

**ЎЗБЕКИСТОН ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ТЕРМИЗ  
ФИЛИАЛИ**

**ТРАНСПОРТ ТИЗИМЛАРИ ВА ТЕХНОЛОГИК МАШИНАЛАР  
КАФЕДРАСИ**

**Б.Х.ХУШБОҚОВ, М.Р.ШАЙМАНОВ**

**ЭЛЕКТРОТЕХНИКА ВА ЭЛЕКТРОНИКА**

5310600—Ер усти транспорт тизимлари ва уларнинг эксплуатацияси  
(транспорт турлари бўйича);

5320300—Технологик машиналар ва жихозлар (тармоқлар бўйича);

5320900—Енгил саноат буюмлари конструкциясини ишлаш ва технологияси  
(ишлаб чиқариш турлари бўйича);

5630100—Экология ва атроф-муҳит муҳофазаси (тармоқлар ва соҳалар бўйича)

**таълим йўналишларидаги 2-босқич талабалари учун амалий  
машғулотларни бажаришга доир  
УСЛУБИЙ ҚЎЛЛАНМА**

ТЕРМИЗ-2019

Электротехника ва электроника. Услубий қўлланма. Хушбоқов Б.Х., Шайманов М.Р. ТДТУ Термиз филиали, Термиз: 2019, 78 – бет.

**“Электротехника ва электроника”** фанидан амалий машғулотларини бажариш учун мўлжалланган ушбу услубий қўлланма 5310600–Ер усти транспорт тизимлари ва уларнинг эксплуатацияси (транспорт турлари бўйича); 5320300–Технологик машиналар ва жихозлар (тармоқлар бўйича); 5320900–Енгил саноат буюмлари конструкциясини ишлаш ва технологияси (ишлаб чиқариш турлари бўйича); 5630100–Экология ва атроф-муҳит муҳофазаси (тармоқлар ва соҳалар бўйича) таълим йўналишлари талабалари фанни чуқурроқ ўзлаштиришларига ёрдам бериш учун хизмат қилади.

Услубий қўлланма филиал Ўқув-услубий Кенгаши томонидан нашрга тавсия этилган.

Такризчилар: З.Р.Худойкулов – ТерДУ “Бино-иншоотлар архитектураси ва қурилиши” кафедраси мудири, техника фанлари номзоди, доцент.

Ф.Ж.Носиров – ТДТУ Термиз филиали Умумкасбий фанлар кафедраси доценти, техника фанлари номзоди, доцент.

## 1-амалий иш

### Ўзгармас ток электр занжирларини ҳисоблаш

#### Электр қаршилик

Маълумки, электр зарядларнинг йўналган ҳаракатига электр токи дейилади. Электр зарядлари ўз ҳаракатида бошқа заряд, атом ва молекулалар билан тўқнашадилар. Бунда зарядларнинг тезлиги ва кинетик энергияси камаяди. Лекин электр майдон таъсирида зарядларнинг тезлиги яна ошади. Янги тўқнашишда эса тезлиги яна камаяди. Натижада ўтказгичда зарядларнинг бир текис ҳаракати ўрнатилади. Шундай қилиб ўтказгич зарядларнинг ҳаракатига қаршилик кўрсатади.

Қаршиликка тескари катталиқ электр ўтказувчанлик дейилади ва  $g$  билан белгиланади.

$$g = \frac{1}{R} = \frac{1}{\text{ом}} = \text{сименс(см)}$$

Ўтказгичнинг материали, узунлиги ва кўндаланг кесими маълум бўлса, унинг қаршилиги қуйидагича аниқланади.

$$R = \rho \frac{e}{S}$$

Қаршиликнинг температурага боғлиқлиги

$$R = R_1 + R_1 \cdot \alpha(t_2 - t_1) \text{ ёки } R = R_1[1 + \alpha(t_2 - t_1)]$$

#### Ом қонۇни

Берк занжирда ток қиймати электр юритувчи куч қийматига тўғри пропорционал, ички ва ташқи қаршиликларнинг йиғиндисига тескари пропорционал бўлади:

$$I = \frac{E}{R + r_0} \text{ ёки } E = I(R + r_0) = IR + Ir_0 = U + U_0 \text{ Агар } R=0 \text{ бўлса } E = U_0 + U = I\tau_0$$

#### Иш, энергия ва қувват

Истеъмолчидаги зарядларни кўчиришда бажарилган иш қуйидагича топилади:

$$A = E \cdot I \cdot t, \quad E = U_0 + U, \quad A = I \cdot t(U_0 + U) = ItU_0 + ItU = W_0 + W$$

эканлигини топамиз. Бунда;  $W_0 = U_0 It$  - манбада иссиқликка айланган энергия  $W = UI t$  ташқи занжирда сарф қилинадиган энергия .

Ишнинг бажариш тезлиги қувват дейилади.

$$P = \frac{A}{t} = EI \text{ (Вт)-манбанинг қуввати.}$$

$$P = \frac{W}{t} = UI \text{ (Вт) – истеъмолчининг қуввати.}$$

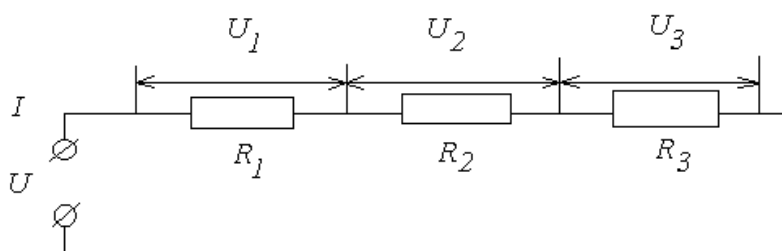
$$P = \frac{W_0}{t} = U_0 I \text{ (Вт)} - \text{исроф бўлган қувват.}$$

### **Жоуль – Лениц қонۇни**

Иссиқликка айланувчи электр энергия;

$$W = A \cdot I^2 R \cdot t \text{ (ж)} \text{ ёки } Q = 0,24 \cdot I^2 R t \text{ (кал).}$$

### **Қаршиликларни кетма – кет ўлаш**



1.1-расм

$$U_1 = IR_1, \quad U_2 = IR_2, \quad U_3 = IR_3$$

Ток кучи занжирнинг барча қисмларида бир хил бўлгани учун,

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}, \quad \frac{U_2}{U_3} = \frac{R_2}{R_3} \text{ бўлади.}$$

Қаршиликлардаги кучланишларни уларнинг қисқичларидаги потенциаллар айирмаси билан ифодалаш мумкин:

$$U_1 = \varphi_A - \varphi_B, \quad U_2 = \varphi_B - \varphi_C, \quad U_3 = \varphi_C - \varphi_D$$

$$U_1 + U_2 + U_3 = \varphi_A - \varphi_B + \varphi_B - \varphi_C + \varphi_C - \varphi_D = \varphi_A - \varphi_D = U$$

$$U = \varphi_A - \varphi_D$$

$U_1 + U_2 + U_3 = U$  тенгламани ҳадма – ҳад токка бўлсак, қуйидагини топамиз:

$$\frac{U}{I} = \frac{U_1}{I} + \frac{U_2}{I} + \frac{U_3}{I} \text{ ёки } R = R_1 + R_2 + R_3 - \text{занжирнинг умумий қаршилиги}$$

### **Кирхгофнинг биринчи қонۇни**

Тугунчага қараб йўналган тоқлар йиғиндиси ундан чиқаётган тоқлар йиғиндисига тенг.

$$I_1 = I_2 + I_3 + I_4 \text{ ёки } I_1 - I_2 - I_3 = 0$$

Умумий кўринишда;  $\sum I = 0$  яъни тугундаги тоқларнинг алгебраик йиғиндиси нолга тенг.

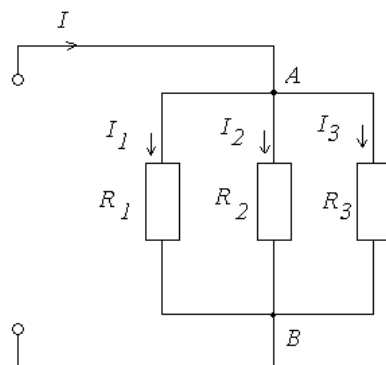
### **Қаршиликларни параллел ўлаш**

Параллел уланганда шаҳобчаларнинг қаршиликларидаги кучланишлари бир хил бўлади. Яъни,

$$U = U_1 = U_2 = U_3$$

Кирхгофнинг биринчи қонунига биноан;

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \quad \text{ёки} \quad \frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3}$$



1.2 – расм

тенгламани  $U$  га қисқартириб,

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad \text{ёки} \quad g = g_1 + g_2 + g_3 \quad \text{бунда} \quad g - \text{эквивалент ўтказувчанлик.}$$

### Ток манбаининг икки иш режими

Амалда икки ток манбаи билан электр занжирлари кўп ишлатилади. Бунда битта манба генератор сифатида, бошқаси истеъмолчи сифатида ишлатилиши ҳам мумкин.

Занжирдаги ток.

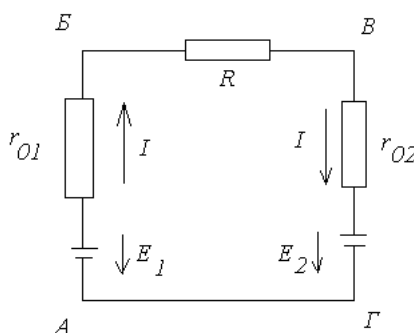
$$I = \frac{E_1}{r_{01} + R + r_{02}} = \frac{E_1 - E_2}{r_{01} + R + r_{02}}$$

Б нуқтанинг потенциали

$$\varphi_B = \varphi_A + E_1 - I r_{01}$$

ёки

$$\varphi_B - \varphi_A = \varphi_{BA} = E_1 - I r_{01}$$



1.3 - расм

Г нуқтанинг потенциали;

$$\varphi_\Gamma = \varphi_B - I r_{02} - E_2 \quad \text{ёки} \quad \varphi_B - \varphi_\Gamma = E_2 + I r_{02}$$

### Кирхгофнинг иккинчи қонуни

Электр занжир бир неча ЭЮК манбаларидан ва резисторлардан ташкил топган бўлиши мумкин.

В ва А нукталар орасидаги кучланишни қуйидагича аниқлаш мумкин.

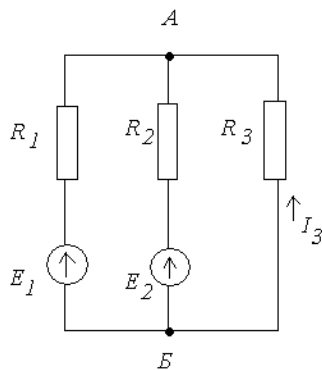
$$U_{BA} = E_1 - I_1 R_1 \quad U_{BA} = E_2 - I_2 R_2$$

ёки

$$E_1 - I_1 R_1 = E_2 - I_2 R_2$$

Бундан;

$$E_1 - E_2 = I_1 R_1 - I_2 R_2 \quad \sum = \sum (IR)$$



1.4 – расм

### Мураккаб электр занжирларини ҳисоблаш.

Суперпозиция ёки устма – уст қўйиш усули.

Бу усул ишлатилганда занжирнинг ҳар бир шаохбчасидаги ток мустақил равишда ишловчи манбалар ҳосил қилган тоқларнинг алгебраик йиғиндиси сифатида аниқланади. Масалан; 2.4-расмда келтирилган занжирда битта биринчи манба мавжуд бўлганда занжирдаги ток қуйидагича аниқланади;

$$I_1 = \frac{E_1}{r_{01} + R + r_{02}}$$

Занжирда битта иккинчи манба мавжуд бўлганда занжирнинг токи қуйидагича аниқланади.

$$I_2 = \frac{E_2}{r_{01} + R + r_{02}}$$

Агар манбаларнинг ЭЮК лари бир хил йўналган бўлса, занжирдаги умумий ток;

$$I = I_1 + I_2 = \frac{E_1 + E_2}{r_{01} + R + r_{02}}$$

Агар манбаларнинг ЭЮК лари қарама-қарши йўналган бўлса, занжирдаги умумий ток.

$$I = I_1 - I_2 = \frac{E_1 - E_2}{r_{01} + R + r_{02}}$$

## Масалалар

### **1.1-масала.**

Узунлиги 10м, диаметри 0,4мм бўлган нихромдан ясалган электрик печка спиралининг ишлаш температураси  $300^{\circ}$ . Тармоқ кучланиши 220 В. Спиралдаги зичликни аниқланг.

### **1.2-масала.**

12 в ли автомобиль лампочкасидан номинал кучланишда 4а ток ўтади, агар уни батареяга уланса, лампочка куядими? Батареядаги Э.Ю.К. 90в. Ички қаршилиги 42 ом. Лампочка қаршилигини боғлиқ бўлмаган доимий катталиқ деб қаранг.

### **1.3-масала.**

Кучланиш  $U=110$ в бўлган электр тармоққа қаршилиги  $r=200$  Ом чўғланма лампа уланган. Лампадаги ток кучини аниқланг.

### **1.4-масала.**

Агар иситиш асбобидаги ток кучи  $I=5$ а, унинг қаршилиги  $r=45$ ом бўлса, унинг қисқичларидаги кучланишни аниқланг.

### **1.5-масала.**

Агар симларнинг кўндаланг кесими  $S=10$ мм<sup>2</sup> ва линиянинг узунлиги 200м бўлса, ҳаво линияси симларининг  $+20^{\circ}\text{C}$  ва  $-10^{\circ}\text{C}$  температурадаги қаршилигини топинг.

### **1.6-масала.**

Электр кавшарлагич 5а токда 12в га мулжалланган. Кавшарлагич 30 мин. ишлаганда ундан қанча иссиқлик ажралади?

### **1.7-масала.**

Қуввати 2квт ли электр двигатель 6 а ток истеъмол қилади. Унинг чулғамлари қаршилиги 2 ом. Двигательда 2 соатда ажралиб чиқадиган иссиқлик миқдорини ҳисобланг.

### **1.8-масала.**

Кучланиши  $U=220$ в бўлган тармоққа қуввати  $P=5$ квт бўлган электр двигатель уланган. Электр двигателдан оқаётган ток кучини аниқланг.

### **1.9-масала.**

Кучланиш  $U=225$ в бўлган тармоққа  $I=4$ а ток олувчи иситгич асбоби уланган. Асбобнинг қуввати ва асбоб 2 соат ичида истеъмол қилган энергиянинг баҳосини топинг. 1квт соат электр энергия 23 сўм туради.

### **1.10-масала.**

Агар иситгич асбобининг қаршилиги 22 ом, тармоқнинг кучланиши 110в бўлса, бу асбобда 15 минутда ажралиб чиққан иссиқлик миқдорини топинг.

### **1.11-масала.**

Мис симнинг диаметри  $d=0,3$ мм, қаршилиги  $R=82$ ом. Симнинг узунлигини топинг.

### **1.12-масала.**

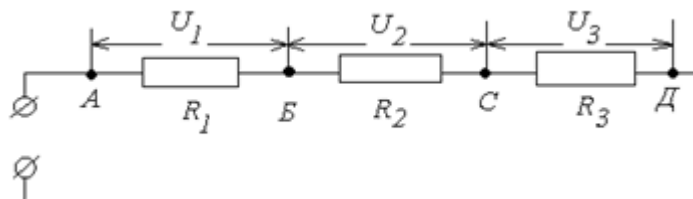
Манбанинг қисқа туташтирилган токи  $I_k=48$ А. Агар шу манбага қаршилиги  $R=19,5$  ом бўлган резистор уланса, ток 1,2 амперга камаяди. Манбанинг Э.Ю.К.ни ва ички қаршилигини аниқланг.

**1.13-масала.**

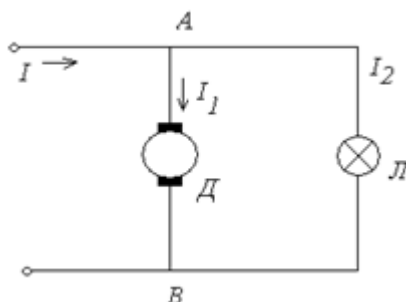
Э.Ю.К манбанинг ички қаршилиги  $r_0=0,1\text{ом}$ . Унга уланган истеъмолчидан  $I=0,75\text{А}$  ток ўтиб, бир соат ичида 729калл иссиқлик чиқаради. Манбанинг Э.Ю.К қийматини топинг.

**1.14-масала.**

Ўзгармас ток манбаининг  $E=125\text{В}$ . Унга қаршиликлари  $R_1=100\text{ом}$ ,  $R_2=30\text{ом}$  ва  $R_3=120\text{ом}$  бўлган резисторлар кетма кет уланган (2.5 – расм). Занжирдаги ток кучини ва ҳар бир шаҳобчада кучланишнинг пасайишини ва қувватини топинг. Манбанинг ички қаршилиги ҳисобга олинмайди.

**1.5 – расм****1.15-масала.**

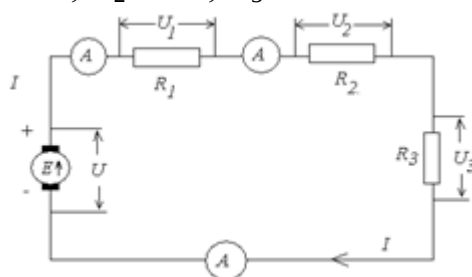
Кучланиши  $U=220\text{В}$  бўлган линияга қуввати  $P_1=4,4\text{кВт}$  ўзгармас ток двигатели ва қуввати  $P_2=300\text{Вт}$  бўлган чўғланма лампа уланган. Линиядаги ток кучини ва истеъмолчиларнинг умумий қаршилигини топинг.(2.6 – расм).

**1.6 – расм****1.16-масала.**

Икки симли линия  $P=3\text{кВт}$ ,  $I=15\text{А}$ ,  $l=1200\text{м}$ , мис симнинг диаметри  $d=5\text{мм}$ . Истеъмолчининг қувватини, линия йўқотиладиган қувватни ва фойдали иш коэффициентини топинг.

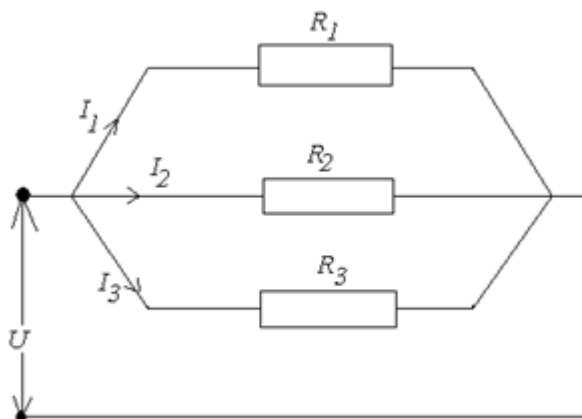
**1.17-масала.**

1.7 – расмда кўрсатилган занжир учларидаги кучланиш ва участкалардаги кучланишларни аниқланг. Учинчи участкада кучланишлар тушувчи  $U_3=20\text{В}$ . Участка қаршиликлари  $R_1=6\text{ом}$ ,  $R_2=4\text{ом}$ ,  $R_3=2\text{ом}$ .

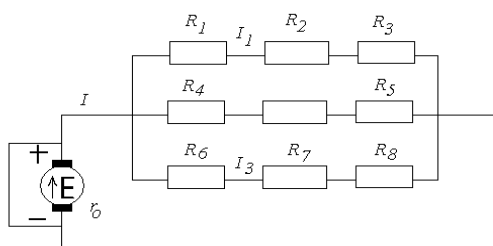
**1.7 – расм**

**1.18-масала.**

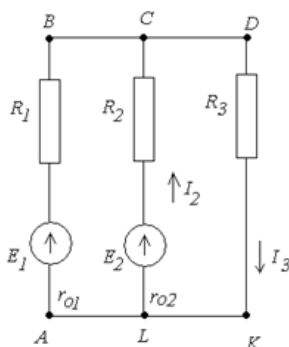
1.8 – расмдаги схемада тармоқланишдан кейин ток кучи  $I=19,5\text{a}$ ,  $R=10\text{ом}$ ,  $R_1=15\text{ом}$ ,  $R_3=20\text{ом}$ . Шу схеманинг эквивалент қаршилиги ва тармоқлардаги токларни аниқланг.

**1.8 – расм****1.19-масала.**

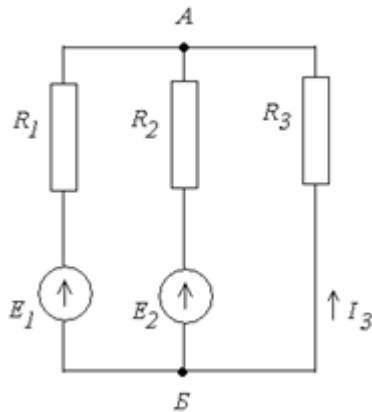
Агар  $E=24\text{в}$ ,  $r_0=2\text{ом}$ ,  $R_1=2\text{ом}$ ,  $R_2=6\text{ом}$ ,  $R_3=4\text{ом}$ ,  $R_4=4\text{ом}$ ,  $R_5=6\text{ом}$ ,  $R_6=7\text{ом}$ ,  $R_7=3\text{ом}$ ,  $R_8=5\text{ом}$  эканлиги маълум бўлса 2.9 – расм кўрсатилган занжир участкаларидаги токларни аниқланг.

**1.9 – расм****1.20-масала.**

Авариявий ёритиш учун аккумуляторнинг сони аниқланг ва уларни улаш учун танлансин. Ҳамма лампочкаларнинг сони аниқланг ва уларни улаш усули танлансин. Ҳамма лампочкаларнинг қуввати 2квт, авариявий ёритиш тармоғининг кучланиши 110в, бита аккумуляторнинг Э.Ю.К  $E=2\text{в}$ , рухсат этилган разряд токи  $I_p=7\text{a}$ .

**1.21-масала.**

Келтирилган занжирда (2.10 – расм)  $E_1=250\text{В}$ ,  $E_2=220\text{В}$ ,  $R_1=5\text{ом}$ ,  $R_2=8\text{ом}$ ,  $R_3=10\text{ом}$ ,  $r_{01}=0,02\text{ом}$ ,  $r_{02}=0,02\text{ом}$ . Занжирдаги тоқларни аниқланг.



**2.10 – расм**

**1.22-масала.**

1.10 – расмдаги схемада  $E_1=120\text{В}$ ,  $E_2=110\text{В}$ ,  $R_1=2\text{ом}$ ,  $R_2=2\text{ом}$ ,  $R_3=4\text{ом}$ . Тоқларни топинг.

**1.23-масала.**

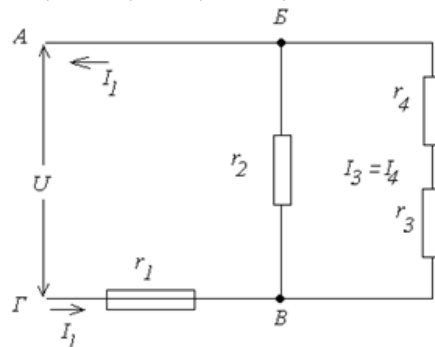
Кучланиши  $U=115\text{В}$  бўлган линияга қуввати  $P_1=3,5\text{кВт}$  бўлган электродвигатель ва қуввати  $P_2=2,3\text{кВт}$  бўлган электропечка уланган. Линиядаги тоқнинг кучини аниқланг.

**1.24-масала.**

Қуввати  $P_1=100\text{Вт}$  ва кучланиши  $U=220\text{В}$  бўлган чўғланма лампочканинг қаршилигини аниқланг. Параллел уланган йигирмата ана шундай лампочканинг қаршилигини аниқланг.

**1.25-масала.**

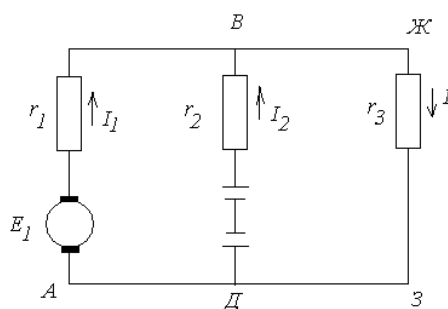
1.11 – расмда тасвирланган занжирнинг барча участкаларидаги тоқлар ва кучланишлар топилсин. Занжирнинг қисқичларидаги кучланиш  $U_{AB}=210\text{В}$ , қаршилиқлар  $r_1=0,6\text{ом}$ ,  $r_2=4\text{ом}$ ,  $r_3=3,5\text{ом}$ ,  $r_4=2,5\text{ом}$ .



**1.11 – расм**

**1.26-масала.**

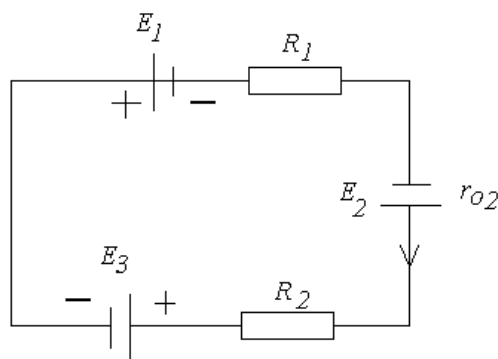
Агар  $E_1=123\text{В}$ ,  $E_2=115\text{В}$ ,  $r_1=0,15\text{ом}$ ,  $r_2=0,5\text{ом}$ ,  $r_3=12\text{ом}$ , бўлса (2.12 – расм),  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$ , тоқлар топилсин.



**1.12 - расм**

**2.27-масала.**

Агар  $E_1=40\text{В}$ ,  $E_2=90\text{В}$ ,  $E_3=60\text{В}$ ,  $R_1=4\text{ом}$ ,  $R_2=5\text{ом}$ ,  $r_1=0,5\text{ом}$ ,  $r_2=1\text{ом}$  га тенг бўлса, 1.13 – расмда кўрсатилган занжирдаги ток кучи топилсин. Биринчи ва учинчи манбаларнинг ички қаршиликлари жуда ҳам кичик бўлгани учун уларни ҳисобга олмаса ҳам бўлади.



**1.13 – расм**

**Масалаларнинг ечимлари**

**1.1-масала.**

Симнинг кўндаланг кесим юзи.

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot (0,4)^2}{4} = 0,1255 \text{ мм}^2$$

Нормал температурада спиралнинг қаршилиги.

$$R = \rho \frac{e}{S} = 1,1 \frac{10}{0,1255} \approx 88 \text{ ом}$$

Иш температурасида спиралнинг қаршилиги.

$$R_t = R[1 + \alpha(t - 20^\circ)] = 88[1 + 0,00015(300 - 20^\circ)] = 88(1 + 0,042) = 92 \text{ ом}$$

Спиралдаги ток кучи.

$$I = \frac{U}{R_t} = \frac{220}{92} = 2,4 \text{ а}$$

Токнинг зинчлиги.

$$j = \frac{I}{S} = \frac{2,4}{0,1255} = 19,1 \text{ а / мм}^2 = 19,1 \text{ ма / м}^2$$

### 1.2-масала

Ечиш. Лампанинг қаршилиги

$$R = \frac{U_n}{I_n} = \frac{12}{4} = 3 \text{ ом}$$

$$I = \frac{E}{R + r_0} = \frac{90}{3 + 42} = 2 \text{ а}, I < I_n$$

Яъни, лампа куйиш у ёқда турсин, яхши чўғланмайди ҳам, чунки ундаги чўғланиш ҳаммаси бўлиб  $U = IR = 2 \cdot 3 = 6 \text{ в}$  га тенг. Бунга асосий сабаб электр токи манбанинг ички қаршилиги юклама қаршилигидан катта бўлиб, Э.Ю.К. нинг деярли ҳаммаси манбанинг ички қаршилигида сарф бўлади.

$$U_0 = Ir_0 = 2 \cdot 42 = 84 \text{ в}.$$

### 1.3-масала.

Ечиш. Ток кучи.

$$I = \frac{U}{R} = \frac{110}{220} = 0,5 \text{ а}$$

### 1.4-масала.

Ечиш. Қисқичлардаги кучланиш.

$$U = IR = 5 \cdot 45 = 225 \text{ в}$$

### 1.5-масала.

Ечиш. Линиядаги иккита симнинг  $+20^\circ \text{ С}$  даги қаршилиги;

$$R_1 = p \frac{e}{s} = 0,0175 \cdot \frac{2 \cdot 200}{10} = 0,7 \text{ ом}$$

Ўша симларнинг ( $-10^\circ \text{ С}$ ) температурадаги қаршилиги.

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha(Q_2 - Q_1)] = 0,7 [1 + 0,004(-30)] = 0,616 \text{ ом}$$

### 1.6-масала.

Ечиш.

$$Q = UI t = 12 \cdot 5 \cdot 30 \cdot 60 = 108000 \text{ жс} = 108 \text{ кжс}$$

### 1.7-масала.

Ечиш. Двигателда энергиянинг жуда кам қисмигина иссиқлика ажралгани, қолгани механикавий энергияга айлангани учун  $Q = Pt$  дан фойдаланиб бўлмайди. Масалани  $Q = I^2 Rt$  формула ёрдамида ечиш мумкин.

$$Q = I^2 Rt = 6^2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 3600 = 518400 \text{ жс}$$

### 1.8-масала.

Ечиш.

$$P = UI \text{ бунда } I = \frac{P}{U} = \frac{5000}{220} = 23 \text{ а}$$

### 1.9-масала.

Ечиш. Асбобнинг қуввати  $P = UI = 225 \cdot 4 = 900 \text{ вт}$ .

2 соат ичида асбоб истеъмол қилган энергия

$$W = Pt = 900 \cdot 2 = 1800 \text{ вт} \cdot \text{соат} = 1,8 \text{ кВт} \cdot \text{соат}$$

Сарфланган энергия баҳоси

$$1,8 \cdot 23 = 41,4 \text{ сўм}$$

### 1.10-масала.

Ечиш. Ток кучи.

$$I = \frac{U}{R} = \frac{110}{220} = 5a$$

Асбобда ажралиб чиққан иссиқлик миқдори;

$$Q = I^2 R t = 5^2 \cdot 22 \cdot 60 = 49500 \text{ж}$$

### 1.11-масала.

Ечиш. Симнинг кундаланг кесим юзаси;

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14(0,3)^2}{4} = 0,0706 \text{мм}^2$$

Симнинг узунлигини  $R = \rho \frac{l}{S}$  тенгламадан топамиз;

$$l = \frac{R \cdot S}{\rho} = \frac{82 \cdot 0,0706}{0,0175} = 330 \text{м}, \text{ бунда: } \rho = 0,0175 - \text{миснинг солиштирма}$$

қаршилиги.

