзгариши жуда кам бўлади. Бундай характеристика тезлик характеристикаси ҳам деб аталади. Параллел қўзғатишли двигателнинг тезлик ёки ташқи характеристикаси қаттиқдир.

3. Ростлаш характеристикаси — айланиш тезлиги ва кучланиши ўзгармаганда двигатель қўзғатиш токнинг якорь токига боғлиқлиги, яъни

$$n = \text{const} \quad U = U_H = \text{const}$$

бўлганда

$$I_k = f(I_a)$$

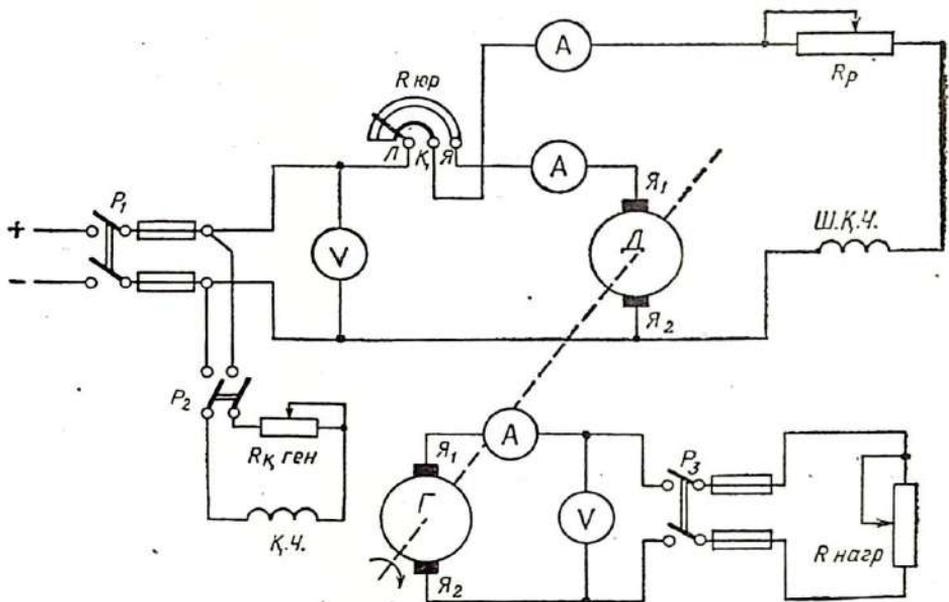
бўлади.

Ростлаш характеристикаси якорь токи ўзгарганда айланиш тезлиги ўзгармаслиги учун, двигатель қўзгатиш токини қандай ўзгартириш кераклигини кўрсатади.

III. Ишни бажариш тартиби

1. Двигательнинг тузилиши билан танишилади ва унинг паспортда берилганларни ҳисоботга ёзилади.

2. 124-расмдаги схема йиғилади.



124-расм.

3. Двигательни тармоққа улаб, айланиш йўналишини белгила-
нади. Юргизиш тартиби қуйидагилардан иборат:

а) $R_{ю}$ юргизиш реостатининг ҳолати текширилади (қаршилик тўла уланган бўлиши керак),

б) қўзгатиш занжиридаги $R_{к}$ реостатнинг ҳолати текширилади (қаршилик $R_{к} = 0$ бўлиши керак),

в) рубильник P_1 уланиб, двигательга кучланиш берилади,

г) аста-секин, 6—8 секунд давомида юргизиш реостатининг қар-
шилиги нуль қийматгача камайтирилади.

4. Айланиш йўналиши ўзгартирилади ва сўнгра аввалги айланиш йўналишига келтирилади.

5. Салт ишлаш характеристикаси олинади. Қўзғатиш токини ўзгартириш чегараси ўқитувчи томонидан кўрсатилади. Олинган ўлчаш натижалари 33- жадвалга ёзилади.

33- жадвал

I_{κ}	a						
n	айл/мин						

6. Ташқи характеристика олинади. Якорь токини ўзгартириш чегараси ўқитувчи томонидан берилади. Олинган ўлчаш натижалари 34- жадвалга ёзилади.

34- жадвал

$I_{я}$	a						
n	айл/мин						

7. Ростлаш характеристикаси олинади. Айланиш тезлигининг миқдори ўқитувчи томо идан берилади. Якорь токини ўзгартириш чегараси эса ташқи характеристикадагидек олинади. Ўлчаш натижалари 35- жадвалга ёзилади.

8. Двигателнинг характеристикалари қурилади.

9. Двигателга нагрузка берилганида унинг айланиш тезлигини ўзгартириш чегараси ва ростлаш мумкинлиги тўғрисида хулоса чиқарилади.

35- жадвал

$I_{я}$	a						
I_{κ}	a						

IV. Контрол саволлар

1. Двигатель тармоққа қандай уланади?
2. Параллел қўзғатишли двигателнинг тузилиши ва ишлаш принципи қандай?
3. Двигателнинг айланиш йўналишини қандай ўзгартириш мумкин?
4. Агар двигатель ишлаётган вақтда қўзғатиш занжири узилса, нима содир бўлади?
5. Двигателнинг салт ишлаш характеристикаси нима ва у қандай олинади?
6. Двигателнинг ташқи характеристикаси нима ва у қандай олинади?
7. Двигателнинг ростлаш характеристикаси нима ва у қандай олинади?

17- ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

Кетма-кет қўзғатишли ўзгармас ток двигателини текшириш

I. Ишдан кўзда тутилган мақсад

1. Кетма-кет қўзғатишли ўзгармас ток двигателининг тузилиши ва схемасини ўрганиш.
2. Двигателнинг паспорти билан танишиш.
3. Двигателни тармоққа улашни ўрганиш.
4. Двигателнинг айланиш йўналишини ўзгартиришни ўрганиш.
5. Двигателнинг характеристикаларини олиш.

II. Лаборатория ишига тушунтириш

Кетма-кет қўзғатишли ўзгармас ток двигателяда қўзғатиш чулғами билан якорь чулғами кетма-кет уланган бўлади, шунинг учун қўзғатиш токи I_k якорь токи I_a га тенг, яъни

$$I_k = I_a = I.$$

Бу двигатель бошқа барча типдаги двигателлар ичида ўзгармас ва ўзгарувчан ток занжирларида ишлайдиган бирдан-бир двигателдир. Бу двигателлар махсус характеристикаларга эга бўлганлиги учун, улардан транспортда ва турли ички ёнув двигателларини юргизиб юборишда (автомашинанинг стартёри ва бошқаларда) фойдаланиш мумкин. Кетма-кет қўзғатишли двигателни нагрукасиз юргизиб юбориш мумкин эмас, чунки бунда унинг айланиш тезлиги номинал қийматидан 3—4 марта ортиб кетади. Бунга сабаб двигатель салт ишлаганда кам ток истеъмол қилишидир. Демак қўзғатиш чулғамидан ўтган ток қутбларда ҳосил қилган магнит оқимлари ҳам кам бўлади. Тезлик формуласидан:

$$n = \frac{U - I_a(R_a + R_k)}{c\Phi},$$

- бу ерда R_a — якорь чулғамининг қаршилиги;
 R_k — қўзғатиш чулғамининг қаршилиги;
 U — тармоқдаги ўзгармас ток кучлиниши;
 I_a — якорь чулғамидаги ток;
 c — машина доимийси.

Формуладан кўриниб турибдики, магнит оқими кам бўлганда айланиш тезлиги катта бўлиши керак. Шунинг учун, одатда, бундай двигателни ўқида 25% дан кам бўлмаган номинал нагрукда юргизиш мумкин. Двигатель токининг миқдори нагруккага боғлиқ бўлиб, қуйидаги формула билан аниқланади;

$$I = \frac{U - E}{R_a + R_k},$$

бу ерда E — якорда ҳосил бўлган э. ю. к. бўлиб, уни тескари э. ю. к. деб аталади, чунки у двигатель токини камайтиради.

Юргизиш вақтида тескари э.ю. к. E нолга тенг:

$$E = c \cdot n \cdot \Phi = 0$$

чунки, двигатель тезлиги n юргизиш вақтида нолга тенг. У ҳолда юргизиш вақтидаги двигатель токи

$$I_{юр} = \frac{U}{R_{я} + R_{к}},$$

жуда катта бўлиб, номинал қийматидан тахминан 10 марта ортиб кетади. Уни камайтириш учун двигатель якorigа кетма-кет қилиб юргизиш реостати $R_{юр}$ уланади ва двигательнинг токи юргизиш вақтида қуйидагига тенг бўлади:

$$I_{юр} = \frac{U}{R_{я} + R_{к} + R_{юр}}$$

Юргизиш реостатининг қаршилиги $R_{юр}$ шундай танлаб олиндики, бунда двигательнинг юргизиш токи номинал қийматидан 2÷2,5 марта ошиб кетмаслиги керак.

Двигателни юргизиш қуйидаги тартибда бажарилади:

1) юргизиш реостатининг ҳолати текширилади — у тўла уланган бўлиши керак,

2) рубильник уланиб, двигательга кучланиш берилади,

3) бир неча секунд давомида юргизиш реостатининг қаршилигини нолгача камайтирилади, яъни қаршилик тўла чиқарилади.

Двигателнинг айланиш йўналишини ўзгартириш учун қўзғатиш чулғамларига ёки якorigа келаётган симларнинг ўринларини алмаштириш лозим. Агар ток манбандан келаётган симларнинг уринларини алмаштирсак, двигательнинг айланиш йўналиши узгармайди. Двигателнинг хусусиятларини аниқлаш учун қуйидаги иш характеристикалари олинади:

1) двигатель фойдали иш коэффициенти η нинг ўқдаги нагрузка P_2 га боғлиқлиги, яъни

$$\eta = f(P_2)$$

2) двигательнинг айланиш тезлиги n нинг истеъмол қилинаётган I токига ёки тармоқ кучланиши U ўзгармаганда ўқдаги нагрузкага боғлиқлигини кўрсатадиган ташқи ёки тезлик характеристикаси, яъни

$$n = f(I); \quad U = \text{const.}$$

Кетма-кет қўзғатишли двигатель юмшоқ характеристикага эга, шунинг учун унинг айланиш тезлиги нагрузканинг ошиши билан кескин пасайиб кетади. Бунга сабаб шуки, нагрузканинг ошиши билан қўзғатиш токи ортади, бу эса машина магнит оқимининг кучайишига олиб келади;

3) айлантурувчи момент M нинг двигатель айланиш тезлиги n га боғлиқлиги, яъни

$$M = f(n).$$

Двигателнинг фойдали иш коэффициентини тақрибий усул билан аниқлашдан аввал ундаги қувват исрофгарчилиги аниқланади. Қувват исрофгарчилиги чулғамлардаги исрофгарчилик ΔP_m , якорь ўзагидаги исрофгарчилик ΔP_y , механикавий исрофгарчилик $\Delta P_{\text{мех}}$ ва қўшимча исрофгарчиликлар ΔP_k дан ташкил топади, яъни

$$\Delta P = \Delta P_m + \Delta P_y + \Delta P_{\text{мех}} + \Delta P_k.$$

Мисдаги қувват исрофгарчилиги қўйидаги формуладан аниқланади:

$$\Delta P_m = I^2 \cdot R$$

бу ерда R — якорь ва қўзғатиш чулғамларининг қаршилиги, яъни

$$R = R_y + R_k$$

уни Ом қонунига асосланиб қўйидагича аниқлаш мумкин. Двигатель токи қўйидагига тенг

$$I = \frac{U - E}{R}.$$

Якорь қўзғалмаганда

$$I = \frac{U}{R}, \text{ бундан } R = \frac{U}{I},$$

бундан двигатель қаршилиги аниқланади. Якорь қўзғалмай туриши учун уни механикавий тормоз ёрдамида тўхтатилади. Қаршиликни ўлчаш токнинг турли катталикларида 3 марта бажарилади ва унинг ўртача қиймати аниқланади. Машина узоқ муддат ишлаганда қизийди ва чулғамининг қаршилиги ошади. Шунинг учун муҳит температурасида олинган қаршиликни иш температурасига келтириш керак. Нормага мувофиқ муҳит температурасини 25°C ва чулғамларнинг иш температурасини 75°C деб қабул қилиб, қаршиллик қўйидаги формула билан аниқланади:

$$R = R_{75} = R_{25} \cdot \frac{235 + 75}{235 + 25}.$$

Бошқа қувват исрофгарчиликлари двигателнинг салт ишлаш тажрибасидан топилади. Двигатель салт ишлаганда тармоқдан олаётган қувватининг ҳаммаси фақат исрофгарчиликни қоплашга сарф бўлади. Агар ана шу қувватдан мисдаги исрофгарчиликни айириб ташласак, двигатель олаётган токка боғлиқ бўлмаган бошқа исрофгарчиликлар қолади. Бу исрофгарчиликни $\Delta P'$ орқали белгилаймиз. У қўйидагига тенг бўлади:

$$\Delta P' = P_0 - I_0^2 \cdot R = \Delta P_{\text{п}} + \Delta P_{\text{мех}} + P_k$$

бу ерда P_0 — двигатель салт ишлаганда истеъмол қилинаётган қувват,

I_0 — двигателнинг салт ишлаш токи.

Механикавий исрофгарчиликлар $\Delta P_{\text{мех}}$ вентиляцияцион ва подшипниклардаги ишқаланишга кетадиган исрофгарчиликларидан иборат. Вентиляцияцион исрофгарчиликлар айланиш тезлигига боғлиқ бўлганидан

двигателнинг салт ишлаш тажрибасини турли тезликларда ўтказиб, ҳар хил тезликларда тегишли $\Delta P'$ аниқланади. Двигателнинг салт ишлашдаги тезлигини ўзгартириш учун унинг қисмаларидаги кучланиш ўзгартирилади. Кучланиш эса, двигательга кетма-кет уланган реостатлар ёрдамида ўзгартирилади. Ўлчашлар айлаиш тезликларининг 7—8 қийматлари учун бажарилади.

Фойдали қувват истеъмол қилинаётган қувватдан исрофгарчиликнинг айрилганига тенг бўлади:

$$P_2 = P_1 - \Delta P = P_1 - \Delta P_{\text{мех}} - \Delta P'.$$

Фойдали қувватнинг истеъмол қилинаётган қувватга нисбати фойдали иш коэффициентини беради:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\%.$$

Фойдали қувватнинг двигатель айлаиш бурчак тезлигига нисбати двигатель ўқидаги моментни беради:

$$M = \frac{P_2}{2\pi n/60} = 0,102 \frac{30 \cdot P_2}{\pi n} \text{ кгм} = 975 \frac{P_2}{n} \text{ кгм} = 9550 \frac{P_2}{n} \text{ нм}.$$

Бошқа характеристикаларни олиш учун двигательнинг нагрузка тажрибаси ўтказилади. Нагрузка механик тормоз ёрдамида берилади. Тормозга қўл кучи билан таъсир этиб, ёки турли оғирликдаги тошларни осиб двигательнинг нагрузкасини ўзгартириш мумкин. Тажриба тармоқнинг тўла кучланишида ўтказилади, яъни реостатларнинг қаршилиги нолга тенг. Тажрибада двигательнинг нагрузкаси нолдан номиналгача ўзгартирилган ораликдаги 7—8 қийматлари олинади. Двигателнинг номинал қуввати, унинг паспортда кўрсатилган номинал токни истеъмол қилаётганида аниқланади.

