

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIV VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI**

**ABU RAYHON BERUNIY NOMIDAGI
TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI**

SAYDUMAROV I.M., GIYASOVA F. A.



“ELEKTROTEXNIKA VA ELEKTRONIKA ASOSLARI”

fanidan amaliy mashg'ulotlari uchun o'quv uslubiy qo'llanma

TOSHKENT-2013

Тузувчилар: доц. Сайдумаров И.М., доц. Гиясова Ф.А., кат. ўқитувчи Курамбаев К.Р.

“Электротехника ва электроника асослари” фанидан амалий ва лаборатория дарсларини бажариш бўйича ўқув қўлланма. Тошкент Давлат техника университети. Тузувчилар: доц. Сайдумаров И.М., доц. Гиясова Ф.А., Курамбаев К.Р. Тошкент. 2013, 58 б.

Ўқув қўлланмага “Электротехника ва электроника асослари” фанининг асосий бўлимларига тегишли амалий машғулоти ва лаборатория ишлари киритилган.

Ҳар бир машғулотга аниқ назарий маълумот, масаланинг ечилиш намуналари ва лаборатория ишлари келтирилган. Бундан ташқари талабалар ўз билимларини текшириб кўришлари учун охирида мустақил масалалари ва назарий саволлар берилган.

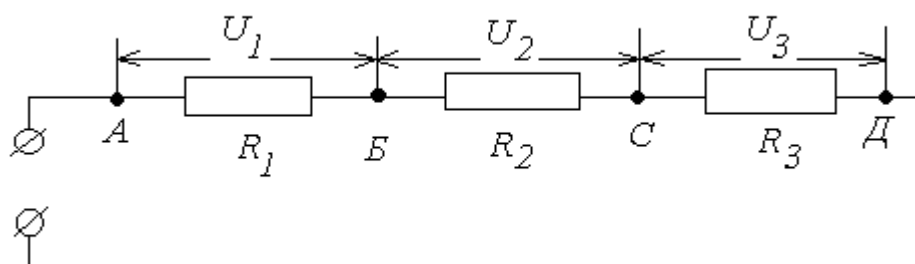
Ўқув қўлланма 5620200 – «Ҳаводаги ҳаракатни бошқариш» йўналиши бўйича таҳсил олаётган талабаларга мўлжалланган.

“Учиш аппаратлари ва аэропортларнинг радиоэлектр жиҳозларидан фойдаланиш” кафедраси

Taqrizchilar: ToshDTU “Nazariy elektrotexnika va elektron texnologiyalar” kafedrasi mudiri, dotsent - Abidov Q.G‘.
O‘ZMU, fizika-matematika fanlari doktori, “Fizikaviy elektronika” kafedrasi professori - K.A. Турсенметов

1- машғулот. Оддий ўзгармас электр занжирлари

1-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.



Ечиш. Занжирнинг умумий қаршилиги:

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

Занжирнинг барча шаҳобчаларидаги ток кучи бир хил бўлади, яъни

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

Ҳар битта резистордаги кучланишнинг тушуши ва қуввати қуйидагича тенг.

$$U_1 = IR_1 = 0,5 \cdot 100 = 50\text{В},$$

$$U_2 = IR_2 = 0,5 \cdot 30 = 15\text{В},$$

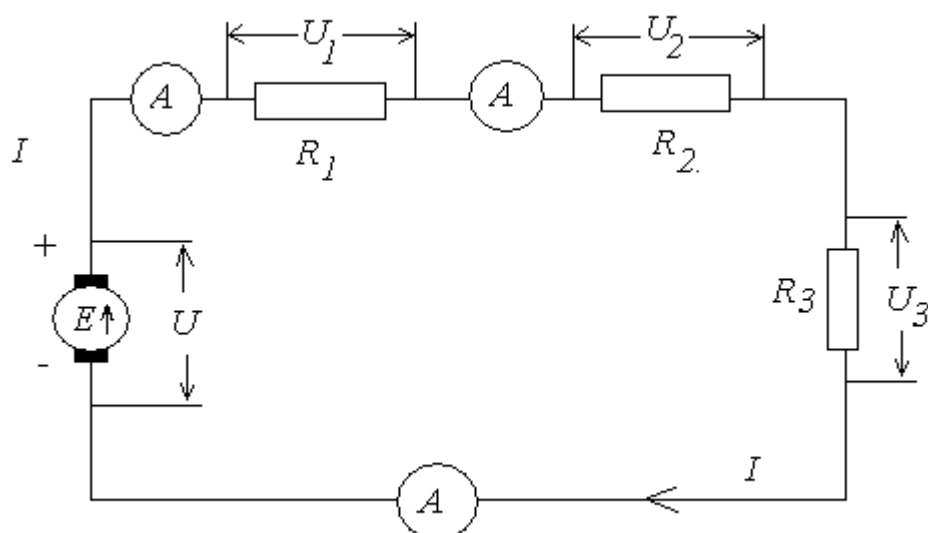
$$U_3 = IR_3 = 0,5 \cdot 120 = 60\text{В},$$

$$P_1 = IU_1 = 0,5 \cdot 50 = 25\text{Вт},$$

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

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

2-масала. Расмда кўрсатилган занжир учларидаги кучланиш ва участкалардаги кучланишларни аниқланг. Учинчи участкада кучланишлар тушувчи $U_3=20\text{В}$. Участка қаршиликлари $R_1=60\text{ом}$, $R_2=40\text{ом}$, $R_3=20\text{ом}$.



Ечиш. Ом қонунига асосан учунчи участкадаги ток.

$$I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{20}{2} = 10a$$

Кетма –кет занжирнинг биринчи хоссасига асосан, занжирдаги ток;

$$I = 10a$$

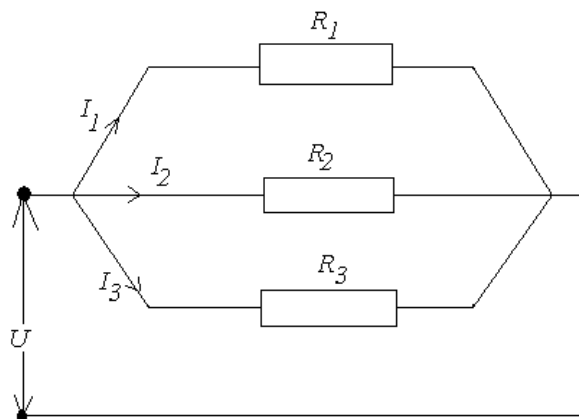
Ом қонунига асосан,

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

Бутун занжир қисмларидаги кучланиш:

$$U = U_1 + U_2 + U_3 = 60 + 40 + 20 = 120\text{в}$$

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



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;

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

2-машғулот. Синусоидал электр тоқини ҳосил қилиш

Актив қаршилиқли занжир

Занжирдаги кучланишнинг оний қиймати:

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

Ом қонуни бўйича занжирдаги тоқнинг оний қиймати:

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

Бунда:

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

Тоқ 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:

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

$\sin^2 \omega t = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos 2\omega t$ 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 қаршилиқ 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, $\sin 2\omega t = 2 \sin \omega t \cos \omega t$

$$U_M = U\sqrt{2} \text{ ва } I_M = I \cdot \sqrt{2}$$

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

Сигимли занжир

Сигимли занжирдаги токнинг амлитуда қиймати:

$$I_M = C \cdot \omega \cdot U_M,$$

амалий қиймати:

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

Бу формула сигимли 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

$$W_3 = \frac{CU_M^2}{2} = CU^2$$

1-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.

