

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ ВА
КОММУНИКАЦИЯЛАРИНИ РИВОЖЛАНТИРИШ ВАЗИРЛИГИ
ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ФАРҒОНА ФИЛИАЛИ

Телекоммуникация технологиялари ва касбий таълим факультети

“Телекоммуникация инжиниринги” кафедраси

“Электр занжирлар назарияси ”

фанидан

КУРС ИШИ

Бажарди:

631-14 гуруҳ талабаси

Абдурахмонов Д

Қабул қилди:

Жўраева Г

Фарғона 2016

1. Кириш. Электр занжирлари ҳақида умумий маълумотлар

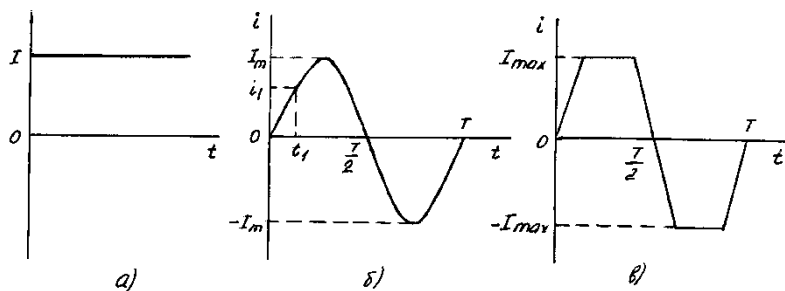
Электротехниканинг муҳим соҳаларидан булган электроэнергетикани ҳаётимизда нақадар катта ўрин олганини республикамиз мисолида кўриш мумкин. Ўзбекистон энергетикаларининг гайрати ва шижоати билан 1926 йилданёк Буз сув ГЭС и, Чирчик ГЭС каскадлари ишга туширила бошланди. 1945 йилда қуввати 150 минг кВт булган Фарход ГЭС и ишга тушди. Ҳозирги пайитда Чорвоқ, Туямуён ГЭС лари каби йирик гидротехника иншоотлари ҳамда умумий қуввати 6-7 млн. кВт дан ортиқ Ангрен, Тошкент, Сирдарё, ГРЭС лари ишлаб турибди ва ҳар биринг қуввати 3-4 млн. кВт ли янги ГРЭС ларни қуриш давом этмоқда. Булар ҳаммаси улкамизни кифасини тубдан ўзгартириб юборди. Эндиликда саноат ва қишлоқ хўжалигининг, транспорт ва қурилишнинг, алоқа ва космонавтиканинг, турмуш ихтиёжлари ва медицинанинг бирор соҳаси йукки, у электротехника фани билан боғланмаган булсин. Замонавий электротехниканинг ривожланиши электр қурилмалардан юпка катламли микросхемалар, транзисторлар, диодлар, микропроцессорларни ишлатишга имкон беради. Йил сайин янгидан янги автоматик линиялар, цехлар ва автомат заводлар ишга тушмоқда натижада электротехника фанидан янги - электроника, автоматика, микроэлектроника, микросхематехника, кибернетика, ЭХМ ларни бошқарувчи компьютер техникаси, лойиҳалашни автоматлаштирилган тизимлари каби фанлар ажралиб чиқди.

Хулоса. Ҳозирги замон техникасининг асосий фундаметлларида бири булган электротехника фанини мустаҳкам урганиш зарур. Булажак мутахассислар халқ хўжалигининг турли соҳаларидаги вазифаларни мувоффақиятли ҳал этишлари учун ихтисослиги электрик бўлиш булмаслигидан қатъий назар етарли даражада электротехник билимларга ва тайёргарликка эга бўлиш керак.

Электротехника электр ҳақидаги фан сифатида эраמידан аввалги IV-V асрларда юзага келган. Инсон электр ва магнит ҳодисаларнинг оддий қулатувчиси бўлишдан, то сунъий энергия манбаларини яратгунча орадан кўп давр утди. Электротехника амалий фан сифатида тикланиши тахминан XVI асрлардан бошланиб, XIX аср бошларида фанлар тараккиёти қаторидан мустаҳкам урин олади. 1802 йили В.В.Петров электр ёйини қашф этди. 1832 йили П.Л.Шиллинг телеграф аппарат яратди. 1833 йили Э.Х.Ленц электромагнит индукция қонунларини асослаб берди. 1834 йили Б.С.Якоби 1- бўлиб электр двигателини ихтиро қилди. 1876 йили П.Н.Яблочков электр шамини яратди. 1890 йили А.Н.Лодигин металл толали қуғланиш лампасини яратди. 1882 йили Бенардос мателларни электр ёйи билан пайвандлашни амалга оширди. 1888 йили М.О.Доливо-Добровольский уч фазали ток системасини ишлаб чиқди, уч фазали двигатель, уч фазали трансформатор яратди. 1895 йили А.С.Попов антена ёрдамида электромагнит тулкинларини ҳар томонга тарқатишга миқсар булди ва биринчи бўлиб радиограмма узатишга эришди.