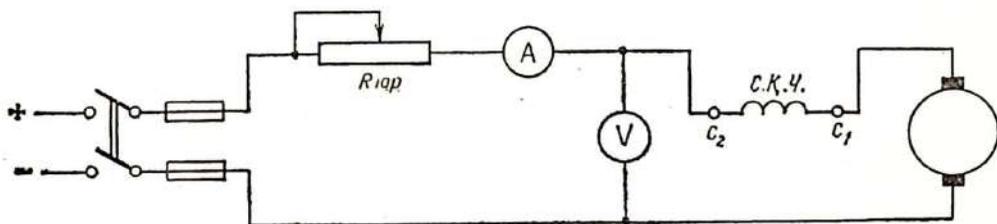
III. Ишни бажариш тартиби

1. Двигателнинг тузилиши билан танишиб, унинг паспортда берилганларни ҳисоботга ёзилади.

2. 125-расмдаги схема йиғилади.

3. Юргизиш қондасига риоя қилиниб двигатель уланади ва айлаиш йўналиши кузатилади.

4. Айлаиш йўналиши ўзгартирилади ва яна аввалги йўналишига келтирилади.



125-расм.

36- жадвал

№	U	I	R
	v	a	ом
1		2	
2		3	
3		4	

5. Юргизиш қаршилиги уланиб, механикавий тормоз ёрдамида двигатель якори тўхтатилади ва ўлчаш натижалари 36- жадвалга ёзилади.

6. Тормоз бўшатилиб, двигателнинг салт ишлаш тажрибаси ўтказилади. Тезликни аста-секин максимал қайматигача ошира бориб, ўлчаш натижалари 37- жадвалга ёзилади.

37- жадвал

№	Ўлчашлар			Ҳисоблашлар		
	n	U_0	I_0	P_0	P_M	P'
	айл/мин	v	a	вт	вт	вт
1						
...						
n						

7. Нагрузка тажрибаси ўтказилиб ўлчаш натижалари 38- жадвалга ёзилади.

38- жадвал

№	Ўлчашлар			Ҳисоблашлар					
	n	U	I	P_1	P_M	P'	P_2	η	M
	айл/мин	v	a	вт	вт	вт	вт	%	кг.м
1									
...									
n									

8. 75°C температурагача қизиган двигателнинг электик қаршилиги аниқланади.

9. 37- жадвал бўйича двигателдаги қувват исрофгарчиликлари ҳисобланади.

10. $\Delta P'$ исрофгарчиликнинг двигатель айланиш тезлигига боғлиқлик графиги, яъни $\Delta P' = f(n)$ қурилади.

11. 38- жадвал бўйича тегишли ҳисоблашлар бажарилади. Тезликнинг қийматларига тегишли $\Delta P'$ нинг қийматлари $\Delta P' = f(n)$ графикдан олинади.

12. Иш характеристикалари қурилади.

13. $M = f(n)$ иш характеристикасидан двигателни юргизиш momenti топилади ва уни номинал айлантурувчи момент билан солиштирилади. Юргизиш моментини топиш учун $M = f(n)$ графигининг ўзгариш характерига қараб ордината ўқи билан кесишгунча давом эттирилади.

IV. Контрол саволлар

1. Кетма-кет қўзғатишли двигателнинг тузилиши ва ишлаш принципи қандай?
2. Кетма-кет қўзғатишли двигатель тармоққа қандай уланади?
3. Кетма-кет қўзғатишли двигателнинг айланиш йўналиши қандай ўзгартирилади?
4. Двигатель чулғамларининг қаршилиги қандай ўлчанади?
5. Нима учун двигателнинг айланиш тезлиги нагрузка ошиши билан кескин камаяди?
6. Кетма-кет қўзғатишли двигателнинг фойдали иш коэффициенти қандай аниқланади?
7. Двигателнинг юргизиш моментини қандай аниқлаш мумкин?
8. Кетма-кет қўзғатишли двигателни нагрузкасиз юргизганда нима содир бўлади.

18- ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

Уч фазали қисқа туташган роторли асинхрон двигателларни текшириш

I. Ишдан кўзда тутилган мақсад

1. Асинхрон двигателнинг тузилиши, схемаси ва паспорти билан танишиш.
2. Двигателни юргизиш, тўхтатиш ва айланиш йўналиши ўзгартиришни ўрганиш.
3. Двигателнинг иш характеристикаларини олиш ва қуриш.

II. Лаборатория ишига тушунтириш

Асинхрон двигателнинг ишлаши айланувчи магнит майдони ҳодисасига асосланади. Айланувчи магнит майдони асинхрон двигателнинг статор чулғамлари орқали уч фазали ўзгарувчан ток ўтганда ҳосил бўлади. Айланувчи магнит майдони ротор чулғами симларини кесиб ўтиб, уларда э. ю. к. индукциялайди. Агар ротор чулғамининг учлари бирор қаршилиқ орқали ёки ўзаро қисқа туташтирилса, бу индукцияланган э. ю. к. ротор чулғаида ўзгарувчан ток ҳосил қилади. Ротор чулғаидаги ток билан статор чулғаи айланувчи магнит майдонининг ўзаро таъсири натижасида асинхрон двигателнинг ротори магнит майдони айланишининг йўналиши бўйича айла-

нади. Роторнинг айланиши ҳамма вақт магнит майдони айланишидан орқада қолади. Роторнинг айланаётган магнит майдонига нисбатан орқада қолиши сирпаниш s билан характерланади ва қуйидаги формула билан ифодаланади:

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1},$$

бу ерда n_1 — айланувчан магнит майдонининг минутига айланишлар сони,

n_2 — роторнинг тахометр билан ўлчанаётган айланишлар сони.

Бу лаборатория ишида қисқа туташган роторли асинхрон двигателни тармоқ кучланишига рубильник ёрдамида бевосита улаш усули қўлланилади. Бундай улашда юргизиш токи ҳосил бўлади. Бу ток двигатель нормал ишлаганда ҳосил бўладиган токдан 5—6 марта кўп бўлади. Юргизиш токлари шу тармоқдаги истеъмолчиларда кучланишни камайтиради. Шунинг учун бу усул двигатель қуввати тармоқ умумий қувватининг 15—20% идан камини ташкил қилгандагина қўлланилади. Иш характеристикалари двигатель тармоқдан қабул қилаётган I_ϕ ток, P_1 қуввати, M айлантирувчи моменти, $\cos \varphi_1$ қувват коэффициенти, $\eta_{дв}$ фойдали иш коэффициенти, s сирпаниши ва n_2 айланиш тезлиги билан двигатель учларидаги кучланиш $U_{1\phi}$ ва тармоқ частотаси f_1 ўзгармас бўлганда двигатель ўқидаги P_2 қувват орасидаги боғланишдан иборат:

$$I_\phi, P_1, M, \cos \varphi_1, \eta_{дв}, s, n_2 = f(P_2)$$

Бу ишда уч фазали қисқа туташган роторли асинхрон двигатель ва у билан механик боғланган параллел қўзғатишли ўзгармас ток генераторидан иборат агрегатдан фойдаланилади. Шундай қилиб, ўзгармас ток генератори асинхрон двигателни ўқи учун нагрузка бўлади. Генераторнинг нагрузкасини

- 1) R_n нинг миқдорини ўзгартириш,
- 2) генератор қўзғатиш занжиридаги реостат ёрдамида қўзғатиш токни ўзгартириш йўли билан ўзгартириш мумкин.

Ҳисоблаш формулалари.

1. Айланувчи магнит майдонининг айланишлари сони

$$n_1 = \frac{60 f_1}{p},$$

бу ерда f_1 — двигатель статори истеъмол қилаётган ўзгарувчан ток частотаси ($f_1 = 50 \text{Гц}$),

p — статор чулғамларидаги жуфт қутблар сони.

Нормал бажарилган двигателларда статор айланувчи магнит майдонининг минутига айланишлари сони 3000, 1500, 1000, 750, 500 *айл/мин* бўлиши мумкин. Двигателнинг паспортида роторнинг минутига айланишлари сони n_2 кўрсатилади. Шу кўрсатилган сонларнинг энг каттасига яқин бўлгани: двигатель учун n_1 нинг қиймати бўлади.

2. Двигателнинг қувват коэффициенти

$$\cos \varphi_1 = \frac{P_1}{3 \cdot U_{1\phi} \cdot I_{1\phi}},$$

бу ерда $U_{1\phi}$ — тармоқнинг вольтметрда ўлчанаётган фаза кучланиши, в

$I_{1\phi}$ — двигателнинг тармоқдан истеъмол қилаётган амперметрда ўлчанаётган токи, а .

3. Асинхрон двигател ва ўзгармас ток генераторидан иборат агрегатнинг фойдали иш коэффициенти ушбу формула билан аниқланади:

$$\eta_{\text{агр}} = \frac{P_{\text{ген}}}{P_1} \cdot 100\%$$

бу ерда $P_{\text{ген}} = U_{\text{ген}} \cdot I_{\text{ген}}$ — асинхрон двигател ўқи учун нагрузка бўлган ўзгармас ток генераторининг қувваги, вт ;

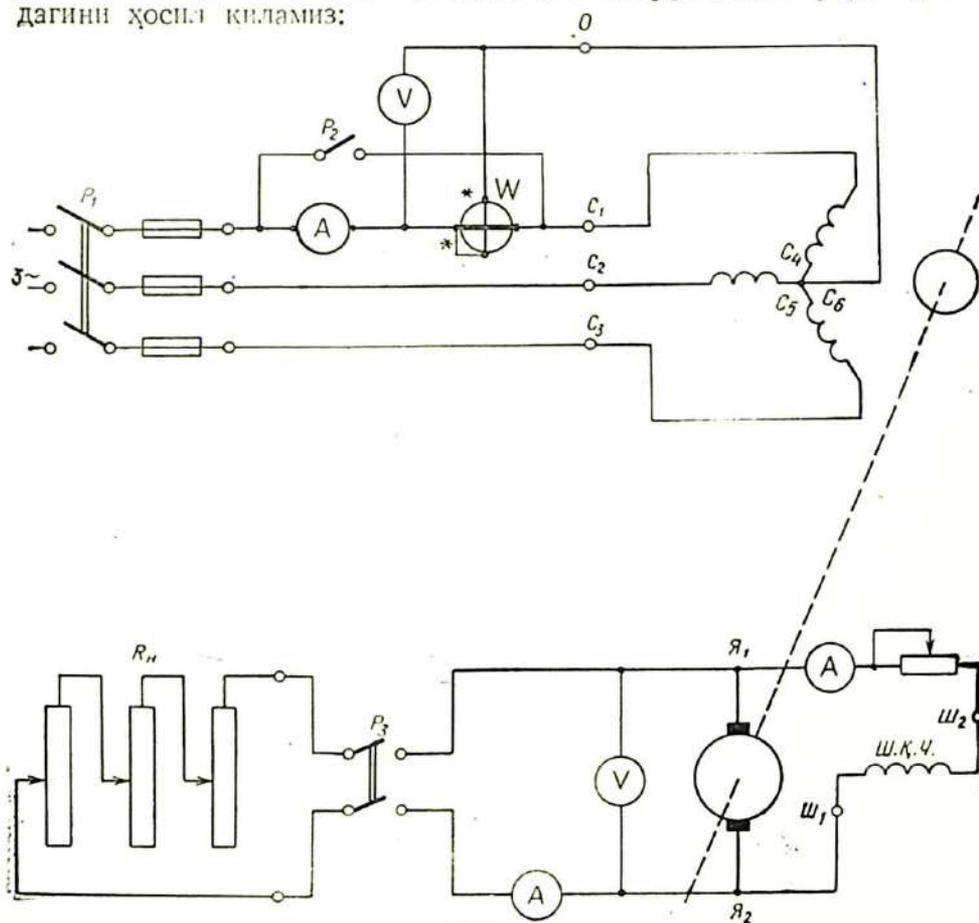
$U_{\text{ген}}$ — ўзгармас, ток генераторининг учларидаги кучланиш, в ;

$I_{\text{ген}}$ — ўзгармас ток генераторининг нагрузка, токи, а .

Агар

$$\eta_{\text{агр}} = \eta_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{ген}}; \quad \eta_{\text{дв}} = \eta_{\text{ген}}$$

деб олсак, двигателнинг фойдали иш коэффициенти учун қуйидагини ҳосил қиламиз:



126- расм.

Ўлчашлар					
Двигатель				Генератор	
I_{ϕ}	U_{ϕ}	P_{ϕ}	n_2	$I_{\text{ген}}$	$U_{\text{ген}}$
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>вт</i>	<i>айл/мин</i>	<i>a</i>	<i>b</i>

Дивоми

Ҳисоблашлар							
P_1	$P_{\text{ген}}$	$\eta_{\text{дв}}$	P_2	M	$\cos \varphi$	n_1	S
<i>вт</i>	<i>вт</i>	<i>%</i>	<i>вт</i>	<i>кгм</i>	—	<i>айл/мин</i>	<i>%</i>

$$\eta_{\text{дв}} = \sqrt{\frac{P_{\text{ген}}}{P_1}} 100\%$$

4. Двигатель ўқидаги фойдали қувват

$$P_2 = P_1 \cdot \eta_{\text{дв}}$$

5. Двигатель ўқидаги айлантурувчи момент

$$M = 975 \frac{P_2}{n_2} \text{ кгм} = 9550 \frac{P_2}{n_2} \text{ Н} \cdot \text{м},$$

бу ерда P_2 *квт* да.

III. Ишни бажариш тартиби.

- 126- расмдаги схема йиғилади.
- Ўлчаш асбобларини юргизиш токидан сақлаш учун P_2 рубильник уланади.
- Двигателни юргизиш учун рубильник P_1 уланади.
- Двигателнинг айланиш йўналишини ўзгартириш бажарилади. Бунинг учун рубильник P_1 тармоқдан ажратилади ва двигатель тўхтагандан кейин статорга уланган линия симларининг хоҳлаган иккитасининг ўрни алмашлаб уланади. Сўнгра P_1 рубильник уланади ва двигатель тескари айланаётганлигига ишонч ҳосил қилинади. Сўнгра рубильник P_1 ни тармоқдан ажратиб, двигателни юргизиш схемаси аввалги ҳолатига келтириб қўйилади.
- Двигателни юргизгандан сўнг 2—3 *сек* вақт ўтгач ўлчашлар ўтказиш учун P_2 рубильник ажратилади.
- Рубильник P_3 уланади ва генератор занжиридаги $R_{\text{н}}$ нагрузка қаршилиги ўзгартирилиб, двигателнинг иш характеристикалари олинади. Аввал генераторнинг қўзғатиш реостати ёрдамида генератор учларида номинал кучланиш ҳосил қилинади. Амперметр A кўрсатиши бўйича ҳар бир 0,5 *a* дан кейин 10 та нуқта олинади. Олинган натижалар 39- жадвалга ёзилади.

7. Ўлчашдан ва ҳисоблашдан олинган натижалар бўйича двигателнинг иш характеристикалари қурилади.

8. Двигатель ўқидаги қувватга қараб $\cos \varphi_1$ ва $\eta_{\text{дв}}$ қандай ўзгарганлиги ҳақидаги ўтказилган ишдан хулоса чиқарилади. Сирланишнинг ҳисобланган қийматлари унинг номинал қийматлари билан солиштирилади.

IV. Контрол саволлар

1. Асинхрон двигателларнинг тузилиши ва ишлаш принципи қандай?

2. Қандай боғланишлар двигателнинг иш характеристикаларини белгилайди?