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

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

бўлган синусоидал ЭЮК берилган деб айтиш мумкин. ЭЮК нинг 0,015 сек дан кейинги вақт momentiдаги 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 ωt бурчак радианларда, бошланғич фаза градусларда ҳисобланади. Шунинг учун ҳам келгуси ҳисоблашларда радианларни градусларга айлантириш керак.

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

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

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

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

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

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

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

$$I_p = I_2 \sin \varphi = 41 \cdot 0,436 = 17,9 \text{ а}$$

Конденсаторни улаш натижасида ток реактив ташкил этувчисининг камайиши

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

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

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

3-машғулот. Ўзгарувчан ток занжирларини ҳисоблаш

Ўзгарувчан ток магнит индукцияси

$$B = B_m \cdot \sin \alpha$$

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 амлитудадан $\sqrt{2}$ марта кичик, яъни:

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

Худди шундай муносабат кучланиш ва ЭЮК учун ўринли, яъни:

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

$$E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = 0,707 E_m$$

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:

$$f = \frac{n}{60} P \text{ (Гц)}.$$

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

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-масала. Иккита параллел тармоқли занжир 230 В кучланишли электр тармоғига уланган. Параллел тармоқлардан бирига актив қаршилиги $r_1 = 1 \text{ Ом}$ ва реактив қаршилиги $X_{L1} = 3 \text{ Ом}$ бўлган ғалтак, иккинчисига эса, мос равишда қаршиликлари $r_2 = 3 \text{ Ом}$ ва $X_{L2} = 2 \text{ Ом}$ га тенг ғалтак уланган. Ана шу тармоқлардаги тоklar ва занжирдаги умумий токни топинг.

Ечиш:

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

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

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

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

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

4-машғулот. Уч фазали ток занжирини юлдузча усулида ўлчаш

1-масала. Тўрт симли уч фазали тармоқнинг линия кучланиши 380В, частотаси 50Гц. Унга юлдуз усулида уланган юкларнинг ҳар битта фазада: А фазада индуктивлиги $L_A=0,2$ Гн ва актив қаршилиги $R_A=60$ ом ғалтак, В фазада актив қаршилиқ $R_B=70$ ом, С фазада кетма-кет уланган актив қаршилиқ $R_C=30$ ом ва сиғими $C=40$ мкф конденсатор. Линия ва фаза тоқларини ва тўла қувватини аниқланг.

Ечиш. 1. Фазаларнинг тўла қаршилиқлари:

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

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;

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

2. Фаза кучланиши;

$$U_\phi = \frac{U_\Delta}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220 \text{ В}.$$

3. Фаза тоқлари;

$$I_A = \frac{U_\phi}{Z_A} = \frac{220}{87} = 2,53 \text{ А},$$

$$I_B = \frac{U_\phi}{Z_B} = \frac{220}{70} = 3,14 \text{ А},$$

$$I_C = \frac{U_\phi}{Z_C} = \frac{220}{85,4} = 2,57 \text{ А}.$$

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:

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

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

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:

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

5- машғулот. Уч фазали ток занжирини учбурчак усулида ўлчаш

1-масала. Учта гуруҳ чуғланма лампалар учбурчак усулида йиғилган (хар бир фазада 40 та параллел уланган лампа, хар бир лампадаги ток $I=0,4$ А) ва лампанинг кучланиши $U_\lambda=127$ В уч фазали ток манбаига уланган. Фаза кучланишининг ва линия токининг амалий қийматларини, тўла қувватини ва фазанинг қаршилигини аниқланг.

Ечиш. 1. Фаза кучланиши линия кучланишига тенг, яъни:

$$U_\phi = U_\wedge = 127 \text{ В}.$$

2. Фаза қаршилиги:

$$R_\phi = \frac{U_\phi}{I_\phi} = \frac{127}{16} = 8 \text{ ом}$$

$$I_{\phi} = 40 \cdot 0,4 = 16A.$$

3. Линия токи:

$$I_A = I_{\phi} \cdot \sqrt{3} = 16 \cdot \sqrt{3} = 27,7A.$$

4. Тўла қувват актив қувватга тенг бўлади:

$$S = P = 3 \cdot I_{\phi} \cdot U_{\phi} = 3 \cdot 16 \cdot 127 = 6,1\text{квт}.$$

2-масала. Учбурчаксимон уланган двигателнинг фазавий токи 10а бўлса, унинг линиявий токини аниқланг.

Ечиш.

$$I_{\wedge} = I_{\phi} \sqrt{3} = 10 \cdot 1,7 = 17,3a$$

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

Ечиш. Фазавий кучланиш:

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

Двигателнинг линиявий токи.

$$I_{\wedge} = I_{\phi} = \frac{U_{\phi}}{Z} = \frac{127}{12} = 10,6a$$

Қувват коэффициенти

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

Двигатель истеъмол қиладиган қувват.

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

Двигательнинг реактив қуввати:

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

Двигательнинг туюлма қуввати:

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

Текшириш:

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

6-машғулот. Трансформаторларни текшириш

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 чўлғамлар ўрамлар сони W_1 ва W_2 тенг.
Чўлғамлардаги амалий ЭЮКлар:

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

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

Бирламчи ва иккиламчи чўлғамлар ЭЮКларнинг ёки ўрамлар сонининг бир-бирига нисбати трансформаторнинг трансформациялаш коэффициенти 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 чўлғамидаги 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 коэффициенти дейилади:

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

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 юкларининг актив қуввати; P_1 - тармоқдан трансформаторнинг бирламчи чўлғамига 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 чўлғамдаги энергия исрофи;

Хар 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: $\beta = \frac{I_2}{I_{НОМ}}$ - юклама коэффициентлари;

$S_{НОМ} = U_{1НОМ} \cdot I_{1НОМ}$ – тўлиқ қувват, $\cos \varphi_2$ - иккиламчи чўлғамдаги қувват коэффициент.

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

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

$$\Phi_M = B_M \cdot S$$

бунда: $S=7,6 \text{ см}^2=7,6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ -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 чўлғамнинг Э.Ю.К:

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

3. Трансформация коэффициентлари:

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

бунда: $E_1 = U_1 = 220В$

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

Қуйидагиларни аниқланг:

- бирламчи чўлғамнинг актив қаршилиги;
- бирламчи чўлғамнинг тўла ва индуктив қаршиликлари;
- фойдали иш коэффициентлари.

Ечиш. 1. Ом қонуни бўйича бирламчи чўлғамнинг актив қаршилигини топамиз:

$$R_1 = \frac{U}{I} = \frac{3}{25} = 0,12 \text{ Ом}$$

2. Бирламчи чўлғамнинг ўзгарувчан токка кўрсатаётган тўла қарашлиги

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

3. Бирламчи чўлғамларнинг индуктив қаршилиги:

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

4. Трансформаторнинг салт юришдаги бирламчи чўлғам исрофи:

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

5. Ўзакдаги қувват исрофи:

$$P_y = P_c - P_{I_3} = 90 - 4,3 = 85,7 \text{ Bm}$$

Электр исрофлар кам бўлгани учун улар ҳисобга олинмайди ва $P_y = P_c$ деб ҳисобланади.