### 1.12-масала.

Ечиш. Қисқа туташтирилган ток манбаи Э.Ю.К;

$$E = I \cdot r_0 = 48 \cdot r_0$$

Ток манбаига қаршилиқ уланганда.

$$E = I r_0 + I R = 1,2 r_0 + 1,2 \cdot 19,5$$

Иккала тенгламанинг ўнг томонлари бир – бирига тенг, яъни

$$48 \cdot r_0 = 1,2 r_0 + 1,2 \cdot 19,5$$

$$46,8 \cdot r_0 = 23,4$$

$$r_0 = 0,5 \text{ом}$$

Э.Ю.К. қуйидагига тенг бўлади:

$$E = 48 \cdot r_0 = 48 \cdot 0,5 = 24 \text{В}$$

### 1.13-масала.

Ечиш.  $Q = I^2 R t$  тенгламадан фойдаланиб, истеъмолчининг қаршилигини топамиз;

$$R = \frac{Q}{0,24 \cdot I^2 \cdot t} = \frac{729}{0,24(0,75)^2 \cdot 3600} = 1,5 \text{ом}$$

Тўла занжир учун Ом қонунидан фойдаланиб Э.Ю.К ни топамиз;

$$E = I r_0 + I R = 0,75 \cdot 0,1 + 0,75 \cdot 1,5 = 1,875 \text{В}$$

### 1.14-масала.

Ечиш. Занжирнинг умумий қаршилиги:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 = 100 + 30 + 120 = 250 \text{ом}$$

Занжирнинг барча шахобчаларидаги ток кучи бир хил бўлади, яъни

$$I = \frac{U}{R} = \frac{125}{250} = 0,5a$$

Хар битта резистордаги кучланишнинг тушуши ва қуввати қуйидагича тенг.

$$U_1 = I R_1 = 0,5 \cdot 100 = 50 \text{В},$$

$$U_2 = I R_2 = 0,5 \cdot 30 = 15 \text{В},$$

$$U_3 = I R_3 = 0,5 \cdot 120 = 60 \text{В},$$

$$P_1 = IU_1 = 0,5 \cdot 50 = 250 \text{ вт},$$

$$P_2 = IU_2 = 0,5 \cdot 15 = 7,5 \text{ вт},$$

$$P_3 = IU_3 = 0,5 \cdot 60 = 30 \text{ вт}.$$

### 1.15-масала.

Ечиш. Двигателнинг статор чулғамларидан ўтаётган ток:

$$I_1 = \frac{P_1}{U} = \frac{4400}{220} = 20 \text{ а}$$

Лампадан ўтаётган ток:  $I_2 = \frac{P_2}{U} = \frac{300}{220} = 1,36 \text{ а}$

Кирхгофнинг биринчи қонунига асосан, линиядаги токни топамиз:

$$I = I_1 + I_2 = 20 + 13,6 = 21,36 \text{ а}$$

Ҳар битта истеъмолчининг қаршилиги:

$$R_1 = \frac{U}{I_1} = \frac{220}{20} = 11 \text{ ом} \quad R_2 = \frac{U}{I_2} = \frac{220}{1,36} = 161,7 \text{ ом}$$

Умумий ўтказувчанлик:  $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{11} + \frac{1}{161,7} = \frac{172,7}{1778,7} \text{ ом}^{-1}$

Умумий қаршилик:  $R = \frac{1778,7}{172,7} = 10,3 \text{ ом}$

### 1.16-масала.

Ечиш. Симнинг қўндаланг кесим юзаси:  $S = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 5^2}{4} \text{ мм}^2$

Симларнинг қаршилиги:  $R_{\lambda} = \rho \frac{2 \cdot l}{S} = 0,0175 \frac{2 \cdot 1200 \cdot 4}{3,14 \cdot 5^2} = 2,08 \text{ ом}$

Линиядаги йўқотиладиган кучланиш:  $\Delta U = I \cdot R_{\lambda} = 15 \cdot 2,08 = 31,2 \text{ В}$

Линиянинг қуввати:  $\Delta P = \Delta U \cdot I = 31,2 \cdot 15 = 468 \text{ вт}$

Истеъмолчининг қуввати:  $P_2 = P_1 - \Delta P = 3000 - 468 = 2532 \text{ вт}$

Линиянинг фойдали иш коэффициенти:  $\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\% = \frac{2532}{3000} \cdot 100\% = 84,4\%$

### 1.17-масала.

Ечиш. Ом қонунига асосан учунчи участкадаги ток.  $I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{20}{2} = 10 \text{ а}$

Кетма –кет занжирнинг биринчи хоссасига асосан, занжирдаги ток;  $I = 10 \text{ а}$

Ом қонунига асосан,  $U_1 = IR_1 = 10 \cdot 6 = 60 \text{ в}, \quad U_2 = IR_2 = 10 \cdot 4 = 40 \text{ в},$

Бутун занжир қисмларидаги кучланиш:  $U = U_1 + U_2 + U_3 = 60 + 40 + 20 = 120 \text{ в}$

### 1.18-масала.

Ечиш. Формулага асосан.  $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{10} + \frac{1}{15} + \frac{1}{20} = \frac{13}{60}; \quad R = \frac{60}{13} = 4,62 \text{ ом}$

Бутун занжир қисмларидаги кучланиш:  $U = IR = 19,5 \cdot 4,62 = 90 \text{ в},$

Участкалардаги тоқлар;  $I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{90}{10} = 9 \text{ а}, \quad I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{90}{15} = 6 \text{ а}, \quad I_3 = \frac{U}{R_3} = \frac{90}{20} = 4,5 \text{ а}$

### 1.19-масала.

Ечиш. Юқори тармоқ қаршилиги.  $R_{1,2,3} = R_1 + R_2 + R_3 = 2 + 6 + 4 = 12 \text{ ом}$

Ўрта тармоқ қаршилиги.  $R_{4,5} = R_4 + R_5 = 4 + 6 = 10\text{ом}$

Қуйи тармоқ қаршилиги;  $R_{6,7,8} = R_6 + R_7 + R_8 = 7 + 3 + 5 = 15\text{ом}$

Занжир ташқи участкасининг ўтазувчанлиги.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_{1,2,3}} + \frac{1}{R_{4,5}} + \frac{1}{R_{6,7,8}} = \frac{1}{12} + \frac{1}{10} + \frac{1}{15} = \frac{15}{60} \text{сим.}$$

Шу участканинг қаршилиги.  $R = \frac{60}{15} = 4\text{ом}$

Бутун занжир токи;  $I = \frac{E}{R_{1,2,3}} = \frac{16}{12} = 1,33\text{а}$

Ўрта тармоқдаги ток;  $I_2 = \frac{U}{R_{4,5}} = \frac{16}{10} = 1,6\text{а}$

Қуйи тармоқдаги ток  $I_3 = \frac{U}{R_{6,7,8}} = \frac{16}{15} = 1,065\text{а}$

Генератор ичидаги кучланиш тушуви  $U_0 = E - U = 24 - 16 = 8\text{в}$

### 1.20-масала.

Ечиш. Юклама токи  $I = \frac{P}{U} = \frac{2000}{110} = 18,2\text{а}$

Юклама кучланиши ва токи битта аккумуляторнинг разряд токи  $I_p$  ва кучланиши  $E$  дан катта бўлгани учун  $m$  параллел группани ҳар қайсисида  $n$  элементдан қилиб, аралаш улашни қўллаш керак.

Параллел гуруҳлар сони  $m \geq \frac{I}{I_p} = \frac{18,2}{7} = 2,6$  бунда  $m = 3$  деб оламиз

Гуруҳдаги аккумуляторлар сони;  $n = \frac{U}{E} = \frac{110}{2} = 55$

Аккумуляторларнинг умумий сони :  $N = mn = 3 \cdot 55 = 165$  дона

### 1.21-масала.

Ечиш. 1. Токларнинг мусбат йўналишини танлаймиз (схемада курсатилган).

2. Бу занжирда иккита тугун бор, шунинг учун Кирхгофнинг биринчи қонунига асосланиб  $C$  тугунга тенглама тузамиз:  $I_1 + I_2 - I_3 = 0$

3. Кирхгофнинг иккинчи қонунига асосланиб  $ABCLA$  контур учун;

$$E_1 - E_2 = I_1(R_1 + r_{01}) - I_2(R_2 + r_{02})$$

$LCDKI$  контур учун:  $E_2 = I_2(R_2 + r_{02}) + I_3 \cdot R_3$

4. Тенгламаларга ҳарфларнинг ўрнига уларнинг қийматларини қўйсак, қуйидагиларни ҳосил қиламиз:

$$\left. \begin{aligned} I_1 + I_2 - I_3 &= 0 \\ 250 - 220 &= I_1 \cdot 5,02 - I_2 \cdot 8,02 \\ 220 &= I_2 \cdot 8,02 + I_3 \cdot 10 \end{aligned} \right\} \quad \text{ёки} \quad \left. \begin{aligned} I_1 + I_2 - I_3 &= 0 \\ 30 &= I_1 \cdot 5,02 - I_2 \cdot 8,02 \\ 220 &= I_2 \cdot 8,02 + I_3 \cdot 10 \end{aligned} \right\}$$

Учинчи тенгламадан:  $I_1 = \frac{30 + I_2 \cdot 8,02}{5,02}$

$I_1$  ва  $I_2$  қийматларни биринчи тенгламага қўйсак;

$$\frac{30 + I_2 \cdot 8,02}{5,02} + I_2 - \frac{220 - I_2 \cdot 8,02}{10} = 0$$

$$I_2 = 4,7a$$

$$I_3 = \frac{220 - 4,7 \cdot 8,02}{10} = 18,23A, \quad I_1 = \frac{30 + 4,7 \cdot 8,02}{5,02} = 13,53a$$

Демак, тоklar мусбат ишорали экан. Шунинг учун ҳам тоklarнинг йўналиши тўғри танланган бўлиб,  $E_1$  ва  $E_2$  манбалар генератор ҳолатида ишлайди.

### 1.22- масала.

$$\text{Ечиш. Тугун кучланиши: } U = \frac{E_1 g_1 + E_2 g_2}{g_1 + g_2 + g_3} = \frac{12 \frac{1}{2} + 110 \frac{1}{2}}{\frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{4}} = \frac{115}{\frac{5}{4}} = 92B$$

Тармоқлардаги ток.

$$I_1 = (E_1 - U)g_1 = (120 - 92) \cdot \frac{1}{2} = 14a$$

$$I_2 = (E_2 - U)g_2 = (110 - 92) \cdot \frac{1}{2} = 9a$$

$$I_3 = -U \cdot g_3 = -92 \cdot \frac{1}{4} = -23a$$

Текшириш;

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

$$14 + 9 - 23 = 0$$

### 1.23-масала.

$$\text{Двигателдаги токнинг кучи. } I_1 = \frac{P_1}{U_1} = \frac{3500}{115} \approx 30a$$

$$\text{Электрпечкадаги токнинг кучи } I_2 = \frac{P_2}{U} = \frac{2300}{115} = 20a$$

$$\text{Линиядаги ток кучи } I = I_1 + I_2 = 30 + 20 = 50a$$

### 1.24-масала.

Ечиш:

$$\text{Қуввати} \quad P = UI = \frac{U^2}{r}$$

$$\text{бўлганлиги учун чўғланма лампочканинг қаршилиги: } r_{\wedge} = \frac{U^2}{P_{\wedge}} = \frac{220^2}{100} = 484\text{ом}$$

Йигирмата параллел уланган лампочканинг умумий қаршилиги:

$$r = \frac{r_{\wedge}}{20} = \frac{484}{20} = 24,2\text{ом}$$

### 1.25-масала.

Ечиш. Занжирнинг умумий қаршилиги.

$$r = r_1 + \frac{r_2(r_3 + r_4)}{r_2 + r_3 + r_4} = 0,6 + \frac{4(3,5 + 2,5)}{4 + 3,5 + 2,5} = 3\text{ом}$$

$$\text{Биринчи қаршилиқдаги ток } I = \frac{U_{AG}}{r} = \frac{210}{3} = 70a$$

$$\text{Биринчи қаршилиқдаги кучланиш } U_1 = I_1 r_1 = 70 \cdot 0,6 = 42\text{в}$$

Занжирнинг тармоқланган қисмидаги кучланиш

$$U_{BB} = U_{AG} - U_1 = 210 - 42 = 168\text{ в} \quad \text{Ток } I_2 = \frac{U_{BB}}{r_2} = \frac{168}{4} = 42\text{ а}$$

$$\text{Ток } I_3 = \frac{U_{BB}}{r_3 + r_4} = \frac{168}{3,5 + 2,5} = 28\text{ а}$$

### 1.26-масала.

Ечиш. Занжирнинг ҳамма участкаларида тоklar учун ихтиёрий йўналишлар танлаб оламиз. Бу йўналишлар (2.13 – расм) кўрсатилган.

Учта тенглама тузамиз. Улардан бирини Кирхгофнинг биринчи қондасига асосан, иккитасини эса Кирхгофнинг иккинчи қондасига асосан тузамиз.

Биринчи тенгламани В нуқта учун тузамиз;  $I_1 + I_2 - I_3 = 0$  (1)

Иккинчи тенгламани АБВЖЗДА контур учун тузамиз;  $E_1 = I_1 r_1 + I_3 r_3$  (2)

Учинчи тенгламани ДГВЖЗД контур учун тузамиз;  $E_2 = I_2 r_2 + I_3 r_3$  (3)

Сўнги икки тенгламага сон қийматлар қўйсак, қуйидагиларни ҳосил қиламиз:

$$123 = 0,15I_1 + 12I_3 \quad (4)$$

$$115 = 0,5I_2 + 12I_3 \quad (5)$$

Сўнги тенгламага  $I_2 = I_3 - I_1$  токни қўйсак:

$$115 = 0,5I_3 - 0,5I_1 + 12I_3 = -0,5I_1 + 12,5I_3 \quad (6)$$

(5) тенгламани 0,3га кўпайтириб ва (4) тенгламага қўшиб, қуйидагини топамиз;

$$34,5 = -0,15I_1 + 3,15I_3$$

$$123 = 0,15I_1 + 12I_3$$

---

$$157,5 = 15,75I_3$$

Бундан

$$I_3 = \frac{157,5}{15,75} = 10\text{ а}$$

Ж ва З нуқталар орасидаги кучланиш;

$$U_{ЖЗ} = I_3 r_3 = 10 \cdot 12 = 120\text{ в}$$

$$I_1 = \frac{E_1 - U_{ЖЗ}}{r_1} = \frac{123 - 120}{0,15} = 20\text{ а}$$

$$I_2 = \frac{E_2 - U_{ЖЗ}}{r_2} = \frac{115 - 120}{0,5} = -10\text{ а}$$

$I_2$  токнинг олдидаги манфий ишора бу токнинг ҳақиқий йўналиши 2.10 – расмда кўрсатилган йўналишга тескари эканлигини, демак Е манба истеъмолчи режимида ишлаётганлигини кўрсатади.

### Мустақил ечиш учун масалалар

#### 1 – масала.

Ўтказгич орқали 0,5 соат ичида  $Q=2700$  Кл заряд ўтади. Электр занжирдаги токни аниқланг.

**Ж;  $I=1,5\text{ А}$**

## 2 – масала.

Токнинг қийматлари 1)  $I=0,5\text{A}$ ; 2)  $I=0,03\text{A}$ ; 3)  $I=2\text{mA}$ ; 4)  $I=15\text{A}$ ; 5)  $I=50\text{mA}$  6)  $I=2\text{A}$  бўлганда  $Q=0,6\text{Кл}$  заряднинг утиш вақтини аниқланг.

**Ж;  $t=1,2\text{с}$**

## 3 – масала.

Кўндаланг кесимининг юзи  $S=2,5\text{ мм}^2$  бўлган ўтказгичдан  $t=0,04\text{сек}$  вақт давомида  $Q=20\cdot 10^{-3}\text{Кл}$  заряд оқиб ўтади. Ўтказгичдаги ток зинчлигини аниқланг.

**Ж;  $j=0,2\text{ A/мм}^2$**

## 4 – масала.

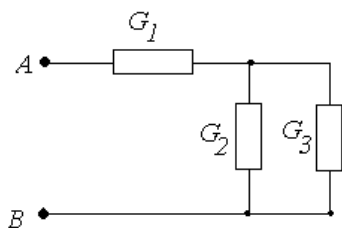
Кўндаланг кесим юзи  $S=0,24\text{ мм}^2$  бўлган ўтказгичдан зинчлиги  $j=5\text{ A/мм}^2$  бўлган ток ўтади. Ўтказгичдан қуйидаги вақтларда ( 1)  $0,005\text{ сек}$  2)  $1\text{ сек}$  3)  $100\text{ мкс}$  4)  $20\text{ мсек}$  5)  $0,4\text{сек}$  6)  $5\text{сек}$  ) ўтган ток ва заряд миқдорини аниқланг.

**Ж;  $I=1,2\text{A}$ ;  $Q=6\cdot 10^{-3}\text{ Кл}$ ;**

## 5 – масала.

2.15-расмда кўрсатилган электр занжирдаги  $G_2$  ва  $G_3$  электр ўтказувчанликни аниқланг. Агар  $G_1=0,05\text{ ом}^{-1}$ ;  $G_4=0,2\text{ ом}^{-1}$ ;  $G_5=0,1\text{ ом}^{-1}$  ва  $G_1=0,17\text{ ом}^{-1}$ ;  $G_2=G_3$

**Ж:  $G_2=G_3=0,4\text{ ом}^{-1}$**

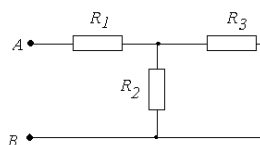


## 1.15-Расм

### 6 – масала.

2.16-расмда кўрсатилган занжирнинг АВ қисқичларидаги эквивалент қаршилигини топинг, агар  $R_1=0,5\text{ом}$ ,  $R_2=5\text{ом}$ ,  $R_3=9\text{ом}$  бўлса.

**Ж  $R_{AB}=3,7\text{ ом}$**

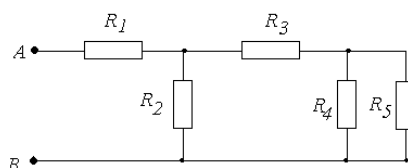


1.16- Расм

### 7 – масала.

1.17-расмда кўрсатилган электр занжирнинг эквивалент қаршилигини аниқланг, агар  $R_1=2,5\text{ом}$ ,  $R_2=6\text{ом}$ ,  $R_3=2\text{ом}$ ,  $R_4=1,5\text{ом}$ ,  $R_5=3\text{ом}$ .

**Ж:  $R_{ЭК}=4,5\text{ ом}$**

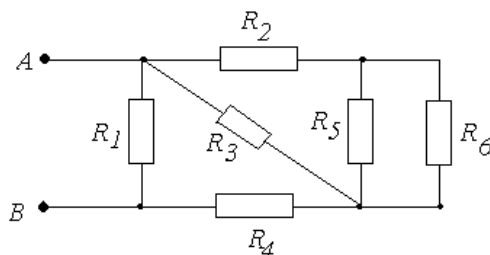


1.17-расм

### 8 – масала.

2.18-расмда кўрсатилган занжирнинг қаршиликлари  $R_1=R_5=3\text{ом}$ ,  $R_2=2,8\text{ом}$ ,  $R_3=1\text{ом}$ ,  $R_4=6,2\text{ом}$ ,  $R_6=2\text{ом}$  га тенг. Электр занжирнинг эквивалент қаршилигини аниқланг.

**Ж:  $R=2,1\text{ом}$ .**



1.18-Расм

### 9 – масала.

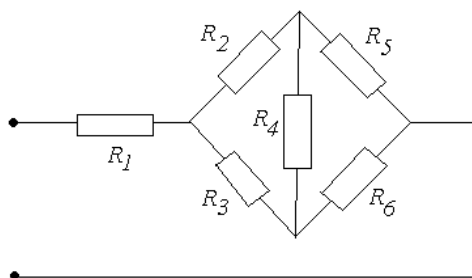
Электр юритувчи кучи  $E=1,5\text{В}$  ва ички қаршилиги  $r=2,5\text{ом}$  бўлган ўзгармас ток занжирига қаршилиги  $R=10\text{ом}$  бўлган резистор уланган.

Занжирдаги токни ва манбанинг кучланиш тушувини аниқланг.

### 10 – масала.

Қаршиликлари  $r_1=0,25\text{ом}$ ;  $r_2=4,5\text{ом}$ ;  $r_3=1,5\text{ом}$ ;  $r_4=3\text{ом}$ ;  $r_5=1,5\text{ом}$  ва  $r_6=2,5\text{ом}$  бўлган электр занжирининг эквивалент қаршилигини аниқланг.

**Ж:  $R_{\text{ЭК}}=2,5\text{ом}$**



1.19-расм

## 2-амалий иш

### Бир фазали ўзгарувчан электр ток занжирларини ҳисоблаш

Ўзгарувчан ток магнит индукцияси

$$B = B \cdot m \cdot \sin \alpha$$

Якорь ўзгармас бурчак тезлик билан айланган вақтда ўрамнинг ҳар бир актив томонида қўзғатилган Э.Ю.К. нинг оний қийматлари:

$$e^1 = B \cdot l \cdot V = B_M \cdot l \cdot V \cdot \sin \alpha = B_M \cdot l \cdot V \cdot \sin \omega t$$

Синусоидал токнинг амалий қиймати амлитуда қийматидан  $\sqrt{2}$  марта кичик, яъни:

$$I = \frac{I_M}{\sqrt{2}}$$

Худди шундай муносабат кучланиш ва ЭЮК учун ўринли, яъни:

$$U = \frac{U_M}{\sqrt{2}} = 0,707 U_M$$

Якорьнинг бурчак тезлиги:

$$\omega = \frac{\alpha}{t} = \frac{2\pi}{T} = \frac{1}{T} 2\pi = 2\pi f \cdot \text{сек}^{-1}$$

Генератор жуфт кутбли бўлганда ўзгарувчан ЭЮК частотаси:

$$f = \frac{n}{60} P \text{ (Гц)}$$

### **Синусоидал ўзгарувчан ток занжирлари** **Актив қаршиликли занжир**

Занжирдаги кучланишнинг оний қиймати:

$$U = U_M \sin \omega t$$

Ом қонуни бўйича занжирдаги токнинг оний қиймати:

$$i = \frac{U}{R} = \frac{U_M \sin \omega t}{R} = I_M \sin \omega t$$

Бунда:

$$I_M = \frac{U_M}{R} - \text{токнинг амплитуда қиймати.}$$

Ток ва кучланишнинг амалий қийматлари:

$$I = \frac{I_M}{\sqrt{2}} \sin \omega t$$

$$U = \frac{U_M}{\sqrt{2}} \sin \omega t$$

Қувватнинг оний қиймати:

$$p = i \cdot U = i^2 R = I_M^2 \cdot R \cdot \sin^2 \omega t$$

$$\sin^2 \omega t = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos 2\omega t \text{ эканлигини ҳисобга олиб, қувватнинг оний қийматини}$$

қуйидагича ёзиш мумкин:

$$p = i^2 R = I_M^2 \cdot R \cdot \sin^2 \omega t = \frac{1}{2} I_m^2 \cdot R - \frac{1}{2} I_m^2 \cdot R \cdot \cos 2\omega t = I^2 R - I^2 R \cdot \cos 2\omega t$$

чунки,

$$\frac{1}{2} I_m^2 = \left( \frac{I_m}{\sqrt{2}} \right)^2 = I^2$$

Актив қувват:

$$p = I^2 R = I \cdot U$$

### **Индуктивлик занжири**

Кучланиш ва ўз индукция ЭЮК ларнинг амлитуда қийматлари:

$$U_m = E_{LM} = I_m \cdot \omega L$$

Ёзилган ифодаларни  $\sqrt{2}$  га бўлиб, кучланиш ва ЭБК нинг амалий қийматларини топамиз:

$$U = E_L = I \cdot \omega L$$

Бундан, Ом қонуни бўйича токнинг амалий қийматини аниқлаш мумкин:

$$I = \frac{U}{\omega L} = \frac{U}{X_L}$$

$X_L = \omega L = 2\pi fL$  бу индуктивликнинг реактив қаршилиги ёки индуктив қаршилик деб аталади.

Индуктивлик занжирида қувватнинг оний қиймати:

$$p = i \cdot U = I_m \cdot \sin \omega t \cdot U_m \cos \omega t = U \cdot I \cdot \sin 2\omega t$$

чунки,  $\sin 2\omega t = 2 \sin \omega t \cos \omega t$

$$U_m = U\sqrt{2} \text{ ва } I_m = I\sqrt{2}$$

Реактив қувват  $Q = UI = I^2 \cdot \omega L = \omega W_m$  чунки  $U = I \cdot \omega L$ ,  $W_m = LI^2$

### Сиғимли занжир

Сиғимли занжирдаги токнинг амплитуда қиймати:

$$I_m = C \cdot \omega \cdot U_m,$$

амалий қиймати:

$$I_m = C \cdot \omega \cdot U = \frac{U}{X_C}$$

Бу формула сиғимли занжир учун Ом қонунини ифодалайди:

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi fC}$$

Қувватнинг оний қиймати

$$p = i \cdot U = U_m \cdot \sin \omega t \cdot I_m \cos \omega t = \frac{U_m \cdot I_m}{2} \cdot \sin 2\omega t = U \cdot I \cdot \sin 2\omega t$$

чунки, ток ва кучланишнинг амалий қийматлари:

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

Конденсаторда электр майдон энергияси

$$W_9 = \frac{CU_m^2}{2} = CU^2$$

### Масалалар

#### **2.1-масала.**

Ёритиш учун фойдаланиладиган ўзгарувчан ток кучланишнинг қиймати 220 В. Шу кучланишнинг амплитудасини аниқланг.

#### **2.2-масала.**

Синусоидал ЭЮК  $e = 141 \sin(314t + 30^\circ)$  тенглама билан берилган. Бу ЭЮК параметрлари аниқланг ва бошланғич моментдан 0,015 сек. Кейинги оний

қиймати ҳисоблансин.

### 2.3-масала.

Электр плитканинг қаршилиги 110 Ом, унинг қисмларидаги кучланиш 220 В эканлиги маълум бўлса, электр плитканинг занжирдаги ток кучи ва қувватини аниқланг.

### 2.4-масала.

Ҳаво кемаларида ишлатиладиган ўзгарувчан токнинг частотаси 400 Гц. Даврини аниқланг.

### 2.5-масала.

Ўзгарувчан токнинг бурчак частотаси  $\omega = 3140$  сек. Ўша токнинг частотаси ва даврини аниқланг.

### 2.6-масала.

Ўзгарувчан ток ишлаб чиқараётган генераторнинг айланиш тезлиги  $n = 1500$  айл/мин, токнинг даври  $T = 0,005$  сек. Генераторда неча жуфт кутби бўлиши керак?

### 2.7-масала.

Кучланишнинг амплитуда қиймати  $U_M = 120$  В, бошланғич фазаси  $\varphi = \frac{\pi}{4}$ . Кучланишнинг амалий қийматини топинг ва оний қийматнинг ифодасини ёзинг.

### 2.8-масала.

ЭЮК нинг оний қиймати  $e = 8,45 \sin(1256t + \frac{\pi}{4})$ . ЭЮК нинг амплитуда, амалий қийматларини, бурчак частотасини, давр ва бошланғич фазани топинг.

### 2.9-масала.

Иккита ЭЮК берилган:

$$e_1 = E_M \sin(\omega t + 60^\circ); \quad e_2 = E_M \sin \omega t$$

Частота  $f = 500$  Гц.

$e_1$  ва  $e_2$  ларнинг фазалар силжиш бурчаги, фазалар силжиш вақтини аниқланг.

### 2.10-масала.

Электр тармоғига уланган вольтметр 380 В кучланишни кўрсатади. Тармоқдаги кучланишнинг амплитудасини топинг.

### 2.11-масала.

Индуктивлиги 0,01 Гн бўлган ғалтак кучланиши 127 В ва частотаси 50 Гц бўлган тармоққа уланган.

1. Занжирнинг реактив қаршилиги, ундаги ток ва реактив қувватини аниқланг:

2. 500 Гц частотадаги реактив қаршилик ва ток аниқланг.

### 2.12-масала.

Кучланиш 250 В ва частотаси 50 Гц бўлган тармоққа индуктивлиги 51 мЖ ва актив қаршилиги 12 Ом бўлган ғалтак уланган. Қуйидаги катталикларни аниқланг:  $X_L$ ,  $Z$ ,  $I$ ,  $U_a$ ,  $U_L$ ,  $\cos \varphi$  ва  $P$ .

### 2.13-масала.

Иккита параллел тармоқли занжир 230 В кучланишли электр тармоғига

уланган. Параллел тармоқлардан бирига актив қаршилиги  $r_1=1$  Ом ва реактив қаршилиги  $X_{L1}=3$  Ом бўлган ғалтак, иккинчисига эса, мос равишда қаршиликлари  $r_2=3$  Ом ва  $X_{L2}=2$  Ом га тенг ғалтак уланган. Ана шу тармоқлардаги тоқлар ва занжирдаги умумий тоқни топинг.

#### 2.14-масала.

80 мкф сиғимли конденсатор кучланиши 380 В ва частотаси 50 гц бўлган тармоққа уланган  $X_C$ ,  $I$ , ва  $W_M$  ларни топинг.

#### 2.15-масала.

Кучланиши 380 В ва частотаси 50 гц бўлган тармоққа қуввати 14 кВт,  $\cos\varphi=0,6$  двигател уланган.

Курилманинг  $\cos\varphi$  сини 0,9 гача орттириш учун конденсатор улаш керак. Конденсаторнинг сиғими топилсин.

#### 2.16-масала.

Ойнинг бошида актив энергия счетчиги 1762 кВт соатни, реактив энергия счетчиги эса 736 квар соатни кўрсатган. Ойнинг охирига келиб биринчиси 1922 кВт соатни, иккинчиси эса 846 квар соатни кўрсатган.

Курилманинг қувват коэффициентининг бир ой ичидаги ўртача қиймати топилсин.

#### 2.17-масала.

$L=0,2$  гн индуктивли ғалтак қиймати 36 В, частотаси 150 гЦ ва бошланғич фазаси  $\varphi=0$  кучланиш берилган. Ғалтакдаги тоқнинг амалий қийматини топинг ва ўша тоқнинг ўзгариш қонунини ёзинг.

### Масалаларнинг ечимлари

#### 2.1-масала.

Ечиш:

$$U = U\sqrt{2} = 220В \cdot 1,41 = 310,2В$$

Шундай қилиб, 220 В деган кучланиш синус қонуни бўйича ўзгариб, қиймати 310,2 В гача етади.

#### 2.2-масала.

Ечиш: Умумий ҳолда  $e = E_m \sin(\omega t + \psi)$  бўлгани учун, берилган тенгламада 141-ЭЮК амплитудаси ( $E_m$ ), 314- унинг айланиш частотаси ( $\omega$ ),  $30^\circ$  – бошланғич фаза ( $\psi$ ). Шундай қилиб, берилган тенглама орқали амплитудаси  $E_m=141$  В (эффektiv қиймати  $E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = \frac{141}{1,41} = 100В$ ), айланиш частотаси  $\omega=314$

рад/сек, ( $t = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{314}{2 \cdot 3,14} = 50гц$ ) ва бошланғич фаза  $\psi=30^\circ$  бўлган синусоидал

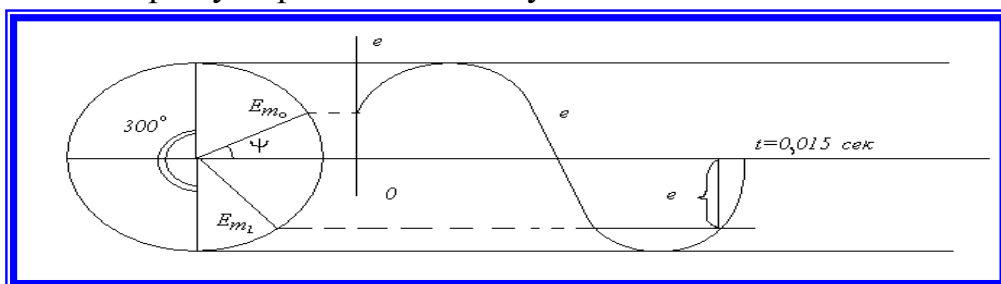
ЭЮК берилган деб айтиш мумкин. ЭЮК нинг 0,015 сек дан кейинги вақт моментидаги оний қийматини вақтнинг шу қийматини тенгламага қўйиб топиш мумкин,  $e = 141\sin(3,14 \cdot 0,015 + 30^\circ)$ ,  $314 \cdot 0,015=4,71$  рад, у ҳолда

$e = 141\sin(4,71 + 30^\circ)$ . Бу тенгламада  $\omega t$  бурчак радианларда, бошланғич фаза градусларда ҳисобланади. Шунинг учун ҳам келгуси ҳисоблашларда

радианларни градусларга айлантириш керак.  $4,71 \text{ рад} = 270^\circ$  бўлгани учун

$$e = 141 \sin(270^\circ + 30^\circ) = 141 \cdot \sin 300^\circ = 141 \left( -\frac{\sqrt{3}}{2} \right) = -122 \text{ В}$$

Бу – ЭЮК нинг кўрилатган вақт моментидаги қиймати манфий ва 122 В га тенглигини билдиради, унинг ушбу вақт моментидаги  $(\omega t + \Psi)$  фазаси  $300^\circ$  га тенг бўлганини учун ЭЮК қиймати манфий амплитудавий қийматидан нол қийматига қараб ўзгариш ҳолатида бўлади.



### 2.3-масала.

Ечиш: Тенглама  $I = \frac{U}{R}$  га мувофиқ  $I = \frac{220}{110} = 2 \text{ А}$ .

Истеъмолчи қабул қилаётган қувватни аниқлаш унинг актив қувватини аниқлаш демак:

$$P = U \cdot I = 220 \cdot 2 = 440 \text{ Вт}$$

### 2.4-масала.

Ечиш:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{440} = 0,0025 \text{ сек}$$

### 2.5-масала.

Ечиш:

$$\omega = 2\pi f; \quad f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{3140}{2 \cdot 3,14} = 500 \text{ Гц}$$

Даври:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{500} = 0,002 \text{ сек}$$

### 2.6-масала.

Ечиш:

Токнинг частотаси  $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,005} = 200 \text{ Гц}$

Қутбларнинг жуфтлар сони  $p = \frac{60 \cdot f}{n} = \frac{600 \cdot 200}{1500} = 8$

### 2.7-масала.

Ечиш:

Амалий қиймати:

$$U = \frac{U_M}{\sqrt{2}} = \frac{120}{\sqrt{2}} = 85 \text{ В}$$

Оний қийматнинг ифодаси:  $U = U_M \sin(\omega t + \varphi) = 120 \sin(\omega t + 45^\circ)$ .