1.2. Электр занжирлари ва унинг элементлари

Электр занжири деб, электр токини ҳосил қилувчи ва унинг оқиб ўтишини таъминлаш учун берк йўл ҳосил қиладиган қурилмалар йиғиндисига айтилади. Занжир таркибига кирувчи алоҳида қурилмалар, электр занжирининг элементлари деб аталади. Занжирнинг электр энергияси ҳосил қилувчи элементлари- манбалари, уни истеъмол қилувчи элементлар, истеъмолчилар деб аталади. Узатувчи элементлар - звенолар манба ва истеъмолчиларни ўзаро боғлаб туради. Уларга симлардан ташқари, ўлчаш қурилмалари, ўзгартиргич қурилмалар (трансформатор, тўғрилагич ва ҳ.к.) киради. Занжир уланганда берк контур ҳосил бўлади ва ток ўта бошлайди. Занжирдан ўтаётган электр токининг қиймати ёки кучи ўтказгичнинг кўндаланг кесимидан t - вақт бирлиги ичида ўтаётган электр зарядларининг миқдори - q билан аниқланади. Яъни ток кучи зарядларнинг ҳаракат тезлигига пропорционал катталиқдир. Агар занжирдан ўтаётган токнинг йўналиши ва қиймати вақт давомида ўзгармас бўлса, бундай ток ўзгармас ток дейилади ва I ҳарфи билан белгиланади (1.1-расм, а)



1.1 - расм

$$I = \frac{q}{t}. \quad (1.1)$$

Халқаро бирликлар тизими (ХБТ) да электр токининг ўлчов бирлиги сифатида ампер қабул қилинган. Ўтказгичнинг кўндаланг кесимидан бир секунд давомида бир кулон (Кл) электр зарядлари ўтгандаги ток кучи бир ампер (А) га тенг бўлади

$$1 \text{ ампер} = \frac{1 \text{ кулон}}{1 \text{ секунд}}.$$

Ўзгармас ток t вақтда кўчирган заряд:

$$q = I t. \quad (1.2)$$

Йўналиши ва қиймати ўзгариб турувчи тоқлар ўзгарувчан тоқлар дейилади. Тоқнинг кўрилатган моментдаги қиймати унинг оний қиймати дейилади ва i билан белгиланади

$$i = \frac{dq}{dt}. \quad (1.3)$$

Тоқ 0 дан t вақтгача ўзгарганда

$$q = \int_0^t i dt \quad (1.4)$$

зарядни кўчиради.

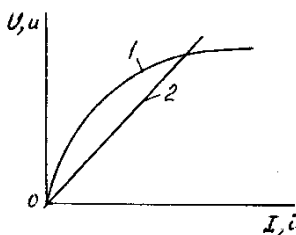
Тоқнинг ўзгариш қонунияти турлича бўлиши мумкин. Асосан даврий ўзгарувчан тоқлардан фойдаланилади. Оний қийматлари бир хил вақт оралиғида такрорланувчи ўзгарувчан тоқлар даврий ўзгарувчан тоқлар дейилади. Бу вақт оралиғи давр дейилади ва T ҳарфи билан белгиланади. Бир секунддаги даврлар сони частота дейилади ва f билан белгиланади. Частота герц (Гц) ларда ўлчанади

$$f = \frac{1}{T}. \quad (1.5)$$

Агар даврий ўзгарувчан тоқ гармоник қонун билан ўзгарса синусоидал тоқ, гармоник бўлмаса, носинусоидал тоқ дейилади, (1.1-расм, б,в.).

1.3. Электр занжирлари элементларининг параметрлари

Электр занжирининг ҳар бир элементи электр энергиясини истеъмол қилиб уни бошқа тур энергияга айлантириш, ўзининг магнит ва электр майдонларини ҳосил қилиш, энергияни ўзида тўплаб қайта занжирга бериш хусусиятларига эга. Бу хусусиятларни характерлаш учун элементларнинг параметри тушунчаси киритилади.



1.2 - расм

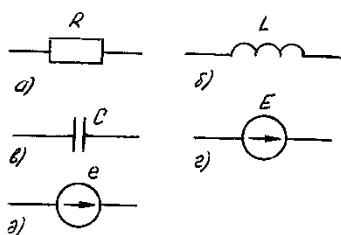
1. Қаршилик R - элементнинг электр занжирдан энергия истеъмол қилиб, уни бошқа тур энергияга айлантириш хусусияти. Айлантилган энергиянинг қуввати (P, p) , (I^2, i^2) га тўғри пропорционал, шунинг учун бу параметрнинг қиймати $R = P/I^2$ ўзгармас тоқ занжири учун ва $R = p/i^2$ ўзгарувчан тоқ занжири учун.

2. Индуктивлик L - элементнинг тоқ ўтганда ўзининг магнит майдонини ҳосил қилиш хусусияти (ўзиндукция). Бу параметр тоқ (I, i) ва магнит илакишини (Ψ, Ψ_t) орасидаги пропорционаллик коэффиценти бўлиб, $\Psi = LI$ ёки $\Psi_t = Li$ уни ўзиндукция коэффиценти дейилади.

3. Ўзаро индуктивлик M – ток i_1 ўтаётган биринчи элементнинг иккинчи элементнинг w_2 чўлғамларида ψ_{21} , магнит илакишини ҳосил қилиш хусусияти.

M - параметри биринчи элементнинг токи билан, шу ток таъсирида иккинчи элемент чўлғамларида ҳосил бўлган магнит илакиши ψ_{21} орасидаги пропорционаллик коэффиценти $\psi_{21}=MI_1$ ёки $\psi_{21t}=Mi_1$ ва худди шунга ўхшаш $\psi_{12}=MI_2$ ёки $\psi_{12t}=Mi_2$.