6. Бирламчи чўлғамнинг номинал токни:

$$I_H = \frac{S_H}{U_H} = \frac{15000}{220} = 85,7 \text{ A}$$

7. Трансформаторнинг номинал юкланишда бирламчи чўлғамнинг электр исрофи:

$$P_{1H} = I_{1H}^2 \cdot R = (85,7)^2 \cdot 0,12 = 472 \text{ Bm}$$

8. Масаланинг шarti бўйича бирламчи ва иккиламчи чўлғамлардаги электр исрофлари бир-бирига тенг: $P_{1H} = P_{2H}$. Шунинг учун трансформатордаги исрофлар йиғиндиси:

$$\Sigma P = P_{1H} + P_{2H} + P_y = 472 + 472 + 90 = 1034 \text{ Bm}$$

9. Номинал юклама билан юкланган трансформаторнинг фойдали иш коэффициенти:

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

7- машғулот. Асинхрон двигателларни текшириш

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 чўлғамларини 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 чўлғамларининг ЭЮК лари;

f_1 ва f_2 – статор ва ротор ЭЮК ларнинг частотаси;

Φ_M – магнит оқими амплитудаси; K_1 ва K_2 – статор ва ротор чўлғамларининг доимий коэффицентлари.

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

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

Ротор айланаётганда,

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

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

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

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

Ом қонуни бўйича ротор чўлғамидаги 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 чўлғамининг тўла қаршилиги.

Асинхрон двигателнинг айлантирувчи моменти Φ 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:

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

бунда: n_2 -роторнинг айланиш тезлиги,

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

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

Ечиш.

1. Статор магнит майдонининг айланиш тезлиги:

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

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

2. Сирпаниш.

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

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

-двигатель истъемол 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?

Ечиш.

1. Двигатель тармоқдан истъемол қиладиган қувват:

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

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 квадратига 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.

3-масала. 4А160S6У3 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?

Ечиш.

Асинхрон двигателнинг айланттирувчи моменти.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Бундай шароитда двигателни номинал нагрузка билан юргизиб бўлмайди.

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

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

8-машғулот. Вакуумли электрон асбобларни ҳисоблаш

Ўлчаш бу ўлчов ва ўлчаш асбоблари ёрдамида тажриба йўли билан физик катталикларни топишдир.

Физик катталиклнинг берилган миқдорини қайта тиклаш воситасига ўлчов дейилади.

Ўлчаш ахбороти сигналини кузатиш ва бевосита ўзлаштиришга мўлжалланган воситага ўлчаш асбоби дейилади.

Ҳар қандай ўлчашнинг натижаси ўлчанаётган катталиклнинг ҳақиқий қийматидан бир оз фарқ қилади. Катталиклни ўлчаб олинган қиймати билан ҳақиқий қиймати орасидаги фарқ ўлчашнинг мутлақ ҳатолиги дейилади.

$$\Delta A = A_{\text{ў}} - A_{\text{х}}$$

Бунда: $A_{\text{ў}}$ - катталиклнинг ўлчаб олинган қиймати; $A_{\text{х}}$ -катталиклнинг ҳақиқий қиймати; ΔA -мутлоқ ҳатолик.

Мулоқ ҳатоликнинг ўлчанаётган катталиклнинг ҳақиқий қийматига нисбати нисбий ҳатолик дейилади ва у фоиз орқали ифодаланади:

$$\beta = \frac{\Delta A}{A_{\text{х}}} \cdot 100\%$$

Мутлоқ ҳатоликнинг асбобнинг максимал қийматига нисбати келтирилган ҳатолик дейилади.

$$\beta_{\text{кел}} = \frac{\Delta A}{A_{\text{max}}} \cdot 100\%$$

Ток ва кучланишни ўлчаш.

Доимий ток занжирида вольтметрнинг ўлчаш чегарасини кенгайтириш учун унинг чўлғами билан кетма-кет кўп ом ли қўшимча қаршилик уланади. Бундай схемада уланаётган кучланишнинг катта қисми қўшимча қаршиликка тушади, чунки вольтметрнинг қаршилиги қўшимча қаршиладан анча кичик бўлади.

$$U = I_v(R_v + R_k); \quad U_v = I_v R_v$$

Бунда: U - ўлчанаётган кучланиш, I_v – вольтметрдан ўтаётган ток, R_v - қўшимча қаршилик, U_v – вольтметр ўлчайдиган кучланишининг максимал қиймати.

Вольтметрнинг ўлчаш чегарасини кенгайтириш коэффиценти:

$$m = \frac{U}{U_v} = \frac{R_k + R_v}{R_v}$$

Қўшимча қаршиликнинг қиймати:

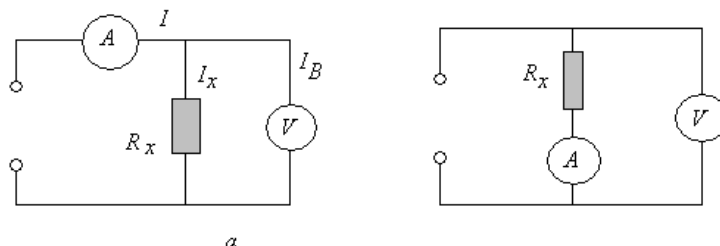
$$R_k = R_v(m - 1)$$

Қаршиликни ўлчаш .

Қаршиликни ўлчашда асосан тарқалган усул занжир қисми учун Ом қонунини тадбиқ этилган-амперметр ва вольтметр усулидир.

$$R_x = \frac{U}{I}$$

бунда R_x -ўлчанаётган қаршилик, U -кучланиш тушуви, I -қаршиликдан ўтувчи ток.



Бу усул билан қаршиликни ўлчашда 2 та схемадан фойдаланиш мумкин.

6.1-расм

а)

б)

Агар ўлчашда катта аниқлик талаб этилмаса, вольтметр ва амперметр кўрсатишлари бўйича қуйидаги формуладан фойдаланиш мумкин.

$$R_x = \frac{U}{I}$$

Катта аниқликдаги кичик қаршиликларни ўлчаш учун *а* схемадан фойдаланиб,

$$R_x = \frac{U}{I - U/R_B}, \text{ орқали ҳисоблаш мумкин.}$$

Бунда U-вольтметрда ўлчанган кучланиш, I- амперметрда ўлчанган ток, r_B -вольтметр қаршилиги.

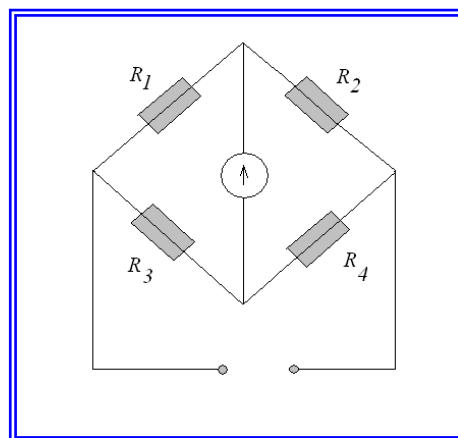
б - схемадан катта қаршиликларнинг ҳақиқий қийматини топиш мумкин.

$$R_x = \frac{U - I r_A}{I}$$

Бунда U-вольтметрда ўлчанган кучланиш, I- амперметрда ўлчанган ток, r_A -амперметр қаршилиги.