### 2.8-масала.

Ечиш:

ЭЮК нинг оний қиймати умумий шакли

$$e = E_M \sin(\omega t + \varphi)$$

Шунинг учун,  $E_M = 8,45 \text{ В}$ ,  $E = \frac{8,45}{\sqrt{2}} = 6 \text{ В}$

Бурчак частотаси:

$$\omega = 1256 \text{ сек}^{-1}.$$

$$\text{Даври: } T = \frac{1}{f}; \quad \omega = 2\pi f; \quad f = \frac{\omega}{2\pi}$$

$$\text{Демак, } T = \frac{1}{f} = \frac{1}{\omega/2\pi} = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{6,28}{1256} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ сек}$$

Бошланғич фаза:

$$\varphi = \pi/4 = 45^\circ$$

### 2.9-масала.

Ечиш:

Бошланғич  $\psi_1$  ва  $\psi_2$  фазаларни радианларда ифодалайлик:

$$\psi_1 = \frac{60 \cdot 2\pi}{360} = \frac{\pi}{3}; \quad \psi_2 = 0$$

Фазалар силжиш бурчаги

$$\psi = \psi_1 - \psi_2 = \frac{\pi}{3}$$

Давр

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

$E_1$  ва  $E_2$  ларнинг фазалар силжиш вақти

$$t_{12} = \frac{\psi}{\omega} = \frac{\pi T}{3 \cdot 2\pi} = \frac{T}{6} = 0,0033 \text{ сек}$$

### 2.10-масала

$$U_M = \sqrt{2}U = 1,41 \cdot 380 = 536 \text{ В}$$

### 2.11-масала.

Ечиш:

$$X_L = 2\pi fL = 2\pi \cdot 50 \cdot 0,01 = 3,14 \text{ ом}$$

$$1. \quad I = \frac{U}{X_L} = \frac{127}{3,14} = 40,5 \text{ а}$$

$$Q = UI = 127 \cdot 40,5 = 5143,4 \text{ вар}$$

$$X_L = 2\pi fL = 2\pi \cdot 500 \cdot 0,01 = 31,4 \text{ ом}$$

$$2. \quad I = \frac{U}{X_L} = \frac{127}{31,4} = 4,05 \text{ а}$$

### 2.12-масала.

Ечиш:

$$X_L = 2\pi fL = 2\pi \cdot 50 \cdot 0,051 = 16 \text{ ом}$$

$$z = \sqrt{r^2 + X_L^2} = \sqrt{12^2 + 16^2} = 20 \text{ ом}; \quad I = \frac{U}{Z} = \frac{250}{50} = 12,5 \text{ а}$$

$$U_a = Ir = 12,5 \cdot 12 = 150 \text{ в}; \quad U_L = IX_L = 12,5 \cdot 16 = 200 \text{ в}$$

$$\cos \varphi = \frac{r}{z} = \frac{12}{20} = 0,6; \quad P = UI \cos \varphi = 250 \cdot 12,5 \cdot 0,6 = 1875 \text{ вт}$$

### 2.13-масала.

$$I_1 = \frac{U}{Z_1} = \frac{230}{\sqrt{1^2 + 3^2}} = 72,8 \text{ а}; \quad I_2 = \frac{U}{Z_2} = \frac{230}{\sqrt{3^2 + 2^2}} = 64 \text{ а};$$

Ечиш:  $\cos \varphi_1 = \frac{r_1}{Z_1} = \frac{1}{3,16} = 0,317; \quad \sin \varphi_1 = \frac{X_{L1}}{Z_1} = \frac{3}{3,16} = 0,95;$

$$\cos \varphi_2 = \frac{r_2}{Z_2} = \frac{3}{3,6} = 0,833; \quad \sin \varphi_2 = \frac{X_{L2}}{Z_2} = \frac{2}{3,6} = 0,556$$

Иккинчи параллел тармоқдаги токнинг ташкил этувчилари

$$I_{a1} = I_1 \cos \varphi_1 = 72,8 \cdot 0,317 = 23 \text{ а};$$

$$I_{p1} = I_1 \sin \varphi_1 = 72,8 \cdot 0,95 = 69 \text{ а}$$

Биринчи параллел тармоқдаги токнинг ташкил этувчилари

$$I_{a2} = I_2 \cos \varphi_2 = 64 \cdot 0,833 = 53,2 \text{ а};$$

$$I_{p2} = I_2 \sin \varphi_2 = 64 \cdot 0,556 = 35,4 \text{ а}$$

Умумий токнинг ташкил этувчилари

$$I_a = I_{a1} + I_{a2} = 23 + 53,2 = 76,2 \text{ а};$$

$$I_p = I_{p1} + I_{p2} = 69 + 35,4 = 104,4 \text{ а}$$

Занжирнинг умумий токи

$$I = \sqrt{I_a^2 + I_p^2} = \sqrt{76,2^2 + 104,4^2} = 129,4 \text{ а}$$

### 2.14-масала.

Ечиш:

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 80 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^6}{25000} = 40 \text{ ом}$$

$$I = \frac{U}{X_C} = \frac{380}{40} = 9,5 \text{ а}$$

$$W_M = CU^2 = 80 \cdot 10^{-6} \cdot 380 = 11,5 \text{ Ж}$$

### 2.15-масала.

Ечиш:

Электродвигателнинг токи

$$I_1 = \frac{P}{U \cos \varphi_1} = \frac{14000}{380 \cdot 0,6} = 61,4 \text{ а}$$

Тригонометрик жадваллардан топамиз:

$$\varphi_1 = 53^\circ 10' \text{ ва } \sin \varphi_1 = 0,8$$

Электродвигател токининг реактив ташкил этувчиси

$$I_{p1} = I_1 \sin \varphi_1 = 61,4 \cdot 0,8 = 49,1 \text{ а}$$

$\cos \varphi = 0,9$  да двигател билан конденсатордан иборат қурилма

$$I_2 = \frac{P}{U \cos \varphi} = \frac{14000}{380 \cdot 0,9} = 41a \text{ ток истеъмол қилади.}$$

Тригонометрик жадваллардан қуйидагиларни топамиз.  $\cos \varphi = 0,9$  га  $\varphi = 25^\circ 50'$  бурчак ва  $\sin \varphi = 0,436$  мос келади.

Қурилмадаги токнинг реактив ташкил этувчиси

$$I_p = I_2 \sin \varphi = 41 \cdot 0,436 = 17,9a$$

Конденсаторни улаш натижасида ток реактив ташкил этувчисининг камайиши

$$I_c = I_{p1} - I_{p2} = 49,1 - 17,9 = 31,2a$$

Конденсаторнинг реактив қаршилиги

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{U}{I_c} = \frac{380}{31,2} = 12,2 \text{ ом}$$

Бундан қидириладиган сиғим

$$C = \frac{1}{X_c \cdot 2\pi f} = \frac{1}{12,2 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 0,00026 \text{ ф} = 260 \text{ мкф}$$

## 2.16-масала.

Ечиш:

Бир ой давомида сарфланган актив энергия

$$W_a = 1922 - 1762 = 160 \text{ кВт} \cdot \text{соат}$$

Ўша вақт ичида сарфланган реактив энергия

$$W_p = 846 - 736 = 110 \text{ квар} \cdot \text{соат};$$

$$\cos \varphi_{\text{урт}} = \frac{W_a}{\sqrt{W_a^2 + W_p^2}} = \frac{160}{\sqrt{160^2 + 110^2}} = 0,82$$

## Мустақил ечиш учун масалалар

### 1-масала.

Агар ўзгарувчан токнинг частотаси  $f = 400$  Гц; 25 кГц; 2 кГц; 40 кГц; 1250 кГц бўлса, сигналнинг даврини топинг.

$$\text{Ж: } 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ с; } 0,04 \cdot 10^{-4} \text{ с; } 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ с; } 25 \cdot 10^{-3} \text{ с; } 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ с.}$$

### 2-масала.

$T = 0,2$  с; 1 с; 40 мс; 50; 250; 0,8 мкс даврларга эга бўлган ўзгарувчан синусоидал сигналнинг  $f$  частотасини аниқланг.

$$\text{Ж: } 5 \text{ Гц; } 1 \text{ Гц; } 25 \text{ Гц; } 20 \text{ кГц; } 4 \text{ кГц; } 1,25 \text{ мГц}$$

### 3-масала.

Даврлари  $T = 2,5 \cdot 10^{-4}$ ;  $10^{-3}$ ;  $20 \cdot 10^{-2}$ ;  $5 \cdot 10^{-5}$ ;  $8 \cdot 10^{-4}$ ;  $4 \cdot 10^{-6}$  сек бўлган синусоидал токнинг бурчак частотасини топинг.

$$\text{Ж: } 25120 \cdot \text{с}^{-1}; 6280 \text{ с}^{-1}; 31,4 \text{ с}^{-1}; 125600 \text{ с}^{-1}; 7850 \text{ с}^{-1}; 1,57 \cdot 10^6 \text{ с}^{-1};$$

### 4-масала.

Агар ўзгарувчан токнинг бурчак частотаси  $\omega = 3140$ ; 942; 12560; 5024; 94200;  $10048 \cdot 1/\text{сек}$  бўлса, сигналнинг частота ва даври топилсин.

$$\text{Ж: } 500 \text{ Гц} - 2 \cdot 10^{-3} \text{ сек; } 150 \text{ Гц} - 6,68 \cdot 10^{-3} \text{ сек; } 2000 \text{ Гц} - 5 \cdot 10^{-4} \text{ сек; } 800 \text{ Гц} - 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ сек; } 15 \text{ кГц} - 6,68 \cdot 10^{-6} \text{ сек; } 1600 \text{ Гц} - 0,625 \cdot 10^{-3} \text{ сек.}$$

### 5-масала.

Ўзгарувчан ток генератори 2800 айл/мин айланиш частотага эга. Агар генераторнинг кутблар жуфти 6 тенг бўлса, электр токининг бурчак частотаси, даври ва частотасини топинг.

**Ж:**  $f=280$  гц;  $T=0,0036$  сек;  $\omega=1750 \cdot 1/\text{сек}$

**6-масала.**

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

**Ж:**  $I=2,73$  А;  $Z=r=80,6$  Ом;  $W=1,8$  кВт

**7-масала.**

Статор чулғамларида саноат частотасида ток ишлаб чиқараётган генератор роторининг айланиш тезлиги 125 айл/мин бўлса, генераторнинг жуфт кутблар сони ва ишлаб чиқараётган токнинг даври аниқланг.

**8-масала.**

Истеъмолчининг токи ва кучланишининг оний қийматлари

$$i=18\sin(785t-30^\circ)\text{A},$$

$$U=210\sin 785t\text{B}$$

Токнинг ва кучланишнинг амплитуда ва ҳақиқий қийматини ва уларнинг бошланғич фазасини топинг.

$T=0$  учун вектордиаграммасини қуринг.

**Ж:**  $I_M=18$  А;  $U_M=210$  В;  $I=12,9$  А;  $U=149$  В;  $\psi_i=-30^\circ$ ;  $\psi_u=0$ .

**9-масала.**

Кучланиши  $U_{\text{ном}}=127$ В ва қуввати  $P_{\text{ном}}=40$  Вт бўлган электр лампани кучланиши  $U=220$  вольтли тармоққа улаш учун қандай сиғимли конденсаторни электр лампа билан кетма-кет улаш керак?

Конденсатордаги кучланиш, реактив ва тўла қувват, шунингдек, занжирнинг қувват коэффиценти аниқланг.

**Ж:**  $U_c=179$ В;  $Q_c=56,3$  Ва<sub>р</sub>;  $S=69$  Ва;  $\cos\varphi=0,58$

**10-масала.**

Фабрика бир ой ишлаши давомида унинг актив энергия счетчиги 245000 кВт·соат, реактив энергия счетчиги эса 140000 кВар соатни кўрсатади.

Фабриканинг ўртача қувват коэффиценти аниқланг.

**Ж:**  $\cos\varphi=0,7$

### 3-амалий иш

#### Уч фазали ўзгарувчан электр ток занжирларини ҳисоблаш

Бир хил частотали, бир-бирга нисбатан бир хил бурчакка силжиган ва битта генераторда индукцияланган бир неча синусоидал ЭЮК ларга кўп фазали тизим дейилади.

Вақтнинг  $t=0$  пайтида 1 фазали индукцияланган ЭЮКни қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$e_A = E_M \sin \omega t$$

2-фазанинг ЭЮК ўша 1- фазанинг ЭЮКга нисбатан  $1/3$  даврга орқада

қолади яъни ,

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

3-фазанинг ЭЮК дан 1/3 даврга орқада қолувчи ёки 1-фазанинг  $e_A$  дан 1/3 даврга илгариланма ЭЮК қуйидагича ифодаланади:

$$e_C = E_m \sin(\omega t - 240^\circ) = E_m \sin(\omega t + 120^\circ)$$

Генератор чулғамлари юлдуз усулида уланганда линия кучланиши фаза кучланиши қийматидан  $\sqrt{3}$  марта ката бўлади.

$$U_\Delta = \sqrt{3}U_\phi$$

Истемолчиларни юлдуз усулида уланганда линия симларидаги тоқлар генераторнинг мос фазаларидаги тоқларга тенг бўлади, яъни:

$$I_\phi = I_\Delta$$

истемолчиларнинг алоҳида фазаларидаги тоқлар маълум формулаларга кўра ҳисобланади;

$$I_A = \frac{U_A}{Z_A}, \quad I_B = \frac{U_B}{Z_B}, \quad I_C = \frac{U_C}{Z_C}.$$

Фаза тоқларининг фаза кучланишларига нисбатан силжиш бурчаклари уларнинг косинуслари орқали топилади:

$$\cos \varphi_A = \frac{R_A}{Z_A}, \quad \cos \varphi_B = \frac{R_B}{Z_B}, \quad \cos \varphi_C = \frac{R_C}{Z_C}.$$

$$\text{Фаза кучланиши: } U_\phi = \frac{U_\Delta}{\sqrt{3}}.$$

$$\text{Фаза ва линия тоқлари } I_\phi = I_\Delta = \frac{U_\phi}{Z_\phi}.$$

$$\text{Қувват коэффициенти } \cos \varphi = \frac{R_\phi}{Z_\phi}.$$

$$\text{Бир фазанинг актив қуввати: } P_\phi = U_\phi \cdot I_\phi \cdot \cos \varphi.$$

$$\text{Уч фазали тизимнинг актив қуввати: } P = 3P_\phi = 3U_\phi \cdot I_\phi \cdot \cos \varphi = \sqrt{3}U_\Delta I_\phi \cdot \cos \varphi.$$

$$\text{Бир фазанинг реактив қуввати: } Q_\phi = U_\phi \cdot I_\phi \cdot \sin \varphi.$$

$$\text{Уч фазали тизимнинг реактив қуввати: } Q = \sqrt{3}U_\Delta \cdot I_\phi \cdot \sin \varphi.$$

$$\text{Уч фазали тизимнинг тўла қуввати: } S = 3U_\phi \cdot I_\phi = \sqrt{3}U_\Delta \cdot I_\phi.$$

$$\text{Истемолчилар учбурчак усулида уланганда фаза кучланиши: } U_\phi = U_\Delta.$$

$$\text{Фаза тоқи: } I_\phi = \frac{U_\phi}{Z_\phi}.$$

Линия тоқи:

$$I_\Delta = \sqrt{3} \cdot I_\phi.$$

$$\text{Қувват коэффициенти: } \cos \varphi = \frac{R_\phi}{Z_\phi}.$$

$$\text{Битта фазанинг актив қуввати: } P_\phi = U_\phi \cdot I_\phi \cdot \cos \varphi.$$

Учта фазанинг актив қуввати:  $P = 3P_\phi = 3U_\phi \cdot I_\phi \cos \varphi = \sqrt{3}U_\wedge \cdot I_\phi \cos \varphi$ .

Учта фазанинг реактив қуввати:  $Q = 3U_\wedge \cdot I_\phi \cdot \sin \varphi = \sqrt{3}U_\wedge \cdot I_\phi \cdot \sin \varphi$ .

Чунки  $U_\phi = \frac{U_\wedge}{\sqrt{3}}$ .

Тизимнинг тўла қуввати:  $S = 3U_\phi \cdot I_\phi = \sqrt{3}U_\wedge \cdot I_\phi$

## **Масалалар**

### **3.1-масала.**

Чулғамлари юлдуз усулида уланган генератор фаза кучланишини топинг; линия кучланиши 380в га тенг.

### **3.2 – масала.**

Генераторнинг фаза кучланиши 220в, истеъмолчи фазаларнинг қаршиликлари  $Z_A = Z_B = r_A = r_B = 22\text{ом}$ ,  $z_C = r_C = 44\text{ом}$ . Нейтрал симдаги токни топинг.

### **3.3 – масала.**

Кучланиши  $U_\wedge = 125\text{в}$  бўлган уч фазали ток тармоғига қуйидагича қаршиликларга эга бўлган истеъмолчилар уланган:

$$r_{AB} = 10\text{ом} \text{ ва } r_{BC} = r_{CA} = 15\text{ом}.$$

В симдаги сақлагич куйиб кетса, истеъмолчилар қандай кучланиш таъсирида қолишини аниқланг.

### **3.4 – масала.**

Қуввати 4,5 кВт га тенг уч фазали электр двигатель 127в кучланиш билан ишлайди;  $\varphi = 0,8$ . Двигатель учбурчак усулида уланган. Линия ва фаза токларини топинг.

### **3.5 – масала.**

Учта ғалтакнинг актив қаршиликлари  $R = 16\text{ ом}$ , индуктив қаршиликлари  $x_L = 12\text{ ом}$ . Улар юлдуз усулида уланган ва уларга уч фазали кучланиш берилган. Битта фазанинг актив қуввати  $P_\phi = 1,2\text{кВт}$ . Линия ва фаза кучланишнинг амалий қийматларини, фаза токини, юкламанинг тўла ва реактив қувватни аниқланг.

### **3.6 – масала.**

Тўрт симли уч фазали тармоқнинг линия кучланиши 220в. Унга уланган нотекис юкланишнинг ҳар битта фазадаги қуввати  $P_a = 3,8\text{кВт}$ ,  $P_b = 2,54\text{кВт}$ ,  $P_c = 0,76\text{кВт}$ . Нейтрал симдаги токнинг амалий қийматини топинг.

### **3.7 – масала.**

Тўрт симли уч фазали тармоқнинг линия кучланиши 380в, частотаси 50Гц. Унга юлдуз усулида уланган юкламанинг ҳар битта фазада: А фазада индуктивлиги  $L_A = 0,2\text{гн}$  ва актив қаршилиги  $R_A = 60\text{ ом}$  ғалтак, В фазада актив қаршилик  $R_B = 70\text{ ом}$ , С фазада кетма-кет уланган актив қаршилик  $R_C = 30\text{ ом}$  ва сифими  $C = 40\text{ мкф}$  конденсатор. Линия ва фаза токларини ва тўла қувватини аниқланг.

### **3.8 – масала.**

Учта гурух чуғланма лампалар учбурчак усулида йиғилган (ҳар бир фазада

40 та параллел уланган лампа, ҳар бир лампадаги ток  $I=0,4$  А) ва лампанинг кучланиши  $U_{\text{л}}=127$ В уч фазали ток манбаига уланган. Фаза кучланишининг ва линия токининг амалий қийматларини, тўла қувватини ва фазанинг қаршилигини аниқланг.

### 3.9 – масала.

$U_{\phi} = 220$ В бўлса, линиявий кучланишни аниқланг.

### 3.10 – масала.

Агар  $U_{\text{л}} = 220$ В бўлса, фазавий кучланишни аниқланг.

### 3.11 – масала.

Учбурчаксимон уланган двигателнинг фазавий токи 10А бўлса, унинг линиявий токини аниқланг.

### 3.12 – масала.

Истеъмолчи фазаларининг тўла қаршилиги  $z=12$ ом, актив қаршилиги 6 ом. Истеъмолчининг актив ва тўла қувватлари ҳамда у ҳосил қилган фазалар силжиши аниқланг. Истеъмолчи юлдузсимон уланган ва  $U_{\text{л}} = 220$ В ли тармоққа қўшилган.

## Масала ечимлари.

### 3.1- масала.

Ечиш.

$$U_{\phi} = \frac{U_{\text{л}}}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = \frac{380}{1,73} = 220\text{В}$$

### 3.2 – масала.

Ечиш. Фаза токлари

$$I_A = I_B = \frac{U_{\phi}}{Z_A} = \frac{220}{22} = 10\text{А} \quad I_C = \frac{U_{\phi}}{Z_C} = \frac{220}{44} = 5\text{А}.$$

### 3.3 – масала.

Ечиш. Сақлагич куйиб кетса, АВ ва ВС истеъмолчилар кетма-кет уланган ва  $U_{\text{л}} = 125$ В кучланишга уланган бўлади.

Истеъмолчилардаги ток.

$$I_{AB} = I_{BC} = \frac{U_{AC}}{r_{AB} + r_{BC}} = \frac{125}{25} = 5\text{А}$$

Истеъмолчиларнинг қисқичлардаги кучланиш:

$$U_{AB}^1 = I_{AB} r_{AB} = 5 \cdot 10 = 50\text{В}$$

$$U_{BC} = I_{BC} r_{BC} = 5 \cdot 15 = 75\text{В}$$

$$U_{CA} = U_{\text{л}} = 125\text{В}$$

### 3.4 – масала.

Ечиш. Қуввати  $P = \sqrt{3}UI \cos \varphi$  бўлганлиги учун двигателнинг линия токи:

$$I_{\text{л}} = \frac{P}{\sqrt{3}U \cos \varphi} = \frac{4500}{1,73 \cdot 127 \cdot 0,8} = 25,6\text{А}$$

Фаза токи:  $I_{\phi} = \frac{I_{\text{л}}}{\sqrt{3}} = \frac{25,6}{1,73} = 14,8\text{А}.$

### 3.5 – масала.

Ечиш. 1. Фазанинг тўла қаршилиги:

$$Z_{\phi} = \sqrt{R^2 + x_L^2} = \sqrt{16^2 + 12^2} = \sqrt{256 + 144} = 20 \text{ ом}.$$

2. Фазанинг қувват коэффиценти:  $\cos \varphi = \frac{R}{Z} = \frac{16}{20} = 0,8.$

3. Фаза кучланиши:

$$P_{\phi} = U_{\phi} \cdot I_{\phi} \cdot \cos \varphi = U_{\phi} \frac{U_{\phi}}{Z_{\phi}} \cos \varphi = \frac{U_{\phi}^2}{Z_{\phi}} \cos \varphi.$$

$$U_{\phi} = \sqrt{\frac{P_{\phi} \cdot Z_{\phi}}{\cos \varphi}} = \sqrt{\frac{1200 \cdot 20}{0,8}} = 175 \text{ в}.$$

4. Линия кучланиши:  $U_{\wedge} = U_{\phi} \cdot \sqrt{3} = 175 \cdot \sqrt{3} = 302 \text{ В}.$

5. Фаза токи:  $I_{\phi} = \frac{U_{\phi}}{Z_{\phi}} = \frac{175}{20} = 8,8 \text{ А}$

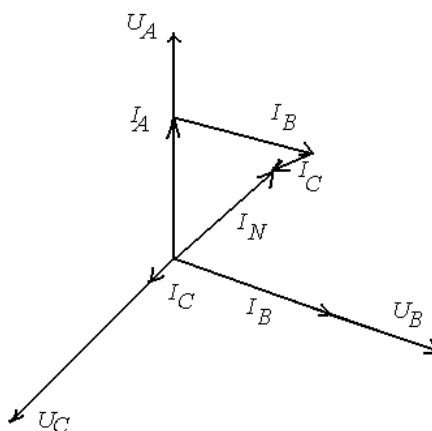
6. Реактив қувват:  $Q_{\phi} = U_{\phi} \cdot I_{\phi} \cdot \sin \varphi = 175 \cdot 8,8 \cdot 0,6 = 924 \text{ вар}.$

7. Тўла қувват:  $S = U_{\phi} \cdot I_{\phi} = 175 \cdot 8,8 = 1540 \text{ ВА}.$

### 3.6 – масала.

Ечиш. 1. Ҳар битта фазадаги кучланиш:

$$U_{\phi} = \frac{U_{\wedge}}{\sqrt{3}} = \frac{220}{\sqrt{3}} = 127 \text{ В}.$$



2. Фазалардаги тоқлар:

$$I_A = \frac{P_A}{U_{\phi}} = \frac{3,8 \cdot 10^3}{127} = 30 \text{ А}, \quad I_B = \frac{P_B}{U_{\phi}} = \frac{2,54 \cdot 10^3}{127} = 20 \text{ А}, \quad I_C = \frac{P_C}{U_{\phi}} = \frac{0,27 \cdot 10^3}{127} = 6 \text{ А}.$$

Нейтрал симдаги тоқнинг амалий қийматини вектор диаграммадан топамиз:  $I_N = 22 \text{ А}.$

### 3.7 – масала.

Ечиш. 1. Фазаларнинг тўла қаршиликлари:

$$Z_A = \sqrt{R_A^2 + x_L^2} = \sqrt{60^2 + (62,8)^2} = 87 \text{ ом}.$$

Бунда;

$$x_L = 2\pi fL = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,2 \cdot 50 = 62,8 \text{ ом},$$

$$Z_B = R_B = 70 \text{ ом},$$

$$Z_C = \sqrt{R_C^2 + x_C^2} = \sqrt{30^2 + 80^2} = 85,4 \text{ ом}.$$

Бунда;

$$x_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 40 \cdot 10^{-6}} = 80 \text{ ом}.$$

2. Фаза кучланиши;

$$U_\phi = \frac{U_\wedge}{\sqrt{3}} = \frac{300}{\sqrt{3}} = 220 \text{ В}.$$

3. Фаза токлари;

$$I_A = \frac{U_\phi}{Z_A} = \frac{220}{87} = 2,53 \text{ А}, \quad I_B = \frac{U_\phi}{Z_B} = \frac{220}{70} = 3,14 \text{ А}, \quad I_C = \frac{U_\phi}{Z_C} = \frac{220}{85,4} = 2,57 \text{ А}.$$

4. Фазадаги актив қувватлар:

$$P_A = I_A^2 \cdot R_A = (2,53)^2 \cdot 60 = 384 \text{ Вт},$$

$$P_B = I_B^2 \cdot R_B = (3,14)^2 \cdot 70 = 690 \text{ Вт},$$

$$P_C = I_C^2 \cdot R_C = (2,57)^2 \cdot 30 = 198 \text{ Вт}.$$

5. Фазалардаги реактив қувватлар:

$$Q_A = I_A^2 x_L = (2,53)^2 \cdot 62,8 = 402 \text{ Вар},$$

$$Q_B = 0,$$

$$Q_C = I_C^2 x_C = (2,57)^2 \cdot 80 = -530 \text{ Вар}.$$

6. Тўла актив қувват:  $P = P_A + P_B + P_C = 384 + 690 + 198 = 1272 \text{ Вт}.$

7. Тўла реактив қувват:  $Q = Q_A + Q_C = 402 - 530 = -128 \text{ Вар}.$

8. Тўла қувват:  $S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{(1272)^2 + (-128)^2} = 1273 \text{ ВА}.$

### 3.8 – масала.

Ечиш. 1. Фаза кучланиши линия кучланишига тенг, яъни:  $U_\phi = U_\wedge = 127 \text{ В}.$

2. Фаза қаршилиги:  $R_\phi = \frac{U_\phi}{I_\phi} = \frac{127}{16} = 8 \text{ ом} \quad I_\phi = 40 \cdot 0,4 = 16 \text{ А}.$

3. Линия токи:  $I_A = I_\phi \cdot \sqrt{3} = 16 \cdot \sqrt{3} = 27,7 \text{ А}.$

4. Тўла қувват актив қувватга тенг бўлади:  $S = P = 3 \cdot I_\phi \cdot U_\phi = 3 \cdot 16 \cdot 127 = 6,1 \text{ кВт}.$

### 3.9 – масала.

Ечиш.  $U_\wedge = U_\phi \sqrt{3} = 220 \cdot 1,73 = 380 \text{ в}.$

### 3.10 – масала.

Ечиш.  $U_\phi = \frac{U_\wedge}{\sqrt{3}} = \frac{220}{1,73} = 127 \text{ в}.$

### 3.11 – масала.

Ечиш.  $I_\wedge = I_\phi \sqrt{3} = 10 \cdot 1,7 = 17,3 \text{ а}.$

### 3.12 – масала.

Ечиш. Фазавий кучланиш:  $U_\phi = \frac{U_\wedge}{\sqrt{3}} = \frac{220}{1,73} = 127 \text{ в}.$

Двигателнинг линиявий токи.  $I_\wedge = I_\phi = \frac{U_\phi}{Z} = \frac{127}{12} = 10,6 \text{ а}.$

Қувват коэффициентини  $\cos \varphi = \frac{R}{Z} = \frac{6}{12} = 0,5$ .

Двигатель истеъмол қиладиган қувват.

$$P = \sqrt{3} U_{\Delta} I_C \cos \varphi = 1,73 \cdot 220 \cdot 10,6 \cdot 0,5 = 2020 \text{ вт}$$

Двигательнинг реактив қуввати:  $Q = \sqrt{3} U_{\Delta} I_{\Delta} \sin \varphi = 1,73 \cdot 220 \cdot 10,6 \cdot 0,865 = 3500 \text{ вар}$

Двигательнинг туьулма қуввати:  $S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{2020^2 + 3500^2} = 4050 \text{ ва}$ .

Текшириш:  $S = \sqrt{3} U_{\Delta} I_{\Delta} = 1,73 \cdot 220 \cdot 10,6 = 4050 \text{ ва}$ .

### Мустақил ечиш учун масалалар.

#### **1 – масала.**

Линия кучланиши  $U_{\Delta} = 380 \text{ В}$  ва частотаси  $f = 50 \text{ Гц}$  бўлган уч фаза тармоғидан бир хил юклама «юлдуз» усулида уланган фазадаги тўла қаршилиги  $Z = 90 \text{ ом}$  ва индуктивлиги  $L = 180 \text{ мГн}$  га тенг.

Актив, реактив ва тўлиқ қувватни, қувват коэффициентини, линия токи ва кучланишнинг ҳақиқий қийматини аниқланг.

**Ж:**  $U_{\phi} = 220 \text{ В}$ ;  $I_{\phi} = 2,45 \text{ А}$ ;  $I_{\Delta} = 2,45 \text{ А}$ ;  $x_L = 56,5 \text{ ом}$ ;  $R = 70 \text{ ом}$ ;  $\cos \varphi = 0,778$ ;  
 $P = 1,26 \text{ Вт}$ ;  $Q = 1 \text{ кВар}$ ;  $S = 1,62 \text{ кВА}$ .

#### **2 – масала.**

Линия кучланиши  $U_{\Delta} = 380 \text{ В}$  бўлган уч фазали ток тармоғига индукцион печь уланган. Унинг қувват коэффициенти  $\cos \varphi = 0,8$  ва қуввати  $P = 5 \text{ кВт}$ . Печнинг қиздириш элементлари юлдуз схемада уланган, ҳар бир фазанинг қаршиликларини аниқланг.

#### **3 – масала.**

Фаза қаршиликлари  $r_A = 20 \text{ ом}$ ,  $r_B = 40 \text{ ом}$ ,  $r_C = 60 \text{ ом}$  бўлган истеъмолчи фаза кучланиши  $U_{\phi} = 240 \text{ В}$  бўлган уч фазали ток тармоғига тўрт симли юлдуз схемада уланган. Истеъмолчининг фаза ток лари ва нолинчи симдаги ток занжирнинг қуйидаги ҳолатлари учун аниқланг;

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

**Ж:**  $I_A = 11 \text{ А}$ ;  $I_B = 6 \text{ А}$ ;  $I_C = 4 \text{ А}$ ;  $I = 5,5 \text{ А}$  **С фаза узилганда**  $I_A = I_0 = 11 \text{ А}$ .

#### **4 – масала.**

Линия кучланиши  $U_{\Delta} = 380 \text{ В}$  бўлган уч фазали ток тармоғига актив – индуктив характердаги истеъмолчилар тўрт симли юлдуз схемада уланган. Уларнинг актив қувватлари  $P_A = 3 \text{ кВт}$ ,  $P_B = 3,6 \text{ кВт}$ ,  $P_C = 4,4 \text{ кВт}$ .

қувват коэффициентлари эса тегишлича  $\cos \varphi_A = 0,8$ ,  $\cos \varphi_B = 0,86$ ,  $\cos \varphi_C = 0,9$  ни ташкил этади. Фазалардаги ва нолинчи симдаги тоklar ҳамда уч фазали занжирнинг актив, реактив ва тўла қувватларни аниқланг:

**Ж:**  $I_A = 17 \text{ А}$ ;  $I_B = 8,9 \text{ А}$ ;  $I_C = 6,6 \text{ А}$ ;  $P = 2,75 \text{ кВт}$   $Q = 4,17 \text{ кВар}$ ;  $S = 5 \text{ кВА}$ .

### 5 – масала.

Линия кучланиши  $U_{\Delta} = 380V$  бўлган симметрик фазали генераторга юлдуз схемада бириктирилган фазали асимметрик истеъмолчи нейтрал симсиз уланган. Истеъмолчининг иккита фазасидаги кучланишлар бир – бирига тенг:  $U'_B = U'_C = 237,5V$ . Учунчи фазадаги кучланиш  $U'_A$  ва нейтралнинг силжишини аниқланг.

**Ж;**  $U'_A = 195V$ ;  $U'_{001} = 30V$ .

### 4-амалий иш

#### Бир фазали трансформаторларни ҳисоблаш

Бир хил частотали ўзгарувчан ток кучланишининг қийматини ўзгартириб берувчи электростатик аппарат трансформатор дейилади.

Трансформатор битта ўрамидаги ЭЮК нинг амплитуда қиймати  $E_M = \omega \cdot \Phi_M$ , амалий қиймати.

$$E = \frac{E_M}{\sqrt{2}} = \frac{\omega \cdot \phi_M}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi f \phi_M}{\sqrt{2}} = 4,44 \cdot \Phi_M \cdot f$$

Бирламчи ва иккиламчи чулғамлар ўрамлар сони  $W_1$  ва  $W_2$  тенг. Чулғамлардаги амалий ЭЮКлар:

$$E_1 = 4,44 W_1 f \Phi_M$$

$$E_2 = 4,44 W_2 f \Phi_M$$

Бирламчи ва иккиламчи чулғамлар ЭЮКларнинг ёки ўрамлар сонининг бир-бирига нисбати трансформаторнинг трансформациялаш коэффиценти дейилади:

$$K = \frac{E_1}{E_2} = \frac{W_1}{W_2}$$

Токлар тенгламаси қуйидагича  $I_x = I_1 + I_2 \frac{W_2}{W_1}$

бунда  $I_x$ - трансформаторнинг салт ишлаш токи,  $I_1$  ва  $I_2$  бирламчи ва иккиламчи чулғамидаги ўрамлар сонига тескари пропорционал.