3. Двигатель ўқидаги қувват қандай аниқланади?

4. Двигателнинг қувват коэффициенти қандай аниқланади?

5. Двигатель ўқидаги айлантирувчи момент нимага тенг?

6. Асинхрон двигателнинг фойдали иш коэффициенти қандай аниқланади?

7. Асинхрон двигателнинг сирланиши нима ва у қандай аниқланади?

8. Двигателнинг айланиш йўналиши қандай ўзгартирилади?

19- ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

Фаза роторли уч фазали асинхрон двигателни текшириш

I. Ишдан кўзда тутилган мақсад

1. Двигателнинг тузилиши ва схемаси билан танишиш.

2. Двигателни юргизишни, тўхтатишни ва айланиш йўналишини ўзгартиришни ўрганиш.

3. Двигателнинг иш характеристикаларини олиш ва қуриш.

II. Лаборатория ишига тушунтириш

Асинхрон двигателнинг ишлаш принципи 18- лаборатория ишида баён этилган. Фаза роторли асинхрон двигатель қисқа туташган роторли двигателдан роторининг тузилиши билан фарқ қилади. Фазали ротор қалинлиги $0,35 \div 0,5$ мм бўлган электротехникавий тушукалардан штамплашиб йиғилган цилиндрдан иборат. Пазлар деб юритиладиган ариқчаларига статордаги каби, роторнинг уч фазали чулғами жойлаштирилган. Ротор чулғамлари юлдуз схемада уланади. Ҳар бир фазанинг бош учлари ўққа маҳкамланиб, ундан изоляция қилинган учта мис контакт ҳалқаларга бириктирилган. Мис ҳалқаларга босиб турган қўзғалмас чўтқалар орқали ротор чулғам-

лари учта сим ёрдамида юргизиш реостатига бириктирилган. Юргизиш реостати юлдуз схемада уланган учта қаршилиқдан иборат.

Юргизиш реостатининг вазифаси юргизиш токни камайтириш ва юргизиш пайтидаги айлантирувчи моментни оширишдан иборат.

Двигателнинг иш хараактеристикалари

$I_{1\phi}$ токи двигателнинг тармоқдан истеъмол қилаётган қуввати P_1 , айлантирувчи момент M , қувват коэффициенти $\cos \varphi_1$, фойдали иш коэффициенти η , сирпаниш s ва айланиш тезлиги n_2 ларнинг, двигатель қисмаларидаги линия кучланиши U_1 ва частота f_1 ўзгармас бўлганда, двигатель ўқидаги фойдали қувват P_2 га боғлиқлигини кўрсатади:

$$I_{1\phi}, P_1, M, \cos \varphi_1, \eta_{\text{дв}}, s, n_2 = f(P_2).$$

Двигателга нарузка сифатида двигатель ўқи билан механик боғланган параллел қўзғатишли ўзгармас ток генераторидан фойдаланилади. Генераторнинг нарузкасини ўзгартириш нарузка қаршилиги R_n нинг миқдорини, шунингдек, генераторнинг қўзғатиш занжиридаги қўзғатиш реостати ёрдамида қўзғатиш токни ўзгартириш билан бажарилади. Амперметр ва ваттметр двигатель занжирига ток трансформатори орқали уланганлиги учун (127- расм) токнинг ҳақиқий қиймати I_1 ва бир фазанинг қуввати P_ϕ ни 40- жадвалга ёзишдан аввал бу асбобларнинг кўрсатишини трансформаторнинг трансформация коэффициентиға кўпайтириш керак.

Трансформация коэффициенти қуйидагича аниқланади

$$K_{\text{т.т.}} = \frac{I_1}{I_2},$$

бу ерда I_1 — ток трансформатори бирламчи чулғамининг номинал токи кучи, a ;

I_2 — ток трансформатори иккиламчи чулғамининг номинал ток кучи, a , яъни $I_{1\phi} = K_{\text{т.т.}} \cdot I_A$,

бу ерда I_A — двигателнинг статор занжиридаги амперметрнинг кўрсатиши, $a \cdot P_\phi = K_{\text{т.т.}} \cdot P_w$, бу ерда P_w — ваттметрнинг кўрсатиши, *вт*.

Уч фазали асинхрон двигатель учала фазани бир текис юклагани учун двигателнинг тармоқдан истеъмол қиладиган қуввати

$$P_1 = 3P_\phi.$$

бўлади.

Двигателнинг фойдали қуввати ўзгармас ток генератори занжирига ўрнатилган амперметр ва вольтметр кўрсатишининг кўпайтмаси билан аниқланади

$$P_{\text{ген}} = U_{\text{ген}} \cdot I_{\text{ген}}.$$

Бутун агрегатнинг (двигатель-генератор) фойдали иш коэффициенти, фойдали қувват $P_{ген}$ нинг истеъмол қилинаётган қувват P_1 га нисбатига тенг

$$\eta_{агр} = \eta_{дв} \cdot \eta_{ген} = \frac{P_{ген}}{P_1}$$

$\eta_{дв} = \eta_{ген}$ деб $\eta_{дв}$ ни қўйидаги формуладан аниқлаш мумкин

$$\eta_{дв} = \sqrt{\frac{P_{ген}}{P_1}} \cdot 100\%$$

Двигатель ўқидаги қувват қўйидаги формуладан аниқланади

$$P_2 = \eta_{дв} \cdot P_1.$$

Сирпанишнинг миқдори

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$$

бу ерда $n_1 = \frac{60f}{p}$ — айланувчи магнит майдонининг минутига айланишлар сони;

p — статор чулғамининг жуфт қутблар сони;

f_1 — тармоқ частотаси;

n_2 — роторнинг турли нарузкаларда тахометр ёрдамида аниқланадиган минутига айланишлар сони.

Двигателнинг қувват коэффициенти

$$\cos \varphi_1 = \frac{P_1}{\sqrt{3} U_1 \cdot I_{1\phi}} \quad I_{1Л} = I_{1\phi}$$

Двигатель ўқидаги айлантурувчи момент

$$M = 975 \frac{P_2}{n_2} \text{ кгм} = 9550 \frac{P_2}{n_2} \text{ н.м.}$$

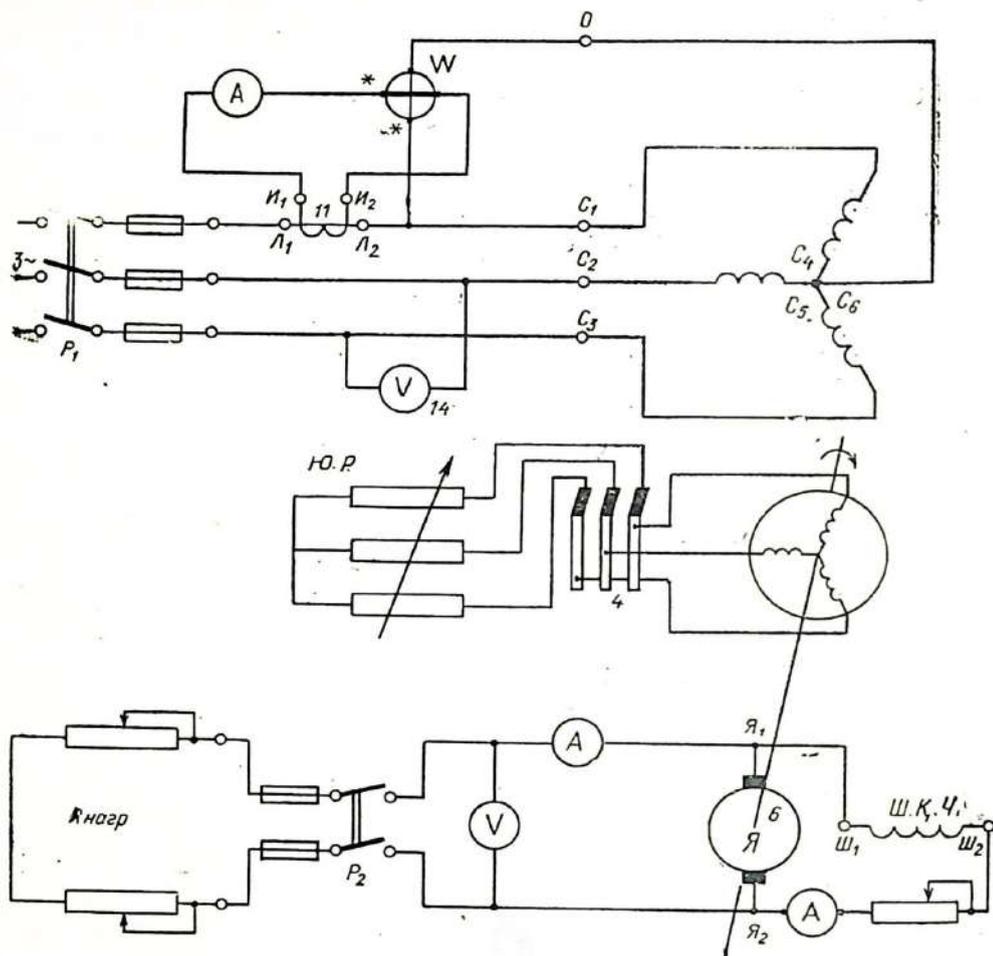
III. Ишни бажариш тартиби

1. Двигателнинг тузилиши билан танишилади ва паспортида берилганларни ҳисоботга кўчириб ёзилади.

2. 127- расмдаги схема йиғилади.

3. Двигатель юргизилади. Юргизишдан аввал юргизиш реостати «ЮР» салт контактга уланган бўлиб, ротор занжири очиқ бўлиши керак. Шундан сўнг P_1 рубильниги уланади. Юргизиш реостатининг дастасини стрелка кўрсатилган томонга буриб, биринчи босқичга қўйилади. Ротор занжирига юргизиш реостатининг қаршилиги уланган. Двигатель айлана бошлади. Двигателнинг айланиш тезлиги орта борган сари юргизиш реостатининг дастасини кейинги босқичларига ўтказилади. Охириги босқичда унинг қаршилиги нолга тенг бўлиб қолади.

4. Двигателни тўхтатиш учун рубильник P_1 ни тармоқдан ажратилади ва юргизиш реостатининг дастасини салт контактга (бош-



127- расм.

ланғич ҳолатга) суриб қўйилади. Шу билан двигатель навбатдаги юргизиш учун тайёрлаб қўйилган бўлади.

5. Двигателни тўхтатиб, уни айланиш йўналишини ўзгартиришга ўтказилади. Унинг айланиш йўналишини ўзгартириш учун статор қисмларидаги истаган икки фаза симларининг ўрнини алмаштириш кифоя. Двигатель роторининг тескари йўналишида айлана бошланганлигига ишонч ҳосил қилинади.

6. Двигателнинг иш характеристикалари олинади. Бу ҳолда юргизиш реостатининг қаршилиги нолга тенг бўлиши керак. Характеристикаларни олишдан аввал двигательга нағрузка бериб, статор ва ротор чулғамларининг тегишли температураси ҳосил бўлгунча қиздирилади. Чулғамлар температурасининг доимийлиги нуқтаи назардан, текширишни катта юклардан кичик юкларга томон олиб

боришлик мақсадга мувофиқдир. Ўлчаш натижалари 40-жадвалга ёзилади.

40-жадвал

№	Ўлчашлар						Ҳисоблашлар							
	U_1	I_1	$P_{д1}$	n_2	$U_Г$	$I_Г$	P_1	$P_Г$	$\tau_{дв}$	P_2	n_1	M	S	$\cos \varphi$
	в	а	вт	ай.л/мин	в	а	вт	вт	%	вт	ай.л/мин	кгм	%	—
1														
2														
3														
4														
5														

7. Двигатель ўқида ўзгармас нагрузка бўлган вақтда $n_2 = f(R_p)$ характеристикаси қурилади. Ростлаш реостати тариқасида юргизиш реостатидан фойдаланилади.

$n_2 = f(R_p)$ боғланишни олиш учун ростлаш реостати 1,2 ва ҳ. к. босқичларга кетма-кет ўтказилади. Двигатель ўқидаги қувватни ўзгартирмасдан, реостатнинг турли ҳолатларида, роторнинг айланиш тезлиги n_2 ни ўлчаш ўтказилади.

Двигатель ўқидаги қувват $P_{ген} = U_Г \cdot I_Г = \text{const}$ бўлганда ўзгармас бўлади. Ростлаш реостати битта босқичи қаршилигининг миқдори реостатда кўрсатилган. Ўлчаш натижалари 41-жадвалга ёзилади.

41-жадвал

№	Ростлаш реостатининг босқичлари	R_p	Ўлчашлар				Ҳисоблашлар		
			$U_Г$	$I_Г$	n_2	$P_{1ф}$	n_1	S	$P_Г$
			ом	в	а	ай.л/мин	вт	ай.л/мин	%
1									
2									
3									
4									
5									
6									

8. Иш характеристикалари қурилади.
9. $\cos \varphi$ ва η нинг қийматлари паспортда берилганлари билан солиштирилади.
10. Лаборатория иши бўйича хулоса чиқарилади.

IV. Контрол саволлар

1. Асинхрон двигателнинг фаза ротори қандай тузилган?
2. Юргизиш реостати нима учун қўлланилади?
3. Асинхрон двигателнинг айланиш йўналишини қандай ўзгартириш керак?
4. Асинхрон двигателнинг иш характеристикалари нима ва у қандай олинади?
5. Асинхрон двигателнинг ўқидаги қувват, қувват коэффициенти, фойдали иш коэффициенти ва сирпаниш қандай аниқланади?
6. Ротор занжиридаги қаршилиқ сирпаниш миқдорига қандай таъсир кўрсатади.

20-ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

Уч фазали синхрон генераторни текшириш

I. Ишдан кўзда тутилган мақсад

1. Уч фазали синхрон генераторнинг тузилиши ва схемасини ўрганиш.
2. Айрим тармоққа ишлаётган синхрон генераторнинг характеристикасини олиш ва қуриш.
3. Синхрон генераторни параллел ишлатиш учун тармоққа улашни ўрганиш.
4. Генераторни параллел ишлатишга улагандан сўнг унинг актив ва реактив қувватларини ўзгартиришни ўрганиш.
5. Синхрон машинани генератор режимидан двигатель режимига ўтказишни ўрганиш.

II. Лаборатория ишига тушунтириш

Синхрон машинанинг қўзғалмас қисми статор, қўзғалувчан қисми эса ротор деб аталади. Э.ю.к. индукцияланган чулғам якорь чулғами деб аталади. Ҳозирги вақтда фақат айланувчи қутбли ва қўзғалмас якорли синхрон машиналар ишлатилади. Кичик қувватли синхрон машиналар ҳам қўлланилади. Кичик қувватли синхрон машиналар (масалан, ушбу лаборатория ишидаги каби) қўзғалмас қутбли ва айланувчи якорли бўлади.

Синхрон генератор паспортда кўрсатилган номинал кучланиш ва номинал частотадаги электр энергияни ишлаб чиқариши керак. Генераторнинг ротори бирламчи двигатель билан бир ўққа

жойлаштирилган. Бу лаборатория ишида бирламчи двигатель сифатида параллел қўзғатишли ўзгармас ток двигателидан фойдаланилган.

Бу двигателнинг қўзғатиш токини ўзгартириб, синхрон генератор роторининг айланиш тезлигини бошқариш мумкин.