Қаршиликларни аниқ ўлчаш учун ўзгармас ток кўприкларни кенг қўлланилади.

Оддий кўприк схемаси расмда кўрсатилган. Кўприкнинг бирор елкасига ўлчанаётган қаршилик уланади.



Кўприк хоҳлаган елкасининг қаршилиги ўзгариши ўлчаш диогналидаги токни камайишига олиб келади ва индикатор нолни кўрсатиши керак.

Бу ҳолда

$$R_x = R_1 \frac{R_3}{R_2}$$

Қувватни ўлчаш

Доимий ток занжиридаги қувват амперметр ва вольтметр ёрдамида аниқаш мумкин.

$$P = U \cdot I$$

Уч фазали уч ўтказгичли занжирда қувватни ўлчашда вольтметрдан фойдаланилади.

$$P = 3P_1 = 3U_\phi I_\phi \cos \varphi$$

Уч фазали уч ўтказгичли занжирда кучланиш бир хил ёки ҳар хил бўлганда актив қаршилик иккита вольтметр орқали ўлчанади.

$$P = P_1 \pm P_2$$

Бу ерда P_1 ва P_2 биринчи ва иккинчи вольтметрнинг кўрсатиши.

$$P_1 = U_{AC} I_A \cos \varphi_1$$

$$P_2 = U_{BC} I_B \cos \varphi_2$$

Бир хил юкламада

$$P_1 = U_L I_L \cos(30^\circ - \varphi)$$

$$P_2 = U_L I_L \cos(30^\circ + \varphi)$$

Уч фазали тўрт ўтказгичли занжирда актив қаршилик уч ваттметрли усулдан фойдаланилади.

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

Электр энергиясини ўлчаш

Бир фазали ўзгарувчан ток электр энергиясини индукцион электр счетчиги ёрдамида ўлчанади.

$$W = CN$$

бу ерда: W – тармоқда сарф бўлган энергия;

C – счетчикнинг ҳақиқий доимийси; N – счетчик дискининг айланиш сони.

Счетчик ҳсоблаган энергия

$$W = C_{ном} N$$

бу ерда: $C_{ном}$ – счетчикнинг номинал доимийси, яъни счетчик диски бир марта айланганда санаш механизми қайд қилинган миқдори.

$C_{ном}$ ва C – доимийларини билган ҳолда счетчикнинг нисбий хатолигини аниқлаш мумкин:

$$\beta = (W^1 - W) / W = [(C_{ном} - C) / C] 100\%$$

Счетчикнинг тўғрилаш коэффициенти

$$K = W / W = CN(C_{ном} N) = C / C_{ном}$$

1- масала. Ўлчаш чегараси 300 мА бўлган миллиамперметрнинг шкаласи 150 бўлимга эга. Намунали асбоб охириги бўлимда 300,3 мА ни кўрсатди. Асбобнинг аниқлаш синфини топинг.

Ечиш. Аниқлаш синфи:

$$\beta = \frac{\Delta I}{150} \cdot 100 = \frac{0,3}{150} \cdot 100\% = 0,2\%$$

Бунда I_y – токнинг ўлчанган қиймати,

I_x – токнинг ҳақиқий қиймати.

2-масала. Ички қаршилиги $R_A = 0,5$ ом бўлган амперметрнинг ўлчаш чегарасини шунт ёрдамида 50 марта кенгайтириш керак. Шунтда кучланишнинг тушиши $I_{ш} = 75$ мВ бўлади.

Қуйидагиларни аниқланг:

- шунтнинг қаршилиги;
- асбобнинг тўла оғиш токи;
- кенгайтирилган чегарада токнинг максимал қиймати.

Ечиш:

1. Шунтнинг қаршилиги:

$$R_{III} = \frac{R_A}{n-1} = \frac{0,5}{50-1} = 0,0102 \text{ Ом}$$

2. Кенгайтирилган чегарада токнинг максимал қиймати:

$$I_M = \frac{U_{III}}{R_{III}} = \frac{75 \cdot 10^{-3}}{0,0102} = 7,5 \text{ А}$$

3. Асбобнинг тўла оғиш токи:

$$I_A = \frac{I_M}{n} = \frac{7,5}{50} = 0,15 \text{ А}$$

3-масала. Электр энергия ўлчагич қуйидаги паспорт кўрсаткичларига эга: кучланиш $U=120 \text{ В}$, ток $I=10 \text{ А}$, $1 \text{ кВт}\cdot\text{с}$ – 625 айланишлар ($\text{кВт}\cdot\text{с}$ киловатт-соат), ўлчагичнинг гардиши 10 минутда 450 марта айланади.

Ўлчагичнинг доимийси ва юкланишнинг қувватини аниқланг.

Ечиш:

1. Ўлчашнинг номинал доимийси:

$$K = \frac{W_H}{N_H} = \frac{1000 \cdot 3600}{625} = 5760 \text{ Вт}\cdot\text{с} / \text{айл}$$

2. Юкланишнинг қуввати қуйидаги ифодадан топамиз:

$$Pt = KN$$

$$P = \frac{KN}{t} = \frac{5760}{600} = 9,6 \text{ Вт}$$

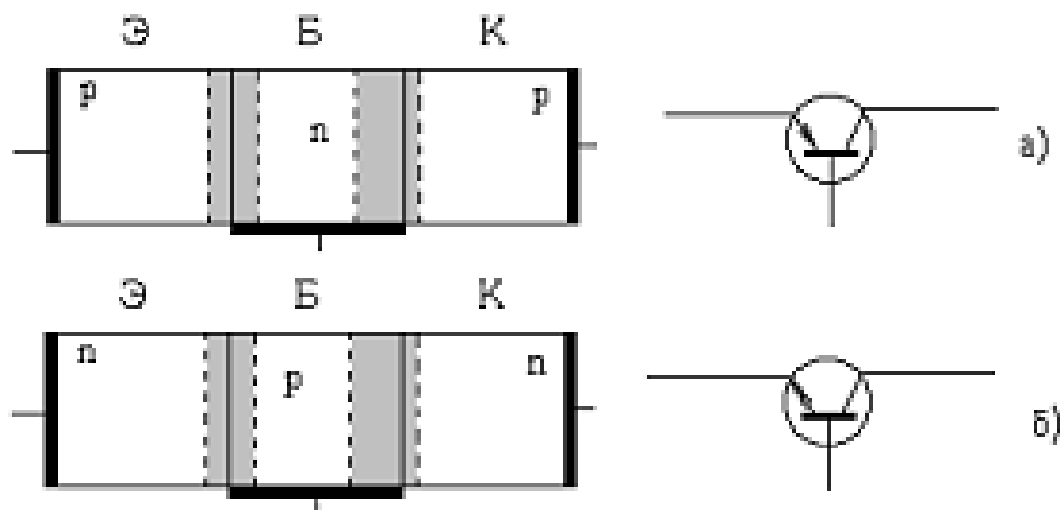
$$t = 60 \text{ мин} \cdot 60 = 600 \text{ сек}$$

9- машғулот. Ярим ўтказгичли элементларни ҳисоблаш

Биполяр транзистор деб ўзаро таъсирлашувчи иккита p - n ўтиш ва учта электрод (ташқи чиқишлар)га эга бўлган ярим ўтказгич асбобга айтилади. Транзистордан ток оқиб ўтиши икки турдаги заряд ташувчилар - электрон ва ковакларнинг ҳаракатига асосланган.