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{W_2}{W_1}$$

Трансформатор истеъмолчига узатаётган  $P_2$  қувватнинг манбадан олаётган  $P_1$  қувватига нисбати трансформаторнинг фойдали иш коэффиценти дейилади:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\% \quad \text{ёки}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + P_{\Sigma 1} + P_{\Sigma 2} + P_x} = 1 - \frac{P_{\Sigma 1} + P_{\Sigma 2} + P_x}{P_2 + P_{\Sigma 1} + P_{\Sigma 2} + P_x}$$

Бунда:  $P_2$ - трансформатор истеъмол юкламасининг актив қуввати;  $P_1$ - тармокдан трансформаторнинг бирламчи чулғамига келувчи актив қувват;

$P_{\Sigma 1}$  ва  $P_{\Sigma 2}$ - қисқа туташув ва соат ишлашдаги қувват исрофи;  $P_1$  ва  $P_{\Sigma 2}$ -

бирламчи ва иккиламчи чулғамдаги энергия исрофи;

Ҳар қандай юкламадаги ф.и.к. қуйидаги формула орқали аниқлаш мумкин:

$$\eta = \frac{\beta S_{\text{НОМ}} \cdot \cos \varphi_2}{\beta S_{\text{НОМ}} \cdot \cos \varphi_2 + P + \beta^2 P}$$

бу ерда:  $\beta = \frac{I_2}{I_{\text{НОМ}}}$  - юклама коэффиценти;

$S_{\text{НОМ}} = U_{1\text{НОМ}} \cdot I_{1\text{НОМ}}$  - тўлиқ қувват,  $\cos \varphi_2$  - иккиламчи чулғамдаги қувват коэффицент.

## Масалалар

### 4.1-масала.

Трансформаторнинг амалий магнит оқими

$\phi = 2 \times 10^{-3} \text{ Вб}$ , ток частотаси  $f = 50 \text{ Гц}$  ва иккиламчи чулғамдаги Э.Ю.К  $E_2 = 220 \text{ В}$ .

Иккиламчи чулғамнинг ўрамлари сонини аниқланг.

### 4.2-масала.

Трансформаторнинг бирламчи чулғамига берилган ўзгарувчан ток кучланиши  $U = 220 \text{ В}$ , частотаси  $f = 50 \text{ Гц}$ . Трансформатор ўзагининг актив кесим юзаси  $S = 7,6 \text{ см}^2$ , магнит индукциянинг амплитуда қиймати  $B_m = 0,95 \text{ тл}$ , иккиламчи чулғам ўрамлари сони  $W = 40$ . Трансформация коэффицентини аниқланг.

### 4.3-масала.

Қуввати  $S = 15 \text{ кВ} \cdot \text{А}$  бўлган трансформаторнинг бирламчи чулғами кучланиши  $U = 3 \text{ В}$  доимий ток тармоғига уланган. Бунда амперметрнинг кўрсатиши  $I = 25 \text{ А}$ . Кейин трансформатор кучланиши  $220 \text{ В}$  ва частотаси  $50 \text{ Гц}$  бўлган ўзгарувчан ток тармоғига уланди. Бунда салт юришда амперметрнинг кўрсатиши  $I = 6 \text{ А}$ , ваттметрники  $P_c = 90 \text{ Вт}$ . Иккиламчи чулғамда кучланиш  $U_2 = 36 \text{ В}$ . Бирламчи ва иккиламчи чулғамдаги исрофлар бир-бирига тенг:  $\cos \varphi = 0,9$ .

Қуйидагиларни аниқланг:

- бирламчи чулғамнинг актив қаршилиги;
- бирламчи чулғамнинг тўла ва индуктив қаршиликлари;
- фойдали иш коэффиценти.

### 4.4-масала

Трансформаторларнинг салт юришида бирламчи чулғамнинг кучланиши  $U_1 = 220 \text{ В}$ , ток  $I_c = 1,2 \text{ А}$ , исрофлари  $P_c = 150 \text{ Вт}$ .

Салт юришдаги реактив қаршилиқни аниқланг.

### 4.5-масала.

Уч фазали трансформатор ўрамлари сони  $W_1=1836$  ва  $W_2=135$ . бирламчи чулғамнинг линия кучланиши  $U_1=300$  В. Трансформатор чулғамлари юлдуз-юлуз (Y/Y) ва юлдуз-учбурчак (Y/Δ) усулида уланганда трансформация коэффиценти ва иккиламчи кучланишларини аниқланг.

#### 4.6-масала.

Уч фазали трансформатор қуйидаги катталикларга эга: номинал қувват  $S_H = 1000$  кВ·А, бирламчи ва иккиламчи чулғамлар кучланиши  $U_{1H}=10$ кВ ва  $U_{2H}=400$ В, ўзакнинг кесим юзаси  $Q=450$  см<sup>2</sup>, магнит индукциянинг амплитуда қиймати  $B_M=1,5$  Тл, ток частотаси  $f=50$  Гц. Электр энергия исрофи? Ўзакда  $P_{\Sigma}=2,45$  кВт, чулғамларда эса  $P_4=12,2$  кВт. Истеъмолчининг қуввати  $P_2=810$  кВт, қувват коэффиценти  $\cos \varphi_2 = 0,9$ . Чулғамларни бириктириш усули Δ/Y (учбурчак-юлдуз).

Қуйидагиларни аниқланг:

1. Бирламчи ва иккиламчи чулғамлардаги ҳақиқий тоқлар.
2. Чулғам ўрамлари сони.
3. Ҳақиқий ва номинал юкланишларга мувофиқ фойдали иш коэффиценти.

#### 4.7-масала.

ТМ-100/10 типдаги уч фазали трансформаторнинг паспортида қуйидаги техникавий маълумотлар кўрсатилган:

номинал тўла қуввати  $S_{НОМ} = 100$ кВ·А, юқори кучланиши  $U_{1НОМ}=10$  кВ;

Паст кучланиши  $U_{2НОМ}=0,4$  кВ;

салт ишлангандаги қувват исрофи (номинал кучланишда)  $P_{II}=365$  В;

қисқа туташувдаги қувват исрофи  $P_{К.Т.}=1970$  Вт, қисқа туташув кучланиши  $U_{К.Т.}=4,5\%$  (номинал кучланишга нисбатан);

чулғамларни бириктириш усули Δ/Y -12.

Қуйидагиларни аниқланг.

1. Трансформация коэффиценти К;
2. Бирламчи ва иккиламчи чулғамлардаги номинал тоқлар;
3. Трансформатор чулғамларининг қисмлардаги кучланиш;
4. Трансформатор чулғамларининг номинал токига тўғри келган актив қаршиликлари;
5. Трансформаторнинг қувват коэффиценти  $\cos \varphi_2 = 0,8$  бўлиб (юкланиш актив-индуктив характерга эга), юклаш коэффиценти  $\beta = 0,25; 0,5 \ 0,75$  ва 1 бўлгандаги иш коэффицентлари;
6. Қувват коэффиценти  $\cos \varphi_2 = 0,8$  бўлиб, юклаши номинал бўлганда ( $\beta = 1$ ) кучланиш  $\Delta U$  нинг ўзгариши.

## Масалаларнинг ечимлари.

### 4.1-масала.

Ечиш. Магнит оқимининг амплитуда қиймати

$$\Phi_M = \phi\sqrt{2} = 2 \cdot 10^3 \cdot \sqrt{2} = 2,82 \cdot 10^{-3} \text{ Вб}$$

1. Иккиламчи чулғамнинг ўрамлар сони қуйидагича аниқланади:

$$E_2 = 4,44 f \cdot W_2 \cdot \Phi_m$$

$$W_2 = \frac{E_2}{4,44 f \Phi_M} = \frac{220}{4,44 \cdot 50 \cdot 2,82 \cdot 10^{-3}} = 350 \text{ ўрам.}$$

### 4.2-масала.

Ечиш. 1. Қуйидаги тенгламадан магнит оқимининг амплитуда қийматини топамиз.

$$\Phi_M = B_M \cdot S$$

бунда:  $S = 7,6 \text{ см}^2 = 7,6 \times 10^{-4} \text{ м}^2$  -ўзакнинг актив кесим юзаси. Ҳар қандай трансформаторда ўзакнинг ҳақиқий кесим юзасидан тахминан 10% и ўша ўзакнинг пўлат тунукаларнинг изоляциясидан иборат:

$$\Phi_M = 0,95 \cdot 7,6 \cdot 10^{-4} = 7,32 \cdot 10^{-4} \text{ Вб}$$

2. Иккиламчи чулғамнинг Э.Ю.К:

$$E_2 = 4,44 f \cdot W_2 \cdot \Phi_M = 4,44 \cdot 50 \cdot 40 \cdot 7,32 \cdot 10^{-4} = 6,5 \text{ В}$$

3. Трансформация коэффициенти:

$$K = \frac{E_1}{E_2} = \frac{220}{6,5} = 34,4$$

бунда:  $E_1 = U_1 = 220 \text{ В}$

### 4.3-масала.

Ечиш. 1. Ом қонуни бўйича бирламчи чулғамнинг актив қаршилигини топамиз:  $R_1 = \frac{U}{I} = \frac{3}{25} = 0,12 \text{ Ом}$

2. Бирламчи чулғамнинг ўзгарувчан токка кўрсатаётган тўла қарашлиги

$$Z_1 = \frac{U_1}{I_1} = \frac{220}{6} = 36,6 \text{ А}$$

3. Бирламчи чулғамларнинг индуктив қаршилиги:

$$X_1 = \sqrt{Z_1^2 - R_1^2} = \sqrt{(36,6)^2 - (0,12)^2} = 36,59 \text{ Ом}$$

4. Трансформаторнинг салт юришдаги бирламчи чулғам исрофи:

$$P_c = I_c^2 \cdot R = 6^2 \cdot 0,12 = 4,3 \text{ Вт}$$

5. Ўзакдаги қувват исрофи:  $P_{\dot{y}} = P_c - P_{I\dot{y}} = 90 - 4,3 = 85,7 \text{ Вт}$

Электр исрофлар кам бўлгани учун улар ҳисобга олинмайди ва  $P_{\dot{y}} = P_c$  деб

ҳисобланади.

6. Бирламчи чулғамнинг номинал токни:  $I_{IH} = \frac{S_H}{U_H} = \frac{15000}{220} = 85,7 \text{ А}$

7. Трансформаторнинг номинал юкланишда бирламчи чулғамнинг электр исрофи:  $P_{1H} = I_{1H}^2 \cdot R = (85,7)^2 \cdot 0,12 = 472 \text{ Вт}$

8. Масаланинг шарти буйича бирламчи ва иккиламчи чулғамлардаги электр исрофлари бир-бирига тенг:  $P_{1H} = P_{2H}$ . Шунинг учун трансформатордаги исрофлар йиғиндиси:  $\Sigma P = P_{1H} + P_{2H} + P_y = 472 + 472 + 90 = 1034 \text{ Вт}$

9. Номинал юклама билан юкланган трансформаторнинг фойдали иш коэффициенти:

$$\eta_H = \frac{P_1 - \Sigma P}{P_1} = \frac{S_H \cdot \cos \varphi_H - \Sigma P}{S_H \cdot \cos \varphi_H} = \frac{15000 \cdot 0,9 - 1034}{15000 \cdot 0,9} = 0,902$$

#### 4.4-масала.

1. Бирламчи чулғамнинг актив қаршилиги:  $R_1 = \frac{P_c}{I_c^2} = \frac{150}{(1,2)^2} = 104,2 \text{ Ом}$

2. Бирламчи чулғамнинг тўла қаршилиги:  $Z_1 = \frac{U_1}{I_2} = \frac{220}{1,2} = 183,3 \text{ Ом}$

3. Трансформаторнинг салт юришдаги реактив қаршилиги:

$$X_c = \sqrt{Z_1^2 - R_1^2} = \sqrt{183,3^2 - 104,2^2} = 151 \text{ Ом}$$

#### 4.5-масала

Ечиш.

1. Чулғамлар юлдуз-юлдуз усулида уланган.

Трансформация коэффициенти:  $K_{y/y} = \frac{W_1}{W_2} = \frac{1836}{135} = 13,6$

Иккиламчи чулғамдаги кучланиш:  $\frac{W_1}{W_2} = \frac{U_1}{U_2} = 13,6$

Демак:  $U_2 = \frac{U_1}{13,6} = \frac{3000}{13,6} = 220 \text{ В}$

2. Чулғамнинг юлдуз-учбурчак усулида уланган. Бунда трансформация коэффициенти  $\sqrt{3}$  марта кўпаяди:  $K_{y/y} = \sqrt{3} \cdot K_{y/y} = \sqrt{3} \cdot 13,6 = 23,5$

Иккиламчи чулғамдаги кучланиш:  $\frac{U_1}{U_2} = 23,5 \quad U_2 = \frac{U_1}{23,5} = \frac{3000}{23,5} = 127 \text{ В}$

#### 4.6-масала.

Ечиш.

1. Чулғамдаги тоklar:

$$S_H = \sqrt{3} \cdot I_{1H} \cdot U_{1H}; \text{ демак } I_{1H} = \frac{S_H \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot U_{1H}} = \frac{1000 \cdot 1000}{1,73 \cdot 10000} = 58 \text{ A},$$

$$I_{2H} = \frac{S_H \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot U_{2H}} = \frac{1000 \cdot 1000}{1,73 \cdot 400} = 1445 \text{ A}$$

2. Трансформаторнинг юклама-коэффициенти:

$$K_{ю} = P_{\frac{2}{S_H}} \cdot \cos \varphi_2 = 810/1000 \cdot 0,9 = 0,9$$

3. Чулғамлардаги ҳақиқий юкланишдаги тоқлар:

$$I_1 = K_{ю} \cdot I_{1H} = 0,9 \cdot 58 = 52 \text{ A},$$

$$I_2 = K_{ю} \cdot I_{2H} = 0,9 \cdot 1445 = 1300 \text{ A}$$

4. Чулғамлардаги кучланишлар тушиши ҳисобга олинмаса:  
-бирламчи чулғамнинг фаза Э.Ю.К

$$E_{1\phi} \approx U_{1H} = 10000 \text{ B}$$

- иккиламчи чулғамнинг фаза Э.Ю.К

$$E_{2\phi} \approx U_{2H} / \sqrt{3} = 400 / \sqrt{3} = 230 \text{ B}$$

5. Чулғамнинг ўрамлар сони қуйидаги тенгламадан топилади:

$$E_{1\phi} = 4,44 f \cdot W_1 \cdot \Phi_m, \quad \Phi_m = B_m \cdot Q = 1,5 \cdot 450 \cdot 10^{-4} = 67,5 \cdot 10^{-3} \text{ Вб}$$

Демак:

$$E_{1\phi} = 4,44 \cdot 50 \cdot W_1 \cdot 67,5 \cdot 10^{-3}$$

$$W_1 = E_{1\phi} / (4,44 \cdot 50 \cdot 67,5 \cdot 10^{-3}) = 10000 / (4,44 \cdot 50 \cdot 67,5 \cdot 10^{-3}) = 667$$

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{E_{1\phi}}{E_{2\phi}}, \quad W_2 = \frac{W_1 \cdot E_{2\phi}}{E_{1\phi}} = \frac{667 \cdot 230}{10000} = 15,3$$

6. Трансформаторнинг фойдали иш коэффициентлари:  
-номинал юкланишда;

$$\eta_H = \frac{S_H \cos \varphi_2}{S_H \cos \varphi_2 + P_y + P_q} = \frac{1000 \cdot 0,9}{1000 \cdot 0,9 + 2,45 + 12,2} = 98,4\%$$

ҳақиқий юкланишда:

$$\eta = \frac{K_{ю} \cdot S_H \cdot \cos \varphi_2}{K_{ю} \cdot S_H \cdot \cos \varphi_2 + P_y + P_q} = \frac{0,9 \cdot 1000 \cdot 0,9}{0,9 \cdot 1000 \cdot 0,9 + 2,45 + 12,2} = 98,5\%$$

#### 4.6-масала.

1. Ечиш. Трансформация коэффициенти.

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

2. Чулғамлардаги тоқлар

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

$$I_{2НОМ} = \frac{S_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot U_{2НОМ}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 144,5 \text{ A};$$

3. Трансформатор салт ишлаганда фаза чулғамларининг қисмларидаги кучланиши:

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

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

4. Чулғамларнинг актив қаршиликлари.

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

$$P_{К.Т} = 3r_1 \cdot I_{1НОМ}^2 + 3 \cdot r_2 \cdot I_{2НОМ}^2$$

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

$$3 \cdot r_1 \cdot I_{1НОМ}^2 = 3 \cdot r_2 \cdot I_{2НОМ}^2$$

У ҳолда бирламчи чулғам учун

$$3 \cdot r_1 \cdot I_{НОМ}^2 = P_{К.Т} / 2, \text{ бундан } r_1 = \frac{P_{К.Т}}{2 \cdot 3 \cdot I_{НОМ}^2}$$

Демак,

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

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

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

$$\eta = \frac{\beta \cdot S_{НОМ} \cdot \cos \varphi}{\beta \cdot S_{НОМ} \cos \varphi_2 + P_n + \beta^2 P};$$

$$\eta_{0,25} = \frac{0,25 \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot 0,5}{0,25 \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot 0,8 + 365 + 0,25^2 \cdot 1970} = 0,9790$$

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

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

$$\eta_1 = \frac{1 \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot 0,8}{1 \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot 0,8 + 365 + 1^2 \cdot 1970} = 0,9716$$

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

$$\beta^2 P_{К.Т.} = P_{\Pi}$$

У ҳолда изланаётган оптимал юкланиш коэффициенти:

$$\beta = \sqrt{\frac{P_{\Pi}}{P_{К.Т}}} = \sqrt{\frac{365}{1970}} = \sqrt{0,1852} \approx 0,43$$

## Мустақил ечиш учун масалалар

### **1-масала.**

Бир фазали трансформаторнинг максимал магнит оқими  $\Phi_M = 12 \cdot 10^{-4} \text{ Вб}$ .

Чулғамларнинг ўрамлар сони тегишлича  $W_1=1000$  ва  $W_2=100$ . Агар тармоқ токининг частотаси  $f=50\text{Гц}$  бўлса, трансформаторнинг бирламчи ва иккиламчи чулғамларида магнит оқим индукцияланган электр юритувчи куч миқдорлари ва трансформаторнинг трансформация коэффициентини аниқланг.

**Ж:  $E_1=266,4$ ;  $E_2=23,4\text{В}$ ;  $K=16$**

### **2-масала.**

Тўла қуввати  $S_{\text{НОМ}}=2\text{кВА}$  бўлган трансформатор чулғамларининг кучланишлари тегишлича  $U_{\text{НОМ}}=800 \text{ В}$ . Трансформаторнинг максимал магнит оқими  $\Phi_M = 22,5 \cdot 10^{-4} \text{ Вб}$ . Бирламчи ва иккиламчи чулғамларининг номинал токлари, ўрамлар сони ва тўла қаршиликларини аниқланг.

**Ж:  $I_H=2,5 \text{ А}$ ;  $I_{2H}=20\text{А}$ ;  $W_1=1600$ ;  $W_2=200$ ;  $Z_1=320 \text{ Ом}$ ;  $Z_2=5 \text{ Ом}$**

### **3-масала.**

Кўп чулғамли трансформаторнинг  $220 \text{ В}$  га мўлжалланган бирламчи чулғамнинг ўрамлар сони  $W_1=1100$ . Иккиламчи чулғамлардан тегишлича  $6\text{В}$ ,  $24\text{В}$  ва кучланишлар олинади. Шу чулғамларнинг ўрамлар сонини аниқланг.

**Ж:  $W_2=30$ ;  $W_3=120$ ;  $W_1=600$**

### **4- масала.**

Тармоқ кучланиши иккита трансформатор ёрдамида  $3000 \text{ вольтдан}$   $400 \text{ вольтгача}$  пасайтирилди. Сўнгра  $400 \text{ вольтдан}$   $40 \text{ вольтгача}$  пасайтирилди.

Трансформаторларнинг фойдали иш коэффициентлари тегишлича  $\eta_1 = 0,85$  ва  $\eta_2 = 0,6$ . Иккинчи трансформатордан истеъмол қилинаётган актив қувват  $p=5,1 \text{ кВт}$  бўлса, биринчи трансформаторнинг кириш томондаги актив қувватини аниқланг,

**Ж:  $P_1=10 \text{ кВт}$**

### **5-масала.**

Чулғамларнинг уланиш схемаси  $Y/Y$  бўлган уч фазали трансформатор бирламчи чулғамнинг линия кучланиши  $U_{\text{Л}}=380\text{В}$ , иккиламчи чулғам линия кучланиши  $U_{2\text{Л}}=220 \text{ В}$ , трансформатор чулғамларининг уланиш схемалари:

1)  $1) \Delta/\Delta$  2)  $Y/\Delta$  3)  $\Delta/Y$  бўлганда, иккиламчи чулғамнинг линия кучланишларини аниқланг. Ж:  $380/220 \text{ В}$  бўлади.

### **6-масала.**

Бирламчи чулғамли  $U_1=220\text{В}$  кучланишга мўлжалланган автотрансформаторнинг ўрамлар сони  $W_1=880$ . Иккиламчи чулғамдан  $110\text{В}$ ;  $55\text{В}$ ;  $36\text{В}$ ;  $12\text{В}$  кучланиш олиш учун нечанчи ўрамлардан сўнг чиққанларни чиқариш керак?

**Ж:  $W_2=440. 220. 144$  ва  $48$**

7-масала. Трансформаторнинг бирламчи чулғами  $n_1 = 11000$  ўрамдан иборат бўлиб, у  $220 \text{ В}$  кучланишга уланган. Иккиламчи ўрам қаршилиги  $10\text{м}$  бўлиб,

чиқаётган кучланиш  $3B$  ва ток кучи 2 ампер бўлса, иккиламчи чулғамдаги ўрамлар сонини топинг.

**Ж:  $n_2=250$**

### 5-амалий иш

#### Асинхрон моторни механик характеристикасини қуриш

Роторнинг айланиш тезлиги статор магнит майдонининг айланиш тезлигидан орқада қолиши сирпаниш дейилади:

$$S = \frac{n_1 - n_2}{n_1}; \quad S = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \cdot 100\% \quad (1)$$

бу ерда  $n_1$ -магнит оқимининг айланиш тезлиги;  
 $n_2$ -роторнинг айланиш тезлиги.

Асинхрон двигатель чулғамларини айланувчи магнит оқим кесиб ўтади ва уларда электр юритувчи кучларни вужудга келтиради:

$$E_1 = 4,44 f_1 W \cdot \Phi_M \cdot K_1 \quad (2)$$

$$E_2 = 4,44 f_2 W_2 \cdot \Phi_M \cdot K_2 \quad (3)$$

$E_1$  ва  $E_2$  – статор ва ротор чулғамларининг ЭЮК лари;

$f_1$  ва  $f_2$  – статор ва ротор ЭЮК ларнинг частотаси:

$\Phi_M$  – магнит оқими амплитудаси;  $K_1$  ва  $K_2$  – статор ва ротор чулғамларининг доимий коэффицентлари.

Ротор чўлгамида уйғотилган эюк нинг частотаси қуйидаги ифода билан аниқланади:

$$f_2 = f_1 \cdot S \quad (4)$$

бу холда ротор ЭЮК  $E_{2S} = 4,44 S f_1 W_2 \cdot \Phi_M \cdot K_2 \quad (5)$

(2) ва (3) формулаларни бир – бирига ҳадма-ҳад бўлсак, қуйидагиларни оламиз;

$$\frac{E_1 = 4,44 f_1 W_1 \Phi_M K_1}{E_2 = 4,44 f_1 W_2 \Phi_M K_2} = \frac{W_1}{W_2} \quad (6)$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{W_1}{W_2} = K_E \quad (7)$$

$K_E$  – ЭЮК лар трансформация коэффиценти.

Ротор чулғамидан ток ўтганда унинг ўтказгичлари атрофида сочилиш оқимлари вужудга келади. Бу оқимлар роторнинг индуктив қаршилигини ҳосил қилади. Ротор айланмаётганда бу қаршилик максимал бўлади:

$$x_2 = 2\pi f_1 L_2 \quad (8)$$

Ротор айланаётганда,

$$x_{2S} = 2\pi f_2 L_2 = 2\pi f_1 \cdot S \cdot L_2 \quad (9)$$

Бунда:  $x_{2S}$ -айланаётган роторнинг индуктив қаршилиги,  $L$ -ротор чулғамининг индуктивлиги.

(8) ва (9) тенгламадан қуйидаги ифодани келтириб чиқариш мумкин:

$$x_{2S} = x_2 \cdot S \quad (10)$$

Ом конуни бўйича ротор чулғамидаги ток қуйидаги формуладан аниқланади:

$$I_2 = \frac{E_{23}}{Z_2} = \frac{E_{2s}}{\sqrt{R_2^2 + x_{2s}^2}} \quad (11)$$

Бунда  $Z_2 = \sqrt{R_2^2 + x_{2s}^2}$  - ротор чулғамининг тўла қаршилиги.

Асинхрон двигателнинг айлантирувчи моменти  $\Phi$  айланувчи оқим ва ротор токининг актив ташкил этувчиси  $I_2 \cos \varphi_2$  билан аниқланади:

$$M = C\Phi I_2 \cdot \cos \varphi_2 \quad (12)$$

Бунда  $C$ -доимий коэффицент.

(12) тенгламада  $I_2$  токнинг ўрнига унинг (11) ифодаларини қўйиб момент сирпанишига боғланишини топамиз:

$$M = C\Phi \frac{E_{2s}}{\sqrt{R_2^2 + x_{2s}^2}} \cdot \frac{R_2}{\sqrt{R_2^2 + x_{2s}^2}} = \frac{S \cdot E_2 \cdot R_2}{R_2^2 + x_2^2 \cdot S^2} C\Phi = \frac{E_{2s} \cdot R_2}{R_2^2 IS + x_2^2 S} \cdot C \cdot \Phi$$

бунда  $\cos \varphi_2 = \frac{R_2}{\sqrt{R_2^2 + x_{2s}^2}}$  - айланаётган роторнинг қувват коэффиценти.

Ротор айланиш тезлиги қуйидаги формуладан аниқланади:

$$n_2 = n_1(1 - S) \quad \text{ёки} \quad n_2 = \frac{60 f_1}{p} \cdot (1 - S)$$

бунда:  $n_2$ -роторнинг айланиш тезлиги,

$n_1$ -статор магнит майдонининг айланиш тезлиги,  $f_1$  -статор токининг частотаси,  $p$ -кутбларнинг жуфт сони,  $S$ -сирпаниш.

## Масалалар

### 5.1-масала.

Тўрт кутбли асинхрон двигатель частотаси  $f = 50 \text{ Гц}$  уч фазали ток тармоғига уланган ва  $n_2 = 1440$  айл/дақ.тезлик билан айланаяпти. Сирпанишини аниқланг.

### 5.2-масала.

Асинхрон двигатель частотаси  $f = 50 \text{ Гц}$  уч фазали ток тармоғига уланган ва магнит майдонининг тезлиги  $n_1 = 1000$  айл/дақ. Кутбларнинг жуфтлар сонини аниқланг.

### 5.3-масала.

Уч фазали икки кутбли асинхрон двигатель номинал юкланганда сирпаниши  $S = 4\%$ . Статорга берилган ўзгарувчан токнинг частотаси  $f = 50 \text{ Гц}$ . Роторнинг айланиш тезлигини аниқланг.

### 5.4-масала.

Уч фазали асинхрон двигателнинг магнит оқими  $\Phi_M = 4 \cdot 10^{-3} \text{ Вб}$ , учбурчак усулида уланган статор чулғамида қўзғатилган ЭЮК  $E = 220 \text{ В}$ , токнинг частотаси  $f_1 = 50 \text{ Гц}$ , статор чулғамининг коэффиценти  $k_1 = 0,95$ . Статор чулғаи бир фазасининг ўрамлар сонини аниқланг.

### 5.5-масала.

Айланмаётган асинхрон двигатель роторининг индуктив қаршилиги

$x = 1,45 \text{ ом}$ . Сирпаниш  $S = 0,04$  билан айланаётган роторнинг индуктив қаршилигини топинг.

### 5.6-масала.

Ротори қисқа туташган асинхрон двигателнинг статор чулғами юлдуз усули билан уланган ва унга линия кучланиши  $U_{\Delta} = 380 \text{ В}$ , частотаси  $f = 50 \text{ Гц}$  уч фазали ток берилган. Двигателнинг паспортида қуйидаги номинал маълумотлар берилган: сирпаниш  $S = 4\%$ , статорнинг ҳар битта фазадаги ўрамлар сони  $W_1 = 80$ , ротор  $W_2 = 10$ , магнит оқими  $\Phi_M = 1,3 \cdot 10^{-2} \text{ Вб}$ . Қуйидагилар аниқланг.

-ротор айланмаётган ва айланаётган вақтда статор ҳамда ротор чулғамларидаги ЭЮК лар,

-трансформация коэффиценти.

### 5.7-масала.

Уч фазали ротори қисқа туташган асинхрон двигатель паспортида қуйидаги маълумотлар берилган: номинал қуввати  $P_{\text{НОМ}} = 11 \text{ кВт}$ , кучланиш  $U_{\text{НОМ}} = 380 \text{ В}$ , роторнинг айланиш тезлиги  $n_2 = 975$  айл/дақ, фикс  $\eta = 0,855$ , қувват коэффиценти  $\cos \varphi = 0,83$ , юргизиш токининг карралиги  $I_{\text{ю}} / I_{\text{НОМ}} = 2$  ўта юкланиш қобилияти  $M_{\text{max}} / M_{\text{НОМ}} = 2,2$ , токнинг частотаси  $f = 50 \text{ Гц}$ , статор магнит майдонининг айланиш тезлиги  $n_1 = 1000$  айл/дақ. Қуйидагиларни аниқланг.

-двигатель истеъмол қиладиган қувват;

-номиналь, юргизиш ва максимал моментларини;

-номинал ва юргизиш токлари;

-номинал сирпанишни;

-ротордаги токнинг частотасини;

-электр энергиянинг йўқотилиши.

Тармоқнинг кучланиши 20% га пасайганда двигателни юргизиш мумкинми?

### 5.8-масала.

Синхрон генераторнинг паспортида қуйидаги маълумотлар берилган: ўрамлар сони  $W = 226$ , чулғам коэффиценти  $K_1 = 0,8$ , айланиш тезлиги  $n_1 = 1500$  айл/дақ, қутбларнинг жуфтлар сони  $P = 2$ , қўзғатиш чулғами ҳосил қиладиган магнит оқим  $\Phi_M = 0,01 \text{ Вб}$ . Салт режимида генераторнинг ЭЮК аниқланг.

### 5.9-масала.

4А160S6УЗ типдаги уч фазали қисқа туташган роторли асинхрон двигатель юргизиш моментининг номинал моментга нисбати 1,2 бўлиб юкланиш тўла (номинал) бўлган ана шундай двигателни тармоқ кучланиши 5 ва 10% камайганда юргизиш мумкинми?

### 5.10-масала.

Цехга ўрнатилган уч фазали асинхрон двигателларнинг истеъмол қиладиган умумий актив қуввати  $P_{\text{о\в}} = 20 \text{ кВт}$ , кучланиши  $U_{\text{НОМ}} = 380 \text{ В}$  ва қувват коэффицентларининг ўртача қиймати  $\cos \varphi_{\text{yp}} = 0,7$ . Ёритгич лампаларининг истеъмол қиладиган умумий қуввати  $P_{\text{вп}} = 20 \text{ кВт}$ . Цехнинг қувват коэффиценти

0,95 гача ошириш учун конденсаторлар батареясидан фойдаланиш тавсия этилади. Қуйидагиларни аниқланг.

1. Конденсаторлар ўрнатилмасдан аввлги цех юкламаларининг умумий қуввати –  $P_1$

2. Конденсаторлар батареясининг сиғими –  $C$ .

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

### Масалаларнинг ечимлари

#### 5.1-масала.

**Ечиш.**

1. Статор магнит майдонининг айланиш тезлиги:

$$n_1 = \frac{60 f}{P} = \frac{60 \cdot 50}{2} = 1500 \text{ айл / дак}$$

чунки қутбларнинг сони 4 га тенг бўлса, уларнинг жуфти 2 га тенг бўлади.

2. Сирпаниш.

$$S = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \cdot 100\% = \frac{1500 - 1440}{1500} \cdot 100\% = 4\%$$

#### 5.2-масала.

**Ечиш.**

1. Қутбларнинг жуфтлар сони:  $P = \frac{60 f_1}{n_1} = \frac{60 \cdot 50}{1000} = 3$ .