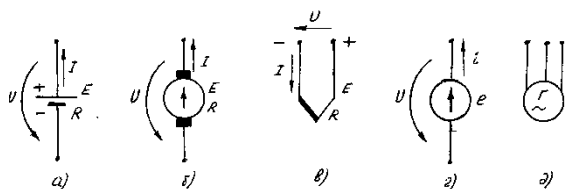
4. Сигим C - элементнинг зарядлар тўплаш ёки электр майдони ҳосил қилиш хусусияти. Бу параметр элементнинг заряди ва кучланиши ўртасидаги пропорционаллик коэффиценти ҳисобланади: $q = CU$, $q = Cu$.



Умумий ҳолатда ҳар қандай реал қурилмада учала параметр R , L , C мавжуд бўлади. Ҳар қандай электр энергияси манбасининг хусусияти, занжирнинг маълум участкасида потенциаллар фарқини вужудга келтириш, шу билан биргаликда берк контур бўйлаб ток вужудга келтириш.

1.3 - расм

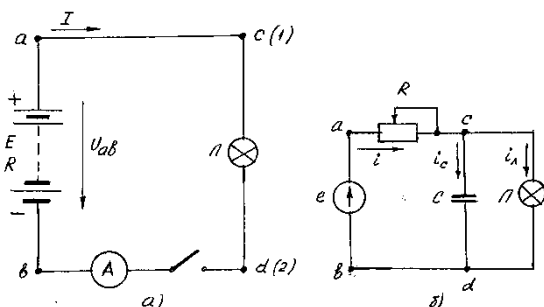
1.4. Электр занжирларини улаш схемалари



1.4 – расм

Электр занжири элементларини шартли белгилар асосида график равишда ифодаланиши электр занжирининг схемаси дейилади. 1.4 – расм, а-д ва 1.5-расм, а-д да манба ва истеъмолчиларнинг шартли белгилари кўрсатилган. 1.6-расм, а,б да эса, ўзгармас ва ўзгарувчан ток занжирларининг схемалари кўрсатилган. Занжирнинг манба жойлашган қисми, ички участкаси дейилиб, истеъмолчилар, боғловчи симлар, ёрдамчи аппаратлар биргаликда ташқи участкани ташкил этади. Манбанинг ташқи занжирга уланувчи a ва b қисмалари (кутб-лари) занжирнинг чиқиш қисмалари (кутблари) дейилади. Ташқи занжирнинг манба билан боғланувчи c ва d қисмалари (кутблари)

1.5 – расм.

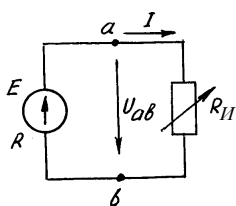


кириш қисмалари (қутблари) деб аталади. Занжирнинг икки қутбга эга қисми икки қутблик дейилади.

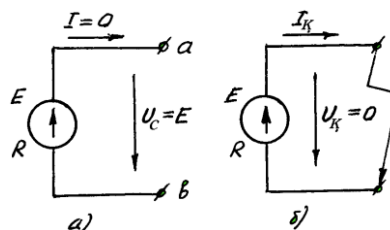
Икки қутблик таркибида манба мавжуд бўлса, актив икки қутблик, йўқ бўлса, пасив икки қутблик деб аталади. Занжирнинг бир хил ток ўтаётган участкаси, кетма-кет боғланишли участка дейилади. Бир қанча участкалардан ўтувчи токнинг ҳар қандай берк йўли контур деб аталади. Бир-биридан бирорта тармоқ билан фарқланувчи контурлар, мустақил контурлар деб аталади. Агар занжирнинг барча тармоқлари икки тугунга боғланган бўлса, бундай боғланиш параллел боғланиш дейилади. Занжирнинг параллел боғланган участкаси бир хил кучланиш остида бўлади. Электр занжирларининг умумий таҳлили учун ток ва кучланишларнинг шартли мусбат йўналишлари белгилаб олиниши керак. Агар аниқланаётган катталиқ мусбат бўлса, занжирда кўрсатилган йўналиш ҳақиқий йўналиш билан бир хил бўлади, агар манфий бўлса, ҳақиқий йўналишга қарама - қарши бўлади. Электр энергияси манбаси учун кучланишнинг мусбат йўналиши манбадаги ток йўналишига қарама- қарши бўлади.

1.5. Чизиқли ўзгармас ток занжирлари

2.1-расмда ўзгармас ток занжирининг оддий схемаси келтирилган. Электр занжирларининг иш режимлари, яъни уларнинг электр ҳолатлари мазкур занжир айрим элементларининг токи, кучланиши, қувватларининг қийматлари билан аниқланади.



1.6 – расм



1.7 – расм

Номинал (нормал) режим дегани электр машиналарининг, аппаратларнинг, асбоблар-нинг, симларнинг ишлаб чиқарувчи завод томонидан кўрсатилган номинал қувват билан ишлашидир.

Салт ишлаш режими деганда ташқи занжир манбадан ажратилган ва унинг қаршилиги (истеъмолчи қаршилиги) амалда чексизга тенг бўлиб ($R_H = \infty$) занжирдан ток ўтмаганлиги ($I=0$) даги ҳолат тушунилади. Бу ҳолатда манба ичидаги кучланишнинг пасайиши нолга тенг бўлиб, унинг қисмаларидаги кучланиш манбанинг ЭЮК сига тенг бўлади, $U_c=E$ (2.2-расм, а).