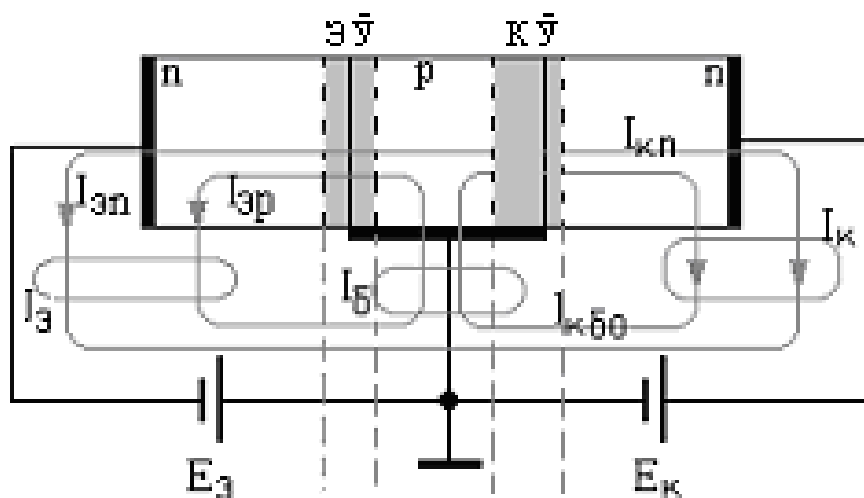
Биполяр транзистор p - n - p ва n - p - n ўтказувчанликка эга бўлган учта ярим ўтказгичдан ташкил топган (1 а ва б-расм). Эндиликда кенг тарқалган n - p - n тузилмали биполяр транзисторни кўриб чиқамиз.

Транзисторнинг кучли легирланган чекка соҳаси (n^+ - соҳа) **эмиттер** деб аталади ва у заряд ташувчиларни **база** деб аталувчи ўрта соҳага (p - соҳа) инжекциялайди. Кейинги чекка соҳа (n - соҳа) **коллектор** деб аталади. У эмиттерга нисбатан кучсизроқ легирланган бўлиб, заряд ташувчиларни база соҳасидан экстракциялаш учун хизмат қилади (2- расм). Эмиттер ва база оралиғидаги ўтиш эмиттер ўтиш, коллектор ва база оралиғидаги ўтиш эса - коллектор ўтиш деб аталади.



1 – расм.

Ташқи кучланиш манбалари ($U_{ЭБ}$, $U_{КБ}$) ёрдамида эмиттер ўтиш тўғри йўналишда, коллектор ўтиш эса – тескари йўналишда силжийди. Бу ҳолда транзистор **актив** ёки нормал режимда ишлайди ва унинг кучайтириш хоссалари намоён бўлади.

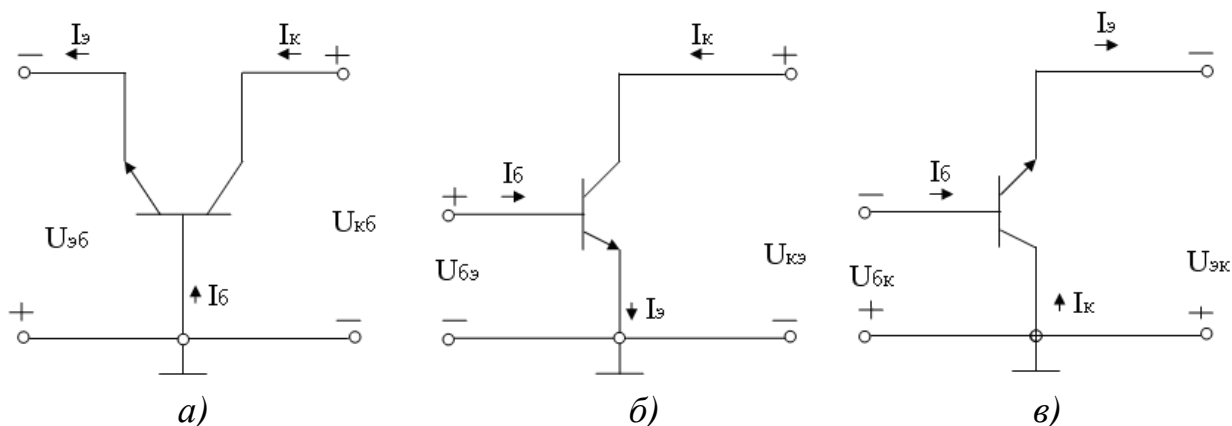


2 – расм.

Агар эмиттер ўтиш тескари йўналишда, коллектор ўтиш эса тўғри йўналишда силжиган бўлса, у ҳолда бу транзистор **инверс** ёки тескари уланган деб аталади. Транзистор рақамли схемаларда қўлланилганда у **тўйиниш** режимида (иккала ўтиш ҳам тўғри йўналишда силжиган), ёки **берк** режимида (иккала ўтиш тескари силжиган) ишлаши мумкин.

Биполяр транзисторнинг уланиш схемалари. Транзистор схемага уланаётганда чиқишларидан бири кириш ва чиқиш занжири учун умумий қилиб уланади, шу сабабли қуйидаги уланиш схемалари мавжуд: **умумий база (УБ)** (3 а-расм); **умумий эмиттер (УЭ)** (3 б-расм); **умумий коллектор (УК)** (3 в- расм). Бу вақтда умумий чиқиш потенциали нольга тенг деб олинади. Кучланиш манбаи қутблари ва транзистор тоқларининг йўналиши

транзисторнинг актив режимига мос келади. УБ уланиш схемаси қатор камчиликларга эга бўлиб, жуда кам ишлатилади.



3 – расм.

Биполяр транзисторнинг актив режимда ишлаши. УБ уланиш схемасида актив режимда ишлаётган $n-p-n$ тузилмали диффузияли қотишмали биполяр транзисторни ўзгармас токда ишлашини қўриб чиқамиз (3 а-расм). Биполяр транзисторнинг нормал ишлашининг асосий талаби бўлиб база соҳасининг етарлича кичик кенглиги W ҳисобланади; бу вақтда $W < L$ шarti албатта бажарилиши керак (L -базадаги асосий бўлмаган заряд ташувчиларнинг диффузия узунлиги).

Биполяр транзисторнинг ишлаши учта асосий ҳодисага асосланган:

- эмиттердан базага заряд ташувчиларнинг инжекцияси;
- базага инжекцияланган заряд ташувчиларни коллекторга ўтиши;
- базага инжекцияланган заряд ташувчилар ва коллектор ўтишга

етиб келган асосий бўлмаган заряд ташувчиларни базадан коллекторга экстракцияси.

Эмиттер ўтиш тўғри йўналишида силжиганда ($U_{эб}$ кучланиш манбаи билан таъминланади) унинг потенциал тўсиқ баландлиги камаяди ва эмиттердан базага электронлар инжекцияси содир бўлади. Электронларнинг базага инжекцияси, ҳамда ковакларни базадан эмиттерга инжекцияси туфайли эмиттер токи $I_э$ шаклланади. Шундай қилиб, эмиттер токи

$$I_э = I_{эн} + I_{эр} , \quad (1)$$

бу ерда $I_{эн}$, $I_{эр}$ мос равишда электрон ва ковакларнинг инжекция токлари.