#### 8.3-масала.

1. Статор магнит майдонининг айланиш тезлиги:

$$n_1 = \frac{60 f_1}{P} = \frac{60 \cdot 50}{1} = 3000 \text{ айл / дак}$$

2. Роторнинг айланиши тезлиги қуйидагича топилади;

$$S = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \cdot 100\%,$$

$$S \cdot n_1 = (n_1 - n_2) \cdot 100,$$

$$S \cdot n_1 = 100 \cdot n_1 - 100 n_2$$

$$100 n_2 = 100 n_1 - S n_1,$$

$$n_2 = \frac{100 n_1 - S n_1}{100} = \frac{100 \cdot 3000 - 4 \cdot 3000}{100} = 2880 \text{ айл / дак}$$

#### 5.4-масала.

**Ечиш.**

1. Статор чулғами бир фазасининг ўрамлар сонини қуйидаги формуладан топамиз:

$$E = 4,44 f_1 \cdot W_1 \cdot \Phi_M \cdot K_1,$$

$$W_1 = \frac{E_1}{4,44 f_1 \Phi_M \cdot K_1} = \frac{220}{4,44 \cdot 50 \cdot 4 \cdot 10^{-3} \cdot 0,5} = 260 \text{ урам}.$$

#### 5.5-масала.

**Ечиш.**

1. Сирпаниш  $S = 0,04$  билан айланаётган роторнинг индуктив қаршилиги:  $x_{2S} = x_n \cdot S = 1,45 \cdot 0,04 = 0,058 \text{ ом}$ .

### 5.6-масала.

#### Ечиш.

1. Статор чулгамининг бир фазали индукцияланган ЭЮК:

$$E_1 = 4,44 \cdot f_1 \cdot W_1 \cdot \Phi_M \cdot K_1 = 4,44 \cdot 50 \cdot 80 \cdot 1,3 \cdot 10^{-2} \cdot 0,97 = 217 \text{ В}$$

2. Айланаётган роторининг ЭЮК:

$$E_2 = 4,44 \cdot f_1 \cdot W_2 \cdot \Phi_M \cdot K_2 = 4,44 \cdot 50 \cdot 10 \cdot 1,3 \cdot 10^{-2} \cdot 0,97 = 28 \text{ В}$$

3. Сирпаниши  $S = 4\%$  билан айланаётган роторнинг ЭЮК:

$$E_{2S} = E_2 \cdot S = 28 \cdot 0,04 = 1,12 \text{ В}.$$

4. Трансформация коэффиценти:

$$K_E = \frac{E_1}{E_2} = \frac{217}{28} = 7,75$$

### 5.7-масала.

#### Ечиш.

1. Двигатель тармоқдан истъемол қиладиган қувват:

$$P_1 = P_{\text{юм}} / \eta = 11 / 0,855 = 12,86 \text{ кВт}.$$

2. Двигателнинг номинал моменти:

$$M_{\text{НОМ}} = 9,55 P_{\text{НОМ}} / n_2 = 9,55 \cdot 11 \cdot 1000 / 975 = 107,7 \text{ н.м.}$$

3. Номинал ва югизиш токлари:

$$P_{\text{НОМ}} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}} \cdot I_{\text{НОМ}} \cdot \cos \varphi_{\text{НОМ}} \cdot \eta,$$

$$I_{\text{НОМ}} = \frac{11 \cdot 1000}{1,73 \cdot 380 \cdot 0,855 \cdot 0,83} = 23,6 \text{ А}.$$

Юргизиш токи:

$$I_{\text{Ю}} = I_{\text{НОМ}} \cdot 7 = 23,6 \cdot 7 = 165,2 \text{ А}$$

4. Юргизиш ва максимал моментлар:

$$M_{\text{МАХ}} = 2 \cdot 2 \cdot M_{\text{НОМ}} = 2,2 \cdot 107,7 = 237 \text{ н.м}$$

$$M_{\text{Ю}} = 2 \cdot M_{\text{НОМ}} = 2 \cdot 107,7 = 215,4 \text{ н.м}$$

5. Номинал сирпаниш:

$$S = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \cdot 100\% = \frac{1000 - 975}{1000} \cdot 100\% = 2,5\%.$$

6. Ротор токининг частотаси:

$$f_2 = f_1 \cdot S = 50 \cdot 0,025 = 1,25 \text{ Гц}.$$

7. Тармоқнинг кучланиши 20%га камайганда двигателдаги кучланиш  $0,8 \cdot U_{\text{НОМ}}$  бўлади. Двигателнинг моменти кучланишнинг квадратиға пропорционал бўлгани учун юргизиш моменти:

$$M_{\text{Ю}}^1 = \frac{0,8 U_{\text{НОМ}}}{U_{\text{НОМ}}^2} \cdot M_{\text{Ю}} = 0,64 \cdot 215,4 = 138 \text{ н.м},$$

$$M_{\text{Ю}}^1 > M_{\text{НОМ}} \quad 138 > 107,7.$$

Шунинг учун двигателни юргизиш мумкин.

### 5.8-масала.

**Ечиш.**

1. ЭЮКнинг частотаси:

$$n_1 = \frac{60 f_1}{P} : f_1 = \frac{P n_1}{60} = \frac{2 \cdot 1500}{60} = 50 \text{ Гц}.$$

2. Генераторнинг ЭЮК:

$$E = 4,44 f_1 \cdot W_1 \cdot \Phi_M \cdot K_1 = 4,44 \cdot 50 \cdot 226 \cdot 0,01 = 401 \text{ В}.$$

### 5.9-масала.

**Ечиш.**

Асинхрон двигателнинг айлантирувчи моменти.

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

формуладан кўриниб турибдики, двигателнинг айлантирувчи моменти тармоқ кучланишининг квадратига пропорционал.

Агар тармоқ кучланиши 5%га камайса,  $U_1^1 = 0,95 \cdot U_1$  бўлиб, у ҳолда айлантирувчи момент

$$M^1 = (0,95 U_1)^2 \text{ ёки } \frac{M}{M_{НОМ}} = 0,9$$

кучланиш номинал бўлгандаги (яъни  $U_1 = U_{НОМ}$ ) юргизиш моменти  $M_{Ю} = 1,2 M_{НОМ}$ . У ҳолда тармоқ кучланиши 5% га камайгандаги юргизиш моменти

$$M_{Ю}^1 = 0,9 M_{Ю} = 0,9 \cdot 1,2 \cdot M_{НОМ} = 1,08 M_{НОМ}$$

Демак, бундай шароитда двигателнинг юргизиш моменти унинг номинал моментидан ката бўлиб, тўла юклама билан ишлай олади.

Агар тармоқ кучланиши 10% га камайиб,  $U_1^{11} = 0,9 U_1$  ни ташкил этса, айлантирувчи моменти.

$$M_{Ю}^{11} = 0,81 M_{Ю} = 0,81 \cdot 1,2 \cdot M_{НОМ} = 0,972 M_{НОМ}$$

Демак, тармоқ кучланиши номиналга нисбатан 10%га камайганда двигателнинг юргизиш моменти номинал моментидан кичик.

Бундай шароитда двигателни номинал нагрузка билан юргизиш бўлмайди.

Энди двигателни номинал нагрузка билан юргизиш мумкин бўлган кучланишнинг чегара қийматини аниқлаймиз. Бу юргизиш моментининг номинал моментидagi улуши  $\beta$  билан характерланади:

$$\beta = \sqrt{\frac{M_{НОМ}}{M_{Ю}}} = \sqrt{\frac{M_{НОМ}}{1,2 M_{НОМ}}} = \sqrt{\frac{1}{1,2}} = \sqrt{0,833} = 0,91$$

### 5.10-масала.

**Ечиш.**

Конденсаторлар батареяси ўрнатилмасдан аввалги умумий актив қувват:

$$P_1 = P_{\text{о\textsubscript{в}}} + P_{\text{е\textsubscript{р}}} = 300 + 20 = 320 \text{ кВт}$$

Реактив қувват:

$$Q_1 = P_{\text{о\textsubscript{в}}} \cdot \text{tg } \varphi_{\text{yp}} = 300 \cdot 1 = 300 \text{ кВАр} (\text{tg } \varphi_{\text{yp}} = 1).$$

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

$$tg_1 = \frac{Q_1}{P_1} = \frac{300}{320} = 0,938 \text{ у вақтда } \cos \varphi_1 = 0,734 :$$

$$\cos \varphi_2 = 0,95 \text{ бўлганда } tg_2 = 0,328 .$$

2. Керакли конденсаторлар батареясининг сифими:

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

3. Линия симларидаги тоқлар:

$$I_1 = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ} \cdot \cos \varphi_1} = \frac{320 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,734} = 663,17 A,$$

$$I_2 = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ} \cdot \cos \varphi_2} = \frac{320 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,95} = 512,4 A,$$

### Мустақил ечиш учун масалалар.

#### **1-масала.**

Асинхрон двигателнинг 1440 айл/мин частота билан айланувчи ротори частотаси  $f = 50$  Гц бўлган уч фазали ток тармоғига уланган. Сирпаниши нимага тенг?

$$\text{Ж: } S = 4\%$$

#### **2-масала.**

АОЛ-12-6 маркадаги двигатель  $n_2 = 915$  айл/мин номинал айланиш частотасига эга. Номинал силжишини аниқланг.

$$\text{Ж; } S_{НОМ} = 8,5\% .$$

#### **3-масала.**

3000 айл/мин синхрон частота билан айланувчи асинхрон двигатель айланувчи магнит майдонинг бурчак частотасини аниқланг.

$$\text{Ж; } W = 314 \text{ рад / с}$$

#### **4-масала.**

Частотаси  $f = 50$  Гц ва кучланиши  $U = 220$  В кучланишли ўзгарувчан ток тармоғига уланган 6 та қутбли асинхрон двигателнинг айланувчи магнит майдонининг частотаси топинг.

$$\text{Ж; } n_1 = 1000 \text{ айл / мин}$$

#### **5-масала.**

$n_2 = 1370$  айл / мин частота билан айланувчи АОЛБ-011-4 маркали асинхрон двигателнинг сирпанишини аниқланг.

$$\text{Ж; } S = 0,0866 .$$

#### **6-масала.**

$n = 1450$  айл / мин частотаси билан айланувчи 4АА63А4 маркали уч фазали асинхрон двигатель роторининг ток частотаси ва сирпанишини аниқланг.

### **6-амалий иш**

**Ўзгармас ток электр моторини механик характеристикасини куриш**

Ўзгармас ток машинаси якорь чулғамидаги ЭЮК  $E = C_E \Phi_n = \frac{PN}{60a} \Phi_n$ ,

бунда;  $C_E$ - электр доимийси, машина тузилиши катталикларига боғлиқ;  $\Phi$ -магнит оқими;  $n$ -якорнинг айланиш частотаси;  $P$ -кутблар жуфти;  $N$ -якорь актив ўтказгичларининг сони;  $a$ -якорь чулғамидаги ўрамлар жуфт сони.

Генератор қисқичларидаги кучланиши  $U = E - I_{\text{я}} R_{\text{я}}$

двигатель қисқичларидаги кучланиш  $U = E + I_{\text{я}} R_{\text{я}}$

бу ерда;  $E$ -якорь чулғамининг ЭЮК си,  $I_{\text{я}}$ -якорь токи,  $R_{\text{я}}$ -якорь занжирининг қаршилиги;

Генератор берадиган фойдали қувват  $P_2 = UI$ .

Двигателга бериладиган қувват  $P_1 = UI$

бу ерда:  $U$ -қисқичлардаги кучланиш;  $I$ -ташқи занжирдаги ток;

Электромагнит қувват  $P_{\text{ЭМ}} = EI_M$ .

Генератор якоридаги уйғониш токи.  $I_{\text{я}} = I + I_{\text{у}}.$

Двигателнинг параллел чулғамидаги кўзғатувчи токи  $I = I_{\text{я}} + I_{\text{у}}.$

бу ерда:  $I_{\text{у}}$ -чулғамдаги кўзғатувчи ток.

Двигатель якоридаги ток.  $I_{\text{я}} = \frac{U - E}{R_{\text{я}}} = \frac{U - C_E \Phi_n}{R_{\text{я}}}.$

Занжирдаги двигателни кўзғатувчи токи.  $I = \frac{U}{R_{\text{вк}}} = \frac{U}{R_{\text{к}} + R_{\text{р}}}.$

$R_{\text{вк}}$  -кузғалтирилгандан кейинги занжирнинг умумий қаршилиги;

$R_{\text{р}}$  - кузғатилгандаги занжирдаги реастот қаршилиги. Двигател Якорьининг айланиш частотаси.  $n = \frac{E_{\text{я}}}{C_E \Phi} - \frac{U - IR_{\text{я}}}{C_E \Phi}.$

Двигателнинг механик характеристикаси тенгламаси.  $n = \frac{U}{C_E \Phi} - \frac{MR_{\text{я}}}{C_E C_M \Phi^2}.$

бу ерда  $M$ -двигателнинг айлантирувчи моменти;  $C_M$ -двигатель доимийси.

Двигателнинг айланувчи моменти:  $M = \frac{PN}{2\pi a} \Phi I_M = C_M \Phi I_{\text{я}} \quad M = 9,55 P_2 / n.$

Бу ерда  $P_2$ -двигател валидаги қувват.

Генератор ф.и.к.  $\eta = \frac{P_{2r}}{P_1} = \frac{R_{2n}}{P_{2n} + \Sigma P} = \frac{UI}{UI + \Sigma P} = 1 - \frac{\Sigma P}{UI + \Sigma P}.$

Бу ерда  $P_{2r}$ -генератор қисқичларидаги қуввати;  $P_1$ -механик қувват;  $U$ -генератор қисқичлари орасидаги кучланиш;  $I$ -юклама токи.

Двигатель ф.и.к.  $\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_1 - \Sigma P}{P_1} = \frac{UI - \Sigma P}{UI} = 1 - \frac{\Sigma P}{UI}.$

Бу ерда  $P_2$ -двигател валидаги қувват.

$\Sigma P$ -исроф қувват йигиндиси ва куйидаги формуладан аникланади.

$\Sigma P = P_2 + P_3 = P_M + P_{\text{мх}} + P_{\text{эв}} + P_{\text{эш}} + P_{\text{д}}.$

бу ерда  $P_{\text{х}}$ -салт ишлашдаги исроф;  $P_{\text{э}}, P_{\text{м}}$ —электрик магник исроф;  $P_{\text{мх}}$ -механик исроф;  $P_{\text{эв}}$ -уйғотилган чулғамдаги исроф;  $P_{\text{эя}}$ -якорь чулғамидаги исроф;  $P_{\text{эш}}$ -электр чўткадаги исроф;  $P_{\text{д}}$ -кушимча исроф.

## Масалалар

### 6.1-масала.

Ўзгармас ток двигателининг айланиш тезлиги 1000 айл/дақ, магнит оқими  $\Phi = 2 \cdot 10^{-2} \text{ Вб}$ , доимий коэффиценти  $C_d = 10$ . Якорь чулғамида ҳосил қилинадиган ЭЮК ни аниқланг.

### 6.2-масала.

Ўзгармас ток машинасининг магнит индукцияси  $B = 1 \text{ Тл}$ , Якорь узунлиги  $l = 0,25 \text{ м}$ , кутиб бўлими  $\tau = 0,1 \text{ м}$ . Машинанинг магнит оқимини ҳисобланг.

### 6.3-масала.

Ўзгармас ток машинасининг магнит оқими  $\Phi = 2 \cdot 10^{-2} \text{ Вб}$  қутбларнинг жуфтлар сони  $p = 2$  айланиш тезлиги  $n = 1000$  айл/дақ, параллел тармоқларнинг жуфтлар сони  $a = 2$ , Якорьнинг актив уткагичлари сони  $N = 120$ . Якорь ЭЮКини аниқланг.

### 6.4-масала.

Параллел қузғатишли генераторнинг ЭЮК  $E = 118 \text{ В}$ , Якорь қаршилиги  $0,05 \text{ Ом}$ , қузғатувчи чулғамнинг қаршилиги  $R_k = 25 \text{ Ом}$ , юкламанинг қаршилиги  $R_{\text{ю}} = 2 \text{ Ом}$ . Генератор қисқичларидаги кучланиш аниқланг.

### 6.5-масала.

Параллел қузғатишли генераторнинг ЭЮК  $E = 240 \text{ В}$ , номинал токи  $I_H = 108 \text{ А}$ , қузғатувчи чулғамнинг токи  $I_k = 2 \text{ А}$ . Электромагнит қувватини аниқланг.

### 6.6-масала.

Параллел қузғатишли двигателга  $U = 220 \text{ В}$  берилган. Ишга туширувчи реостатсиз юргизиш токи  $I_{\text{ю}} = 275 \text{ А}$ , Якорь ЭЮК  $E = 210 \text{ В}$ . Ишлаётган двигателнинг токини аниқланг.

### 6.7-масала.

Кетма-кет қузғатишли двигателда Якорь токи  $I_{\text{я}} = 18 \text{ А}$ , Якорь қаршилиги  $R_{\text{я}} = 0,3 \text{ Ом}$ , қузғатувчи чулғамнинг қаршилиги  $R_k = 0,2 \text{ Ом}$ . Ўзгарувчи исрофларни аниқланг.

### 6.8-масала.

Икки қутбли параллел қузғатишли ўзгармас ток двигатели кучланиши  $U = 220 \text{ В}$  тармоққа уланган. Двигатель истеъмол қиладиган ток  $I_t = 62 \text{ А}$ , қузғатувчи чулғамнинг қаршилиги  $R_k = 110 \text{ Ом}$ , Якорьнинг қаршилиги  $R_{\text{я}} = 0,15 \text{ Ом}$ , магнит оқими  $\Phi = 0,02 \text{ Вб}$ , Якорь уткагичларининг сони  $N = 420$ , параллел тармоқлар сони  $a = 1$ .

Қуйидагиларни аниқланг.

-Якорь чулғамидаги ЭЮК.

-двигателнинг айланиш тезлиги.

-номинал айлантирувчи момент.

-номинал қувват.

-ФИК

-ишга туширувчи токи  $I_{\text{ю}} = 3I_{\text{н}}$  бўлганидаги ишга туширувчи реостатнинг қаршилигини

-ишга тушириш реостати йуклигида юргизиш токининг қиймати.

### 6.9-масала.

Кетма-кет қузғатишли двигатель кучланиши  $U = 220\text{В}$  тармоққа уланган. Якорьнинг айланиш тезлиги  $n = 1500$  айл/дақ токи  $I = 44\text{А}$ , айлантурувчи момент  $M = 55$  н.м. Якорь ва қузғатувчи чулғамларнинг умумий қаршилиги  $R = 0,4\text{Ом}$ . Электрмагнит, фойдали ва истеъмол қиладиган қувватлар, электромагнит ва механик исрофларни аниқланг.

### Масалаларнинг ечимлари.

#### 6.1-масала.

Ечиш. 1. Якорь ЭЮК:  $E = C_e \cdot \Phi \cdot n = 10 \cdot 2 \cdot 10^{-2} \cdot 1000 = 200\text{В}$ .

#### 6.2-масала.

Ечиш.  $\Phi = BT \cdot l = 1 \cdot 0,1 \cdot 0,25 = 0,025\text{Вб}$

#### 6.3-масала.

Ечиш.  $E = \frac{P \cdot N}{60a} \cdot \Phi \cdot n = \frac{2 \cdot 120}{60 \cdot 2} \cdot 5 \cdot 10^{-2} \cdot 1000 = 100\text{В}$

#### 6.4-масала.

Ечиш. ЭЮК;  $E = U + I_{\text{я}} R_{\text{я}}$

бу тенгламада якорь токи  $I_{\text{я}}$  номаълум:  $I_{\text{я}} = I_{\text{ю}} + I_{\text{к}}$

бунда:  $I_{\text{ю}} = \frac{U}{R_{\text{ю}}} = \frac{U}{2}$  юклама токи,  $I_{\text{к}} = \frac{U}{R_{\text{к}}} = \frac{U}{25}$  қузғатувчи чулғам токи.

$$\text{Демак, } E = U + \left( \frac{U}{R_{\text{ю}}} + \frac{U}{R_{\text{к}}} \right) \cdot R_{\text{я}} = U + 0,05 \left( \frac{U}{25} + \frac{U}{2} \right)$$

$$\text{ёки } 118 = U + \frac{(2 + 25)}{1000} U \quad U = \frac{118000}{1027} = 114,9\text{В}$$

#### 6.5-масала.

Ечиш. Якордан ўтаётган ток:  $I_{\text{я}} = I_{\text{н}} - I_{\text{к}} = 108 - 2 = 106\text{А}$ .

Электромагнит қувват:  $P_{\text{эм}} = E \cdot I_{\text{я}} = 240 \cdot 106 = 25440\text{Вт}$

#### 6.6-масала.

Ечиш. Двигателни дастлаб ишга тушириш пайтида ЭЮК  $E = 0$ . Шунга асосланиб Якорь қаршилигини топамиз:

$$U = E + I_{\text{ю}} \cdot R_{\text{я}} = I_{\text{ю}} \cdot R_{\text{я}}$$

$$R_{\text{я}} = \frac{U}{I_{\text{ю}}} = \frac{220}{275} = 0,8\text{Ом}$$

ишлаётган двигателнинг токи:

$$I = \frac{U - E}{R_{\text{я}}} = \frac{220 - 210}{0,8} = 12,5\text{А}$$

#### 6.7-масала.

Ечиш. Двигатель чулғамларининг тула қаршилиги:

$$R = R_{\text{я}} + R_{\text{к}} = 0,3 + 0,2 = 0,5 \text{ ом}.$$

Ўзгарувчан исрофлар чулғамларини қизитишга сарфланади. Шунинг учун:  
 $\Delta P = I_{\text{я}}^2 \cdot R = 18^2 \cdot 0,5 = 162 \text{ Вт}.$

### 6.8-масала.

Ечиш.

1. Кузғатувчи чулғам токи:  $I_{\text{к}} = \frac{U}{R_{\text{к}}} = \frac{220}{110} = 2 \text{ А}.$

2. Якорь чулғамидаги ток:  $I_{\text{я}} = I_1 - I_{\text{к}} = 62 - 2 = 60 \text{ А}$

3. Якорь чулғамидаги ЭЮК:  $E = U - I \cdot R = 220 - 60 \cdot 0,15 = 211 \text{ В}$

4. Двигателнинг айлантурувчи моменти

$$M_{\text{ном}} = C_M \cdot \Phi \cdot R_{\text{я}} = \frac{PN}{2\pi \cdot \alpha} \cdot \Phi \cdot I_{\text{я}} = \frac{1 \cdot 420}{2 \cdot 3,14 \cdot 1} \cdot 0,02 \cdot 60 = 80 \text{ Н} \cdot \text{М}$$

Двигатель икки кутбли бўлгани учун унинг кутблари жуфтлар сони  $P=1$ .

5. Двигателнинг айланиш тезлиги:  $E = C_c \Phi \cdot n$

$$n = \frac{E}{C_c \Phi} = \frac{E}{\frac{PN}{60a} \cdot \Phi} = \frac{211}{\frac{1 \cdot 420}{60 \cdot 1} \cdot 0,02} = 1507 \text{ айл/дақ}.$$

6. Номинал қуввати:  $M_{\text{я}} = 9,55 \frac{P_{\text{н}}}{n_{\text{н}}};$

$$P_{\text{н}} = \frac{M_{\text{н}} \cdot \Pi_{\text{н}}}{9,55} = \frac{80 \cdot 1507}{9,55} = 12624 \text{ Вт}$$

7. Двигатель истеъмол қиладиган қувват:  $P_1 = U \cdot I_1 = 220 \cdot 62 = 13640 \text{ Вт}$

8. Номинал юкланишда двигателнинг ЭЮК  $E=0$  (чунки  $p \ll 0$ ). Шунинг учун.  $U = E + I_a(R_{\text{я}} + R_{\text{ю}}) = I_{\text{я}}(R_{\text{я}} + R_{\text{ю}})$

демак,  $I_{\text{я}} = \frac{U}{R_{\text{я}} + R_{\text{ю}}}$

$R_{\text{ю}}$ -ишга туширувчи реостатнинг қаршилиги.

Ишга туширувчи токи  $I_{\text{ю}} = 3I_{\text{н}}$  бўлгани учун:  $3 \cdot I_{\text{н}} = \frac{U}{R_{\text{я}} + R_{\text{ю}}},$

бундан  $R_{\text{ю}} = \frac{U}{3 \cdot I_{\text{н}}} - R_{\text{я}} = \frac{220}{3 \cdot 62} - 0,15 = 1,05 \text{ ом}.$

9. Ишга туширувчи реостат йўқлигида ишга туширувчи токнинг қиймати:  $I = \frac{U}{R_{\text{я}}} = \frac{220}{0,15} = 1466 \text{ А}.$

### 6.9-масала.

Ечиш.

1. Якорь чулғамининг ЭЮК:  $E = U - I_{\text{я}}R = 220 - 44 \cdot 0,4 = 202,4 \text{ В}$

2. Электромагнит қувват:  $P_{\text{эм}} = E_{\text{я}} \cdot I_{\text{я}} = 202,4 \cdot 44 = 8905,6 \text{ Вт}$

3. Фойдали қувват:  $P_2 = \frac{M \cdot n}{9,55} = \frac{55 \cdot 1500}{9,55} = 8638,6 \text{ Вт}$

4. Номинал кучланишда истеъмол қиладиган қувват:  $P_1 = U_{\text{н}} \cdot I_{\text{н}} = 220 \cdot 44 = 9680 \text{ Вт}$

5. Чулғамдаги электр исрофлар:  $\Delta P_{\Sigma} = I^2 \cdot R = 44^2 \cdot 0.4 = 193.6 \text{ Вт}$

6. Механик ва магнит исрофлар:  $\Delta P_{\text{МЭХ}} + P_{\text{М}} = P_{\text{ЭМ}} - P_2 = 8905.6 - 8638.6 = 267 \text{ Вт}$

7. Номинал кучланишдаги Ф.И.К:  $\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{8638.6}{9680} = 0.892$ .

### Мустақил ечиш учун масалалар.

#### **6.1-масала.**

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

**Ж: 2**

#### **6.2-масала.**

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

**Ж: 75 в**

#### **6.3-масала.**

Ўзгармас ток генераторнинг якорь чулғамларини кесиб ўтаётган магнит оқими  $\Phi = 0,02 \text{ Вб}$ , машинанинг доимийси  $C_E = 10$ . Якорнинг айланиш тезлиги 1000, 1500 ва 2000 айл/мин бўлганда якорь чулғамларида индуктивланган электр юритувчи кучларнинг катталикларини аниқланг.

**Ж: 200 в; 300 в; 400 в.**

#### **6.4-масала.**

Параллел уйғотишли генераторнинг нагрузка токи  $I = 96 \text{ А}$ , уйғотиш токи  $I_y = 4 \text{ А}$  бўлганда, қисмалардаги кучланиш  $U_r = 120 \text{ в}$ . Генераторнинг умумий қуввати, уйғотиш ва якорь занжирларининг қаршилигини аниқланг.

**Ж: 120 кВт; 31 Ом; 1,2 Ом.**

#### **6.5-масала.**

Параллел уйғотишли двигателнинг қисмаларига берилган кучланиш  $U = 220 \text{ в}$ . Уйғотиш чулғамининг қаршилиги  $r_y = 40 \text{ Ом}$ . Уйғотиш токи  $I_y = 2,5 \text{ А}$  дан ортмаслиги учун ростлаш реостатининг қаршилиги неча Ом га тенг бўлиши керак.

**Ж: 48 Ом.**

#### **6.6-масала.**

Параллел уйғотишли генераторнинг номинал кучланиши  $U_{\text{ном}} = 120 \text{ в}$ , якорининг номинал айланиш тезлиги  $n_{\text{ном}} = 1000$  айл/мин, номинал токи  $I_{\text{я.ном}} = 80 \text{ А}$  ва якорь занжирининг қаршилиги  $r_{\text{я}} = 0,15 \text{ Ом}$ . Генератордан двигатель тарзида фойдаланилганда якорь чулғамларида индуктивланган тескари электр юритувчи кучнинг катталиги ва якорининг айланиш тезлигини аниқланг.

Машинанинг магнит оқими иккала режимда ҳам ўзгармас ҳисобланади.

**Ж: 108 в; 818 айл/мин**

### 6.7-масала.

Параллел уйғотишли двигателни тармоқ кучланиши  $U_T=220$  в га улашдан аввал якорь занжирига кетма-кет қаршилиги 2 Ом га тенг бўлган юргизиш реостати уланди. Двигателнинг юргизиш токи  $I_{\text{ю}}=100$  А бўлиб, номиналидан 1,5 марта ортиқ. Якорь чулғамининг қаршилиги, юргизиш реостати бўлмаганда якорь занжиридан ўтиши мумкин бўлган ток, шунингдек, номинал режимда якорь чулғамида ҳосил бўладиган тескари электр юритувчи кучнинг катталигини аниқланг.

**Ж: 206,5 в**

### 7-амалий иш

#### Электр юритмага мотор қувватини танлашни ҳисоблаш

Ишлаб чиқариш механизми учун моторларни тўғри танлаш уларнинг меъёрий хизмат кўрсатишнинг барча муддатида узлуксиз ва ишончли ишини таъминлайди. Бу жуда муҳим жараён бўлиб, унда кўплаб омиллар ва мезонларни ҳисобга олиш лозим. Ушбу омиллардан энг муҳими юклама характери ва турини ҳисобга олишдир.



Турли станок, қурилма ва машиналар учун моторларни танлашда юкламанинг турини, механик тавсифини, ушбу механизмлар ишлаш характери ва циклар давомийлигини ҳисобга олиш керак.

Танланган мотор валидаги юклама қандай ўзгаришини билган ҳолда иш жараёнида қувват йўқотиш ўзгариши қандай бўлишини аниқлаш мумкин ҳамда шу орқали берилган юкламада қизимасдан ишлайдиган моторни танлаш мумкин. Натижада мотор электр изоляцияси максимал қизиш ҳарорати ишнинг барча цикларида берилган қиймат оралиғида бўлиши таъминланади.

Моторни нотўғри танлаш ишлаб чиқариш жараёнини бузилишига, маҳсулот сифатсиз чиқишига ва электр энергия ортиқча сарф бўлишига олиб келади.

**Қуйидаги шартлар бажарилишида мотор тўғри танланади:**

- моторнинг ишчи машинага механик хоссаларига кўра мос келиши. Бунда моторнинг механик тавсифи ишчи механизмларнинг ўрнатилган ва ўтувчи иш режимларида керакли тезлик ва тезланишни таъминлаши лозим;



- ишнинг барча режимларида моторнинг қувватидан максимал фойдаланиш. Моторнинг барча актив қисмларидаги ҳарорат ишнинг энг қийин режимларида мумкин бўлган қийматга яқинлашиши лозим. Лекин мумкин бўлган қийматдан ошиб кетиши таъқиқланади;

- мотор конструктив бажарилишининг ишчи механизм ва атроф-муҳит шароитига мос келиши;

- моторнинг электр таъминот параметрларига мос келиши.

**Мотор танлаш учун қуйидаги маълумотлар керак:**

- ишчи механизм тури ва номи;

- иш режими давомий ва юклама доимий бўлса валда максимал қувват, бошқа ҳолатларда – қувват графиги ўзгариш ёки вақт функциясида валдаги қаршилиқ моментида валда максимал қувват;

- ишчи механизм вали айланиш частотаси (ёки айланиш частотаси кўлами);

- ишчи механизмнинг мотор вали билан уланиш усули (кинематик узатиш мавжуд бўлса узатиш тури ва узатиш сони кўрсатилади);

- моторнинг ишчи механизмда таъминлаши лозим бўлган ишга тушириш моменти;

- айланиш частотасини ростлаш кўлами;

- айланиш частотасини ростлашнинг талаб қилинадиган сифати (силликлик, поғоналик);

- бир соат давомида юритма уланиш частотаси;

- ташқи муҳит таъсири.

Моторларни танлашда ҳаётий режимларни таҳлил қилиш асосда махсус номинал иш режими ажратиб олинган.

Электр машина паспортида келтирилган маълумотлар маълум бир номинал режимга тааллуқли бўлиб, электр машинанинг номинал маълумотлари деб аталади.



Амалда стандартларга кўра 8 та номинал режим мавжуд бўлиб, ҳалқаро синфлашда S1 - S8 шартли белгиси билан белгиланади.

**Давомий иш режими S1** – машинанинг ўзгармас юкламада етарлича узоқ вақт ишлаши натижасида унинг барча қисмлари ўзгармас ҳароратгача қизийди.

**Қисқа вақтли иш режими S2** – машинанинг ўзгармас юкламада ишлашида қисмлари ўрнатилган ҳароратгача қизимасдан тўхтатилиши, бундан сўнг машинанинг атроф-муҳит ҳароратидан 2°C ошувчи ҳароратгача совутилиши лозим. Қисқа вақтли иш режими учун 15, 30, 60, 90 дақиқали иш даврларида ишлаш давомийлиги меъёрланади.

**Такрорланувчи-қисқа вақтли иш режими S3** – бир хил вақтда ўзгармас юкламада ишлаш тўхтатиш.

Бу иш режимида цикл шундайки, унда ишга тушириш токи ҳарорат ошишига сезиларли таъсир кўрсатмайди. Цикл давомийлиги 10 дақиқадан ошмайди. Уланишлар давомийлиги ушбу циклда фоизда характерланади:

Бундай иш режими учун саноат ишлаб чиқараётган моторлар уланиш давомийлиги (ПВ) билан характерланиб, ишнинг бир цикли учун ўрнатилади:

$$ПВ = \frac{t_p}{t_p + t_{\pi}} \cdot 100\%$$

Бу ерда  $t_p$  – мотор иш режими;  $t_{\pi}$  – тўхташ вақти.