Қисқа туташув режими деб манбанинг ташқи қисмаларида кучланиш нолга тенг бўлган занжир ёки занжир элементларининг қаршиликсиз ўзаро уланиб қолишига айтилади. (2.2-рasm, б). Бунда $U_K=0$, $I_K \gg I_n$, бунда U_K , I_K , I_n – лар мос равишда қисқа туташув кучланиши, токи ва номинал ток.

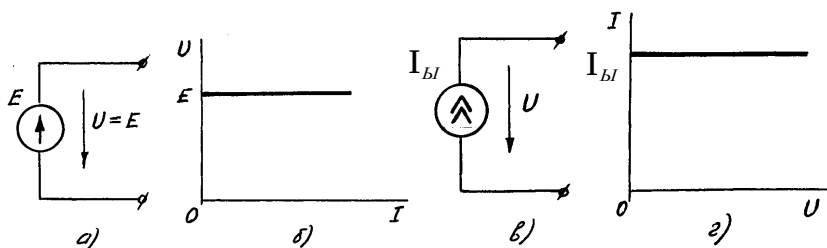
Келишилган режим - бу режимда манба ташқи занжирга энг катта қувват бериб ишлайди.

Электр занжирларининг реал элементлари ҳисоблаш ва анализ қилишда алмашлаш схемалари билан ифодаланади. Манбани алмашлаш схемаси икки хил бўлиши мумкин.

1. ЭЮК манбаси.

2. Ток манбаси.

Идеал ЭЮК манбасида ЭЮК нинг қиймати истеъмолчининг токига боғлиқ бўлмайди: $E=\text{const}$, $R=0$ ташқи қисмаларидаги кучланиш U токка боғлиқ бўлмайди ва қиймат жиҳатдан ЭЮК га тенг бўлади $U=E$ (2.3-рasm, а). 2.3 – рasm, б даги $U(I)$ боғланиш графиги ташқи ВАХ дейилади.



1.8 – рasm

Идеал ток манбасида токнинг қиймати кучланишга боғлиқ бўлмайди ва қиймати бўйича манбанинг қисқа туташув токи I_K га тенг бўлади. (2.3-рasm, в). Идеал манбанинг АВХ си (2.3-рasm, г) да кўрсатилган. 2.4-рasm, а,б да ЭЮК ва ток манбаларининг алмашлаш схемалари келтирилган. Кўрсатилган схемалар учун 2.4-рasm, б дан а схемасига ўтиш ва қайта 2.4-рasm, а дан б га ўтиш формулалари қуйидагича ифодаланади:

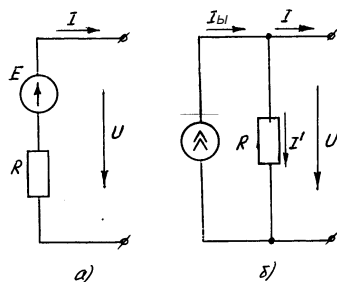
$$E=RI_K ;.$$

Электр ҳолати тенгламалари 2.4-рasm, а учун:

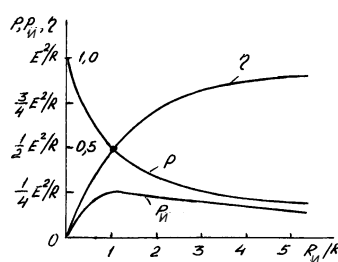
$$E=U+RI \quad (2.1)$$

ва 2.4-рasm, б учун:

$$I_{yl}=I+\frac{U}{R} \quad (2.2.)$$



1.9 – расм



1.10 – расм

1.6. Манбани ташқи контурга максимал қувват бериш шартлари

Ташқи занжир резисторининг қаршилиги истеъмолчининг қаршилиги R_H га тенг бўлса, (2.1-расм) ундаги ток ва кучланиш қуйидагича боғланади: $U=R_H I$ бу муносабат занжирнинг пасив участкаси учун Ом қонунини ифодалайди. Агар (2.1) ни қуйидагича ифодалаш мумкинлигини ҳисобга олсак,

$$E=RI+R_H I. \quad (2.3)$$

Бундан оддий берк контур учун Ом қонунининг ифодасини олиш мумкин.

$$I = \frac{E}{R + R_H}. \quad (2.4)$$

У ҳолда

$$P_H = R_H I^2 = \frac{R_H E^2}{(R + R_H)^2}. \quad (2.5)$$

Манбани параллел алмашлаш схемаси учун ташқи занжирнинг токи (2.2) ифодага асосан:

$$I = I_{bl} - \frac{U}{R} = I_{bl} - \frac{R_H I}{R}; \quad (2.6)$$

бундан
$$I = I_{bl} \frac{R}{(R + R_H)}.$$

У ҳолда ташқи занжирнинг қуввати

$$P_H = R_H I^2 = \frac{R_H R^2 I_{bl}^2}{(R + R_H)^2}. \quad (2.7)$$

Истеъмолчининг қуввати салт ишлашда ($R_H=\infty$) ва қисқа туташувда ($R_H=0$) нолга тенг бўлади. $\frac{R_H}{(R + R_H)^2}$ муносабат максимал бўлганда қувват

максимал бўлади. Бу касрдан R бўйича ҳосила олиб ва нолга тенглаб қуйидаги муносабатни ҳосил қиламиз.