Эмиттер токининг $I_{эр}$ ташкил этувчиси коллектор орқали оқиб ўтмайди ва зарарли ҳисобланади (транзисторнинг қўшимча қизишига олиб келади). $I_{эр}$ ни камаййтириш мақсадида базадаги акцептор киритма концентрацияси эмиттердаги донор киритма концентрациясига нисбатан икки даражага камайтирилади.

Эмиттер токидаги $I_{\text{эн}}$ қисмини **инжекция коэффициенти** аниқлайди.

$$\gamma = \frac{I_{\text{эн}}}{I_{\text{э}}} , \quad (2)$$

Бу катталик эмиттер иши самарадорлигини характерлайди ($\gamma = 0,990-0,995$). Инжекцияланган электронлар коллектор ўтиш томон база узунлиги бўйлаб электронлар зичлигининг камайиши ҳисобига базага диффундланадилар ва коллектор ўтишга етгач, коллекторга экстракцияланадилар (коллектор ўтиш электр майдони ҳисобига тортиб олинадилар) ва $I_{\text{Кн}}$ коллектор токи ҳосил бўлади.

Зичликнинг камайиши **концентрация градиенти** деб аталади. Градиент қанча катта бўлса, ток ҳам шунча катта бўлади. Бу вақтда базадан инжекцияланётган электронларнинг бир қисми коваклар билан базага экстракцияланишини ҳам ҳисобга олиш керак. Рекомбинация жараёни базанинг электр нейтраллик шартини тиклаш учун талаб қилинадиган ковакларнинг камчилигини юзага келтиради. Талаб қилинаётган коваклар база занжири бўйлаб келиб транзистор база токи $I_{\text{брек}}$ ни юзага келтиради. $I_{\text{брек}}$ токи керак эмас ҳисобланади ва шу сабабли уни камайтиришга ҳаракат қилинади. Бу ҳолат база кенглигини камайтириш ҳисобига амалга оширилади $W \leq L_n$ (электронларнинг диффузия узунлиги). Базадаги рекомбинация учун эмиттер электрон токининг йўқотилиши **электронларнинг узатиш коэффициенти** билан характерланади:

$$\alpha_{\text{П}} = \frac{I_{\text{Кн}}}{I_{\text{эн}}} \quad (3).$$

Реал транзисторларда $\alpha_{\text{П}} = 0,980-0,995$.

Актив режимда транзисторнинг коллектор ўтиши тескари йўналишида уланади ($U_{\text{кб}}$ кучланиш манбаи ҳисобига амалга оширилади) ва коллектор занжирида, асосий бўлмаган заряд ташувчилардан ташкил топган иккита дрейф тоқларидан иборат бўлган коллекторнинг хусусий токи $I_{\text{К0}}$ оқиб ўтади.

Шундай қилиб, коллектор токи иккита ташкил этувчидан иборат бўлади

$$I_{\text{К}} = I_{\text{Кн}} + I_{\text{К0}}$$

Агар $I_{\text{Кн}}$ ни эмиттернинг тўлиқ токи билан алоқасини ҳисобга олсак, у ҳолда

$$I_{\text{Кн}} = \alpha I_{\text{э}} + I_{\text{К0}} , \quad (4)$$

бу ерда $\alpha = \gamma \alpha_{\text{П}}$ - **эмиттер токининг узатиш коэффициенти**. Бу катталик УБ уланиш схемасидаги транзисторни кучайтириш хоссаларини намоён этади.

Кирхгофнинг биринчи қонунига мос равишда база токи транзисторнинг бошқа тоқлари билан қуйидаги нисбатда боғлиқ

$$I_{\mathcal{O}} = I_B + I_K. \quad (4.5)$$

Бу ифодани (4)га қўйиб, база токининг эмиттернинг тўлиқ токи орқали ифодасини олишимиз мумкин:

$$I_B = (1 - \alpha)I_{\mathcal{O}} + I_{K0}. \quad (6)$$

Коэффициент $\alpha < 1$ лигини ҳисобга олган ҳолда, шундай ҳулоса қилиш мумкин: УБ уланиш схемаси ток бўйича кучайиш бермайди ($I_K \approx I_{\mathcal{O}}$).

Ток бўйича яхши кучайтириш натижаларини умумий эмиттер схемасида уланган транзисторда олиш мумкин (3 б-расм). Бу схемада эмиттер умумий электрод, база токи - кириш токи, коллектор токи эса – чиқиш токи ҳисобланади.

(4) ва (5) ифодалардан келиб чиққан ҳолда УЭ схемадаги транзисторнинг коллектор токи қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$I_K = \alpha(I_K + I_B) + I_{K0}.$$

Бундан

$$I_K = \frac{\alpha}{1 - \alpha} I_B + \frac{1}{1 - \alpha} I_{K0}. \quad (7)$$

Агар $\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$ белгилаш киритилса, (7) ифодани қуйидагича ёзиш мумкин:

$$I_K = \beta I_B + (\beta + 1)I_{K0}. \quad (8)$$

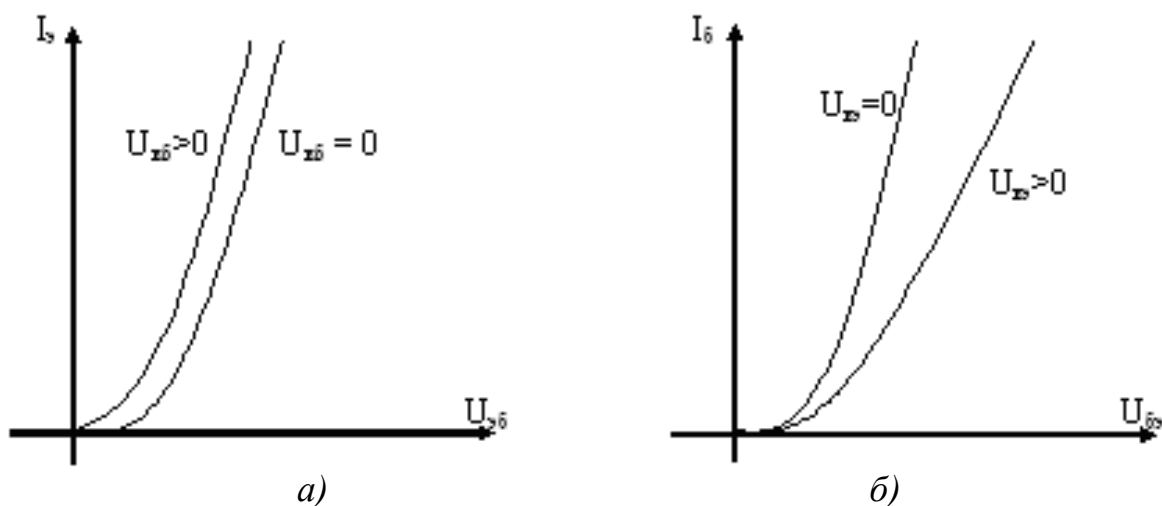
Коэффициент β - *база токининг узатиш коэффициенти* деб аталади. β нинг қиймати ўндан юзгача, баъзи транзистор турларида эса бир неча мингларгача оралиғида бўлиши мумкин. Демак, УЭ схемасида уланган транзистор ток бўйича яхши кучайтириш хоссаларига эга ҳисобланади.