Уланиш давомийлиги 15, 25, 40, 60 % қийматларда меъёрланади.

Мотор қувватини асосли танлаш учун валдаги юклама вақт кесимида қандай ўзгаришини билиш керак.

Бундан ташқари моторда электр энергия қизиш жараёни қандай юз беришини аниқлаш лозим.

Мотор қуввати 3 шартга жавоб бериши лозим:

- Иш вақтида нормал қизиш;
- Етарлича ўта зўриқиш қобилияти;
- Етарлича ишга тушириш моменти.



Саноатда такрорланувчи – қисқа вақтли режим учун қуйидаги серияли моторлар ишлаб чиқаради:

- кран машиналар учун қисқа туташтирилган роторли МТКФ серияли ва фаза роторли МТФ серияли;
- металлургия саноати учун худди шундай МТКН ва МТН серияли;
- ўзгармас токда Д серияли.

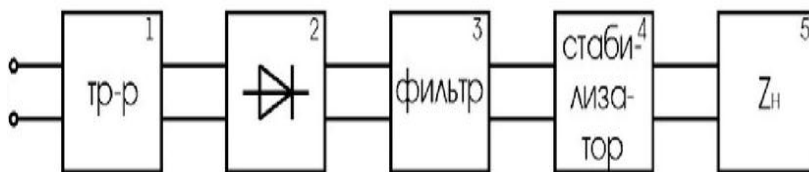
Юқорида келтирилган серияли машиналар учун инерция моментини пасайишини таъминловчи роторнинг узайтирилган шакли характерлидир.

## 8-амалий иш

### Ярим ўтказгичли тўғрилагични ҳисоблаш

Ўзгарувчан электр токини ўзгармас токка айлантириш тўғрилаш деб аталади. Шундай мақсадларда ишлатилувчи қурилмалар тўғрилагич деб айтилади. Бундай тўғрилагич қурилмалар ҳозирги кунда радиотехника, алоқа воситалари, ЭХМ ва бошқа кўплаб электрон қурилмаларни ток билан таъминловчи манбаларининг асосий қисмини ташкил қилади. Чунки аксарият электр ва электрон қурилмаларнинг қисмлари одатда ўзгармас электр токида ишлайди, масалан радио, телевизор, компьютар ва бошқалар. Уларни керакли микдордаги кучланиш билан таъминлаш учун тармоқдан келаётган 50 Гц частотали 220 В кучланишли ўзгарувчан токнинг кучланишини пасайтириш ва уни тўғрилаш керак бўлади.

Ўзгарувчан электр токини тўғрилаш, яни уни ўзгармас электр токига айлантириш жараёни ярим ўтказгичли (ёки электровакуум) диодларнинг вентил (токни фақат бир томонга ўтказиш) хусусиятига асосланади. Тўғрилаш қурилмалари умумий ҳолда трансформатор, тўғрилаш схемаси, фильтр ва стабилизатордан иборат бўлади.



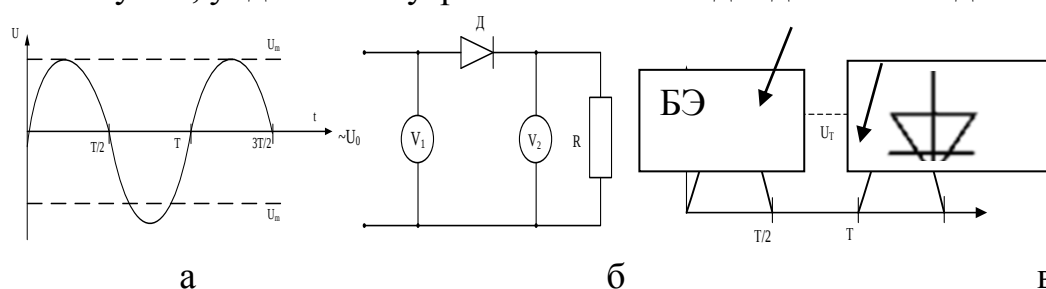
8.1-расм. Электрон тўғрилагичнинг умумий блок схемаси.

1-трансформатор, 2-тўғрилаш элементи, 3-пульсацияни текисловчи

фильтр, 4-кучланиш стабилизатори, 5 –истеъмолчи.

Тўғрилаш схемалари бир ярим даврли ёки икки ярим даврли бўлиши мумкин. Бир ярим даврли тўғрилаш схемалари токнинг сон қиймати ўзгариши унчалик аҳамиятсиз бўлган қурилмаларда (масалан аккумуляторларни зарядлашда) ишлатилади. Бошқа кўплаб ҳолларда икки ярим даврли тўғрилагичлар ишлатилади. Катта аниқлик билан ишловчи электрон қурилмаларни ток билан таъминлашда (микросхемалар ва рақамли техника элементлари) токнинг стабиллиги жуда юқори бўлиши талаб қилинади. Бундай стабиллашган тоқлар тўғрилаш қурилмаларининг чиқишига текисловчи фильтрлар ва стабилизаторлар улаш билан ҳосил қилинади.

**Бир ярим даврли тўғрилагичлар.** Энг содда тўғрилагич бир ярим даврли тўғрилагич бўлиб, унда битта тўғрилаш элементи-диод ишлатилади 8.2- расм.



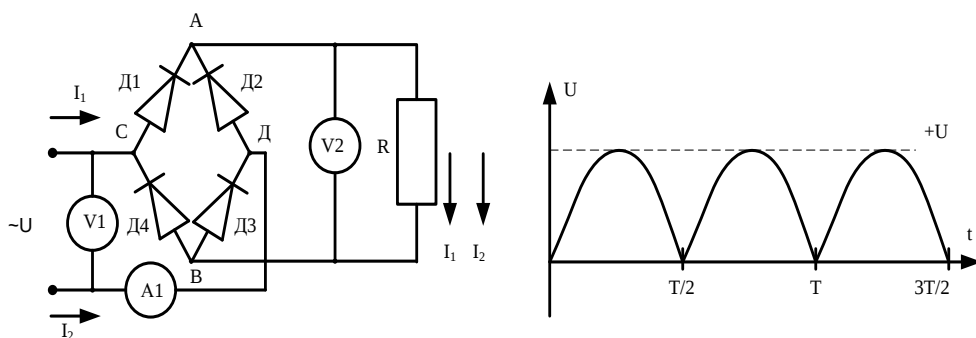
8.2-расм. Синусоидал кучланиш (а) , бир ярим даврли тўғрилагич (б) ва тўғриланган кучланиш (в)

Диоднинг вентил хусусияти туфайли ундан синусоидал кучланишнинг фақат мусбат қисми (агар диод тескарисига уланса, фақат манфий қисми) ўтади, манфий қисм эса ўтмайди, чунки токнинг тескари йўналишда ўтган қисми учун диод ёпиқ бўлади. Агар синусоидал кучланишнинг тебраниш частотаси  $f = 50$  Гц бўлса, ярим тебраниш даври  $T/2 = 10$  мс бўлади, 8.2- а расм. Диоддан фақат ярим мусбат даврдаги ток ўтади 8.2– в расм. Демак 8.2- б расмдаги схеманинг киришига синусоидал кучланиш берилса, унинг чиқишида ҳар бир давр ичида узунлиги 10 мс бўлган импульслар ҳосил бўлади. Бу бир ярим даврли тўғрилагич чиқишидаги пульсацияли кучланиш деб аталади. Амалда бундай пульсацияли кучланишга эга ток манбалари яроқсиз ҳисобланади, ундан фақат аккумуляторларни зарядлашда фойдаланиш мумкин, шунда ҳам унинг фойдали иш коэффициенти жуда кам бўлади.

Тўғрилагич киришидаги кучланишни  $U_1$  , чиқишдаги кучланишни  $U_2$  десак

$$U_2 = 0,45 U_1 \quad (1)$$

**Икки ярим даврли тўғрилагичлар.** Икки ярим даврли тўғрилагичларда диодларни кўприксимон ссхемада уланади. Бунинг учун ромбни чизиб, ромбнинг тўрт томонига тўртта диодни ҳаммасини бир томонга қараб ўрнатамиз, 8.3- расм



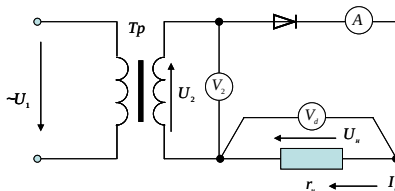
8.3-расм. Икки ярим даврли тўғрилагич ва тўғриланган кучланиш.

Икки ярим даврли тўғрилагичдаги токнинг йўлини кўриб чиқамиз. Ўзгарувчан синусоидал кучланишнинг мусбат йўналиши деб 1-нутадан бошланган токни олайлик, бу ток «1-Д1-А тугун-Р-В тугун-Д4-Д тугун-2» контур орқали ёпилади, бунда R истеъмолчидан ўтган ток  $I_1$  йўналишда бўлади. Синусоидал кучланишнинг манфий даври 2 нуқтадан бошланиб «2-Д тугун-Д2-А тугун- R-В тугун-Д3-С тугун-1» контур орқали ёпилади, бунда R истеъмолчидан ўтган ток  $I_2$  йўналишда бўлади. Агар эътибор берсак ҳар икки ҳолда ҳам R истеъмолчидан ўтган токнинг йўналишлари бир хил, шунинг учун ҳам тўғриланган кучланиш фақат мусбат (ёки манфий) ярим даврлардан иборат бўлади. Юқоридагидек кучланишни вақт бўйича интеграллаймиз, фақат бу ерда интеграл бутун давр бўйича олинади ва кучланиш (1) ифодага нисбатан икки марта катта бўлади

$$U_2 = 0,90 U_1 \quad (2)$$

### 8.1- масала.

Қаршилиги  $r_n = 60$  Ом бўлган нагрузка битта ярим даврли тўғрилагич ва трансформаторлар орқали синусоидал ўзгарувчан кучланишга уланган (1.61-расм). Агар  $U_2 = 120$  В бўлса, тўғриланган токнинг ўртача қиймати ҳисоблансин (вентилнинг ички қаршилиги ва трансформатор чулғамлари қаршилиги ҳисобга олинмасин).



Ечиш: Токнинг ўртача қийматини қуйидаги формула ёрдамида аниқлаймиз:  $I_{\text{ўр}} = I_d = \frac{U_d}{r_n}$

Бу ерда  $U_d$  – тўғриланган кучланишнинг ўртача қиймати. Трансформатор иккиламчи чулғамидаги кучланиш синусоидал бўлгани учун  $u_2 = U_{2m} \cdot \sin \omega t$ , бу ерда ( $\varphi_{u_2} = 0$ ).

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

$$U_d = U_{\text{ўр}} = \frac{1}{\pi} U_2 = 0,45 U_2 \quad \text{Демак, } I_{\text{ўр}} = \frac{U_{\text{ўр}}}{r_n} = \frac{0,45 \cdot 120}{60} = 0,9 \text{ А}$$

### 8.2- масала.

Қаршилиги 60 Ом бўлган нагрузка иккита ярим даврли тўрилагичга ўрта нутали трансформатор орали синусоидал ўзгарувчан кучланишга уланган (1.62-расм). Агар  $u_2 = 120 \sin \omega t$  бўлса, тўриланган токнинг ўртача қиймати, трансформатор чулғамларининг ва трансформаторнинг ҳисобий увватлари анилансин.

Ток ва кучланишларнинг ўзгариш диаграммалари чизилсин (трансформация коэффициенти  $\mathcal{R}_{\text{тр}} = 1$  деб олинсин)

### 8.3- масала.

Аввалги масаладаги берилганлар асосида бир фазали кўприксимон тўрилагич схемасидаги тўғриланган токнинг ўртача қиймати ва трансформаторнинг ҳисобий қуввати аниқлансин. Ток ва кучланишларнинг ўзгариш диаграммалари чизилсин.

### 8.4- масала.

Иккита ва битта ярим даврли тўғрилаш схемаси учун кучланишнинг пульсация коэффициенти анилансин.

### 8.5- масала.

Уч фазали трансформаторнинг иккиламчи чулғамини тўғрилагич схемасида ишлатиш мўлжалланмоқда. Номинал миқдорлари  $S_{\text{ном}} = 1,8 \text{ кВА}$ ;  $U_{1\text{ном}} = 380 \text{ В}$ ;  $U_{2\text{ном}} = 220 \text{ В}$ ;  $I_{1\text{ном}} = 2,8 \text{ А}$ ,  $I_{2\text{ном}} = 4,7 \text{ А}$ . Чулғамларни улаш схемаси  $\Delta/\gamma$ . Тармоқнинг линия кучланиши  $U_{\text{л}} = 380 \text{ В}$ . Вентеллардаги тескари кучланишнинг максимал қиймати ва берилган тўғрилагичдан олинishi мумкин бўлган тўғриланган кучланиш ва ток аниқлансин. Вентилларнинг ички қаршиликлари ҳисобга олинмасин.

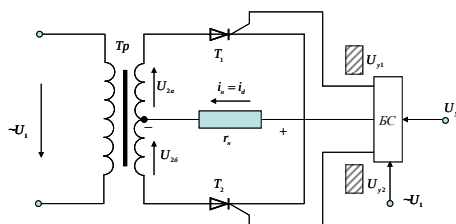
### 8.6- масала.

Уч электродли 6Н15П лампанинг анод кучланиши 100 В ва тўр кучланиши 1 В бўлганида, Анод кучланиши 150 вольтгача оширсак, анод токи 14 миллиметргача ортади. Сўнгра анод кучланишини ўзгартирмасдан, тўрдаги манфий кучланишни 2 вольтгача оширганимизда анод токининг аввалги мидори, 7,5 миллиметрга тенг бўлиб олади. Лампанинг параметрлари:  $C$ ,  $\mu$  ва  $P_{\text{и}}$  аниқлансин.

### 8.7- масала.

Расмда кўрсатилган ўрта нуктага эга бўлган трансформаторли иккита ярим даврли тўғрилагич нагрузкасида ўтаётган токнинг ўртача қиймати топилсин.

Бу ерда:  $U_2 = 120\sqrt{2}\sin \omega t$ ;  $r_{\text{н}} = 60 \text{ Ом}$ ; бошқариш бурчаги  $\alpha = 60^\circ$ ; БС – бошқариш системаси;  $U_2$  – бошқариш кучланиши.



## 9-амалий иш

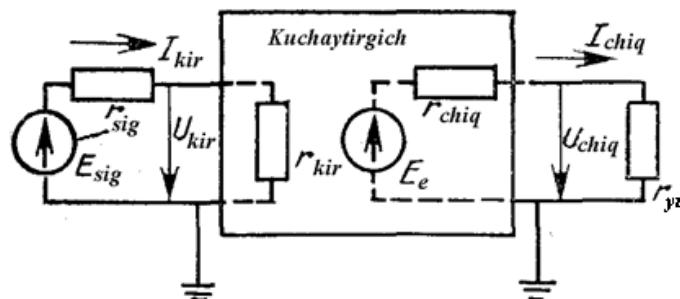
### Транзисторли кучайтиргичларни ҳисоблаш

#### Кучайтиргичларнинг синфланиши, асосий параметрлари ва тавсифлари

Автоматик бошқариш системалари, радиотехника, радиолокация ва бошқа системаларда кичик қувватли сигналларни кучайтириш учун кучайтиргичлардан фойдаланилади. Кичик қувватли ўзгарувчан сигналнинг параметрларини бузмасдан доимий кучланиш манбаининг қуввати ҳисобига кучайтириб берувчи қурилма кучайтиргич деб аталади.

Кучайтиргичнинг вазифаси сигнал қувватини оширишдан иборатдир, яъни кучайтиргич чиқишидаги тебранишлар қуввати унинг киришидаги тебранишлар қувватидан катта бўлиши керак. Аммо бу қувватнинг кучайиши кўпинча кучайтиргич ишининг хусусиятига хос эмас. Кўп ҳолларда дастлаб сигнал кучланиши ёки токи тебранишининг амплитудасини катталаштириш керак ва фақат шундан кейингина қувватни ошириш учун кучайтиргич киришига кучайтирилган сигнал бериш керак. Бундай дастлабки кучайтиришда сигнал қуввати ошади, лекин абсолют катталиги оз бўлади. Бу ерда ток ёки кучланишни кучайтириш анчагина ўзига хос ва аҳамиятлидир. Шу сабабга кўра кучайтириш техникасида кучланиш, ток ва қувват кучайтиргичларига ажратиш қабул қилинган.

Ҳар қандай кучайтиргич 9.1-расмда кўрсатилганидек кириш қисмалари томонидан қандайдир кириш қаршилиги  $r_{kir}$  га эга.



9.1-расм. Кучайтиргичнинг намунавий схемаси

Сигнал манбаини худди манба ЭЮК  $E_{sig}$  каби қараш мумкин, у ички  $r_{sig}$  га эга. Кучайтиргич чиқиш қисмаси томонидан энергия манбаи бўлиб, ички қаршилиқ  $r_{chiq}$  га эга.

Кучланиш кучайтиргичи нисбатан катта кириш қаршилиги  $r_{kir}$  га эга бўлиши керак, шунда сигнал манбаини у енг кам юкламалайди, унинг чиқиш қаршилиги  $r_{chiq}$  еса бир неча марта юклама қурилмасининг қаршилиги  $r_{юз}$  дан ёки кейинги кучайтириш каскадининг кириш қаршилигидан катта бўлиши керак.

Қувват кучайтиргичи юклама қурилмасининг маълум қаршилигида энг кўп қувватни узатиш учун мўлжалланган. Бундай узатишнинг асосий шарты қаршилиқларни мослашдир. Қувват кучайтиргичининг чиқиш қаршилиги тахминан юклама қурилмасининг қаршилигига тенг бўлиши керак. У вақтда

энергия узатиш фик фақат 50% ни ташкил қилади, яъни таминлаш манбаи энергиясининг ярми кучайтиргич ичида йўқолади. Лекин бу йўқолиш абсолют катталиги бўйича одатда жуда кам бўлиб таъминлаш манбаи ҳисобига қопланади, шунинг учун улар ҳал қилувчи аҳамиятга эга эмас.

Кучайтиргич курилмаси кучайтирувчи элемент, резистор, конденсатор, чиқиш занжиридаги доимий кучланиш манбаи ҳамда истеъмолчидан иборат. Битта кучайтирувчи элементи бўлган занжир каскад деб аталади. Кучайтирувчи элемент сифатида қандай элемент ишлатилишига қараб кучайтиргичлар электрон, магнитли ва бошқа хилларга бўлинади. Иш режимига кўра улар чизиқли ва нозизиқли кучайтиргичларга бўлинади. Чизиқли иш режимида ишловчи кучайтиргичлар кириш сигналини унинг шаклини ўзгартирмасдан кучайтириб беради. Чизиқли бўлмаган иш режимида ишловчи кучайтиргичларда еса кириш сигнали маълум қийматга эришганидан сўнг чиқишдаги сигнал ўзгармайди.

Чизиқли режимида ишлайдиган кучайтиргичларнинг асосий характеристикаси амплитуда - частота характеристикаси (АЧХ) дир. Ушбу характеристика кучланиш бўйича кучайтириш коэффициентининг модули частотага қандай боғлиқлигини кўрсатади. АЧХ сига кўра чизиқли кучайтиргичлар товуш частоталар кучайтиргичи (ТЧК), қуйи частоталар кучайтиргичи (ҚЧК), юқори частоталар кучайтиргичи (ЮЧК), секин ўзгарувчан сигнал кучайтиргичи ёки ўзгармас ток кучайтиргичи (ЎТК) ва бошқаларга бўлинади.

Кучайтиргичнинг энг муҳим миқдорий характеристикаси унинг кучайтириш коэффициенти дир. Бу чиқиш катталиги сон қийматининг ўзгаришини кириш катталиги сон қийматининг ўзгаришига бўлган нисбатидир. Агар кучайтирилаётган катталик гармоник тебранишли бўлса, бу ҳолда кучланиш бўйича кучайтириш коэффициенти  $K_U = U_{mchiq} / U_{mkir}$ , токни кучайтириш коэффициенти  $I_{mchiq} / I_{mkir}$ , қувват кучайтириш коэффициенти  $K_P = P_{mchiq} / P_{mkir}$ , бунда П-тегишли ўртача қуввати,  $U_m$ ,  $I_m$ , эса кучланишлар ва тоқларнинг тегишли амплитуда қийматлари.

Битта транзистор ёки электрон лампа орқали олинаётган кучайтириш кўп ҳолларда иш механизмини ишга тушириш учун етарли бўлмайди.

Сигнални кучайтиришни ошириш учун кучайтиргич каскадлари кетма-кет уланади бир қанча каскадлар дан ташкил топган мураккаб кучайтиргич вужудга келади. Унда биринчи каскаднинг чиқиш занжиридаги кучланишнинг ўзгарувчан ташкил етувчиси иккинчи каскаднинг киришига берилади ва ҳоказо.

Кўп каскадли кучайтиргичларда кўпинча биринчи каскадлар кучланиш кучайтиргичлари, охириги иккитаси еса қувват кучайтиргичлари бўлиб хизмат қилади, лекин кучайтиргич битта типли, яъни фақат кучланиш кучайтиргичлардан ташкил топган бўлиши мумкин.

Кучайтиргичнинг қатор хусусиятлари каскадлар орасидаги боғланишни амалга ошириш усулига боғлиқ. Асосий усуллар: сиғимли (конденсатор орқали), трансформаторли (трансформатор орқали) ва галваник (резистор орқали) турларга бўлинади. Кучайтиргичларда ҳаммадан кўра сиғимли ва

галваник боғланишлар кўпроқ қўлланилади. Трансформаторли боғланиш баъзан, қувват кучайтиргичининг чиқишида юклама курилмасининг қаршилиги  $r_{yu}$  ни кучайтиргичнинг чиқиш қаршилиги билан мослаш учун қўлланилади.

Трансформация коэффиценти  $n_{12} = \omega_1 / \omega_2$  бўлган трансформатор орқали уланган юклама курилмасининг қаршилиги чиқиш занжирига бевосита уланган резистор қаршилигига эквивалент, унинг қаршилиги  $r'_{yu} = n_{12}^2 r_{yu}$  бўлади. Шундай қилиб, қаршиликларни трансформаторнинг тегишли трансформация коэффиценти (ўрамлар сонининг нисбатини) танлаш йўли билан мослаш мумкин, бунда  $r_{chiq} = n_{12}^2 r_{yu}$  бўлиши керак.

Реактив элементлар конденсатор ва трансформаторларнинг кучайтиргич каскадлари орасидаги боғланиш учун ишлатилиши кучайтиргичнинг ҳамма каскадларини таъминлаш мақсадида битта энергия манбаидан фойдаланиш масаласини соддалаштиради, чунки бу элементлар айрим каскадларнинг ўзгармас ток занжирларини ажратади.

Кўп каскадли кучайтиргичнинг умумий кучайтириш коэффиценти унинг айрим каскадларининг кучайтириш коэффицентлари кўпайтмасига тенг.

Кўпинча кучайтириш занжири реактив элементлардан иборат бўлади. Улардан баъзилари конденсатор ва трансформаторлар. Аммо улардан ташқари кучайтиргичда паразит реактив элементларнинг мавжудлиги муқаррар, улар кучайтиргичнинг айрим қисмлари орасидаги сиғимларни, электрон лампаларнинг ички сиғимлари ва ҳоказони белгилайди.

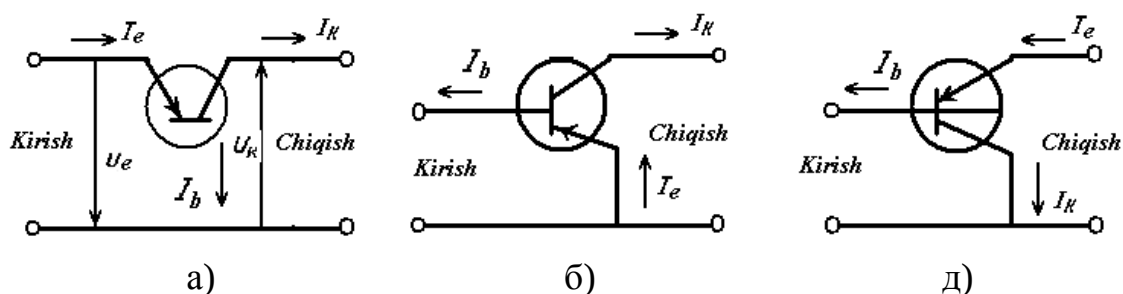
Ҳамма реактив элементларнинг ўтказувчанлиги частотасига боғлиқ бўлганлиги учун кучайтиргичнинг кучайтириш коэффиценти у ёки бу даражада частотага ҳам боғлиқ. Шунинг учун кучайтиргичнинг муҳим характеристикаларидан бири унинг ўтказиш полосаси бўлади. У частоталарнинг юқори ва пастки чегаралари билан аниқланади. Шу частоталар орасидаги чегараларда ушбу кучайтиргичнинг иши маълум талабларни қаноатлантиради деб ҳисоблаш мумкин.

Кучайтириш коэффицентининг номинал қиймати кучайтиргичдаги реактив элементларнинг таъсирини ҳисобга олмаса бўладиган частотага мос келади.

### **Биполяр ва майдонли транзисторлардаги кучайтиргичлар**

Ҳозирги вақтда енг кенг тарқалган кучайтиргичларда кучайтирувчи элемент сифатида икки қутбли ёки бир қутбли транзисторлар ишлатилади. Кучайтириш қуйидагича амалга оширилади. Бошқариладиган элемент (транзистор) нинг кириш занжирига кириш сигналининг кучланиши ( $u_{кир}$ ) берилади. Бу кучланиш таъсирида кириш занжирида кириш токи ҳосил бўлади. Бу кичик кириш токи чиқиш занжиридаги токда ўзгарувчан ташкил етувчини ҳамда бошқариладиган элементнинг чиқиш занжирида кириш занжиридаги кучланишдан анча катта бўлган ўзгарувчан кучланишни ҳосил қилади. Бошқариладиган элементнинг кириш занжиридаги токнинг чиқиш занжиридаги токка таъсири қанча катта бўлса, кучайтириш хусусияти шунча кучлироқ бўлади. Бундан ташқари, чиқиш токининг чиқиш кучланишига таъсири қанча катта бўлса (яъни  $P_n$  катта), кучайтириш шунча кучлироқ бўлади.

Транзисторли кучайтиргичлар учун кучайтиргич каскадининг умумий электродини (бу электрод бир вақтда асбобнинг кириш ва чиқиш занжирларига киради) танлашга қараб транзисторни улашнинг учта асосий схемаси мавжуд. Умумий электрод, одатда йерга уланади. Умумий базали транзисторларни улаш схемаси қисқача УБ схема деб аталиб, 9.2-расмда келтирилган.



9.2-расм. Транзисторларни улашнинг умумий базали(а),  
умумий эмиттерли(б) ва умумий коллекторли(д) схемалари

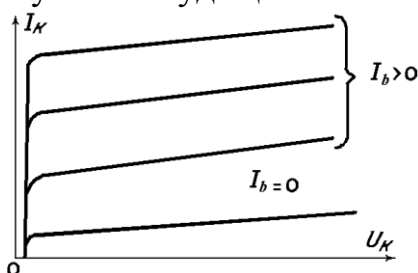
Бу схема транзисторнинг физик хусусиятларини кўпроқ яққол кўрсатиш имконини беради. Лекин унда қуйидаги камчиликлар бор: транзисторни бундай улашда ток кучаймайди, кучайтиргичнинг кириш қаршилиги нисбатан кичик, чиқиши  $r_{chiq} = r_k = \Delta U_k \Delta I_k$  еса катта, қувват нисбатан оз кучаяди, чунки фақат кучланишга боғлиқдир. Шу сабабларга кўра, кўп ҳолларда транзисторни иккинчи улаш схемаси умумий эмиттерли УЕ схема (9.2-расм афзал ҳисобланади. Бу ерда кириш токи база токи  $I_b$ , чиқишда эса коллектор токи  $I_k$  бўлади. Бу токларнинг нисбати УЕ схема бўйича кучайтиргич каскадининг ток бўйича кучайтириш коэффициентини аниқлайди. Умумий ҳолда кучайтириладиган ўзгарувчан токнинг берилган частотаси учун токнинг кучайтириш коэффициенти  $K_i$  худди шундай токнинг узатиш коэффициенти  $\alpha$  каби комплекс миқдордир.

Кирхгофнинг биринчи қонунига асосан  $I_k = I_E - I_B$ , агар  $I_k = \alpha I_E$  бўлса, у ҳолда  $\kappa_i = I_k / I_B = \alpha / (1 - \alpha) = \beta$ .

Бунда  $\alpha / (1 - \alpha) = \beta$  – катталикини база токини узатиш коэффициенти деб аташ қабул килинган. Ушбу схема учун у ток  $\beta$  кучайтириш коэффициентига тенг (тахминан, чунки  $I_{ko}$  ҳисобга олинмаган).

$\alpha = 0,95-0,98$  нинг одатдаги қийматида бу коэффициент  $\beta = 20-50$ .

Бу схема учун коллектор характеристикаси 9.3-расмда келтирилган бўлиб УБ схема характеристикасига ўхшаш жуда қия эмас.

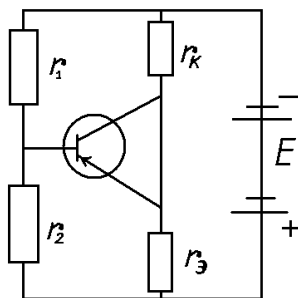


9.3-расм. Умумий эмиттерли схеманинг коллектор (чиқиш) характеристикаси

Бунинг натижасида  $\beta$  эмиттер токи ва коллектор кучланишига  $\alpha$  га

қараганда кўпроқ боғлиқ. Аммо УЕ схеманинг у ёки бу камчиликлари катта қувват кучайтирилиши ва ток кучайтирилиши каби афзалликлари билан қопланади. Умумий коллекторли УК схемадан (9.2-расмга қаранг) унча фойдаланилмайди.

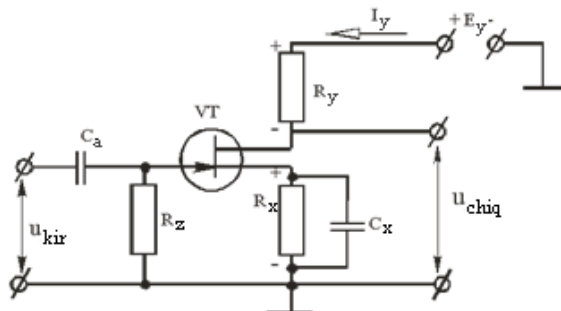
Эмиттер ва коллектор занжирларини таъминлаш учун, одатда, иккита айрим электр энергияси манбаига зарурат йўқ. Улар кучланиш бўлгич  $r_1, r_2$  билан уланган битта манба билан 9.4-расмдагидек алмаштирилиши мумкин.



9.4-расм. Кучланиш бўлгич  $r_1, r_2$  билан иккита айрим электр энергияси манбаини ҳосил қилиш

Шуни таъкидлаш керакки, транзисторли кучайтиргични ҳар қандай усулда улашда умумий электрод тармоғи орқали тескари боғланиш вужудга келади, буни кучайтиргичларни ҳисоблашда этиборга олишга тўғри келади.

Майдонли транзисторлардаги кучайтиргичлар юқорида кўрсатилганидек катта кириш қаршилигига эга, шунга мувофиқ улар ҳозирги вақтда кенг қўлланилмоқда. Умумий киришли (истокли) ўзгариш каскади энг кўп тарқалган бўлиб, унинг схемаси 9.5-расмда келтирилган. Бу каскадда резистор  $R_y$  чиқиш (сток) занжирига уланган бўлиб, у орқали кучайтириш амалга оширилади.



9.5-расм. Умумий киришли (истокли) кучайтириш каскадининг схемаси

Майдонли транзисторнинг сокинлик режимида ишлаши ўзгармас ток  $I_{йсок}$  ва унга мос келувчи кириш-чиқиш кучланиш  $U_{хйсок}$  билан таъминланади. Бу режим ўз навбатида, майдонли транзисторнинг тамбасидаги силжиш кучланиш  $U_{хзсок}$  билан юзага келтирилади. Силжиш кучланиши ( $U_{P_x} = I_{йсок} \cdot R_x$ ) резистор  $R_x$  да чиқиш токи  $I_{йсок}$  ўтган вақтда ҳосил бўлади ва унга галваник боғланган резистор  $R_z$  орқали тамбага берилади. Резистор  $R_x$  тамбада силжиш кучланишини таъминлаш билан бир қаторда ток  $I_{йсок}$  стабиллаган ҳолда, кучайтиргич иш режимини температурали стабиллаш учун ҳам хизмат қилади. Резистор  $R_x$  да кучланишнинг ўзгарувчан ташкил етувчиси юзага келмаслиги учун уни конденсатор  $C_x$  билан шунтланади ва шу тариқа каскаднинг кучайтириш коэффиценти доимий бўлиши таъминланади.

Конденсатор  $C_x$  қаршилиги частотанинг енг кичик қийиматида резистор  $R_x$  нинг қаршилигидан анча катта бўлиши керак. Бу қаршилик қуйидагича аниқланади:

$$R_x = \frac{U_{xz sok}}{I_{z sok}}$$

бунда  $U_{xz sok}$ ,  $I_{z sok}$  — кириш сигнали бўлмаган вақтдаги кириш-тамба кучланиши ва чиқиш токи.