$$(R + R_H)^2 - 2R(R + R_H) = 0. \quad (2.8)$$

Бу ифодада $R=R_H$ деб ҳисобланса, яъни ташқи занжирнинг қаршилиги манбанинг ички қаршилигига тенг бўлганда, ташқи занжирнинг қуввати максимал бўлар экан. Занжирнинг бу иш ҳолати манба ва истеъмолчининг мослашув режимини тавсифлайди. Бу режимда манбадаги қувват исрофи, манба қувватининг ярмига тенг бўлади.

$$\Delta P = R I^2 = R_H I^2 = \frac{EI}{2}.$$

Манбанинг фойдали иш коэффициенти (ФИК):

$$\eta = \frac{P_H}{P} = \frac{1}{1 + R/R_H}, \quad (2.9)$$

$$\text{бу ерда } P=EI=(R+R_H)I^2; \quad P_H=R_H I^2.$$

1.7 Ом ва Кирхгоф қонунлари

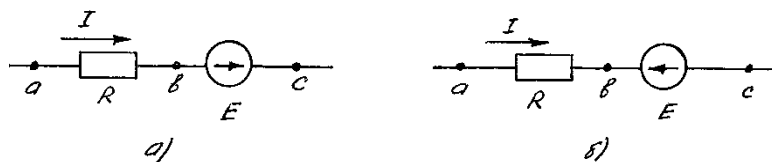
2.6-рasm, а,б да занжирнинг I ток ўтаётган участкасида a ва c нуқталари орасидаги потенциаллар фарқи (кучланиш) аниқланиши керак. Ушбу муносабатга кўра $U_{ac} = \varphi_a - \varphi_c$

2.6-рasm, а учун:

$$U_{ac} = \varphi_a - \varphi_c = IR - E; \quad (2.10)$$

2.6-рasm, б учун:

$$U_{ac} = \varphi_a - \varphi_c = IR + E. \quad (2.11)$$



1.11 – rasm.

Кўриб чиқилган муносабатларга кўра Ом қонунининг занжирни бир қисми учун ифодаси

$$I = \frac{(\varphi_a - \varphi_c) \pm E}{R} = \frac{U_{ac} \pm E}{R}. \quad (2.12)$$

Барча электр занжирлари Кирхгоф қонунларига бўйсунди.

1.8. Кирхгофнинг биринчи қонуни:

1. Электр занжирининг тугуни учун тоқларнинг алгебраик йиғиндиси нолга тенг.

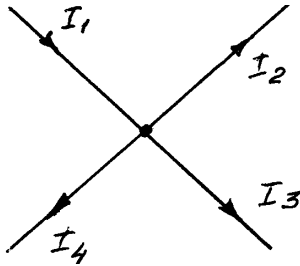
2. Тугунга келаётган тоқларнинг йиғиндиси тугундан кетаётган тоқларнинг йиғиндисига тенг.

2.7-расм учун:

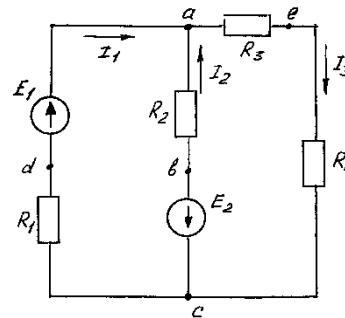
$$I_1 - I_2 - I_3 - I_4 = 0.$$

Умумий ҳолатда:

$$\sum I_K = 0. \quad (2.13)$$



1.12-расм



1.13 – расм

1.9. Кирхгофнинг иккинчи қонуни:

1. Исталган берк контур учун кучланишлар тушувларининг алгебраик йиғиндиси шу контурдаги ЭЮК ларнинг алгебраик йиғиндисига тенг.

$$\sum IR = \sum E. \quad (2.14)$$

2. Электр занжирининг берк контури учун, алоҳида участкалар кучланишларининг алгебраик йиғиндиси нолга тенг.

$$\sum U_K = 0. \quad (2.14 \text{ а})$$

2.8-расмдаги занжирнинг четки контури учун:

$$1. \quad I_1 R_1 + I_3 R_3 + I_3 R_4 = E_1.$$

$$2. \quad U_{ae} + U_{ec} + U_{cd} + U_{da} = 0.$$

1.10. Пассив истеъмолчиларнинг уланиш схемаларини анализи

Юқорида кўриб ўтилганидек, пассив элементларнинг уланиш схемалари кетма - кет, параллел ва аралаш боғланишда бўлиши мумкин.

Кетма - кет боғланиш деб, ҳар бир элементдан ўтаётган токнинг қиймати бир хил бўлган ҳолатдаги боғланишга айтилади. 2.9-расм, а,б даги схема учун Кирхгофнинг иккинчи қонунига биноан

$$U_1 + U_2 + \dots + U_n = U,$$

ёки

$$R_1 I + R_2 I + \dots + R_n I = R_{\text{экв}} I,$$

бундан

$$R_{\text{экв}} = R_1 + R_2 + \dots + R_n. \quad (2.15)$$

Кетма-кет уланган элементларнинг эквивалент қаршилиги, элементлар қаршилигининг йиғиндисидан иборат. Занжирдаги ток