Биполяр транзистор статик характеристикалари. Транзистор статик характеристикалари коллектор занжирига юклама қўйилмаган ҳолда ўрнатилган кириш ва чиқиш токлари ва кучланишлар орасидаги ўзаро боғлиқликни ифодалайди. Ҳар бир уланиш учун статик характеристикалар оиласи маълумотномаларда келтирилади. Энг асосийлари бўлиб транзисторнинг *кириш* ва *чиқиш* характеристикалари ҳисобланади. Қолган характеристикалар кириш ва чиқиш характеристикаларидан ҳосил қилиниши мумкин.

УБ схемаси учун кириш статик характеристикаси бўлиб $U_{KB} = const$ бўлгандаги $I_{\mathcal{O}} = f(U_{\mathcal{O}B})$ боғлиқлик, УЭ схемаси учун эса $U_{K\mathcal{O}} = const$ бўлгандаги $I_B = f(U_{B\mathcal{O}})$ боғлиқлик ҳисобланади. Кириш характерис-

тикаларининг умумий характери одатда тўғри йўналишда уланган $p-n$ билан аниқланади. Шу сабабли ташқи кўринишига кўра кириш характеристикалари экспоненциал характерга эга (4- расм).

Расмлардан кўриниб турибдики, чиқиш кучланишининг ўзгариши кириш характеристикаларини силжишига олиб келади. Характеристиканинг силжиши Эрли эффекти (база кенглигининг модуляцияси) билан аниқланади. Бунинг маъноси шундаки, коллектор ўтишдаги тескари кучланишнинг ортиши унинг кенгайишига олиб келади, бу вақтда база соҳасидаги кенгайиш унинг кенглигининг кичрайиши ҳисобига содир бўлади. База кенглигининг кичрайиши иккита эффектга олиб келади: заряд ташувчилар рекомбинациясининг камайиши ҳисобига база токининг камайиши ва базадаги асосий бўлмаган заряд ташувчилар концентрация градиентининг ортиши ҳисобига эмиттер токининг ортиши.

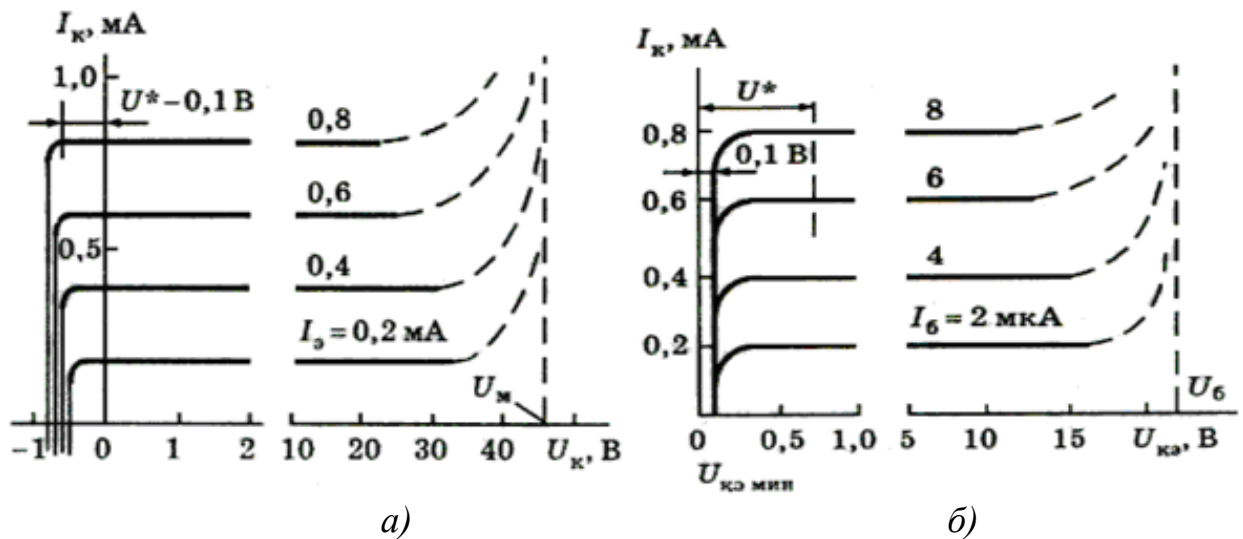


4 – расм.

Шу сабабли коллектор ўтишдаги тескари куланишнинг ортиши билан УБ схемадаги кириш характеристика чапга, УЭ схемада эса ўнгга силжийди.

УБ схемадаги транзисторнинг чиқиш характеристикалари оиласи бўлиб $I_c = const$ бўлгандаги $I_K = f(U_{KB})$ боғлиқлик, УЭ схемада эса $I_B = const$ бўлгандаги $I_K = f(U_{KE})$ боғлиқлик ҳисобланади.

Чиқиш характеристикалари кўринишига кўра тескари уланган диод ВАХ сига ўхшайди, чунки коллектор ўтиш тескари уланган. Характеристикаларни қуришда коллектор ўтишнинг тескари кучланишини ўнгга ўрнатиш қабул қилинган (5 – расм).



5 – расм.

5 а - расмдан кўриниб турибдики, УБ схемадаги чиқиш характеристикалари икки квадрантларда жойлашган: биринчи квадрантдаги ВАХ актив иш режимига, иккинчи квадрантдагиси эса – тўйиниш иш режимига мос келади. Актив режимда чиқиш токи (4) нисбат билан аниқланади. Актив режимга мос келувчи характеристика соҳалари абсцисса ўқида унча катта бўлмаган қияликда, деярли параллель ўтадилар. Қиялик юқорида айтиб ўтилган Эрли эффекти билан тушунтирилади. $I_Э=0$ бўлганда (эмиттер занжири узилганда) чиқиш характеристикаси тескари силжиган коллектор ўтиш характеристикаси кўринишида бўлади. Эмиттер ўтиш тўғри йўналишда уланганда инжекция токи ҳосил бўлади ва чиқиш характеристикалари $\alpha(I_{Э2} - I_{Э1})$ катталиқка чапга силжийди ва х.з.

УЭ схемасида уланган транзисторнинг чиқиш характеристикаси УБ схемада уланган транзисторнинг чиқиш характеристикасига нисбатан катта қияликка эга. Чунки унинг кўринишига Эрли эффекти катта таъсир кўрсатади. Боғлиқликларнинг умумий характери (5 б-расм) коллектор ва база токлари орасидаги қуйидаги боғлиқлик билан аниқланади:

$$I_K = \beta I_B + I_{KЭ0}, \quad (9)$$

бу ерда $I_{KЭ0} - I_B=0$ (узилган база) бўлгандаги коллекторнинг тўғри токи. $I_{KЭ0}$ токи I_{K0} токидан $\beta + 1$ мартага катта бўлади, чунки $U_{БЭ}=0$ бўлганда $U_{КЭ}$ кучланишининг бир қисми эмиттер ўтишга қўйилган бўлади ва уни тўғри йўналишда силжитади. Шундай қилиб, $I_{KЭ0}=(\beta + 1)I_{K0}$ – анча катта ток бўлиб, транзистор ишининг бузилишини олдини олиш мақсадида база занжирини узиш керак.