Генератор токининг частотаси қуйидаги формуладан аниқланади:

$$f = \frac{p \cdot n}{60},$$

бу ерда p — синхрон генераторнинг жуфт қутблар сони;

n — роторнинг айланиш тезлиги, *айл/мин*.

Бу формуладан кўришиб турибдики, роторнинг айланиш тезлигини ўзгартириш билан токнинг частотасини ўзгартириш мумкин экан. Стандарт частота 50 *Гц* ни олиш учун, генератор роторининг айланиш тезлиги 1500 *айл/мин* га тенг бўлиши керак, чунки текшириладиган генераторнинг жуфт қутблар сони $p = 2$.

Генератор қисмаларидаги кучланиш

$$U = E - \Delta U,$$

бу ерда E — якорь чулғамларида индукцияланувчи э. ю. к., *в*;

ΔU — якорь чулғамларидаги кучланиш тушуви, *в*.

Э. ю. к. E қуйидаги ифодадан аниқланиши мумкин

$$E = 4,44 \cdot \Phi \cdot f \cdot W_1 \cdot K_{\text{чул}},$$

бу ерда Φ — қутбларнинг магнит оқими, *вб*;

W_1 — генератор бир фазаси чулғамининг ўрамлар сони;

$K_{\text{чул}}$ — якорнинг чулғам коэффициентини.

Магнит оқими Φ қўзғатиш токи билан ҳосил қилинади. Демак, генератор қисмаларидаги кучланишни ўзгартириш учун, унинг қўзғатиш токини ўзгартириш керак. Алоҳида тармоққа ишлаётган синхрон генераторнинг асосий хусусиятларини аниқлаш учун қуйидаги характеристикалар олинади:

1. Салт ишлаш характеристикаси — нагрузка токи $I_1 = 0$ ва айланиш тезлиги $n = \text{const}$ бўлганда генератор қисмаларидаги кучланиш U нинг қўзғатиш токи I_k билан қандай боғланганлигини кўрсатади.

$$I_1 = 0, n = 1500 \text{ айл/мин} \text{ бўлганда } U = f_1(I_k).$$

2. Генераторнинг ташқи характеристикаси — қўзғатиш токи I_k қувват коэффициентини $\cos \varphi$ ва айланиш тезлиги n ўзгармас бўлганда генератор қисмаларидаги кучланиш U нинг нагрузка токи I_1 билан қандай боғланганлигини кўрсатади.

$$I_k = \text{const}; \cos \varphi = \text{const}; n = 1500 \text{ айл/мин}$$

бўлганда

$$U = f_2(I_1).$$

Бу характеристика ростлаб бўлмайдиган генераторнинг хусусиятини кўрсатади.

3. Ростлаш характеристикаси — генератор учларидаги кучланиш, қувват коэффициенти $\cos \varphi$, айланиш тезлиги n ўзгармас бўлганда қўзғатиш токи I_k нинг нагрузка токи I_1 билан боғланишни кўрсатади.

$$U = \text{const}; \quad \cos \varphi = \text{const}; \quad n = 1500 \text{ айл/мин} \quad \text{бўлганда} \quad I_k = f(I_1)$$

Бу характеристика генераторнинг нагрузка токи ўзгарганда унинг қисмаларидаги кучланишни қандай қилиб ўзгартирмасдан ушлаб туришни кўрсатади. Бу лаборатория ишида генераторнинг ҳар бир фазасига симли реостат $1R_{\text{ш}}$, яъни актив нагрузка уланган. Демак, генераторнинг ташқи ростлаш характеристикалари: $\cos \varphi = 1$ бўлганда олинади.

Генератор тармоқ билан параллел ишлаши учун, уни улашдан аввал синхронлаштириш керак. Синхронлаштириш жараёни қуйидаги шартларни бажаришдан иборот:

1) генератор қисмаларидаги кучланиш тармоқ кучланишига тенг бўлиши керак,

2) генератор частотаси тармоқ частотасига тенг бўлиши керак,

3) генератор фазаларининг кетма-кетлик тартиби тармоқ фазаларининг кетма-кетлик тартиби билан бир хил бўлиши керак,

4) генераторни тармоққа улаш пайтида унинг кучланиши тармоқ кучланиши билан қарама-қарши фазада бўлиши керак. Синхронлаштиришни 128-расмдаги схемада кўрсатилгандек уланган учта вольтметр V_0 ёрдамида ёки тармоқнинг ва генераторнинг кучланишини ўлчайдиган иккита вольтметр билан ўтказиш мумкин.

Кўрсатма учун V_0 вольтметрларга параллел электр лампалар уланган. Вольтметрлар ва электр лампаларни улаш «сўниш» схемаси бўйича бажарилган.

Синхронлаштириш қуйидаги тартибда олиб борилади. Генератор бирламчи двигатель ёрдамида паспортда кўрсатилган номинал тезликка қадар айлантирилади. Генератор айланиш тезлигини синхрон тезлик 1500 айл/мин га етказиш учун тахометр ёки синхроноскоп билан контрол қилиб турилади.

Синхрон генераторнинг қўзғатиш токени ўзгартириб, унинг кучланишини тармоқ кучланишига тенглаштирилади. Бу ҳолда нолинчи вольтметр V_0 ларнинг стрелкаси генератор ва тармоқ частотасининг айирмасига тенг частота билан тебранади. Тармоқ ва генератор частоталарини частотометр ёрдамида кузатиш мумкин. Агар вольтметрларнинг стрелкалари бир вақтда тебранса, яъни ҳаммаси бирор вақтда ноль ёки бирор қийматни кўрсатса, бу тармоқ ва генератор фазаларининг кетма-кетлик тартиби бир хил эканлигини кўрсатади. Агар вольтметрларнинг стрелкалари турлича тебранса, тармоқ ва генератор фазаларининг кетма-кетлик тартиби бир хил эмаслигини кўрсатади. Бу ҳолда генератор фазаларининг кетма-кетлик тартибини ўзгартириш керак, бунинг учун генератор томонидаги Π переключателининг қисмаларидаги иккита симнинг ўрнини алмаштириш керак. Агар нолинчи вольтметрларнинг стрелкалари бир вақтда ва жуда секин тебранса, синхронлаштиришнинг биринчи учта шартига

риоя қилинган бўлади. Синхронлаштиришнинг тўртинчи шартининчи вольтметрларнинг стрелкалари ноль қийматдан ўтаётган пайтда бажарилади. Шу пайтда переключатель *III* ни «тармоқ» ҳолатига улаш керак.

Генераторни параллел ишлашга улагандан сўнг нолинчи вольтметрларнинг стрелкалари нолда туради (чунки *III* переключатели орқали вольтметр қисмалари туташтирилган бўлади).

Параллел ишга уланган синхрон генераторни актив қувват билан юклаш учун, бирламчи двигателнинг қувватини ошириш керак, бунинг учун параллел қўзғатишчи ўзгармас ток двигателининг қўзғатиш токини камайтириш керак. Генераторнинг актив қуввати ваттметр бўйича аниқланади.

Синхрон генераторни реактив қувват билан юклаш учун, унинг қўзғатиш токини ўзгартириш керак. Оптимал деб аталувчи жуذا қулай қўзғатиш токида ва генератор ишлаб чиқараётган ўзгармас актив қувватда, генератор токи минимал бўлади. Агар генераторнинг қўзғатиш токини ўзгартирсак, бунга ишонч ҳосил қилиш мумкин. Агар қўзғатиш токи оптимал қийматидан кам бўлса, магнитловчи ток миқдор жиҳатдан етарли бўлмайди, у ҳолда генератор етишмаётган магнитловчи токни тармоқдан истеъмол қила бошлайди, натижада генераторнинг умумий токи ортади. Қўзғатиш токи оптимал қийматидан катта бўлса, ортиқча магнитловчи ток ҳосил бўлади. Бу ҳолда генератор тармоқдан магнитсизловчи ток истеъмол қила бошлайди. Натижада генераторнинг умумий токи ортади. Магнитловчи ва магнитсизловчи ток реактив ток ҳисобланади, шунинг учун уларнинг ўзгариши генератор реактив қувватининг ўзгаришига олиб келади.

Синхрон генератор двигатель режимида ҳам ишлаши мумкин. Бунинг учун бирламчи двигателнинг қўзғатиш токини ошириб, унинг қуввати камайтирилади ва бу билан синхрон генераторнинг актив қувватини нолгача камайтирилади. Бирламчи двигателнинг қўзғатиш токини янада оширганимизда ваттметр стрелкаси тескари томонга оғиб, синхрон генератор токининг фазаси 180° га ўзгарганлигини кўрсатади. Бу ҳолда генератор тармоққа электр энергияси бермай, ундан истеъмол қила бошлайди. Ваттметр стрелкасини яна ўнгга оғдириш учун *III* переключатели ёрдамида ваттметр кучланиш чулгамининг қисмаларининг ўрни алмаштирилиб, қайта уланади.

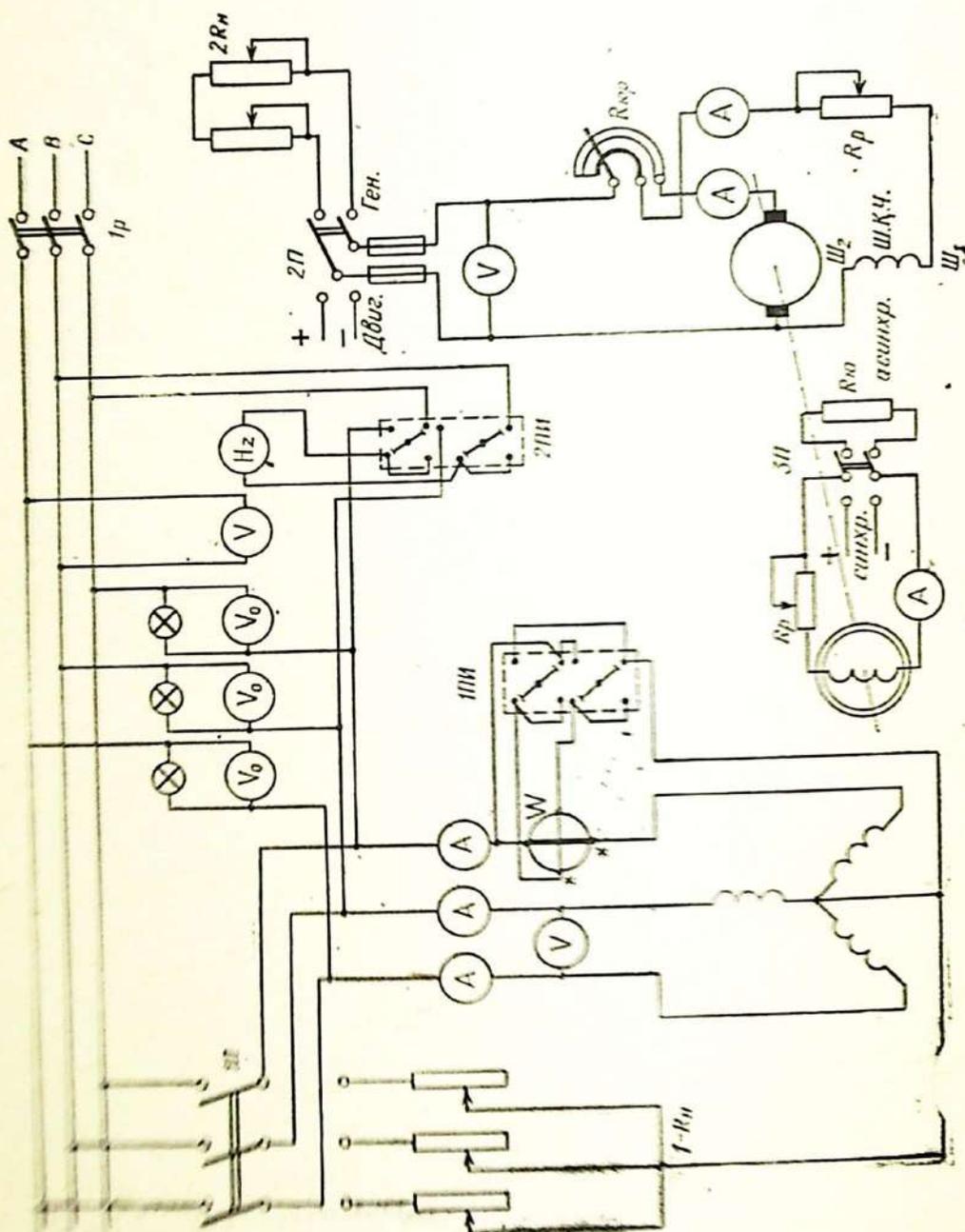
III. Ишни бажариш тартиби

1. Синхрон генераторнинг тузилиши билан танишилади ва унинг паспортида берилганлар кўчириб ёзилади.

2. 128-расмдаги схема йиғилади. Ушбу лаборатория ишида электр схеманинг фақат йўғон чизиқ билан чизилган қисмигина йиғилади, схеманинг қолган қисми стенда йиғилган.

3. Синхрон генераторни юргизиш ўтказилади.

Бунинг учун переключатель *2П* ни «двигатель» ҳолатига ўтказиб, бирламчи двигателни юргизиб юборилади. Переключатель *3П*



«синхрон» ҳолатига уланади. *III* переключатели нейтрал ҳолатда бўлиши керак.

4. Генераторнинг салт ишлаш характеристикаси олинади. Тажрибадан олинганлар 42-жадвалга ёзилади.

42-жадвал

I_k а	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
U в									
U в									

Характеристиканинг ўсувчи шохобчасини қўзғатиш токининг фақат кичик қийматидан катта қийматига қараб, характеристиканинг пасаяувчи шохобчасини эса, қўзғатиш токининг катта қийматидан кичик қийматига қараб олиш керак.

5. Генераторнинг ташқи характеристикаси олинади. *III* переключатели «нагрузка» ҳолатига уланади. Нагрузка токни ноҳдан номинал қийматигача бир ампердан оралатиб ўзгартирилади. Тажрибадан олинганлар 43-жадвалга ёзилади. Ташқи характеристиканинг олиншида шундай қўзғатиш токни ўрнатиш керакки, нагрузка токи ноль бўлганда генератор қисмаларидаги кучланиш номинал қийматга тенг бўлсин, яъни

$$U = U_{II} = 220 \text{ в.}$$

43-жадвал

I_1 а	0	1	2	3	4	5	6	7	8
U в									

6. Генераторнинг ростлаш характеристикаси олинади. Кучланиш $U = U_{II} = 220 \text{ в}$ бўлганда нагрузка токни 5-пунктдаги қийматлар бўйича ўзгартирилади. Ўлчаш натижалари 44-жадвалга ёзилади.

44-жадвал

I_1 а	0	1	2	3	4	5	6	7	8
I_k а									

7. Генератор тармоқ билан параллел ишлаши учун синхронлаштириш ва улаш ўтказилади.

8. Генератор актив ва реактив қувват билан юкланади. Бу ҳолда имк қуви паспортда кўрсатилган номинал қийматидан ошиб кетмаганини керак.

9. Синхрон машина генератор режимидан двигатель режимига ўтказилади.

10. Синхрон генераторнинг характеристикалари қурилади.

IV. Контрол саволлар

1. Синхрон генераторнинг тузилиши, ишлаш принципи қандай ва вазифаси нимадан иборат?

2. Синхрон генератор учларидаги кучланишни қандай ўзгартириш мумкин?

3. Синхрон генераторни тармоқ билан параллел ишлашга қандай уланади?

4. Генератор актив қувват билан қандай юкланади?