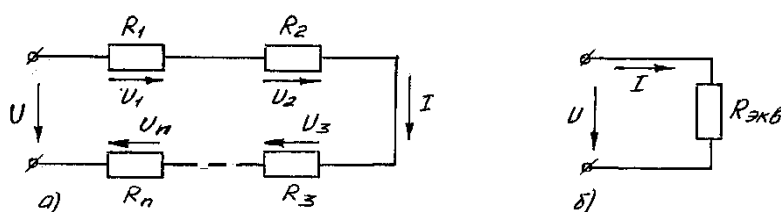
$$I = U/R_{\text{экв}}, \quad (2.16)$$

n - элементнинг кучланиши учун

$$U_n = R_n \cdot U/R_{\text{экв}}, \quad (2.17)$$

n - элементда истеъмол қилинаётган қувват:

$$P_n = R_n I^2 = R_n / (U^2 / R_{\text{экв}}^2) \quad (2.18)$$

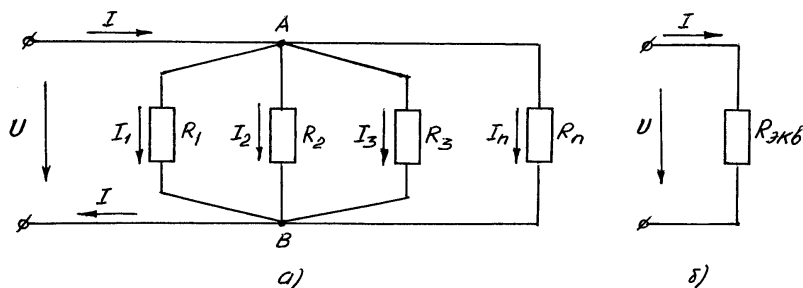


1.14 – расм.

2.10-расм, а да элементлар қаршиликлари параллел уланган схема берилган. Ҳамма элементлар А ва В тугуни оралиғида жойлашган. Тугунлар орасидаги кучланиш манба кучланишига тенг. Шунинг учун ҳар бир тармоқ токи

$$\begin{aligned} I_1 &= U/R_1 = g_1 U, \\ I_2 &= U/R_2 = g_2 U, \\ &\dots\dots\dots \\ I_n &= U/R_n = g_n U. \end{aligned} \quad (2.19)$$

муносабатлар билан аниқланади.



1.15 – расм.

2.10-расм, а даги схема учун Кирхгофнинг биринчи қонунига биноан:

$$I_{\text{экв}} = I = I_1 + I_2 + \dots + I_n,$$

ёки

$$g_{\text{экв}} U = g_1 U + g_2 U + \dots + g_n U, \quad (2.20)$$

бу ерда

$$g_{\text{экв}} = g_1 + g_2 + \dots + g_n = \sum_{K=1}^n g_K,$$

ёки

$$\frac{1}{R_{\text{экв}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} = \sum_{K=1}^n \frac{1}{R_K}. \quad (2.21)$$

Демак, параллел боғланишда эквивалент ўтказувчанлик, занжирдаги барча тармоқлар ўтказувчанликларининг йиғиндисига тенг. Эквивалент қаршилик $R_{\text{экв}} = \frac{1}{g_{\text{экв}}}$. Бу қаршилик занжир тармоқларидаги энг кичик қаршиликдан ҳам кичкина бўлади (2.10-расм, б). Умумий қаршиликнинг камайиши токнинг ортишига сабаб бўлади.

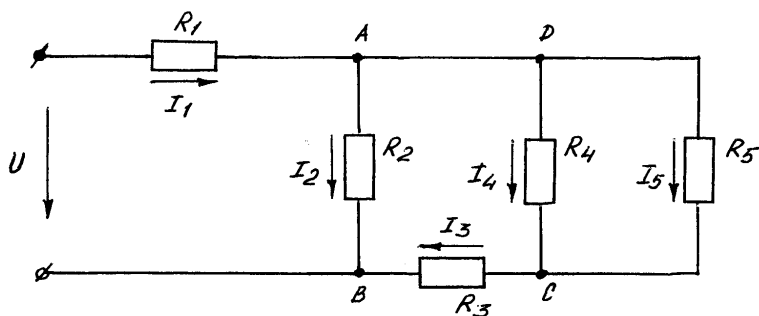
Қувват қуйидагича ифодаланади:

$$P = UI = U(I_1 + I_2 + \dots + I_n),$$

ёки

$$P = P_1 + P_2 + \dots + P_n. \quad (2.22)$$

Занжирнинг қуввати алоҳида тармоқлар қувватларининг йиғиндисидан иборат.



1.16 – расм.

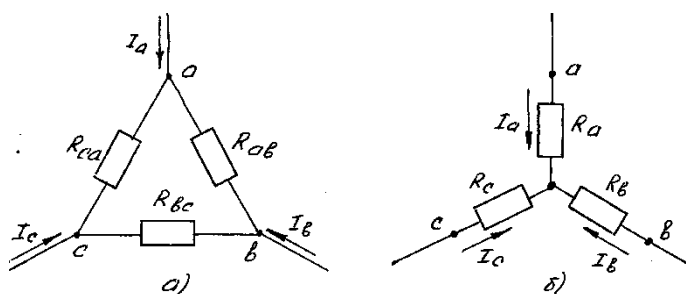
Таркибидаги элементлар аралаш уланган занжирларда, ҳам кетма-кет, ҳам параллел уланган участкалар мавжуд бўлади. 2.11-расмда аралаш уланган схема берилган. Бундай занжирларни ҳисоблашда эквивалент алмаштириш схемаларидан фойдаланилади. Занжир фақат битта эквивалент қаршиликдан иборат бўлган ҳолатгача соддалаштирилади. Соддалаштириш схеманинг охиридан бошланади.