База токи ортиши билан коллектор токи $\beta(I_{Б2} - I_{Б1})$ катталиқка ортади ва х.з., ва характеристика юқorigа силжийди. УЭ схемадаги чиқиш ВАХларининг асосий хоссаси шундаки, ҳам актив ва ҳам тўйиниш режимларида бир квадрантда жойлашади. Яъни, электродларнинг берилган

кучланиш ишораларида ҳам актив режим, ҳам тўйиниш режимида бўлиши мумкин. Режимлар алмашилиши коллектор ўтишдаги кучланишлар нольга тенг бўлганда содир бўлади. Коллектор соҳа қаршилигини ҳисобга олмаган ҳолда $U_{КЭ} = U_{КБ} + U_{БЭ}$ бўлгани учун, талаб қилинаётган бўсағавий кучланиш қиймати $U_{КЭ}^* = U_{БЭ}$ бўлади. $U_{БЭ}$ қиймати берилган база токида кириш характеристикасидан аниқланади.

Биполяр транзистор физик параметрлари. Ток бўйича α

ва β коэффициентлар статик параметрлар ҳисобланади, чунки улар ўзгармас тоқлар нисбатини ифодалайдилар. Улардан ташқари ток ўзгаришлари нисбати билан ифодаланидиган дифференциал кучайтириш коэффициентлари ҳам кенг қўлланилади. Статик ва дифференциал α кучайтириш коэффициентлари бир биридан фарқ қиладилар, шу сабабли талаб қилинган ҳолларда улар ажратилади. Ток бўйича кучайтириш коэффициентининг коллектордаги кучланишга боғлиқлиги Эрли эффекти билан тушунтирилади.

УЭ схемаси учун ток бўйича дифференциал кучайтириш коэффициенти $\beta = \frac{dI_K}{dI_B}$ температурага боғлиқ бўлиб база соҳасидаги асосий бўлмаган заряд ташувчиларнинг яшаш вақтига боғлиқлиги билан тушунтирилади. Температура ортиши билан рекомбинация жараёнлари секинлашиши сабабли, одатда транзисторнинг ток бўйича кучайтириш коэффициентининг ортиши кузатилади.

Транзистор характеристикаларининг температуравий барқарор эмаслиги асосий камчилик ҳисобланади.

Юқорида кўриб ўтилган ток бўйича узатиш коэффициентидан ташқари, физик параметрларга ўтишларнинг дифференциал қаршиликлари, соҳаларнинг ҳажмий қаршиликлари, кучланиш бўйича тесқари алоқа коэффициентлари ва ўтиш ҳажмлари киради.

Транзисторнинг эмиттер ва коллектор ўтишлари ўзининг дифференциал қаршиликлари билан ифодаланадилар. Эмиттер ўтиш тўғри йўналишда силжиганлиги сабабли, унинг дифференциал қаршилиги $r_{Э}$ ни (6) ифодани қўллаб аниқлаш мумкин:

$$r_{Э} = \frac{dU_{ЭБ}}{dI_{Э}} = \frac{\varphi_T}{I_{Э}}, \quad (10).$$

бу ерда $I_{Э}$ – токнинг доимий ташкил этувчиси. У кичик қийматга эга (ток 1 мА бўлганда $r_{Э}=20-30$ Ом ни ташкил этади) бўлиб, ток ортиши билан камаяди ва температура ортиши билан ортади.

Транзисторнинг коллектор ўтиши тесқари йўналишда силжиганлиги сабабли, I_K токи $U_{КБ}$ кучланишига кучсиз боғлиқ бўлади. Шу сабабли коллектор ўтишнинг дифференциал қаршилиги $r_K = \frac{dU_{КБ}}{dI_K} = 1 \text{ Мом}$ бўлади.

r_K қаршилиги асосан Эрли эффекти билан тушунтирилади ва одатда у ишчи тоқларнинг ортиши билан камаяди.

База қаршилиги r_B бир неча юз Омни ташкил этади. Етарлича катта база тоқида база қаршилигидаги кучланиш пасайиши база ва эмиттер ташқи чиқишлари кучланишига нисбатан эмиттер ўтишдаги кучланишни камайтиради.

Кичик қувватли транзисторлар учун коллектор қаршилиги ўнлаб Ом, катта қувватликлариники эса бирлик Омларни ташкил этади.

Эмиттер соҳа қаршилиги юқори киритмалар концентрацияси сабабли база қаршилигига нисбатан жуда кичик.

УБ схемадаги кучланиш бўйича тескари алоқа коэффиценти ($I_E = \text{const}$ бўлганида) $\mu_{UB} = \frac{d|U_{EB}|}{dU_{KB}}$ каби аниқланади, УЭ схемасида эса ($I_B =$

const бўлганида) $\mu_{UE} = \frac{d|U_{BE}|}{dU_{KE}}$ орқали аниқланади. Коэффициентлар

абсолют қийматларига кўра деярли бир – хил бўладилар ва концентрация ва транзисторларнинг тайёрланиш технологиясига кўра $\mu_{UE} = 10^{-2} - 10^{-4}$ ни ташкил этадилар.

Биполяр транзисторларнинг хусусий хоссалари асосий бўлмаган заряд ташувчиларнинг база орқали учиб ўтиш вақти ва ўтишларнинг тўсиқ сифимларининг қайта зарядланиш вақти билан аниқланадилар. Бу таъсирларнинг нисбий аҳамияти транзистор конструкцияси ва иш режимига, ҳамда ташқи занжир қаршилиқларига боғлиқ бўлади.

Жуда кичик кириш сигналлари ва актив иш режими учун биполяр транзисторни чизикли тўрткутблик кўринишида ифодалаш мумкин ва бу тўрткутбликни бирор параметрлар тизими билан белгилаш мумкин. Бу параметрларни **h -параметрлар** деб аташ қабул қилинган. Уларга қуйидагилар киради: h_{11} – чиқишда қисқа туташув бўлган вақтдаги транзисторнинг кириш қаршилиги; h_{12} – узилган кириш ҳолатидаги кучланиш бўйича тескари алоқа коэффиценти; h_{21} – чиқишда қисқа туташув бўлган вақтдаги ток бўйича кучайтириш (узатиш) коэффиценти; h_{22} – узилган кириш ҳолатидаги транзисторнинг чиқиш ўтказувчанлиги. Барча h – параметрлар осон ва бевосита ўлчанади.

Электроника бўйича аввалги адабиётларда кичик сигналли параметрларнинг частотавий боғлиқликларига жуда катта эътибор қаратилган. Ҳозирги вақтда 10 ГГц гача бўлган частоталарда нормал ишни таъминлайдиган транзисторлар ишлаб чиқарилмоқда. Бундай ҳолларда талаб қилинаётган частота характеристикаларини олиш учун маълумотномадан керакли транзистор турини танлаш керак.

Адабиётлар

1. А.С .Каримов., М.М. Мирхайдаров «Электротехника» масалалар тўплами ва лаборатория ишлари. Тошкент 1975 й.
2. А.С .Каримов., М.М. Мирхайдаров «Электротехника ва электроника асослари» Тошкент 1995 й.
3. И.С. Иванов., Л.А. Равдоник. “Электротехника” Москва 1998 й
4. Методическое указания к выполнению виртуальных лабораторных работ по курсу ТОЭ под редакцией М.М. Мухитдинов Тошкент 2004 й.
5. «Электротехника» под редакцией проф. В.Г. Герасимова. Москва 1996 г.