5. Генератор реактив қувват билан қандай юкланади?

6. Синхрон машина генератор режимидан двигатель режимига қандай ўтказилади?

7. Нима учун синхрон генератор алоҳида тармоққа ишлаганда, нагрузка токи орта бориши билан унинг қисмаларидаги кучланиш камая боради?

21- ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

Уч фазали синхрон двигателни текшириш

I. Ишдан кўзда тутилган мақсад

1. Уч фазали синхрон двигателнинг тузилиши ва схемасини ўрганиш.

2. Синхрон двигателни тармоққа улаб юргизишни ўрганиш.

3. Синхрон двигателнинг U — нусха характеристикаларини олишни ўрганиш.

4. Синхрон двигателнинг иш характеристикаларини олиш.

5. Синхрон машинани двигатель режимидан генератор режимига ўтказишни ўрганиш.

II. Лаборатория ишига тушунтириш

Ушбу лаборатория ишида 20- лаборатория ишида ишлатилган агрегатдан фойдаланилади. Текширилаётган синхрон двигатель параллел кўзгатишли ўзгармас ток машинаси билан бир ўққа жойлашган. Ўзгармас ток машинасида синхрон двигателнинг нормал ишлашидаги генератор режимда нагрузка учун фойдаланилади, юргизиш пайтида эса синхрон двигателнинг роторини айланма ҳаракатга келтириш учун ёрдамчи двигатель хизматини ўтайди.

Синхрон двигателни икки усул билан тармоққа улаш мумкин:

1) тармоққа синхронлаш йўли билан.

2) асинхрон юргизиш йўли билан.

Иккинчи усулда двигатель махсус юргизиш чулгами билан таъминланган бўлиши керак.

Синхрон двигателни асинхрон юргизиш усули жуда оддий бўлиб, у қуйидагича бажарилади. 128-расмдаги схеманинг ротор занжиридаги ЗП переключателни «асинхрон» ҳолатга ўтказиб, юргизиш қаршилиги R_{10} га уланади. Шундан сўнг двигательнинг статорига уч фазали ўзгарувчан ток берилади. Бунинг учун переключатель 1П «тармоқ» ҳолатига уланиши керак. Двигатель айлана бошлагандан сўнг, яъни двигатель қандайдир турғун тезликка эга бўлгач, переключатель ЗП ни «синхрон» ҳолатга улаб, ротор занжирига ўзгармас ток берилади. Шу билан двигателни юргизиш юбориш процесси тугайди.

Агар юргизиш чулгами бўлмаса, синхрон двигателни олдин ёрдамчи двигатель орқали айлантирилади, сўнгра 20-лаборатория ишида кўрсатилган усул бўйича (синхрон генераторларнинг параллел ишлашга улаш схемасига қаралсин) аввал тармоқ билан синхронлаштирилиб, кейин тармоққа уланади.

Двигатель тармоққа улангандан сўнг ўзгармас ток машинаси ўзгармас ток манбандан ажратилиб, якорь занжирига нагрузка қаршилиги $2 - R_{11}$ уланади (переключатель 2П «двигатель ҳолатидан» «генератор» ҳолатига ўтказилади). Шундай қилиб, ўзгармас ток машинаси генератор режимда ишлаб, синхрон двигатель учун нагрузка хизматини ўтайди. Нагрузкани ўзгартириш учун якорь занжиридаги нагрузка реостатининг қаршилиги $2 - R_{11}$ қўзғатиш занжиридаги ростлаш реостатининг қаршилиги R_p ўзгартирилади. Қўзғатиш занжиридаги ростлаш реостатидан фойдаланиш қулайдир. Агар синхрон двигателнинг қўзғатиш токини ротор занжиридаги реостат R_p орқали ўзгарта бошласак, двигатель якорьдаги ток ҳам ўзгара бошлайди. Худди шунингдек, генераторда ҳам оптимал деб аталувчи қўзғатиш токининг маълум қийматида синхрон двигателнинг қувват коэффициенти бирга тенг бўлади. Агар қўзғатиш токини оптимал қийматидан камайтирсак (тўла қўзғала олмаган режим), у ҳолда двигатель якорьдаги ток ортади, чунки бу ҳолда двигательдаги магнитловчи қўзғатиш токи катталиги жиҳатидан етишмайди ва двигатель тармоқдан қўшимча магнитловчи токини истеъмол қила бошлайди. Синхрон двигателнинг бу ҳолдаги қувват коэффициенти бирдан кичик бўлади, чунки

$$\cos \varphi = \frac{I_a}{\sqrt{I_a^2 + I_p^2}},$$

бу ерда I_a — синхрон двигатель якорь токининг актив ташкил этувчиси.

Агар қўзғатиш токининг қиймати оптималдан катта бўлса (ўта қўзғатиш режими), у ҳолда, двигательда ортиқча магнитловчи ток

ҳосил бўлиб, уни тармоққа бера бошлайди. Бунда двигатель якоридagi ток орта бориб, қувват коэффициенти бирдан кичик бўлади. Двигатель истеъмол қилаётган актив ток эса ўзгармайди, чунки у фақат двигательнинг нагрукасига боғлиқ.

Шундай қилиб, синхрон двигатель ишлаётгандаги энг қулай қўзғатиш токи унинг оптимал қийматидир, чунки якорь токи кичик қийматга эга бўлиб, двигатель чулғамларининг қизиши минимал бўлади.

Аммо синхрон двигательнинг ўта қўзғатиш режимида ишлаб, тармоққа магнитловчи ток бера бошлаши, бутун тармоқнинг қувват коэффициентини оширади. Бу эса электр тармоқларининг ишлаши учун қулайдир. Двигатель қанчалик оз юкланган бўлса, унинг тармоққа бераётган магнитловчи токи шунчалик катта бўлиб, тармоқнинг қувват коэффициентини янада оширади.

Тармоқ кучланиши ва двигатель ўқидаги қувват P_2 ўзгармас бўлганда, якорь токи I_1 нинг қўзғатиш токи I_k га боғлиқлигини кўрсатувчи эгри чизиқ синхрон двигателнинг «U» нусха характеристикаси дейилади. Уларни турли нагрукалар учун олинади. Синхрон двигательнинг бу характеристикалари олинаётганда, якорь токи паспортда кўрсатилган номинал қийматидан ортиб кетмаслиги керак.

Синхрон двигательнинг иш характеристикалари айланувчи момент M , фойдали иш коэффициенти η , қувват коэффициенти $\cos \varphi$, истеъмол қилинаётган қувват P_1 ва якорь токи I_1 нинг двигатель ўқидаги қувват P_2 билан боғланишларини ифода этади, яъни

$$M, P_1, \cos \varphi, \eta, I_1 = f(P_2)$$

Ушбу ҳолатда двигатель ўқидаги P_2 қувват, ўзгармас ток генераторига келтирилган қувват ҳисобланади. Генераторнинг ф. и. к. ни 0,8 га тенг деб ҳисоблаб, уни қуйидаги ифодадан аниқлаш мумкин:

$$P_2 = \frac{P_{\text{ген}}}{\eta} = \frac{U_{\text{ген}} \cdot I_{\text{ген}}}{0,8},$$

бу ерда $U_{\text{ген}}$ — генератор қисмаларидаги кучланиш, в,

$I_{\text{ген}}$ — генераторнинг нагрукка токи, а.

Двигатель ўқидаги айлантирувчи момент қуйидаги формуладан аниқланади:

$$M = 975 \frac{P_2}{n_2} \text{ кг} \cdot \text{м} = 9550 \frac{P_2}{n_2} \text{ Н} \cdot \text{м},$$

бу ерда n_2 — двигатель роторининг минутига айланишлари сони.

Синхрон двигательнинг фойдали иш коэффициенти η қуйидаги га тенг:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1 + P_k} = \frac{P_2}{P_1 + U_k \cdot I_k},$$

бу ерда U_k — синхрон двигательнинг қўзғатиш кучланиши, в,

I_k — қўзғатиш токи, а,

P_1 — двигательнинг тармоқдан истеъмол қилаётган қув-

вати вт. Синхрон двигателнинг қувват коэффициенти $\cos \varphi$ қуйидагига тенг:

$$\cos \varphi = \frac{P_1}{\sqrt{3} \cdot U_1 \cdot I_1},$$

бу ерда P_1 — синхрон двигателнинг якорига келтирилган ва ваттметр бўйича аниқланадиган қувват:

$$P_1 = 3P_w, \text{ вт},$$

бу ерда P_w — ваттметрнинг кўрсатиши.

Агар двигателнинг фазаларидаги тоқлар тенг бўлмаса, у ҳолда I_1 ток учала фаза тоқларининг ўртача қийматидан олинади. Синхрон двигателни генератор режимига ўтказиш учун, ўзгармас ток генераторидан нагрукани ажратиб, унинг якорь занжирига ўзгармас ток кучланиши берилади. Бу синхрон двигателни юргизгандаги каби бажарилиб, переключатель 2П «двигатель» ҳолатига ўтказилади. Аввал ўзгармас ток машинасининг якорь қисмларидаги кучланиш, таъминловчи ўзгармас ток тармоғининг кучланиши билан тахминан тенглаштириб олинади. Сўнгра ўзгармас ток машинасининг қўзғатиш тоқини камайтириб, синхрон двигателни генератор режимига ўтказиш мумкин. Синхрон машина генератор режимига ўтаётган пайтда, ваттметрнинг стрелкаси чап томонга оға бошлайди. Ваттметрнинг кўрсатишини аниқлаш учун, унинг кучланиш чулғамини переключатель 1П1 ёрдамида қайта улаш керак.

III. Лаборатория ишини бажариш тартиби

1. Синхрон двигателнинг тузилиши билан танишилади ва унинг паспортида берилганларни кўчириб ёзилади.

2. 128-расмдаги схема йиғилади. Ушбу лаборатория ишида схеманинг йўғон чизиқлар билан чизилган қисми йиғилади. Схеманинг қолган қисми стендада йиғилган.

3. Синхрон двигателни асинхрон юргизиб, сўнгра уни ажратилади.

4. Синхронлаш шартини ҳисобга олган ҳолда двигателни тармоққа уланади.

5. 45-жадвалда кўрсатилган нагрукалар учун синхрон двигателнинг U нусха характеристикалари олинади. Бу характеристикаларни олишдан аввал якорь тоқи энг кичик бўлгандаги қўзғатиш тоқини ўрнатиб, сўнгра характеристиканинг ўнг ва чап шахобчалари олинади. Ўлчаш натижалари 45-жадвалга ёзилади.

6. Двигателнинг нагрукаси ўзгартирилиб, унинг иш характеристикалари олинади. Қўзғатиш тоқининг шундай қиймати ҳосил қилинадики, нагруканинг бирор ўртача қийматида $\cos \varphi$ бирга тенг бўлади. Бунинг учун нагруканинг бирор ўртача қийматини ўрнатиб, қўзғатиш тоқини шундай ўзгартириладики, бунда двигатель якорьдаги ток минимал қийматга эга бўлади. Қўзғатиш тоқининг

Двигатель салт ишлаганда		$I_K a$							
		$I_1 a$							
ваттметрнинг кўрсатиши	0,25 квт	$I_K a$							
		$I_1 a$							
	0,35 квт	$I_K a$							
		$I_1 a$							
	0,5 квт	$I_K a$							
		$I_1 a$							

олинган қийматини ўзгартмасдан ушлаб турилади. Ўлчаш натижалари 46-жадвалга ёзилади.

Тартиб номери	Ўлчашлар							Ҳисоблашлар				
	I_1	U_1	P_W	U_K	I_K	U_Γ	I_Γ	P_1	η	M	$\cos \varphi$	P_2
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>вт</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>вт</i>	%	кзм	—	<i>вт</i>
1												
2												
3												
...												
<i>n</i>												

7. Синхрон двигатель генератор режимига ўтказилади.
8. Синхрон двигательнинг характеристикалари қурилади

IV. Контрол саволлар

1. Синхрон двигательнинг тuzилиши, вазифаси ва ишлаш принци қандай?
2. Синхрон двигатель қандай усул билан тармоққа уланади?
3. Двигательнинг қўзғатиш токи унинг ишлашига қандай таъсир кўрсатади.
4. Синхрон двигательнинг U нусха характеристикалари деб нимага айтилади?
5. Синхрон двигательнинг иш характеристикалари қандай олинади?
6. Синхрон двигательни генератор режимига қандай ўтказиш мумкин?

22- ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

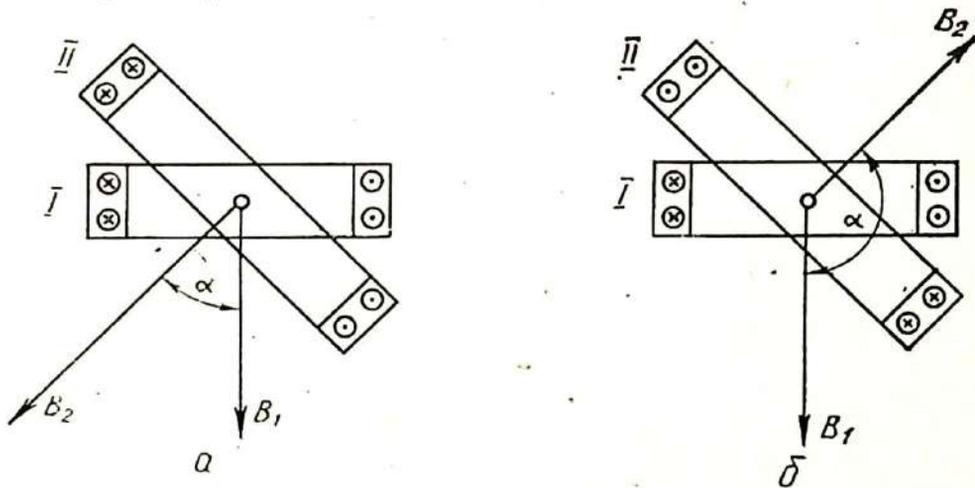
Ўзаро индуктив боғланган чизиқли электр занжирларини текшириш

I. Ишдан кўзда тутилган мақсад

Кетма-кет бириктирилган ғалтаклар мос ва қарама-қарши уланганда, ғалтакларнинг ўзаро жойланишига кўра, тажриба йўли билан ўзаро индукция коэффициенти M ва боғланиш коэффициенти K ни аниқлаш.

II. Лаборатория ишига тушунтириш

Бу лаборатория ишида икки ғалтакли вариометрдан фойдаланилади. Ғалтакдан бири иккичисининг ичига жойлаштирилган бўлиб, ички ғалтак ташқи ғалтакка нисбатан турли вазиятларни эгаллаши мумкин. Ички ғалтакни турли бурчакларга буриш билан, икки ғалтакнинг магнит боғланишини ўзгартириш мумкин. Бундай қурилма вариометр дейилади (129-расм).



129-расм.

1. Ички ва ташқи ғалтакларнинг индуктивлигини аниқлаш

Ғалтакнинг индуктив қаршилиги қуйидаги формула билан аниқланади:

$$x = z \cdot \cos \varphi,$$

бу ерда $z = \frac{U}{I}$ ва $\cos \varphi = \frac{P}{U \cdot I}$

P — ваттметрнинг кўрсатиши, *вт*,

U — вольтметрнинг кўрсатиши, *в*,

I — амперметрнинг кўрсатиши, *а*.