$$R_{\text{ДС}} = \frac{R_4 R_5}{R_4 + R_5},$$

$$R_{\text{AB}} = \frac{R_2 (R_3 + R_{\text{ДС}})}{R_2 + R_3 + R_{\text{ДС}}}, \quad (2.23)$$

$$R_{\text{экв}} = R_{\text{AB}} + R_1.$$

Эквивалент қаршилик берилган занжирдаги умумий ток I_1 ни топиш имконини беради $I_1 = U/R_{\text{экв}}$. Қолган тармоқларнинг токлари босқичма - босқич Ом ва Кирхгоф қонунларидан фойдаланилган ҳолатда аниқланади. Амалиётда баъзан шундай схемалар учраб турадики, улар таркибидаги элементлар ўзаро учбурчак ёки юлдузча шаклида боғланган бўлади. Уларни, на параллеллик, на кетма-кетлик аломатига қараб ихчамлаш имконияти бўлмайди. Бундай ҳолларда учбурчакдан эквивалент юлдузга, ёки юлдуздан эквивалент учбурчакка ўтиш йули билан занжирни ихчамлаш имконияти ахтарилади (2.12-расм, а, б). Учбурчакдан юлдузга ўтиш формулалари:



1.17 – расм.

$$\begin{aligned} R_a &= \frac{R_{ab}R_{ca}}{R_{ab} + R_{bc} + R_{ca}}, \\ R_b &= \frac{R_{bc}R_{ab}}{R_{ab} + R_{bc} + R_{ca}}, \\ R_c &= \frac{R_{ca}R_{bc}}{R_{ab} + R_{bc} + R_{ca}}. \end{aligned} \quad (2.24)$$

Юлдуздан учбурчакка ўтиш формулалари:

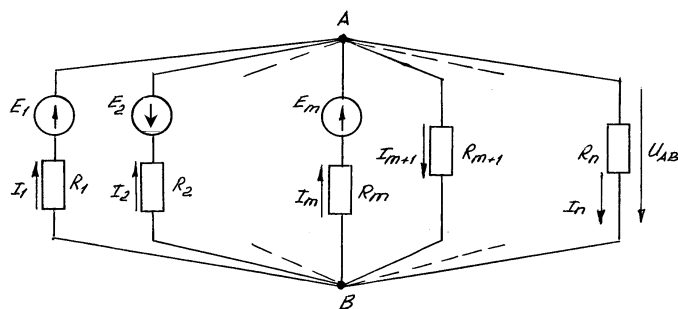
$$\begin{aligned} R_{ab} &= R_a + R_b + \frac{R_a R_b}{R_c}, \\ R_{bc} &= R_b + R_c + \frac{R_b R_c}{R_a}, \\ R_{ca} &= R_c + R_a + \frac{R_c R_a}{R_b}. \end{aligned} \quad (2.25)$$

1.11. Чизиқли ўзгармас ток занжирлари (ҳисоблаш усуллари)

Бир нечта манбали мураккаб электр занжирларини таҳлил қилиш ва ҳисоблаш учун Кирхгофнинг иккала қонуни ва Ом қонунига асосланган, бир нечта усуллар ишлаб чиқилган.

1. Икки тугун усули.
2. Кирхгоф қонунларини қўллаш усули.

3. Контур токлари усули.
4. Устлаш усули.
5. Эквивалент генератор усули ва бошқалар.



1.18– расм

Занжирни икки тугун усули билан ҳисоблаш, берилган занжирнинг барча тармоқлари (актив ёки пасив) ўзаро параллел бўлиб, икки тугун оралиғида жойлашган ҳолатлар учун қўлланилади. Бу усулни 3.1-расмда берилган занжир мисолида кўрамыз. Бу усулга биноан аввал А ва В тугунлари орасидаги кучланиш аниқланади. Кучланишнинг шартли мусбат йўналиши А дан В га деб қабул қилинганда Кирхгофнинг биринчи қонунига биноан:

$$I_{m+1} + I_{m+2} + \dots + I_n = I_1 + I_2 + \dots + I_m. \quad (3.1)$$

Ом қонунига мувофиқ ҳар бир тармоқ токи:

$$\begin{aligned} I_1 &= g_1(E_1 - U_{AB}), \\ I_2 &= g_2(-E_2 - U_{AB}), \\ I_m &= g_m(E_m - U_{AB}), \\ I_{m+1} &= g_{m+1}U_{AB}, \\ &\dots\dots\dots \\ I_n &= g_nU_{AB}. \end{aligned} \quad (3.2)$$

(3.2) ни (3.1) муносабатга қўйиб, баъзи бир ўзгартиришлардан сўнг қуйидаги ифода ҳосил қилинади:

$$U_{AB} = \frac{g_1E_1 - g_2E_2 + \dots + g_mE_m}{g_1 + g_2 + \dots + g_n},$$

ёки

$$U_{AB} = \sum_{k=1}^m g_k E_k \bigg/ \sum_{k=1}^n g_k. \quad (3.3)$$

U_{AB} нинг қийматини аниқлаб, (3.2) муносабатга қўямиз ва тармоқлар бўйлаб ўтаётган токнинг қийматини ҳисоблаб топамиз.

3.2. Кирхгоф қонунларини қўллаш усули

Бу усулга кўра, ҳамма тармоқлар сони t ва тугунлар сони t^1 билан белгилаб олинади. Ток манбаси бор тармоқлар сони t_T билан белгиланади. Тенглама тузишдан олдин:

1. Тоқларнинг шартли мусбат йўналишларини танлаб схемада белгилаб чиқилади.
2. Кирхгофнинг иккинчи қонунига биноан тенглама тузиш учун контур бўйлаб шартли мусбат йўналиш белгилаб олинади.