Конденсатор  $C_x$  сиғими қуйидаги шартдан танланади:

$$C_x = \frac{10 \div 20}{2\pi f_{min} R_x}$$

бунда  $f_{min}$  — кириш сигналинунг енг кичик қийиматли частотаси.

Схемадаги  $C_a$  сиғим ажратувчи конденсатор дейилади. Бу конденсатор ўзгармас ток кучайтиргичини кириш сигнали манбасидан ажратиб туриш учун қўлланилади.

Бу конденсатор сиғими:

$$C_a = \frac{10 \div 20}{2\pi f_{min} R_z}$$

Резистор  $R_y$  чиқиш занжирида тамба ва кириш орасидаги кучланиш  $U_{xz}$  билан бошқарилувчи ток  $I_z$  оқиб ўтиши ҳисобига кучланишни юзага келтириш учун хизмат қилади.

Кучайтирувчи каскад киришига ўзгарувчан кучланиш берилганда, кириш-тамба кучланиши вақт бўйича ўзгаради:  $\Delta U_{xy}(t) = U_{kir}$ ; чиқиш токи ҳам вақт бўйича ўзгаради, яъни бу токнинг ўзгарувчан тачкил етувчиси юзага келади:  $\Delta I_y(t) = i_y$ . Ўз навбатида, бу токнинг ўзгариши кириш ва чиқиш орасидаги кучланиш  $U_{xy}$  нинг ўзгаришига олиб келади; унинг ўзгарувчан тачкил етувчиси  $U_y$  резистор  $R_y$  даги кучланиш пасайишига қийимати бўйича тенг, фазаси бўйича қарама-қарши бўлиб, кучайтирувчи каскаднинг кириш кучланиши  $\Delta U_{xy}(t) = U_y = U_{chiq} = -i_x R_x$  ҳисобланади.

Умумий киришли майдонли транзистордаги кучайтирувчи каскаднинг кучланиш бўйича кучайтириш коэффицентини қуйидаги формула бўйича аниқлаш мумкин:

$$K_U = \frac{U_{chiq}}{U_{kir}} = \frac{R_x R_y}{R_x + R_y} \cdot S,$$

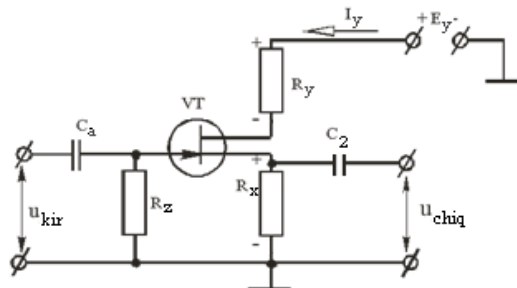
бунда  $R_y$  — чиқишнинг дифференциал қаршилиги С-майдонли транзистор ўтиш характеристикасининг тиклиги.

Умумий киришли кучайтирувчи каскадлардан ташқари 7.6-расмда кўрсатилган умумий чиқишли кучайтирувчи каскадлардан ҳам кенг фойдаланилади.

Бу каскадда юклама резистори  $R_x$  кириш занжирига уланган, чиқиш еса ток ва кучланишнинг ўзгарувчан ташкил етувчилари билан кучайтирувчи каскаднинг умумий нуқтаси билан бирлаштирилган. Кириш кучланиши конденсатор  $C_a$  орқали резистор  $R_z$  га берилади.

Чиқиш кучланиши резистор  $R_x$  даги кучланиш пасайишининг ўзгарувчан

ташкил етувчисига тенг бўлиб конденсатор  $C_2$  орқали олинади. У тахминан кириш кучланишига тенг, ( $K_U = U_{chiq} / U_{kir} \approx 0,9$ ) ва у фазаси бўйича бир хил. Шунинг учун умумий чиқиш кучайтирувчи каскад кўпинча Киришли такрорлагич деб аталади. У катта кириш ва кичик чиқиш қаршиликларига эга бўлади ҳамда жуда катта ток бўйича  $K_I = I_{chiq} / I_{kir}$  кучайтириш коэффициентига эга.

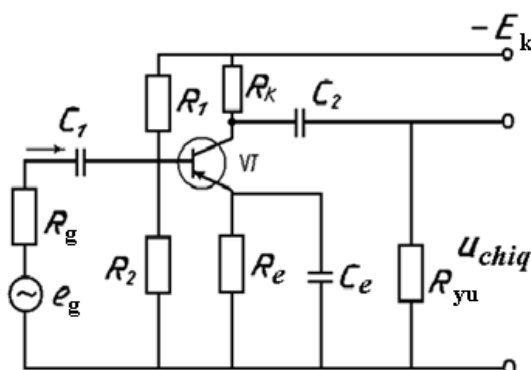


9.6-расм. Умумий чиқишли (стокли) кучайтириш каскадининг схемаси

Киришли такрорлагич кўпинча ёрдамчи кучайтирувчи каскад сифатида юқори омли кучайтириляётган кучланиш манбаини паст омли юклама курилмаси билан мослашда ишлатилади.

### 9.3. Кучайтириш каскади ва унинг характеристикалари

Кучайтириш каскадлари УЕ, УБ, УК схемалар бўйича йиғилади. Умумий коллекторли (УК) схема ток ва қувват бўйича кучайтириш имкониятига эга. Бунда  $K_y \leq 1$ . Схема, асосан, каскаднинг юқори чиқиш қаршилигини кичик қаршиликли истеъмолчи билан мослаш учун ишлатилади ва эмиттерли такрорлагич деб аталади. Умумий базали (УБ) схема бўйича йиғилган каскаднинг кириш қаршилиги кичик бўлиб, кучланиш ва қувват бўйича кучайтириш имкониятига эга. Бунда  $K_n \leq 1$ . Чиқишдаги кучланишнинг қиймати катта бўлиши талаб етилганда, мазкур каскаддан фойдаланилади. Кўпинча, умумий эмиттерли (УЕ) схема бўйича йиғилган каскадлар ишлатилади (9.7-расм).



9.7-расм. Умумий эмиттерли кучайтириш каскадининг схемаси

Бундай каскад токни ҳам, кучланишни ҳам кучайтириш имкониятига эга. Кучайтириш каскадининг асосий занжири транзистор (BT), қаршилик  $R_k$  ва манба  $E_k$  дан иборат. Қолган элементлар ёрдамчи сифатида ишлатилади.  $C_1$

конденсатор кириш сигналининг ўзгармас ташкил етувчисини ўтказмайди ва базанинг тинч ҳолатидаги  $U_{бд}$  кучланишнинг  $P_e$  қаршиликка боғлиқ емаслигини таъминлайди. Конденсатор  $C_2$  истеъмолчи занжирига чиқиш кучланишининг доимий ташкил етувчисини ўтказмай ўзгарувчан ташкил етувчисинигина ўтказиш учун хизмат қилади.  $P_1$  ва  $P_2$  резисторлар кучланиш бўлгич вазифасини ўтаб, каскаднинг бошланғич ҳолатини таъминлаб беради.

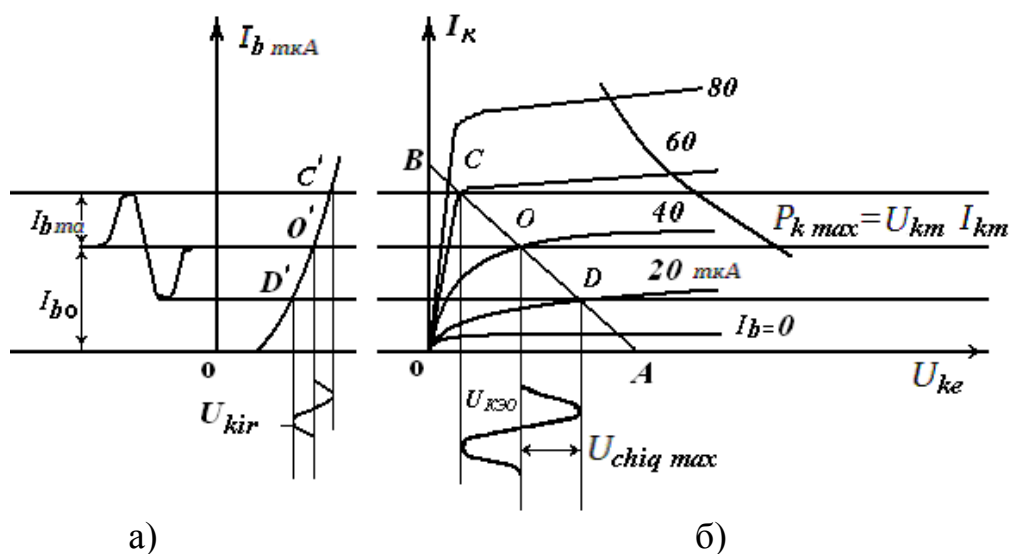
Коллекторнинг дастлабки токи ( $I_{кд}$ ) базанинг дастлабки токи  $I_{бд}$  билан аниқланади. Резистор  $P_1$  ток  $I_{бд}$  нинг ўтиш занжирини ҳосил қилади ва резистор  $P_2$  билан биргаликда манба кучланишининг мусбат қутби билан база орасидаги кучланиш  $U_{бд}$  ни юзага келтиради.

Резистор  $P_e$  манфий тескари боғланиш элементи бўлиб, дастлабки режимнинг температура ўзгаришига боғлиқ бўлмаслигини таъминлайди. Каскаднинг кучайтириш коэффиценти камайиб кетмаслиги учун қаршилиқ  $P_e$  га параллел қилиб конденсатор  $C_e$  уланади. Конденсатор  $C_e$  резистор  $P_e$  ни ўзгарувчан ток бўйича шунтлайди.

Синусоидал ўзгарувчи кучланиш ( $y_{кир} = U_{кир \max} \sin \omega t$ ) конденсатор  $C_1$  орқали база эмиттер соҳасига берилади. Бу кучланиш таъсирида, бошланғич база токи  $I_{бд}$  атрофида ўзгарувчан база токи ҳосил бўлади.  $I_{бд}$  нинг қиймати ўзгармас манба кучланиши  $E_k$  ва қаршилиқ  $P_1$  га боғлиқ бўлиб, бир неча микроамперни ташкил қилади. Берилаётган сигналнинг ўзгариш қонунига бўйсунадиган база токи истеъмолчи ( $P_{ю}$ ) дан ўтаётган коллектор токининг ҳам шу қонун бўйича ўзгаришига олиб келади. Коллектор токи бир неча миллиамперга тенг.

Коллектор токининг ўзгарувчан ташкил етувчиси истеъмолчида амплитуда жиҳатдан кучайтирилган кучланиш пасаюви ( $U_{чик}$ ) ни ҳосил қилади. Кириш кучланиши бир неча милливольтни ташкил еца, чиқишдаги кучланиш бир неча вольтга тенгдир.

Каскаднинг ишини график усулда таҳлил қилиш мумкин. Транзисторнинг чиқиш характеристикасида АБ юклама чизиғини ўтказамиз (9.8-расм).



9.8-расм. Каскаднинг ишини график усулда таҳлил қилиш

Бу чизик  $U_{ке} = E_k$ ,  $I_k = 0$  ва  $U_{ке} = 0$ ,  $I_k = \frac{E_e}{R_i}$  координатали  $A$  ва  $B$

нуқталардан ўтади.  $AB$  чизик  $I_{k \max}$ ,  $U_{ке \max}$  ва  $P_k = U_{k \max} \cdot I_{k \max}$  билан чегараланган соҳанинг чап томонида жойлашиши керак.  $AB$  чизик чиқиш характеристикасини кесиб ўтадиган қисмда иш участкасини танлаймиз. Иш участкасида сигнал энг кам бузилишлар билан кучайтирилиши керак.

Юклама чизигининг  $C$  ва  $D$  нуқталар билан чегараланган қисми бу шартга жавоб беради. Иш нуқтаси  $O$ , шу участканинг ўртасида жойлашади.  $DO$  кесманинг абсиссалар ўқидаги проекцияси коллектор кучланиши ўзгарувчан ташкил етувчисининг амплитудасини билдиради.  $CO$  кесманинг ординаталар ўқидаги проекцияси коллектор токининг амплитудасини билдиради.

Бошланғич коллектор токи ( $I_{ко}$ ) ва кучланиши ( $U_{кео}$ )  $O$  нуқтанинг проекциялари билан аниқланади. Шунингдек,  $O$  нуқта бошланғич ток  $I_{бо}$  ва кириш характеристикасидаги  $O$  иш нуқтасини аниқлаб беради. Чиқиш характеристикасидаги  $C$  ва  $D$  нуқталарга (9.8, б-расмга қаранг) кириш характеристикасидаги  $C_b$  ва  $D_b$  нуқталар мос келади. Бу нуқталар кириш сигналининг бузилмас-дан кучайтириладиган чегарасини аниқлаб беради.

Каскаднинг чиқиш кучланиши

$$y_{чик} = u_{ю} \cdot P_{ю}.$$

### Каскаднинг кириш кучланиши

$$y_{кир} = u_b \cdot P_{кир},$$

бу ерда  $P_{кир}$  – транзисторнинг кириш қаршилиги.

Ток  $u_{ю} \gg u_b$  ва қаршилиқ  $P_{ю} \gg P_{кир}$  бўлгани учун схеманинг чиқишидаги кучланиш кириш кучланишидан анча каттадир. Кучайтиргичнинг кучланиш бўйича кучайтириш коэффициентини  $K_u$  қуйидагича аниқланади:

$$K_u = \frac{U_{кир \max}}{U_{кир \max}},$$

ёки гармоник сигналлар учун:

$$K_u = \frac{U_{кир}}{U_{кир}}.$$

Каскаднинг ток бўйича кучайтириш коэффициентини:

$$K_i = \frac{I_{кир}}{I_{кир}},$$

бу ерда:  $I_{чик}$  – каскаднинг чиқиш томонидаги токнинг қиймати;  $I_{кир}$  – каскаднинг кириш томонидаги токнинг қиймати. Кучайтиргичнинг қувват бўйича кучайтириш коэффициентини:

$$K_p = \frac{P_{кир}}{P_{кир}},$$

бу ерда  $P_{чик}$  – истеъмолчига бериладиган қувват;  $P_{кир}$  – кучайтиргичнинг кириш томонидаги қувват.

Кучайтириш техникасида бу коэффициентлар логарифмик қиймат –

децибеллда (америкалик инженер Белл шарафига қўйилган) ўлчанади.

$$K_y \text{ (дБ)} = 20 \lg K_y \quad \text{ёки} \quad K_y = 10^{\frac{K_y \text{ (дБ)}}{2}};$$

$$K_{\text{и}} \text{ (дБ)} = 20 \lg K_{\text{и}} \quad \text{ёки} \quad K_{\text{и}} = 10^{\frac{K_{\text{и}} \text{ (дБ)}}{2}};$$

$$K_{\text{п}} \text{ (дБ)} = 10 \lg K_{\text{п}} \quad \text{ёки} \quad K_{\text{п}} = 10^{K_{\text{п}} \text{ (дБ)}}.$$

Одамнинг эшитиш сезгирлиги сигналнинг 1 дБ га ўзгаришини ажрата олгани учун ҳам шу ўлчов бирлиги киритилган. Ҳар бир кучайтиргич кучайтириш коэффициентларидан ташқари қуйидаги параметрларга ҳам эгадир.

Кучайтиргичнинг чиқиш қуввати (истеъмолчига сигнални бузмасдан бериладиган энг катта қувват):

$$P_{\text{chiq}} = \frac{U_{\text{chiq max}}^2}{R_{\text{т}}}.$$

Кучайтиргичнинг фойдали иш коэффициенти

$$\eta = \frac{P_{\text{chiq}}}{P_{\text{ум}}},$$

бу ерда  $P_{\text{ум}}$  – кучайтиргичнинг ҳамма манбалардан истеъмол қиладиган қуввати. Кучайтиргичнинг динамик диапозони кириш кучланишининг энг кичик ва энг катта қийматларининг нисбатига тенг бўлиб, дБ да ўлчанади:

$$D = 20 \lg \frac{U_{\text{kir max}}}{U_{\text{kir min}}}.$$

Частотавий бузилишлар коэффициенти  $M(f)$  ўрта частоталардаги кучланиш бўйича кучайтириш коэффициенти  $K_{y0}$  нинг ихтиёрий частотадаги кучланиш бўйича кучайтириш коэффициентига нисбатидир:

$$M(f) = \frac{K_{y0}}{K_{yf}}.$$

Чизиқли бўлмаган бузилишлар коэффициенти  $\gamma$  юқори частоталар гармоникаси ўрта квадратик йиғиндисининг чиқиш кучланишининг биринчи гармоникасига нисбатидир:

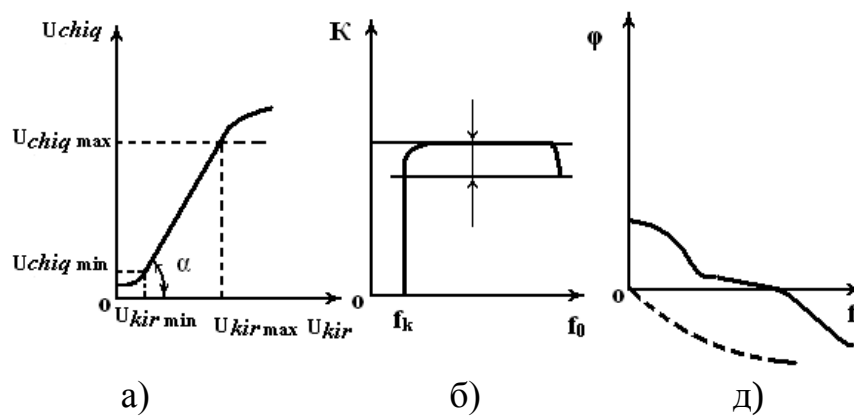
$$\gamma = \frac{\sqrt{U_{m_2\text{чик}}^2 + U_{m_3\text{чик}}^2 + \dots + U_{m_n\text{чик}}^2}}{U_{m_1\text{чик}}}.$$

Сифатли кучайтиргичлар учун  $\gamma \leq 4 \%$ , телефон алоқаси учун  $\gamma \leq 1,5 \%$ .

Кучайтиргичнинг шовқин даражаси шовқин кучланишининг кириш кучланишига нисбатини кўрсатади. Булардан ташқари, кучайтиргичлар амплитуда, частота ва амплитуда-частота характеристикалари билан ҳам баҳоланади.

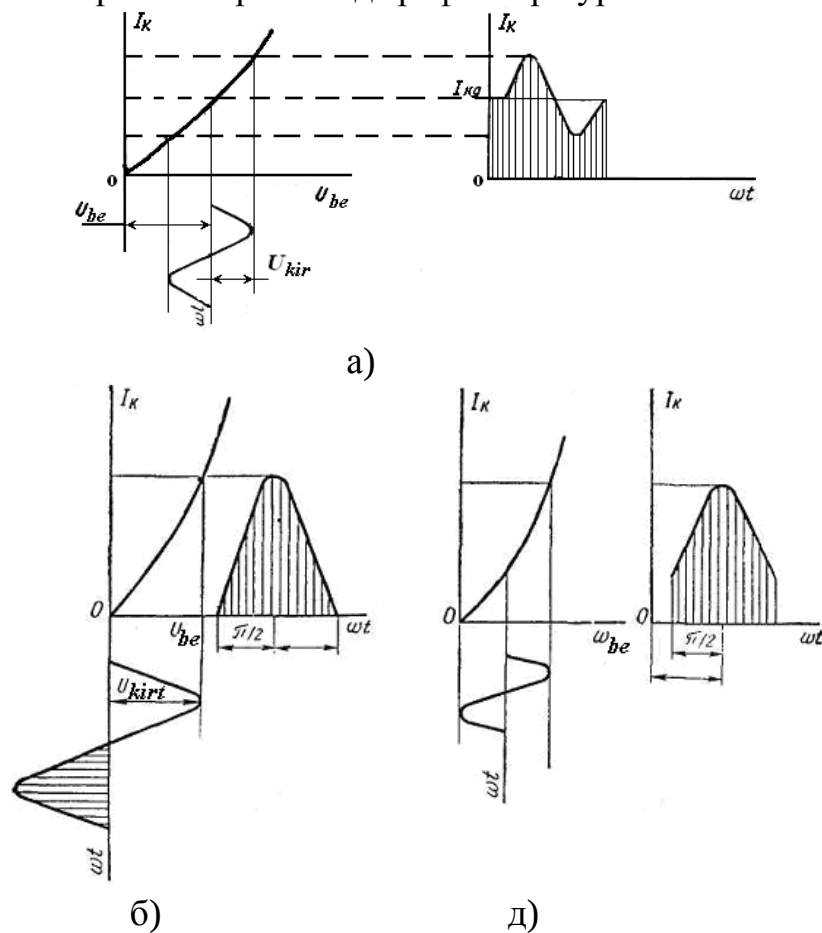
Амплитуда характеристикаси чиқиш кучланишининг кириш кучланишига қандай боғланганлигини кўрсатади ( $U_{\text{чик}} = f(U_{\text{кир}})$ ).

9.9-расмда кучайтиргичнинг амплитуда, амплитуда-частота ва фаза-частота характеристикалари кўрсатилган. Бу характеристикалар ўрта частоталарда олинади.



9.9 - расм. Кучайтиргичнинг амплитуда (а), амплитуда-частота (б) ва фаза-частота характеристикалари (д)

Иш нуқтасининг кириш характеристикасида қандай жойлашишига қараб кучайтиргичлар  $A$ ,  $B$  ва  $AB$  режимларда ишлаши мумкин. 9.10-расмда кучайтиргичнинг иш режимларига оид графиклар кўрсатилган.



9.10 - расм. Кучайтиргичнинг иш режимларига оид графиклар

$A$  режимда, асосан, бошланғич кучайтириш каскадлари ва кичик қувватли чиқиш каскадлари ишлайди.

Бу режимда ишлайдиган каскаднинг базага берилган силжиш кучланиши ( $U_{\text{бео}}$ ) иш нуқтасининг динамик ўтиш характеристикаси чизикли қисмининг

ўртасида жойлашишини таъминлаб беради.

Бундан ташқари, кириш сигналининг амплитудаси силжиш кучланишидан кичик ( $U_{\text{кирт}} < U_{\text{бео}}$ ) бўлиши ва бошланғич коллектор токи  $I_{\text{ко}}$  чиқиш токи ўзгарувчан ташкил етувчисининг амплитудасидан катта ёки тенглиги ( $I_{\text{ко}} \geq I_{\text{кт}}$ ) шартига амал қилинади. Натижада каскаднинг киришига синусоидал кучланиш берилганда чиқиш занжиридаги ток ҳам синусоидал қонун бўйича ўзгаради (7.10,а-расм).

*А* режимда сигналнинг чизиқли бўлмаган бузилишлари энг кам бўлади. Аммо кучайтиргич каскадининг мазкур режимдаги фойдали иш коэффиценти 20–30% дан ошмайди.

*Б* режимда иш нуқтаси шундай танланадики, бунда *осойишталик токи* нолга тенг бўлади ( $I_{\text{ко}}=0$ ). Кириш занжирига сигнал берилганда чиқиш занжиридан сигнал ўзгариш даврининг фақат ярмидагина ток ўтади.

Чиқиш токи импульслар шаклида бўлиб, ажратиш бурчаги  $\theta = \frac{\pi}{2}$  бўлади (9.10,б-расм). *Б* режимда чизиқли бўлмаган бузилишлар кўп бўлади. Лекин бу режимда каскаднинг ФИК 60 – 70% ни ташкил қилади. Мазкур режимда, асосан, икки тактли катта қувватли каскадлар ишлайди.

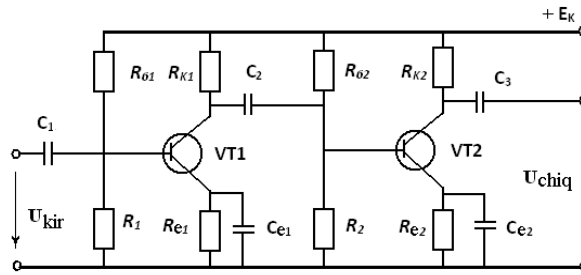
*АБ* режими *А* ва *Б* режимлар оралиғидаги режим бўлиб (9.10,д-расм), чиқишда катта қувват олиш, шунингдек чизиқли бўлмаган бузилишларни камайтириш мақсадида қўлланилади.

#### 9.4. Резистив- сиғим боғланишли каскадлар

Кучайтиргичлар  $U=10^{-7}$  В кучланиш ва  $U=10^{-14}$  А токларни кучайтира олади. Бундай сигналларни кучайтириб бериш учун битта каскад йетарли бўлмагани учун бир нечта каскад ишлатилади. Улар бир нечта дастлабки кучайтириш каскади (каскад кучланишни кучайтириб беради) ва қувватни кучайтирувчи чиқиш каскадларидан иборатдир. Каскадлар бир-бири билан резистор (резистив боғланиш), трансформатор (трансформаторли боғланиш), сиғим ва резистор (резистив-сиғим боғланиш) ва бошқа элементлар ёрдамида уланиши мумкин.

Резистив-сиғим боғланишли каскадларнинг ишлаши билан танишиб чиқамиз. Бу каскадлар кенг тарқалган бўлиб, микросхема шаклида ҳам ишлаб чиқарилади (9.11-расм).

Кучайтиргич иккита умумий эмиттерли (УЕ) кучайтириш каскадидан иборат. Бу каскадлар *С* конденсатор орқали ўзаро боғланган. Мазкур конденсатор транзистор  $BT_1$  нинг коллектор занжирига, транзистор  $BT_2$  нинг база занжирига уланган. У биринчи транзистордан чиқаётган сигналнинг ўзгармас ташкил етувчисини иккинчи транзисторга ўтказмайди. Транзисторларнинг иш нуқталарини  $R_{b_1}$  ва  $R_{b_2}$  қаршиликлар таъминлаб беради. Иш нуқталарининг стабиллигини резистор ва конденсаторлар ( $P_{e1}$ ,  $C_{e1}$  ва  $P_{e2}$ ,  $C_{e2}$ ) таъминлаб беради.



9.11 – расм. Резистив-сигим боғланишли каскаднинг схемаси

Бир нечта каскадли кучайтиргичнинг кучайтириш коэффиценти ҳар бир каскад кучайтириш коэффицентларининг кўпайтмасига тенг:

$$K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \dots \cdot K_n.$$

Керакли кучайтириш коэффицентиға кўра ва ҳар бир УЕ ли каскад кучланиш бўйича 10–20 марта, қувват бўйича еса 100– 400 марта кучайтириб беришини ҳисобга олиб, каскадлар сони аниқланганидан кейин ҳар бир каскад алоҳида ҳисобланади. Дастлабки кучайтириш каскадлари *A* режимда ишлайди. Каскадни ҳисоблаш қуйидаги тартибда бажарилади. Манба кучланиши  $E_K$  ва истеъмолчининг қаршилиғига қараб

$$U_{ке.ж} \geq (1,1 \div 1,3) E_K;$$

$$I_{kj} > 2I_{и\ max} = 2 \frac{U_{chiq\ max}}{R_{и}},$$

бу ерда: к. е. ж – коллектор эмиттер ўтишдаги кучланишнинг жоиз қиймати;  $I_{к.ж}$  – коллектор занжиридаги токнинг жоиз қиймати.

Юқоридаги шартларни қаноатлантирадиган транзистор танланади. Унинг чиқиш характериетикасида иш нуқтаси аниқланади. Шу дастлабки иш нуқтасини таъминлаб берувчи база токи  $I_{бo}$  ўтиш характеристикасидан аниқланади ва  $P_b$  қаршиликка боғлиқ бўлади. Бу қаршилик қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$R_{b1} = \frac{U_{ке} - (I_{кo} + I_b)R_E}{I_{bo}}.$$

$P_K$  ва  $P_e$  қаршиликларни аниқлаш учун чиқиш характеристикалардан

$$P_{ум} = P_K + P_e \text{ аниқланади. } P_{ум} = \frac{E_K}{I_K}, P_e = (0,15 - 0,25) P_K \text{ деб ҳисоблаб,}$$

$$R_K = \frac{R_{ум}}{1,1 \div 1,25},$$

$$P_e = P_{ум} - P_K.$$

Каскаднинг кириш қаршилиғи

$$R_{kir} = \frac{2U_{kir\ max}}{2I_{b\ max}}.$$

Агар база токи кучланиш бўлгичи оркали бериладиган бўлса, бўлгичнинг  $P_1$  ва  $P_2$  қаршиликлари қуйидагича аниқланади.

$$P_{12} \geq (8 \div 12) P_{кир} \text{ ва } P_{12} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \text{ шартлардан}$$

$$P_1 = \frac{E_k R_{12}}{I_{ko} R_9}; \quad P_2 = \frac{R_1 \cdot R_{12}}{R_1 - R_{12}}$$

ларни аниқлаймиз.

Ажратувчи конденсаторнинг сиғими қуйидагича аниқланади:

$$C = \frac{1}{2\pi f_k R_{чик} \sqrt{M_k^2 - 1}},$$

бу ерда:  $M_k$  – қуйи частоталардаги частотали бузилишлар коэффициент;  $f_k$  – қуйи частоталар чегараси;  $P_{чик} = P_k + P_{и}$ .

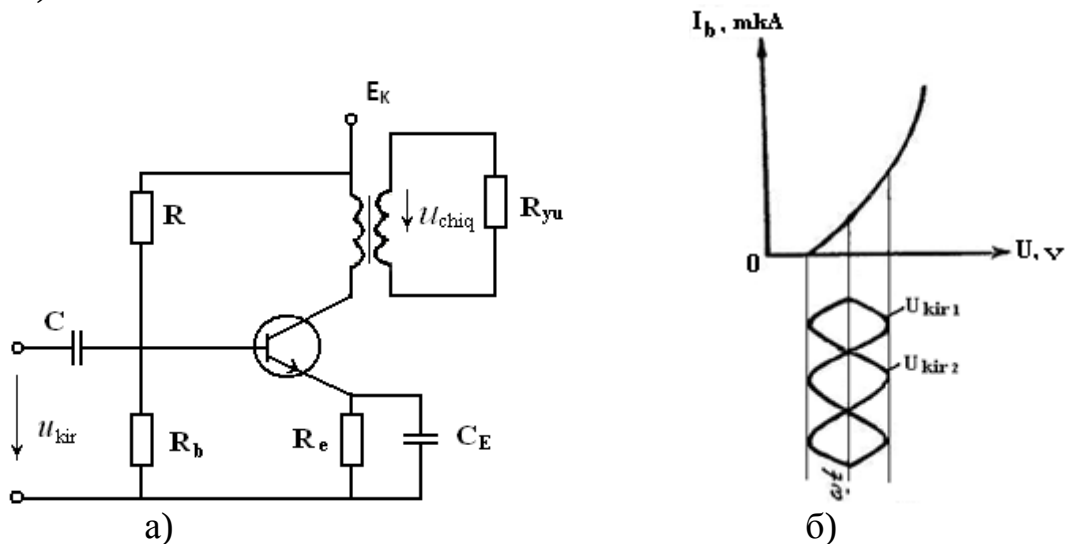
Конденсаторнинг сиғими қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$C_9 \geq \frac{10}{2\pi f_k R_9}.$$

Каскаднинг кучланиш бўйича кучайтириш коэффициенти:

$$K_u = \frac{U_{chiq\ max}}{U_{chiq\ max}},$$

Кучайтиргичнинг охириги каскади чиқиш каскадидир. Чиқиш каскади, асосан, қувватни кучайтириб беради ва бир тактли ёки икки тактли бўлади (9.12- расм).



9.12 – расм. Бир тактли қувватни кучайтиргич каскади (а) ва унинг иш режими (б)

Каскаднинг чиқишидаги сигнал трансформатор орқали кичик қаршиликка эга бўлган истеъмолчига узатилади. Коллектордаги кучланиш ўзиндукция ЕЮК ҳисобига  $E_{ке}$  дан икки марта катта бўлиши мумкин (9.12- расм). Шунинг учун

$$E_{ке} \leq V_{ке.ж}/2$$

қилиб олинади.

Каскаднинг чиқишидаги қувват:

$$P_{чик\ max} = 0,5 U_{к\ max} \cdot I_{к\ max} \cdot \eta_{тр},$$

бу ерда  $\eta_{тр}$  – трансформаторнинг фойдали иш коэффициенти.