Ғалтакнинг индуктивлиги қуйидаги формула билан аниқланади:

$$L = \frac{x}{\omega}$$

бу ерда ω — бурчак частотаси,

f — ўзгарувчан ток частотаси ($f = 50$ гц).

Бу формулалар ва 47, 48-жадвалларда берилганларга кўра, x , L нинг катталиклари ҳар бир ғалтак учун алоҳида аниқланади (130-расмдаги схема). Бу ҳолда x — ғалтакнинг хусусий индуктив қаршилиги ва L — хусусий индуктивлиги дейилади. Индуктивлик генрида (гн) ўлчанади.

Контурдан ўтаётган ток ҳосил қилган магнит оқимининг ўзгариши натижасида ёпиқ контурда э.ю.к. индукцияланиши ҳодисасига ўзиндукция дейилади.

Индукцияланган э.ю.к. қуйидаги формула билан аниқланади:

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

бу ерда L — индуктивлик ёки занжирнинг ўзиндукция коэффициенти.

2. Ўзаро индуктивлик.

Ғалтакларни мос ва қарама-қарши улаш

Ғалтаклар кетма-кет уланганда (131-расм) юқорида келтирилган формулалар ёрдамида 49-жадвалда берилганлар бўйича иккита ғалтакнинг эквивалент индуктив қаршилиги ва эквивалент индуктивлиги ($x_э$; $L_э$) аниқланади.

Агар бир контурдан ток ўтганда унда ҳосил бўлган магнит майдони иккинчи контур билан қисман боғлиқ бўлса, бундай контурлар индуктив боғланган дейилади.

Биринчи контурдаги ток ўзгарганда иккала контурни кесиб ўтадиган магнит оқимининг ўзгариши натижасида иккинчи контурда э.ю.к. ҳосил бўлиш ҳодисаси ўзаро индукция ҳодисаси дейилади. Ҳосил бўлган э.ю.к. миқдори қуйидаги формула билан аниқланади:

$$e_{2M} = -M \frac{di}{dt}$$

бу ерда M — ўзаро индуктивлик ёки ўзаро индукция коэффициенти.

Ғалтақдан ток ўтганда унда магнит майдони ҳосил бўлади. Бу магнит майдонининг магнит индукция вектор, ғалтак текислигига перпендикуляр йўналган.

Иккита кетма-кет бириктирилган ғалтакнинг эквивалент қаршилиги ғалтакларнинг уланишига ва ўзаро жойланишига боғлиқ.

Агар иккита ғалтак магнит оқимларининг йўналишлари бир-бирига мос келса, яъни ғалтаклар магнит индукциясининг векторлари

бир-бирларига нисбатан $\alpha < 90^\circ$ да йўналган бўлса, бундай улаш мос улаш дейилади, (129-расм, а).

Бу ҳолда занжирнинг (вариометрнинг) эквивалент индуктивлиги

$$L_{\text{э.мос}} = L_1 + L_2 + 2M, \quad (1)$$

бу ерда L_1 — ташқи ғалтакнинг хусусий индуктивлиги,
 L_2 — ички ғалтакнинг хусусий индуктивлиги,
 M — ғалтакларнинг ўзаро индуктивлиги.

Агар ғалтаклар магнит оқимларининг йўналишлари қарама-қарши бўлса, яъни айрим ғалтаклар магнит индукция векторларининг йўналиши бир-бирига нисбатан $\alpha > 90^\circ$ бўлса, бундай улаш қарама-қарши улаш дейилади (129-расм, б).

Бу ҳолда занжирнинг (вариометрнинг) эквивалент индуктивлиги

$$L_{\text{э.қ.қ.}} = L_1 + L_2 - 2M. \quad (2)$$

Мос улашни қарама-қарши улаш билан алмаштириш учун схемада қандайдир қайта улашлар ўтказмасдан, фақат ички ғалтакни маълум бурчакка бурилса kifоя.

Ички ғалтакни аста-секин буриб, вариометрнинг индуктивлигини максимум ва минимумгача бир текис ўзгартириш мумкин.

Агар \bar{B}_1 ва \bar{B}_2 ларнинг векторлари бир хил йўналишда бўлса,

$$L_{\text{max}} = L_1 + L_2 + 2M_{\text{max}}$$

Агар \bar{B}_1 ва \bar{B}_2 ларнинг векторлари қарама-қарши йўналишда бўлса,

$$L_{\text{min}} = L_1 + L_2 - 2M_{\text{max}}$$

(1) ва (2) формулалардан ғалтаклар ҳар қандай жойлашганда ўзаро индуктивлик M ни осонгина аниқлаш мумкин

$$L_{\text{э.мос}} - L_{\text{э.қ.қ.}} = 4M$$

ёки

$$M = \frac{L_{\text{э.мос}} - L_{\text{э.қ.қ.}}}{4}$$

$\alpha = 90^\circ$ да ғалтакларнинг ўзаро индуктивлиги $M = 0$.

Ўзаро индуктивлик генрида ($гн$) ўлчанади. 129-расм а, б ларда ғалтаклардаги тоқларнинг йўналиши кўрсатилган:

«х» — «биздан» чизма текислигининг орқасига

«•» — «бизга».

Занжирлар орасидаги магнит боғланиш, боғланиш коэффициентини K билан характерланади:

$$K = \frac{M}{\sqrt{L_1 \cdot L_2}}$$

Индуктивлик ва ўзаро индуктивлик ғалтаклардан ўтаётган токқа боғлиқ бўлмай, балки ғалтакларнинг чулғамларига ва ўзаро жойланшигагина боғлиқдир.

III. Ишни бажариш тартиби

1. 130- расмдаги схемани йиғиб, занжирга битта ташқи ғалтакни улагандан сўнг, ўқитувчининг кўрсатувиغا биноан реостат ёрдамида токнинг маълум катталиги ҳосил қилинади.

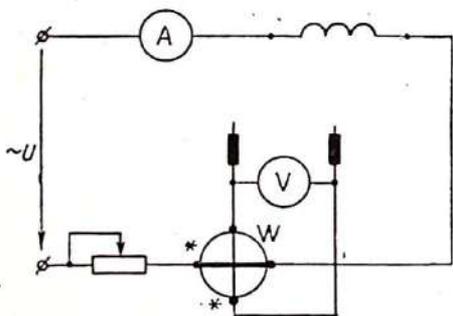
2. Ташқи ғалтакнинг индуктивлигини аниқлаш учун амперметр, вольтметр ва ваттметрнинг кўрсатишларини 47- жадвалга ёзилади.

3. Ўқитувчининг кўрсатувиغا биноан токнинг бошқа катталигини ҳосил қилиб, асбобларнинг кўрсатиши 47- жадвалга ёзилади.

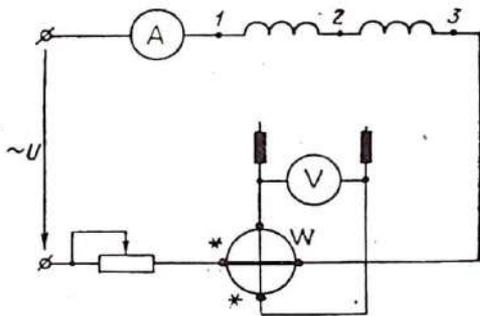
47- жадвал

Ўлчаш			Ҳисоблашлар		
I	U	P	z_1	x_1	L_1
a	b	$вт$	$ом$	$ом$	$ен$

4. 130- расмдаги схемани йиғиб, занжирга битта ички ғалтакни улагандан сўнг ўқитувчининг кўрсатувиغا биноан реостат ёрдамида токнинг маълум катталиги ҳосил қилинади.



130-расм.



131-расм.

5. Ички ғалтакнинг индуктивлигини аниқлаш учун амперметр вольтметр ва ваттметрнинг кўрсатишларини 48- жадвалга ёзилади.

6. Ўқитувчининг кўрсатувиغا биноан токнинг бошқа катталигини ҳосил қилиб, асбобларнинг кўрсатишини 48- жадвалга ёзилади.

7. 131- расмдаги схемани йиғиб, занжирга ташқи ва ички ғалтаклар кетма-кет уланади.

48- жадвал

Ўлчашлар			Ҳисоблашлар		
I	U	P	z_2	x_2	L_2
a	b	$вт$	$ом$	$ом$	$ен$

8. Ички ғалтакнинг ташқи ғалтакка нисбатан бурчилиш бурчагини 0° дан 180° гача ўзгартириб, асбобларнинг кўрсатишларини 49- жадвалга ёзилади.

9. Тегишли ҳисоблашларни бажариб, натижаларни 49- жадвалга ёзилади.

10. Қуйидаги эгри чизиқлар қурилади: $M = f_1(\alpha)$, $K = f_2(\alpha)$.

49-жадвал

α градус	Ўлчашлар			Ҳисоблашлар			
	I	U	P	$x_{\text{эқв}}$	$L_{\text{эқв}}$	M	K
	a	b	$вт$	$ом$	$ен$	$г$	—
0°							
30°							
60°							
90°							
120°							
150°							
180°							

IV. Контрол саволлар

1. Варнометр деб нимага айтилади?
2. Ўзаро индукция ҳодисаси нима?
3. Ўзаро индукция э. ю. к. нинг катталиги қандай формула билан аниқланади?
4. Ғалтакларнинг қандай уланишига мос уланиш ва қандай уланишига қарама-қарши уланиш дейилади?
5. Боғланиш коэффициенти нима?

ЛАБОРАТОРИЯ ИШЛАРИНИ БАЖАРИШ ЮЗАСИДАН
УМУМИЙ КЎРСАТМАЛАР

Ҳар бир лаборатория ишини бажаришдан олдин шу ишга тегишли назарий материални дарслик ва қўлланмалардан ўқиб, яхши ўзлаштириб олиш лозим.

Лаборатория ишларини бажараётганда қуйидагиларга амал қилиш керак.

1. Лабораторияда ишлаётган группа, группанинг бир қисми бригадаларга бўлинади. Битта лаборатория ишини бажараётган бригададаги студентлар сони тўрт кишидан ортмаслиги лозим.

2. Студентлар хавфсизлик техникаси қондалари ва умумий электротехника лабораториясининг ички тартиблари билан танишганларидан сўнг лаборатория ишини бажаришга қўйилади. Ўқитувчи томонидан қўшимча инструкторив кўрсатмалар олганларидан сўнг ҳар бир студент хавфсизлик техникаси тўғрисида инструктор дегадн контрол варақага имзо қўядилар.

3. Ҳар бир студент тегишли лаборатория ишини бажариш учун лаборатория машғулотларига пухта тайёргарлик кўриб келиши шарт. Лаборатория ишига тайёргарлик қуйидагилардан иборат:

а) қўлланма бўйича лаборатория ишининг ёзмасини пухта ишлаб чиқиш,

б) ишда йиғилиши керак бўлган электр схемасини лаборатория ишлари бўйича иш дафтарига чизиш,

в) ўлчов асбобларининг кўрсатишларини ва бу кўрсатишлар асосида ҳисобланган катталикларни ёзиш учун иш дафтарига тегишли жадвалларни чизиш,

г) бажариладиган лаборатория ишига тегишли назарий материални лекция конспектидан ёки 50- жадвалда кўрсатилган тегишли адабиётлардан қайта ишлаб чиқиш.

4. Ишни бажаришдан олдин ҳар бир студент тегишли лаборатория ишини бажариш учун керакли ўлчов асбоблари билан танишиб, уларнинг номинал қийматларини, системасини, аниқлик классини, заводдан чиққан номерини иш дафтарга ёзиб қўяди. Бу берилганлар кейин ҳисоботга кўчириб ёзилади. Ўлчов асбоблари стрелкаларининг бошланғич нолда бўлишини албатта текшириш зарур. Асбобнинг стрелкасини нолга келтириб қўйишни ўқитувчининг иштирокида бажариш мумкин.

5. Электр схемасини йиғишни бош қетма-кет занжирга кирувчи энергия истеъмолчилари, амперметр ва ваттметр ҳамда счётчикларнинг токли чулғамларини улашдан бошлаб, сўнгра параллел занжирларга кирувчи вольтметр ва ваттметрнинг кучланиш чулғами уланади.

6. Схема нотўғри йиғилганда содир бўлиши мумкин бўлган ҳар қандай авариянинг олдини олиш мақсадида, уни ишга улашдан аввал ўқитувчи текшириши шарт. Рубильникни фақат схема текширилгандан сўнг улаш мумкин.

7. Лаборатория ишини бошлашдан, шунингдек, схемани ҳар

гал улашдан аввал нагрузка реостатларининг қаршиликлари занжирга тўла уланган бўлиши керак. Схепадаги ҳар қандай қайта улашлар рубильник тармоқдан ажратилганда бажарилиши керак.

Ҳар бир қайта улашдан сўнг, схема ўқитувчи томонидан текширилиши керак.

8. Лаборатория иши тугагач, студентлар ўлчаш натижаларини ўқитувчига кўрсатишлари керак. Ўқитувчи лаборатория ишини ўлчаш натижалари тўғри дегандан сўнг, рубильник тармоқдан ажратилиб, схема йиғиштирилиши мумкин.

Агар ўлчаш натижалари нотўғри бўлса, ўлчашни қайта давом эттириш керак.

ЛАБОРАТОРИЯ ИШИГА ҲИСОБОТ ТУЗИШ

Лаборатория иши бажарилгандан сўнг ҳар бир студент ишнинг барча пунктлари бўйича тўла ҳисобот тузиши керак.

Ҳисобот махсус бланкада ёки оддий дафтарда тузилади. Лаборатория ишига ҳисобот тузиш намунаси китобнинг охирида кўрсатилган.

Улаш схемалари, жадваллар, графиклар ва вектор диаграммалар масштабда қалам билан, чизмачилик асбоблари ёрдамида бажарилади. График ва вектор диаграммаларни алоҳида миллиметрли қоғозга чизиб, ҳисоботга қўшиб қўйиш мумкин. Тажриба натижаларини аниқ тасаввур этиш учун, қурилган графиклар етарлича тушунарли бўлиши керак. Уларни қуришда қўйидаги қоидаларга риоя қилиш шарт.

1. Графиклар тўғри бурчакли координатларда қурилиб, абсцисса ўқи га танланган масштабда ўзгарувчан катталик—аргумент қўйилади. Ўзгариши аргументнинг ўзгаришига боғлиқ бўлган катталиклар ордината ўқи га қўйилади (яъни абсцисса ўқи бўйича сабаб, ордината ўқи бўйича оқибат—натижавий миқдор қўйилади). Масалан, трансформаторининг ташқи характеристикаси— $U_2 = f(I_2)$.

I_2 нагрузка токи ўзгарганда трансформатор иккиламчи чулғами учларидаги кучланиш U_2 ҳам ўзгаради. Демак, I_2 токи сабаб бўлиб, абсцисса ўқи бўйича, U_2 кучланиш эса оқибат бўлиб, ордината бўйича қўйилиши керак.

2. Графикни қуришдан аввал абсцисса ва ордината ўқларини тенг бўлақларга бўлиб, масштабни шкала олинади.

Тегишли сон қийматларни шкала бўлинмасининг қаршисига бир сантиметрдан оралатиб ёзиб, уларнинг масштабини 1; 2; 5 нисбатларда олиш (айрим ҳолларда 2,5; 4) мумкин.

Лаборатория ишидаги ўлчаш ва ҳисоблаш натижаларининг қийматлари шкала бўлинмасининг қаршисига ёзилган сон каби бутун бўлмаслиги мумкин. Шундай бўлса ҳам, тажрибадан олинган сон қийматлари шкалага қайта ёзилмайди.

Эгри чизиқларни қурганда, графикдаги характеристикаларнинг координата боши бўлиши шарт, акс ҳолда назарий тушунчалар эксперименталь натижаларга мос келмайди.

Трансформатор, генератор, двигатель счётчикларнинг паспорт маълумотлари.

Текширилаётган генераторнинг паспорти.

2-бет.

Лаборатория ишини бажаришда йиғиладиган электр схемалари.

Ана шу бетда 123-расмдаги схема чизилади.

3-бет.

Кузатув жадваллари ва ҳисобланган катталиклар:

Салт ишлаш характеристикаси $U = f_1(I_K)$, $I_A = 0$ бўлганда

I_K а	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
U в	8	22	40	59	81	96	110	117	121	125	127
U в	9	27	47	67	86	102	113	119	123	126	—

Ташқи характеристикаси $U = f_2(I_A)$, $R_K = \text{const}$ бўлганда

I_A а	0	1,0	1,5	2	3	4	5
U в	120	118	114	113	110	107	104

Ростлаш характеристикаси $I_K = f_3(I_A)$, $U = \text{const}$ бўлганда

I_A а	0	1,0	1,5	2	3	3	5
I_K а	0,75	0,76	0,77	0,83	0,87	0,9	1,05

Ҳисоблаш формулалари.

15- лаборатория ишида ҳисоблаш бажарилмайди.

4-бет.

Вектор диаграммаларни ва характеристикаларни қуриш.

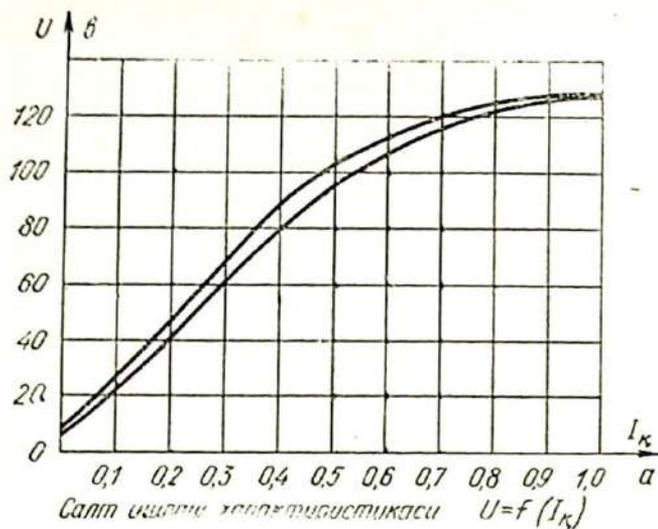
Ана шу бетда 132, 133, 134- расмлардаги характеристикалар чизилади.

Иш бўйича хулоса.

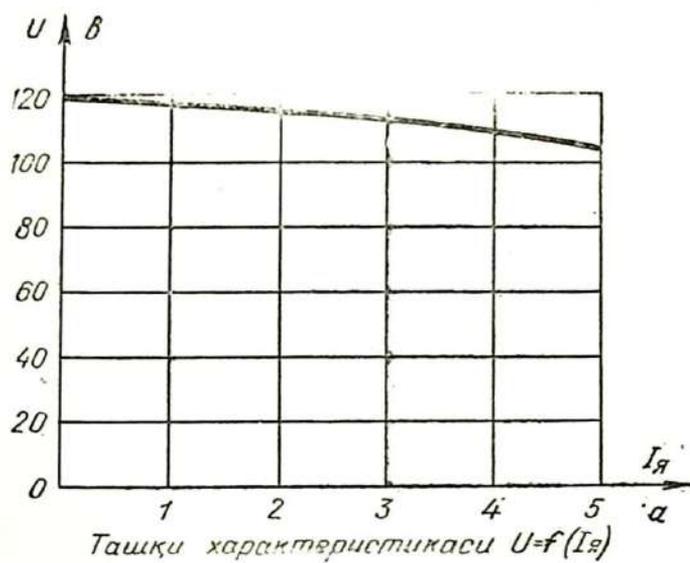
Студентнинг имзоси

Қабул қилинди

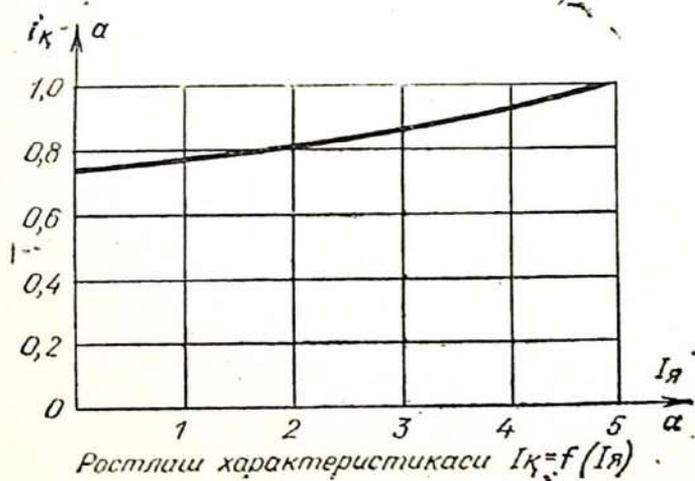
« » _____ 197 й. _____ (ўқитувчининг имзоси)



132- расм.



133- расм.



134- расм.

Лаборатория ишлари номери	Фойдаланилган дарсликлар				
	2	3	4	5	
	Ғ. Р. Раҳимов «Электротехника». 1966 й., Т	А. С. Касаткин, «Электротехника», 1969 й.	Под. редак. проф. Пантюшина, «Общая электротехника, 1970 й.	Е. В. Китаев и Н. Ф. Гревцев, «Курс общей электротехники», 1965 й.	
1	11—12- бетлар	12—34- бетлар	14—34- бетлар	20—24, 28—29, 32—38- бетлар	
2	155—163	353—361	307—316, 327—330	219—221, 231—236	
3	94—108	129—135	136—156	119—132	
4	103—110	139—143	162—167	136—146	
5	110—113	145—151	156—162	135—139	
6	113—114	145—152	162—167	146—155	
7	121—126	166—167, 177—182	192—196, 204	181—190, 194—196	
8	121—125	173—182	199—201	181—183, 191—196	
9		151—153	167—170	155—156	
10	169—172	386—395	335—339, 334—349	247—250	
11	185—192	395—397	349—352	237—231	
12		67—80- бетлар	353—354	61—72-	

Лаборатория ини номери	Фойдаланилган дарсликлар				
	1	2	3	4	5
	Ф. Р. Рахимов, «Электротехника», 1966 й., Т	А. С. Касаткин «Электротехника», 1969 й.	Под. редак. проф. Пантовича «общая электротехника», 1970 й	Е. В. Кигаев Н. Ф. Гренцев. «Курс общей электротехники», 1965 й.	
13	201—221, 228—236 »	240—251, 257—263 »	256—279 »	265—272, 279—284 »	»
14	221—228 »	261—268, 274—276 »	283—288 »	285—292 »	»
15	347—359, 368—369 »	469—476, 480—484 »	370—384, 397 »	416—434, 449—451 »	»
	374—378 »	491—494 «		479—482 »	»
16	386—396 »	469—476, 498—508 »	399—404 »	416—434, 456—470 »	»
17	396—497 »	469—476, 508—511 »	404—407 »	479—482 »	»
18	251—254, 258—260 »	416—419, 439—453 »	410—450 »	456—460, 471—477 »	»
	276—282, 285—292 »			479—482 »	»
16	258—260, 282—292 »	416—419, 439—453 »	488—492 »	310—319, 322—326 »	»
20	309—316, 328—341 »	524—532, 537—539 »	472—486 »	345—346 «	»
21	341—346 »	524—432, 540—542 »	472—486-»	372—376, 382—385 »	»
22	75—79 »	101—110 «	112—115, 174—183 »	388—394 »	»
				377—376, 382—385 »	»
				388—394 »	»
				372—376, 398—404 »	»
				97—102 «	»

И Л О В А Л А Р

1- илова

Электрик ва механикавий катталикларнинг халқаро (СИ)
бирликлар системасидаги умумий бирликларнинг жадвали

Катталикларнинг номи	Катталикларнинг белгилари	Халқаро (СИ) бирликлар системасида асосий белгилар	
		номи	белгилаштири
1	2	3	4
Узушлик	L	метр	m
Юз	S	кв. метр	m^2
Ҳажм	V	куб метр	m^3
Масса	M	килограмм	kg
Вақт	t	секунд	$сек$
Тезлик	v	секундига метр	$m/сек$
Тезлаиши	a	секунда, секундига метр квадрат	$m^2/сек$
Куч	F	ньютон	n
Иш	W	жоуль	$жс$
Иссиқлик миқдори	Q	жоуль	$жс$
Температура	T	кельвин	$к$
Бурчак тезлик	ω	секундига бир	$1/сек$
Бурчак частота	$\alpha = \omega t$	радиан	$рад$
Куч моменти	M	ньютон метр	$нм$
Актив қувват	P	Ватт	$вт$
Реактив қувват	Q	Вольтампер реактив	$вар$
Тўла қувват	S	вольтампер	$в.а$
Кучлаиши, электр юритувчи куч	U	вольт	v
Ток	I	ампер	a
Ток зичлиги	δ	квадрат метрга ампердан	a/m^2
Заряд электр миқдори	Q	кулон	$кл$
Эл. майдон кучлаишганлиги	ε	метрга вольт	v/m
Сифим	C	фарада	$ф$
Абсолют диэлектрик сингдирувчанлик	E_a	метрга фарада	$ф/m$
Қаршилик	R	ом	$ом$
Солиштирма қаршилик	ρ	ом. метр	$ом/m$
Ўтказувчанлик	g		$1/ом$
Солиштирма ўтказувчанлик	ν		$1/ом \cdot m$
Магнит оқими	Φ	вебер	$вб$
Магнит индукция	B	тесла (квадрат метрга вебер)	$тл$
Магнит майдон кучлаишганлиги	H	метрга ампер	a/m
Абсолют магнит сингдирувчанлик	μ_a	метрга генри	$гн/m$
Индуктивлик	L	генри	$гн$
Реактив индуктив, сифим қаршилик	x	ом	$ом$
Тўла қаршилик	z	ом	$ом$
Частота	f	герц	$гц$

Бошқа системаларда қўлланиладиган бирликлар

Бирликларнинг номи	Белгиланиши	СИ системасидаги бирликларга нисбати
Килограмм	кг. куч	9,81 н
Килограммометр	кг. куч. м.	9,81 нм (жс)
Калория	кал	4,19 жс
Цельсий градуси	°С	(°С 273) К
Метр секундга килограмм—куч	кг. куч. м/сек	9,81 вт
От кучи	1 о. к. = 75 $\frac{\text{кг. куч. м}}{\text{сек}}$	736 вт
Максвелл	мкс	10 ⁻⁸ вб
Гаусс	гс	10 ⁻⁴ тл
Эрстед	э	80 а/м

Изоляцияси резина ва полихлорвинил бўлган мис, алюминий сим ҳамда шнурлардан узоқ вақт ўтиши мумкин бўлган ток нагрукчалари

Ток ўтказувчи симнинг қўндаланг кесими, мм ²	Ток нагрукчаси, а										
	Бир трубадан ўтган симлар										
	Очиқ ўтказилган симлар		иккита бир симли		учта бир симли		тўртта бир симли		битта икки симли		битта уч симли
0,5	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,15	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,0	17	—	16	—	15	—	14	—	15	—	14
1,5	23	—	19	—	17	—	16	—	18	—	15
2,5	30	24	27	20	25	19	25	19	25	19	21
4	41	32	38	28	35	28	30	23	32	25	27
6	50	39	46	36	42	32	40	30	40	31	34
10	80	60	70	50	60	47	50	39	55	42	50
16	100	75	85	60	80	60	75	55	80	60	79
25	140	105	115	85	100	80	90	70	100	75	85
35	170	130	135	100	125	95	115	85	125	95	100
50	215	165	185	140	170	130	150	120	160	125	135
70	270	210	225	175	210	165	185	140	195	150	185
95	330	255	275	215	255	200	225	175	245	190	215
120	385	295	315	245	290	220	260	200	295	230	250
150	440	340	360	275	330	255	—	—	—	—	—

Э с л а т м а. Ҳар бир катакда чап томондаги сонлар мис симлар учун, ўнг томондагилари алюминий симлар учун нагрукча.

Изоляцияси резина ва полихлорвинил бўлиб, қобиғи қўرғошин, полихлорвинил ҳамда резинадан иборат бўлган бронланган ва бронланмаган мис, алюминий симли кабеллардан узоқ вақт ўтиши мумкин бўлган ток нагруккалари

Ток ўтказувчи симнинг қўндаланг кесими, мм ²	Ток нагруккаси, а									
	битта симли		иккита симли		учта симли					
	Ўтказилганда									
	ҳаводан		ҳаводан		ердан		ҳаводан		ердан	
1,5	23	—	19	—	33	—	19	—	27	—
2,5	30	23	27	21	44	34	25	19	38	29
4	41	31	38	29	55	42	35	27	49	38
6	50	38	50	38	70	55	42	32	60	46
10	80	60	70	55	105	80	55	42	90	70
16	100	75	90	70	135	105	75	60	115	90
25	140	105	115	90	175	135	95	75	150	115
35	170	130	140	105	210	160	120	90	180	240
50	215	165	175	135	265	205	145	170	225	175
70	270	210	215	165	320	245	180	140	275	210
95	325	250	260	200	385	295	220	110	330	255
120	380	295	300	230	445	340	260	200	365	295
150	440	340	350	270	505	390	305	235	435	335

Э с л а т м а. Ҳар бир катакда чап томондаги сөнлар мис симлар учун, ўнг томондагилари алюминий симлар учун нагрукка.