Кириш занжиридаги қувват ва кучайтириш коэффициенти:

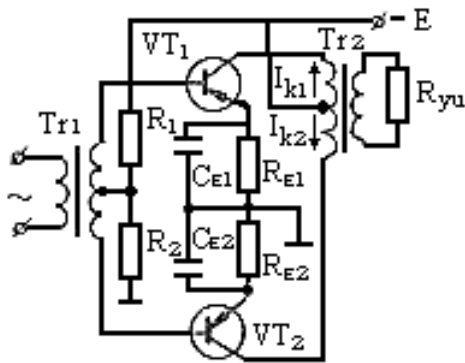
$$P_{кир\ max} = 0,5 I_{б\ max} \cdot V_{бе\ max};$$

$$K_p = \frac{P_{chiq}}{P_{kir}}.$$

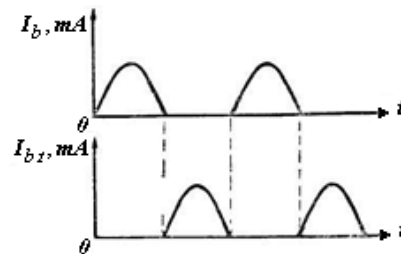
Трансформатор каскад чиқиш қаршилигининг истеъмолчининг кириш қаршилигига яхши мос тушишини ва қувватнинг узатилиши учун энг яхши шароит яратилишини таъминлайди. Трансформаторнинг трансформация коэффиценти қуйидагича аниқланади:

$$n = \sqrt{\frac{R_{chiq}}{R_I}}$$

Агар кучайтиргичнинг чиқишидаги қувват 20 W дан ортиқ бўлса, икки тактли симметрик схемалардан фойдаланилади (9.13-расм).



а)



б)

9.13-расм. Икки тактли қувватни кучайтиргич каскади (а) ва унинг иш режими (б)

Бу схемадаги икки транзисторнинг ҳар бири  $B$  режимда ишлайди. Бундай схемаларнинг фойдали иш коэффиценти (70–75)% га йетади. Тинч ҳолатда  $I_{\theta} = 0$  ва бошланғич ҳолатда схема истеъмол қиладиган қувват

$$P_0 = 2 E_{ке} I_{\theta e}.$$

Биринчи ярим даврда биринчи транзистор, иккинчи ярим даврда эса иккинчи транзистор ишлайди (9.13, б-расм). Битта транзисторнинг чиқишидаги қувват:

$$P'_{chiq} = \frac{U_{\kappa \max} \cdot I_{\kappa \max}}{2} = \frac{(I_{\kappa \max} - I_{\kappa 0}) E_{\kappa 0}}{4}$$

Икки тактли каскаднинг чиқишидаги қувват:

$$P_{chiq} = 2P'_{chiq} = \frac{E_{\kappa 0} (I_{\kappa \max} - I_{\kappa 0})}{2}.$$

Кўпинча, кучайтиргичнинг барқарор ишлашини таъминлаш учун тескари боғланишдан фойдаланилади. Чиқиш занжиридаги сигнал маълум қисмининг кириш занжирига узатилиши *тескари боғланиш* деб аталади. Тескари боғланиш манфий ва мусбат бўлиши мумкин. Мусбат тескари боғланиш генератор каскадларида қўлланади. Кучайтириш каскадларида манфий тескари боғланишдан фойдаланилади (мусбат тескари боғланиш кучайтиргичлар учун зарарлидир). Тескари боғланиш кучланиши чиқиш кучланишининг маълум қисмини ташкил қиладди ва тескари боғланиш коэффиценти ( $P$ ) билан

характерланади. Тескари боғланишли кучайтиргичларда:

$$K = \frac{u_{chiq}}{u_{siig}};$$

$$u_{siig} = u_{kir} - u_{tB} = u_{kir} - \beta u_{chiq} = u_{kir} (1 - \beta K).$$

Демак,

$$K_{tB} = \frac{Ku_{kir}}{u_{siig}} = \frac{Ku_{kir}}{u_{kir}(1 - \beta K)} = \frac{K}{1 - \beta K}.$$

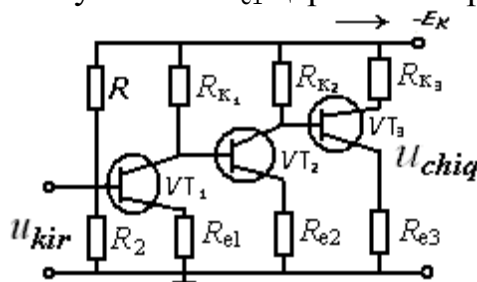
Тескари боғланиш манфий бўлганида  $\beta < 0$  бўлади ва  $K_{tB} = \frac{K}{1 + \beta K}$ , яъни кучайтириш коэффиценти камаяди. Лекин кучайтиргичнинг частота ва фаза бузилишлари камаяди.

$P_e$  қаршилиги тескари боғланиш занжири бўлиб, чиқиш занжиридаги кучланишни қисман кириш занжирига узатади. Шунинг ҳисобига бошланғич иш нуқтасининг параметрлари стабиллашади. Юқорида кўриб чиқилган каскадларнинг барчаси синусоидал ўзгарувчан кучланишни кучайтириб беради. Айрим ҳолларда йўналиш жиҳатдан ўзгармай, фақат қиймати секин ўзгарувчи сигналларни ҳам кучайтириш талаб қилинади. Бундай ҳолларда галваник боғланган ўзгармас ток кучайтиргичларидан фойдаланилади. 9.14 - расмда аста-секин ўзгарувчи сигнал-лар кучайтиргичи кўрсатилган.

Кучайтиргич уч каскаддан иборат. Ҳар бир каскад УЕ схема бўйича йиғилган. Ажратувчи конденсаторлар бўлмаганлиги учун ҳар бир каскаднинг ўзгармас ташкил етувчиси кейинги каскаднинг базасига узатилади ва шунинг учун мазкур ташкил етувчи компенсацияланиши керак.

Олдинги каскаднинг ўзгармас ташкил етувчисини компенсациялаш учун кейинги каскаднинг  $P_e$  қаршилигидан олинувчи ўзгармас кучланишдан фойдаланилади.

Транзисторлар ( $BT_2$  ва  $BT_3$ ) нинг база-эмиттер нормал кучланишларини  $P_{e2}$  ва  $P_{e3}$  қаршиликлар таъминлаб беради. Транзистор  $BT_1$  нинг осойишталик режимини  $P_1$  ва  $P_2$  кучланиш бўлгич ва  $P_{e1}$  қаршиликлар таъминлайди.



9.14 – расм. Секин ўзгарувчи сигналларни кучайтиргич схемаси

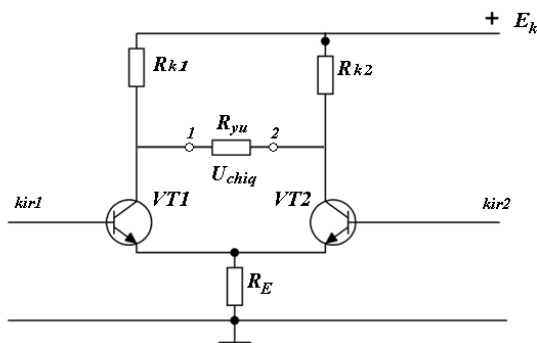
$P_{e1}$ ,  $P_{e2}$  ва  $P_{e3}$  қаршиликлар ток бўйича манфий тескари боғланишни ҳосил қилиб, кучайтиргич нолининг кўчишини камайтиради. Кучайтиргич нолининг кўчиши деб чиқиш сигнали кириш сигналига боғлиқ бўлмаган ўзгаришига айтилади.

Кўчишнинг асосий сабаби манба кучланишининг, атроф-муҳитнинг ҳарорати ва схема параметрларининг ўзгаришидир. Кўчиш кучланиши сигнал

кучланиши билан тенглашиб сигналнинг анча бузилишига олиб келиши мумкин. Нол кўчишини камайтириш мақсадида параллел-баланс ёки дифференциал каскадлардан фойдаланилади.

## 9.5. Дифференциал ва операцион кучайтиргичлар

Икки сигнал фарқини кучайтирувчи қурилма *дифференциал кучайтиргич* деб аталади. Чиқишдаги сигнал ҳар бир кириш сигналига емас, балки уларнинг айирмасига боғлиқдир. Ёнг оддий дифференциал кучайтиргич умумий эмиттер қаршилиқ уланган иккита бир хил транзистор асосида қурилади (9.15- расм).



9.15 – расм. Ёнг оддий дифференциал кучайтиргич схемаси

Кириш кучланишлари транзисторлар ( $BT_1$  ва  $BT_2$ ) нинг база-эмиттер ўтишига берилади. Бу кучланишларнинг айирмаси бир неча милливольтдан ортмаса, кучайтиргич ВАХ нинг чизикли қисмида ишлайди.

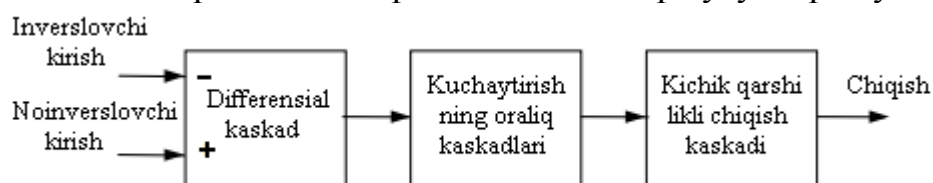
Унинг кучайтириш коэффиценти 100 га яқиндир. Чиқиш қисмалари 1' ва 2' дан чиқиш кучланиши  $U_{\text{чик}}$  олинади. Кучайтиргичнинг узатиш коэффиценти:

$$K(p) = \frac{U_{\text{chik}}}{U_{\text{kir1}} - U_{\text{kir2}}}.$$

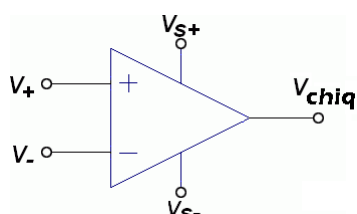
Кучайтиргичларда бир хил транзисторларни топиш жуда қийин. Шу сабабдан микросхема асосида тузилган дифференциал кучайтиргич каскадларидан фойдаланилади. К118УЛ1 шундай схемаларнинг намунаси бўла олади. Ўзгармас ток кучайтиргичлари асосида турли математик операцияларни бажарувчи операцион кучайтиргичлар қуриш мумкин.

Операцион кучайтиргичлар (ОК) юқори кучайтириш коэффиценти, катта кириш ва кичик чиқиш қаршилиги билан характерланади. ОК кириши дифференциал кучайтиргичлардан иборатдир (9.16,а-расм). Кучайтиргич инверсловчи (–) ва ноинверсловчи (+) киришга эга.

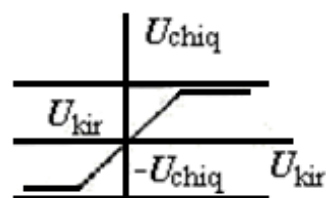
Схемаларда ОК учбурчак шаклида тасвирланади (9.16,б-расм). Сигнал қайси киришга берилганига қараб ОК инверслаш ва ноинверс усулларда уланади.



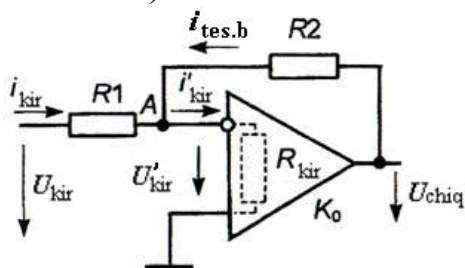
а)



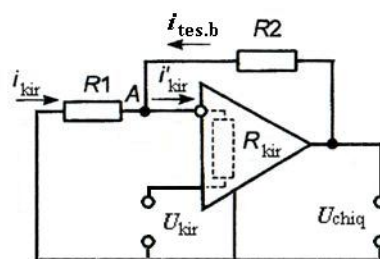
б)



д)



е)



ф)

9.16.2- расм. Операцион кучайтиргичлар ва

уларнинг иш режимлари

Инверслагш усулда кириш кучланиши ОК нинг инверсловчи киришига берилади (9.16,е-расм), ноинверсловчи кириш еса нол потенсиалга эгадир.

Кириш токи:

$$I'_{kir} = \frac{(U'_{kir} - 0)}{Z_1}.$$

Чиқиш кучланиши:

$$U'_{chiq} = -I'_{kir} Z_{boor}.$$

Кучланишни узатиш коэффиценти:

$$K(p) = \frac{U_{chiq}}{U_{kir}} = \frac{-I'_{kir} Z_{boor}}{I'_{kir} Z_1} = -\frac{Z_{boor}}{Z_1}.$$

Бундай узатиш коэффиценти идеаллаштирилган ОК га ҳос бўлади.  $P_{kir} = \infty$ ,  $P_{чик} = 0$  ва кучланишни кучайтириш коэффиценти  $K = \infty$  деб ҳисобласак, ОК идеаллаштирилган бўлади. Аслида, реал ОК ларнинг узатиш коэффиценти  $K(p)$  идеал ОК нинг  $K(p)$  идан тахминан 0,03% га фарқ қилади.

ОК ноинверс усулда уланганда кириш кучланиши унинг ноинверсловчи киришига берилади (9.16,а-расм). Чиқишдан кучланиш инверсловчи киришга берилади. Бунда тескари боғланиш кучланиши:

$$u_{tb} = \beta \cdot u_{chiq}, \quad \beta = \frac{Z_1}{Z_1 + Z_{boor}}.$$

ОК нинг киришидаги кучланиш:

$$y_{kir} = y'_{kir} - y_{tb}.$$

Чиқишидаги кучланиш:

$$y_{чик} = K(y'_{kir} - \beta y_{чик}).$$

ёки

$$u_{chiq} = \frac{K u_{kir}}{1 + \beta K}.$$

Кучайтириш коэффиценти:

$$K = \frac{u_{\text{chiq}}}{u_{\text{kir}}} = \frac{Ku'_{\text{kir}}}{(1 + \beta K)u'_{\text{kir}}} = \frac{K}{(1 + \beta K)} = \frac{1}{\frac{1}{K} + \beta} = \frac{1}{\beta} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1}{\beta K}},$$

$\beta K \gg 1$  бўлганида

$$K' = \frac{1}{\beta}.$$

ОК лар ёрдамида сигналларни қўшиш, дифференциаллаш, интеграллаш ва улар устида бошқа математик операциялар бажариш мумкин. Кириш сигналлини интегралловчи схемани кўриб чиқамиз (9.17-расм).

Кириш сигнали инверторловчи киришга берилади. Кириш занжирига резисторни, тескари боғланиш занжирига еса конденсатор улаймиз. Резисторидан ўтаётган ток:

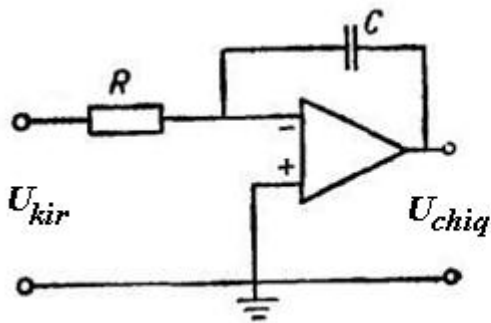
$$i = y'_{\text{кир}}/P.$$

Бу ток конденсатордан ўтиб, уни зарядлайди ва  $u_c$  кучланишни ҳосил қилади (ушбу кучланиш чиқиш кучланишидир):

$$u_c = -\frac{1}{RC} \int_0^t u'_{\text{kir}} dt.$$

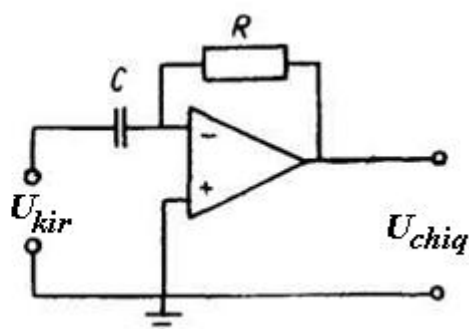
Дифференциалловчи кучайтиргичда кириш занжирига конденсатор  $C$  ни, боғланиш занжирига еса резистор  $P$  ни улаймиз (9.18-расм). Кириш кучланиши конденсаторни зарядлайди ва ундаги кучланиш кириш кучланишига тенг бўлади:  $u_c = u'_{\text{кир}}$ . Конденсатордан ўтаётган ток:

$$i = C \frac{du'_{\text{kir}}}{dt}.$$



9.17 - расм. Кириш сигналлини

интегралловчи схема



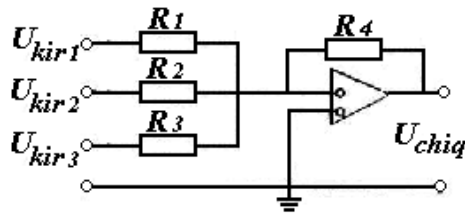
9.18 - расм. Кириш сигналлини

дифференциалловчи схема

Бу ток кучайтиргичга бормай,  $P$  қаршиликдан ўтиб, унда кучланиш пасаяувини ҳосил қилади:

$$y_{\text{чик}} = -iP = -PC \frac{du'_{\text{kir}}}{dt}.$$

ОК сумматор сифатида ишлатилганда бир нечта кириш кучланишларининг йиғиндисини аниқлаш амалини бажаради. Бунда ОК нинг инверторловчи киришига қўшиладиган сигналлар берилади, чиқишидан еса уларнинг йиғиндисини олинади. 9.19-расмда жамловчи ОК нинг схемаси кўрсатилган.



9.19 – расм. Жамловчи ОК (сумматор)нинг схемаси

Кирхгофнинг биринчи қонунига биноан  $A$  тугундаги тоқлар йиғиндиси нолга тенг:

$$i_{\text{кир } 1} + i_{\text{кир } 2} + i_{\text{кир } 3} - i_4 = 0.$$

Тоқларни кучланишлар орқали ифодаласак,

$$\frac{u_{\text{кир } 1}}{R_1} + \frac{u_{\text{кир } 2}}{R_2} + \frac{u_{\text{кир } 3}}{R_3} = \frac{u_{\text{чиқ}}}{R_4} = 0.$$

Бундан

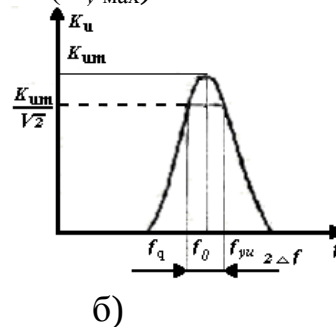
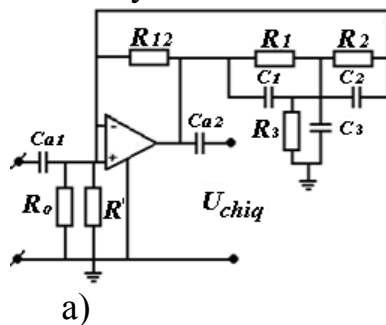
$$u_{\text{чиқ}} = \frac{u_{\text{кир } 1}}{R_1} \cdot R_4 + \frac{u_{\text{кир } 2}}{R_2} \cdot R_4 + \frac{u_{\text{кир } 3}}{R_3} \cdot R_4.$$

Булардан ташқари, ОК лар логарифмлаш, потенцирлаш ва бошқа операцияларни ҳам бажара олади. Улар радиоэлектроника схемаларида ҳам кенг қўлланади.

ОК нинг тескари боғланиш занжирига иккиланган Г-симон  $PC$  кўприкли занжир ўрнатилса, схема юқори частота ажратиш хусусиятига эга бўлади. 9.20-расмда частота кучайтиргичнинг схемаси ва амплитуда-частота характеристикаси кўрсатилган.

Созлаш частотаси деб аталувчи  $f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$  частотада кучланишни узатиш

коэффициенти  $\beta = \frac{u_{\text{чиқ}}}{u_{\text{кир}}}$  камайиб кйетади. Бунда тескари боғланиш таъсири камайиб, кучайтиргичнинг кучайтириш коэффициенти ( $K_{y, \text{тб}}$ ) шу каскаднинг тескари боғланишда бўлмагандаги коэффициенти ( $K_{y, \text{max}}$ ) га тенглашади.



9.20- расм. Частота кучайтиргичнинг схемаси (а) ва амплитуда-частота характеристикаси (б)

Созлаш частотаси ( $f_0$ ) дан фарқ қилувчи частоталарда тескари боғланиш коэффициенти бирга яқинлашиб, чиқишдаги сигнал бутунлай киришга берилади. Кучайтиргичнинг кучайтириш коэффициенти жуда кичик бўлади.

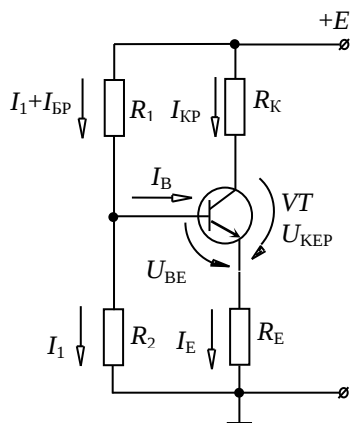
Айрим частоталар ва частоталар доирасида кучайтирувчи кучайтиргичлар *частота ажратувчи кучайтиргичлар* дейилади. Бундай кучайтиргичларнинг юқори ва қуйи частоталар нисбати  $f_{ю}/f_{к}$  бирга яқин, яъни 1,001 дан 1,1 гача бўлади (9.20,б-рasm). Частота ажратувчи кучайтиргичлар радиотехника, телевидение, кўп каналли алоқа системаларида кенг қўлланилади.

Манбадан тарқаладиган электр сигналлар (товуш, видео-импульслар) частотасига созланган частота ажратувчи кучайтиргич фақат шу частотадаги сигналнигина кучайтириб беради. Юқорида кўриб чиқилган схемамиз товуш ва саноат частоталарида ишлайди ва частота ажратиш учун унинг РС занжири параметрлари  $P_1=P_2=P$ ,  $P_3 = \frac{R}{2}$ ,  $C_1=C_2=C$ ,  $C_3 = 2C$  шартларни қаноатлантириши керак.

Юқори частотали ажратувчи кучайтиргичларда оддий кучайтиргичнинг коллектор занжирига ЛС контур уланади. ЛС контур резонанс режимида ишлайди.  $f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$  частотада кучайтиргичнинг кучайтириш коэффициентини максимал қийматга эга бўлади.

## 9.6. Бўлимга доир масала йechиш намуналари

**9.1-намуна.** Ўзгарувчан токни кучайтириш каскади схемаси 9.6.1- расмда келтирилган. Транзистор  $n-p-n$  типли. Таъминлаш манбаи кучланиши  $E_{к} = 36\text{ В}$ , юклама қуввати  $P_{ю} = 30\text{ мВ}$ , чиқиш кучланиши амплитудаси максимал қиймати  $U_{chiq,t} = 9\text{ В}$ .



9.6.1-рasm

Тинч (сокин) нуқта параметрларини, транзистор турини танланг. Каскаднинг резисторлари қаршиликларини, динамик параметрларини ҳисобланг. Каскаднинг ФИК коэффициентини аниқланг ва унинг амплитудавий характеристикасини қулинг.

### Ечиш.

1. Юклама параметрларини аниқлаш .

Берилган маълумотлар  $P_{ю} = 30\text{ мВ}$  ва  $U_{chiq,t} = 9\text{ В}$  асосида юклама қаршилигини ҳисоблаймиз:

$$R_{yu} = \frac{U_{chiq,t}^2}{2 \cdot P_{yu}} = \frac{9^2}{2 \cdot 30 \cdot 10^{-3}} = 1,35 \text{ } \kappa Om = 1,35 \cdot 10^3 \text{ } Om$$

Юклама токи амплитудаси:

$$I_{chiq,t} = \frac{U_{chiq,t}}{R_{yu}} = \frac{9}{1,35 \cdot 10^3} = 6,7 \text{ } mA$$

2. Сокин нуқтани танлаш.

Чиқиш сигналида ночизикли бузилишлар юзага келмаслиги учун, сокин нуқта параметрлари қуйдаги шартлар асосида танланади:

$$I_{KP} \geq I_{chiq,t}$$

$$U_{KEP} \geq U_{chiq,t} + \Delta U$$

Бунда  $\Delta U$  – тўйиниш режими вақтида транзистордаги кучланиш, унинг қиймати 1...1,5 В оралиғида қабул қилинади.

Коллектор сокин токи  $I_{KP}$  қанча катта танланса, таъминлаш манбаидан истеъмол қилинувчи қувват шунча катта бўлди, демак, каскаднинг ФИК паст бўлади. Агар  $I_{KP}$  қиймати кичик танланса, чиқиш сигналида ночизикли бузилишлар юзага келиши мумкин.

Коллектор сокин токини  $I_{KP} = 12 \text{ } mA$ , коллектор – эмиттер орасига берилган сокин кучланиш қийматини  $U_{KEP} = 10 \text{ } V$  қабул қиламиз.

3. Транзисторни танлаш.

Агар қўшимча шартлар кўрсатилмаган бўлса, транзистор қуйдаги чегаравий параметрлар бўйича танланади:

$$U_{KE,ruk} \geq E_K = 36V$$

$$I_{K,ruk} \geq I_{KP} + I_{chiq,t} \quad 12 + 6,7 = 18,7 \text{ } mA$$

$$P_{K,ruk} \geq I_{KP} \cdot U_{KEP} = 12 \cdot 10 = 120 \text{ } mW$$

Бу маълумотлар асосида КТ315В транзисторни танлаймиз. Унинг параметрлари:  $U_{KE,ruk} = 40V$   $I_{K,ruk} = 100 \text{ } mA$   $P_{K,ruk} = 150 \text{ } mW$

Мазкур транзистор қуйидаги  $h$  - параметрларга эга:

$$h_{11} = 0,14 \text{ } \kappa Om, \quad h_{21} = 50, \quad h_{22} = 0,3 \text{ } mkCm$$

Унинг  $h_{12}$  параметрни ҳисобга олмаймиз, сокин режимидаги база – эмиттер кучланишининг тавсия етилган қиймати  $U_{BEP} = 1,0 \text{ } V$ .

4. Статик режим.

Статик режимда сигнал манбаси узилган бўлиб, каскад фақат таъминлаш манбаи  $E_K$  остида ишлайди. Шунинг учун конденсаторлар қаршилиги чексизга тенг ва ҳисобий схема қуйдаги кўринишда бўлади. (2.1 – расм)

Юклама статик чизиғи тенгламаси Кирхгофнинг иккинчи қонунига кўра қуйдагича ёзилади:

$$E_K = I_K \cdot R_K + U_{KE} + I_E \cdot R_E$$

Схемадан  $I_E = I_K \cdot I_B$  бўлгани учун ва  $I_K \gg I_B$  эканлиги инобатга олинса,  $I_E \approx I_K$  деб ҳисобласа бўлади, у ҳолда

$$E_K = I_K (R_K + R_E) + U_{KE}$$

Одатда, эмиттер қаршилиги  $R_E$  ни  $R_E = (0,1 \dots 0,2) R_K$  деб қабул қилиш тавфсия

етилади. Буни ҳисобга олсак, қуйдаги ифодага эга бўламиз:

$$E_K = 1,1 \cdot I_K \cdot R_K + U_{KE}$$

Сокин режимда  $I_K = I_{KP}$   $U_{KE} = U_{KEP}$

$$\text{Қаршиликлар: } R_K = \frac{E_K - U_{KEP}}{1,1 \cdot I_{KEP}} = \frac{36 - 10}{1,1 \cdot 12} = 1,97 \text{ } \kappa Om$$

Динамик режимда конденсаторнинг ишлаш шартлари сезиларли даражада ўзгармаслиги учун бўлгич токини база сокин токи  $I_{BP}$  дан 5....10 марта каттароқ танлаш тавсия етилади. Уни  $I_1 = 5I_{BP}$  деб қабул қиламиз.

$$I_{BP} = \frac{I_{KP}}{h_{21}} = \frac{12}{50} = 0,24 \text{ } mA$$

$$I_1 = 5I_{BP} = 5 \cdot 0,24 = 1,2 \text{ } mA$$

Схемадаги  $R_2$  - база эмиттер  $R_3$  контур учун Кирхгофнинг иккинчи қонунига асосан қуйдаги тенгламаларни оламиз.

$$-R_2 I_1 + U_{BEP} + I_{KP} R_3 = 0$$

Бундан

$$R_2 = \frac{U_{BEP} + I_{KP} \cdot R_E}{I_1} = \frac{1 + 12 \cdot 0,2}{1,2} = 2,8 \text{ } \kappa Om$$

Схемадаги  $E_K - R_1 - R_2$  контур учун иккинчи тенглама:

$$E_K = (I_1 + I_{BP}) \cdot R_1 + I_1 R_2$$

Бундан

$$R_1 = \frac{E_K - I_1 R_2}{I_1 + I_{BP}} = \frac{36 - 1,2 \cdot 2,8}{1,2 + 0,24} = 22,7 \text{ } \kappa Om$$

## 5. Динамик режим.

Динамик режимда таъминлаш манбаи  $E_K$  қисқа туташтирилган, конденсаторлар қаршилигини ҳисобга олмаса ҳам бўлади, чунки уларнинг сиғими ишчи частотанинг минимал қийматида конденсаторларнинг реактив қаршилиги схемадаги резисторлар қаршилиги қийматидан бир тартибга кам бўлиши керак деган шартга кўра танланади. Шунинг учун транзистор  $h$  параметрлари ҳисобга олинган каскад ўриндош схемасида тоқлар, кучланишлар ва ток манбаи йўналишлари қарама қарши ишораларда кўрсатилади. Бу схемада асосан қуйдагиларни ёзиш мумкин:

$$R_B = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{22,7 \cdot 2,8}{22,7 + 2,8} = 2,5 \text{ } \kappa Om$$

Каскаднинг кириш қаршилиги:

$$R_{kir} = \frac{R_B \cdot h_{11}}{R_B + h_{11}} = \frac{2,5 \cdot 0,14}{2,5 + 0,14} \approx 0,14 \text{ } \kappa Om$$

Каскаднинг чиқиш қаршилиги:

$$R_{chiq} = \frac{R_K}{R_K \cdot h_{22} + 1} \approx R_K = 1,97 \text{ } \kappa Om, \quad (h_{22} = 0,3 \cdot 10^{-6} \text{ } Sm)$$

Юклама динамик чизиғи тенгламаси:

$$U_{KE} = -i_K \frac{R_K R_{yu}}{R_K + R_{yu}}$$

Чиқиш кучланиши амплитудаси максимал қиймати  $I_{KE} = I_{KP}$  бўлганда

$$U_{chiq,t} = I_{KP} \frac{R_K \cdot R_{yu}}{R_K + R_{yu}} = 12 \cdot \frac{1,97 \cdot 1,35}{1,97 + 1,35} = 9,6 \text{ V}$$

Масаланинг шартида  $U_{чик.м} = 9 \text{ В}$  еди, шунинг учун сигнал бузилиши содир бўлмайди. Агар  $U_{chiq,t}$  қиймати дастлабки (9 В)дан кичик бўлганда еди, коллектор сокин токи  $I_{KP}$  ни ошириш керак бўлади ва ҳисоблашлар қайтадан амалга оширилиши зарур.

Кучайтириш коэффициентлари:

$$K_u = \frac{h_{21}}{h_{11}} \cdot \frac{R_K \cdot R_p}{R_K + R_p} = 50 \cdot \frac{1,97 \cdot 1,35}{0,14(1,97 + 1,35)} = 286;$$

$$K_i = h_{21} \cdot \frac{R_K}{R_K + R_p} = 50 \cdot \frac{1,97}{(1,97 + 1,35)} = 29,7;$$

$$K_p = K_u \cdot K_i = 286 \cdot 29,7 = 8485$$

Истемолчи қилинувчи қувват (бўлғич истемол қилувчи қувват катта бўлмагани учун, уни ҳисобга олмаса ҳам бўлади)

$$P_1 = I_{KP} \cdot U_{KEP} = 12 \cdot 10 = 120 \text{ mW}$$

Каскаднинг Ф.И.К. ( $P_2 = P_{ю} = 30 \text{ mW}$ ) бўлганда

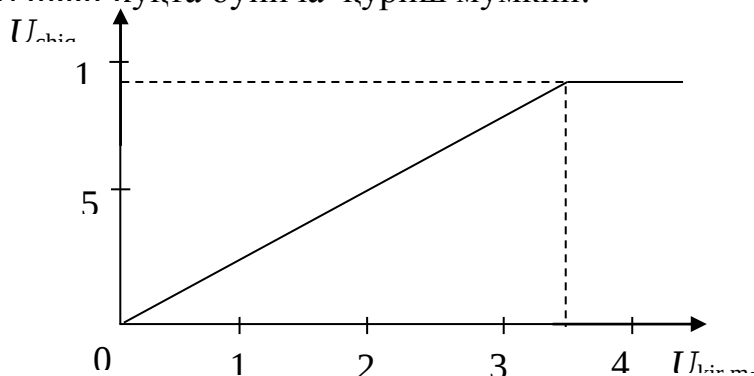
$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{30}{120} = 0,25$$

Каскадларнинг А режимида ишловчи турлари учун бу Ф.И.К. йетарли даражада юқори ҳисобланади, чунки уларнинг максимал Ф.И.К. қиймати 0,35 га тенг.

6. Каскаднинг амплитуда характеристикаси  $U_{kir,t} = f(U_{kir,t})$

$$U_{chiq,t} = K_u \cdot U_{kir,t} = 286 \cdot U_{kir,t}$$

Бу чизиқли тенглама  $U_{chiq,t} = 9,6 \text{ В}$  гача ўринли. Кучланишнинг юқори қийматларида транзистор беркилади. Демак, амплитуда характеристикасини (9.6.2- расм) икки нукта бўйича қуриш мумкин:



9.6.2 – расм

Биринчи нукта - координата боши  $U_{kir,t} = 0$ ,  $U_{chiq,t} = 0$ .

Иккинчи нукта -  $U_{chiq,t} = 9,6 \text{ В}$   $U_{kir,t} = U_{chiq,t} / K_u = \frac{9,6}{286} = 33,6 \text{ mV}$