Ҳавода очиқ ўтказилган, шимдрилган қоғоз изоляцияли, мис симли кабелни узоқ вақт юклаш мумкин бўлган ток қиймати, а

Кабель симининг қўндаланг кесими, мм ²	Қобиғи қўрғошни ёки алюминий; кучланиш, кВ						Қобиғи хлорвинилли; кучланиш, кВ	
	бир симли	икки симли	пояс изоляцияли уч симли			тўрт симли	уч симли	тўрт симли
			3 гача	6	10			
	Мумкин бўлган максимал температура							
	80	80	80	65	60	80	65	65
1,5	30	25	18	—	—	—	—	—
2,5	40	30	28	—	—	25	—	—
4	55	40	37	—	—	35	35	35
6	75	55	45	—	—	45	45	45
10	95	75	60	55	50	60	65	65
16	120	95	80	65	60	80	85	80
25	160	130	105	90	85	100	110	105
35	200	150	125	110	105	120	135	130
50	245	185	155	145	135	145	170	—
70	305	225	200	175	165	185	—	135
95	360	275	245	215	200	215	—	—
120	415	320	285	250	240	260	—	—
150	470	375	330	290	210	300	—	—
185	525	—	375	315	305	340	—	—
240	610	—	430	325	350	—	—	—

Айрим материалларнинг магнитлашиш характеристикалари

Индукция, вб		Магнит майдон кучланганлиги, $\text{Н} \cdot 2/\text{м}$			
Γ	Γ_c	электротехни- кавий пўлаг. Э11	электротехни- кавий пўлаг. Э12	тобланган пў- лаг. Ст. 2	Чўши
1	2	3	4	5	6
0,05	500	—	—	40	420
0,1	1000	—	—	80	600
0,15	1500	—	—	120	750
0,2	2000	87	21	160	900
0,25	2500	100	25	200	1050
0,3	3000	110	29	240	1220
0,35	3500	126	33	280	1430
0,35	4000	140	37	320	1640
0,45	4500	155	42	360	1910
0,5	5000	171	48	400	2200
0,55	5500	190	55	440	2550
0,6	6000	211	63	488	2940
0,65	6500	236	73	535	3410
0,7	7000	261	84	584	3920
0,75	7500	287	96	632	4600
0,8	8000	318	110	682	5400
0,85	8500	352	125	745	6300
0,9	9000	397	140	798	7360
0,95	9500	447	160	860	8600
1,0	10000	502	185	924	10100
1,05	10500	570	220	994	12000
1,1	11000	647	260	1090	140000
1,15	11500	739	310	1187	16500
1,2	12000	843	380	1290	19200
1,25	12500	976	490	1430	22500
1,3	13000	1140	680	1590	26200
1,35	13500	1340	1000	1810	30003

Айрим материалларнинг магнетлашиш характеристикалари

Индукция σ		Магнит майдон кучланганлиги, Н. 2/м			
T	G_c	электротех- никавий пўлат Э11	электротехника- вий пўлат Э12	тобланган пў- лат. Ст. 2	Чўян
1	2	3	4	5	5
1,4	14000	1580	1450	2090	348800
1,45	14500	1950	2200	2440	40900
1,55	15000	3280	4200	3430	36200
1,5	15500	2500	3100	2890	47800
1,6	16000	4370	5600	4100	—
1,65	16500	5880	7400	4870	—
1,7	17000	7780	9500	—	—
1,75	17500	10110	11900	—	—
1,8	18000	12800	14600	—	—
1,85	18500	15900	16300	—	—
1,9	19000	19700	23000	—	—
1,95	19500	24600	29000	—	—
2,0	20000	31000	41000	—	—

АДАБИЕТ

- Анвельт М. Ю. и др. Общая электротехника, «Высшая школа», М., 1966.
- Анвельт М. Ю. и др. Сборник задач по общей электротехнике, «Высшая школа», М., 1968.
- Под ред. проф. Банникова С. П. Лабораторные работы по электротехнике, «Высшая школа», М., 1972.
- Под ред. Блажнина А. Т. Общая электротехника, «Энергия», М., 1964.
- Владимирский Б. А. и др. Лабораторный практикум по общей электротехнике, Киевский университет, 1964.
- Глебович А. А. Лабораторные работы по электротехнике с основами пром-электроники, «Высшая школа», М., 1964.
- Карвовский Г. А., Окороков С. П. Справочник по асинхронным двигателям и пускорегулирующей аппаратуре, 1962.
- Касаткин А. С. Электротехника, «Энергия», М., 1969.
- Касаткин А. С., Перекалли М. А. Курс общей электротехники, «Госэнергоиздат», 1960.
- Китаев Е. В., Гревцев Н. Ф. Курс общей электротехники, «Высшая школа», М., 1965.
- Мучник А. Я., Парфенов К. А. Общая электротехника, «Высшая школа», М., 1967.
- Мучник А. Я., Парфенов К. А., Древе Г. В. Общая электротехника и электрооборудование, «Высшая школа», М., 1961.
- Под ред. проф. Пантюшина В. С. Общая электротехника, «Высшая школа», М., 1970.
- Под ред. проф. Пантюшина В. С. Сборник задач по общей электротехнике, «Высшая школа», М., 1972.
- Под ред. проф. Пономаренко В. К. Сборник задач с решениями по общей электротехнике, «Высшая школа», М., 1972.
- Рахимов Г. Р. Электротехника, «Учитувчи», Т., 1966.
- Сергеев П. С. Электрические машины, «Энергия», М., 1965.
- Телешев Б. А. Электротехника, Госэнергоиздат., М., 1963.
- Туричин А. М. Электрические измерения, «Госэнергоиздат», М., 1961.
- Чиликин М. Г. Электрический привод, «Энергия», М., 1965.

Жавоблар

1. $I = 2a$
2. $I_1 = I_6 = 5a$; $I_2 = I_3 = 2,5 a$; $I_4 = I_5 = 1,25 a$;
4. $I_1 = 0,91a$; $I_2 = 0,545a$; $I_3 = 227a$; $R_1 = 121 \text{ ом}$, $R_2 = 202 \text{ ом}$, $R_3 = 484 \text{ ом}$.
 $P = 1175 \text{ вт}$.
5. $U = 224,4 \text{ в}$.
6. $R_{\text{ЭКВ}} = 2,5 \text{ ом}$
7. $I_1 = 3,5 a$; $I_2 = 1 a$; $I_3 = 2,5 a$.
8. $I_1 = 13,5 a$; $I_2 = 9a$; $I_{12} = 7,5 a$; $I_{13} = 6 a$; $I_{32} = 1,5 a$; $P = 1620 \text{ вт}$.
9. $I_1 = 1,67 a$; $I_2 = 8,34 a$; $I_3 = 4,17 a$; $I_4 = 5,34 a$; $I_5 = I_6 = 2,5 a$.
10. $I_1 = 2,2 a$; $I_2 = 0,6a$; $I_3 = 1,6 a$.
18. $C = 44,3 \text{ пф}$; $E = 0,5 \text{ кв. см}$.
19. $E = 66,6 \text{ кв/см}$ (чунки, ҳаво ораллиги учун $U = 32 \text{ кв/см}$).
20. $U = 7,25 \text{ кв}$.
21. $C_{\text{ЭКВ}} = 2 \text{ мкф}$.
22. $C_{\text{ЭКВ}} = 1 \text{ мкф}$.
23. $C_{\text{ЭКВ}} = 1 \text{ мкф}$.
24. $C_{\text{ЭКВ}} = 3,43 \text{ пф}$; $U_1 = 55 \text{ в}$ $U_2 = 165 \text{ в}$.
25. $W = 2 \cdot 10^{-8} \text{ ж}$; $W_2 = 4,67 \cdot 10^{-8} \text{ ж}$; $W_3 = 6,67 \cdot 10^{-8} \text{ ж}$; $E = 13,75 \text{ в/см}$,
 $E_2 = 41,25 \text{ в/см}$.
26. $C = 38,2 \text{ пф}$.
27. $H = 10^4 \text{ а/м}$; $B = 12,56 \cdot 10^{-3} \text{ тл}$; $\Phi = 35,2 \cdot 10^{-6} \text{ вб}$.
28. $H = 0,159 \text{ а/м}$; $79,5 \text{ а/м}$, $39,7 \text{ а/м}$.
32. $F = 61,3 \text{ н}$.
33. $I \cdot W = 1300 \text{ а}$.
36. $F_1 = 0,2 \cdot 10^{-2} \text{ н}$; $F_{\text{К.Т.}} = 0,2 \text{ н}$

37. $T = 0,02 \text{ сек} = 314 \text{ 1/сек}$
39. $I = 2,73 \text{ а}, Z = r = 80,6 \text{ ом}, W = 1,8 \text{ кет. соат.}$
42. $L = 0,467 \text{ гн}$
43. Актив — индуктив, $x_L = 21 \text{ ом}, r = 30 \text{ ом}; Z = 36,7 \text{ ом.}$
44. $r = 40 \text{ ом}, L = 0,058 \text{ гн}, Q = 457,5 \text{ вар}, S = 1100 \text{ в.а}, \cos\varphi = 0,91.$
45. $S = 15 \text{ кв.а}, Q = 9 \text{ квар}; I = 39,6 \text{ а.}$
52. $f = 0; I = 0; f = 50 \text{ гц}; I = 0,453 \text{ а}, f = 1000 \text{ гц}; I = 2,26 \text{ а.}$
53. $I = 0,487 \text{ а}, W_m = 24 \text{ ж.}$
54. $r = 25 \text{ ом}, C = 65 \text{ мкф}, Q = 85 \text{ вар}, S = 880 \text{ в.а}, \cos\varphi = 0,455.$
56. $r = 295 \text{ ом}, P_p = 2,78 \text{ кет.}$
57. $I = 5 \text{ а.}$
58. $I = 14,1 \text{ а}, U_L = 310 \text{ в}, U_C = 141 \text{ в}, P = 1985 \text{ вт}, Q = 2390 \text{ вар},$
 $S = 310 \text{ в.а.}$
59. $F = 9,1 \text{ а}, I_C = 22 \text{ а}, I = 14,2 \text{ а}, \cos\varphi_F = 0,414, \cos\varphi = 0,265 \text{ (манфий)}$
60. $I = 1,1 \text{ а}, U_L = U_C = 4,14 \text{ в.}$
61. $U_1 = 220 \text{ в}, U_2 = 0$
62. $U = 120 \text{ в.}$
63. $C = 6,36 \text{ мкф.}$
69. $I_{\Phi Y} = 7,58 \text{ а}, I_{\Phi \Delta} = 13,1 \text{ а}, P_{\Delta} = 1500 \text{ вт.}$
70. $r = 23,2 \text{ ом}, x = 17,4 \text{ ом}, Z = 29 \text{ ом.}$
71. $Q_Y = 5,24 \text{ квар}, S_Y = 8,75 \text{ кв.а}; P_{\Delta} = 21 \text{ кет}, Q_{\Delta}' = 15,7 \text{ квар},$
 $S = 26,2 \text{ кв.а.}$
72. $S = 25 \text{ кв.а}, \cos\varphi = 0,88.$
74. $I_A = 7,34 \text{ а}, I_B = 8,8 \text{ а}, I_C = 6,65 \text{ а}, P = 2,76 \text{ кет}, Q = 4,16 \text{ квар},$
 $S = 4,99 \text{ кв. а.}$
75. $I_A = 43,3 \text{ а}, I_B = 52 \text{ а}, I_C = 22,7 \text{ а.}$
76. $I_0 = 3,4 \text{ а.}$
77. $I_A = I_B = 11,5 \text{ а}, U_{\text{Л}}' = 253 \text{ в}, U_{\text{В}}' = 127 \text{ в.}$
80. $U_A' = 102 \text{ в}, U_{00}' = 118 \text{ в.}$
81. $I_0 = 10 \text{ а.}$
82. $I_{(1)} = 31,3 \text{ а}, I_{(2)} = 27 \text{ а}, I_{(3)} = 54 \text{ а.}$
83. $C = 1, 0; 75; 0,3; 0,2; 0,1 \text{ а/бўл.}$
84. $C_A = 3 \text{ а/бўл.}$
85. $P = 1000 \text{ вт.}$
86. $P = 20 \text{ кет.}$
87. $\Delta a = -0,2, \gamma = 2,44 \%, \gamma_c = 2 \%.$
88. 0,83
89. 0,77 %, 2,3 %

90. 2,96; 1,7
91. $\gamma_{ш} = 7,5 \cdot 10^{-3}$ ом.
92. $\gamma_{к.к.} = 20000$ ом.
93. $\gamma_{к.к.1} = 367$ ом, $\gamma_{к.к.2} = 1600$ ом, $\gamma_{к.к.3} = 18000$ ом, $\gamma_{к.к.4} = 20000$ ом.
94. $P = 7,776$ квт.
95. $C_{ш} = 2810 \frac{\text{вт. сек}}{\text{айл}}$.
96. $C_x = 1430 \frac{\text{вт. сек}}{\text{ийл}}$, $\gamma_0 = 0,007$
97. $P = 600$ вт.
97. $W = 1440$ квт. соат
99. $E = 266$ в, $E = 26$ в, $\kappa = 10$.
101. ΔU %: 6,58; 5,49; 4,12; 2,75; 1,37.
105. $\eta_{ш.л}$ 99% η : 98,6; 98,7; 98,8; 98,6; 98,2.
106. $P = 3$, $n_{ш} = 1000$ айл/мин, $S_{ш} = 2,5$ %, $f_2 = 1,25$ гц.
107. $\omega_2 = 308$ рад/сек, $\omega_2 = 295$ рад/сек
109. $n_{ш} = 1500$ айл/мин, $s_{ш} = 2,67$ % $M_{ш} = 654$ н. м. $M_{юр} = M_{ш} = 654$ н.м.
 $M_{нах} = 1308$ н.м. $I_{ш\gamma} = 185,5$ а $I_{ш\Delta} = 321$ а, $I_{юр\Delta} = 1600$ а,
 $I_{юр\gamma} = 927$ а.
111. $I_{юр\gamma} = 1240$ а, $M_{юр\gamma} = 405$ н. м, $I_{юр\Delta} = 2145$ а, $M_{юр\Delta} = 135$ н.м.
112. $\cos\varphi_{ш} = 0,876$, $\cos\varphi_0 = 0,116$.
113. $\Delta P = 4,2$ квт, 14 сўм 16 тийини.
115. $f_1 = 66,7$ гц, $f_2 = 33,35$ гц.
124. $I_2 = 215$ а, $I_3 = 102,2$ а.
126. $I_{к} = 5,65$ а; $R_{к} = 40,6$ ом; $I_{я} = 309, 65$ а; $R_{я} = 0,029$ ом; $E = 239$ в.
127. $E = 242,5$ в; $I_{к} = 3$ а; $I_{к.к.к;} = I = 65$ а; $\eta = 90,8$ %.
129. $U = 235$ в; $R_{к} = 94$ ом.
131. $n_1 = 1290$ айл/мин; $n_2 = 1176$ айл/мин; $n_3 = 1062$ айл/мин.
132. $M_{ш} = 33$ н.м; $P_{ш} = 4,62$ квт; $I_{ш} = 42$ а; $E = 116,3$ в; $R_{юр} = 116$ ом.

Сўз боши	3
--------------------	---

БИРИНЧИ ҚИСМ

МАСАЛАЛАР

I. Ҳзгармас ток занжирлари	5
II. Электр майдон ва конденсаторлар	15
III. Электромагнетизм	16
IV. Ҳзгарувчан ток	21
V. Электр ўлчашлар	45
VI. Трансформаторлар	48
VII. Асинхрон машиналар	51
VIII. Синхрон машиналар	54
IX. Ҳзгармас ток машиналари	59
X. Электрик юритма	66
XI. Электроника	68
XII. Курс топширинини ҳисоблашга мисол	76

ИККИНЧИ ҚИСМ

ЛАБОРАТОРИЯ ИШЛАРИ

1- лаборатория иши	87
2- лаборатория иши	91
3- лаборатория иши	94
4- лаборатория иши	100
5- лаборатория иши	107
6- лаборатория иши	111
7- лаборатория иши	116
8- лаборатория иши	121
9- лаборатория иши	128
10- лаборатория иши	132
11- лаборатория иши	135
12- лаборатория иши	137
13- лаборатория иши	139
14- лаборатория иши	144
15- лаборатория иши	151
16- лаборатория иши	155

17- лаборатория иши	160
18- лаборатория иши	165
19- лаборатория иши	169
20- лаборатория иши	174
21- лаборатория иши	180
22- лаборатория иши	185
Лаборатория ишларини бажар иш юзасидан умумий кўрсатмалар	189
Лаборатория ишига ҳисобот тузиш	191
Лаборатория ишлари бўйича ҳисобот намунаси	192
Умумий электротехника лаборатория ишларига оид назарий маълумотлар	195
Иловалар	197
Адабиёт	202
Жавоблар	203

46 т.

•УЏИТУВЧИ.