Сўнгра Кирхгофнинг биринчи қонунига биноан тугунлар сонидан битта кам, иккинчи қонунга биноан $(t-t_T)-(t^1-1)=t-t_T-t^1+1$ та тенглама тузилади. Тузилган тенгламалар биргаликда ечилиб тармоқ тоқлари аниқланади.

Мисол. 2.8-расмдаги схема учун юқоридаги усулга биноан тенглама тузамиз.

Схемада $t=3$ $t_T=0$ $t^1=2$. Демак, биринчи қонунга биноан битта тенглама тузилади:

$$I_1 + I_2 = I_3. \quad (3.4)$$

Иккинчи қонунга биноан $(t-t_T)-(t^1-1)=(3-0)-(2-1)=2$ та тенглама тузилар экан.

Контурнинг мусбат йўналишини соат стрелкаси бўйлаб деб қабул қиламиз:

$R_1 E_1 R_2 E_2$ контур учун

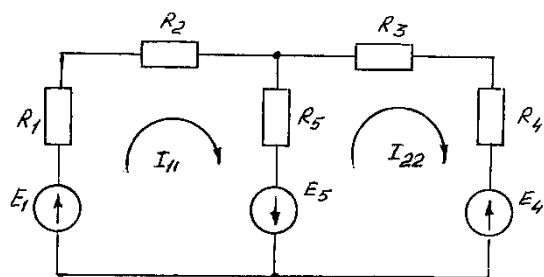
$$I_1 R_1 - I_2 R_2 = E_1 + E_2. \quad (3.5)$$

$E_2 R_2 R_3 R_4$ контур учун

$$I_2 R_2 + I_3 (R_3 + R_4) = -E_2. \quad (3.6)$$

Бу тенгламаларни биргаликда ечиб I_1 , I_2 , I_3 тармоқ тоқлари топилади.

3.3. Контур тоқлар усули



1.19 – расм.

Бу усулда занжир-нинг ҳар бир берк кон-турининг ўз тоқи мавжуд деб фараз қилинади. Кирхгофнинг иккинчи қонунига биноан, кон-тур тоқларидан фойдаланиб тенгламалар тузилади. Ҳисоблаб топилган контур тоқлари асосида тармоқ тоқларининг қий-мати аниқланади. 3.2-расмда кўрсатилган схема учун контур тоқлари

усулини қўллаймиз. I_{11} ва I_{22} билан контур тоқларини белгилаймиз.
Биринчи контур учун

$$(R_1 + R_2)I_{11} + R_5(I_{11} - I_{22}) = E_1 + E_5,$$

ёки

$$(R_1 + R_2 + R_5)I_{11} - R_5I_{22} = E_1 + E_5.$$

Иккинчи контур учун

$$(R_3 + R_4)I_{22} + R_5(I_{22} - I_{11}) = -E_5 - E_4,$$

ёки

$$-R_5I_{11} + (R_3 + R_4 + R_5)I_{22} = -E_5 - E_4.$$

Бу тенгламаларни қуйидагича ёзамиз:

$$\begin{aligned} R_{11}I_{11} + R_{12}I_{22} &= E_{11}, \\ R_{21}I_{11} + R_{22}I_{22} &= E_{22}. \end{aligned} \quad (3.7)$$

бу ерда

$$\begin{aligned} R_{11} &= R_1 + R_2 + R_5, & E_{11} &= E_1 + E_5, \\ R_{22} &= R_3 + R_4 + R_5, & E_{22} &= -E_4 - E_5, \\ R_{12} &= R_{21} = -R_5, \end{aligned}$$

(3.7) тенгламалар системаси ҳисобланиб топилган контур тоқлари асосида тармоқ тоқлари аниқланади. Занжирнинг контурлар сони қанча бўлса, тузиладиган тенгламалар ҳам шунча бўлади.

3.4. Устлаш усули

Ушбу усулда асосан схемада бирдан ортиқ ЭЮК манбалари бўлса, электр занжири ҳар бир ЭЮК манбаининг таъсиридан ҳосил бўлган хусусий тоқлар учун алоҳида (босқичма-босқич) ҳисобланади. Ҳар бир босқичда схемада битта ЭЮК манбаи қолдирилиб, қолган барча манбалар вақтинча нолга тенг деб фараз қилинади ва барча тармоқларда шу ЭЮК таъсирида оқаётган тоқлар топилади. Занжирда нечта ЭЮК манбаи бўлса, ҳисоблаш ишлари шунча марта бажарилади. Аммо занжирдаги барча қаршилиқлар ва схемадан вақтинча ажратилган манбаларнинг ички қаршилиқлари ўзгаришсиз қолдирилади. Агар манбаларнинг ички қаршилиқлари берилмаган бўлса, у нолга тенг деб қабул қилинади. Агар бирор мураккаб электр занжири m та ЭЮК манбаидан ва n та тармоқдан ташкил топган бўлса, у ҳолда k - номерли ихтиёрий тармоқнинг R_k қаршилигидан схемадаги ҳар бир ЭЮК таъсиридан ҳосил бўлган $I'_k, I''_k, \dots, I^m_k$ каби турли қиймат ва йўналишларга

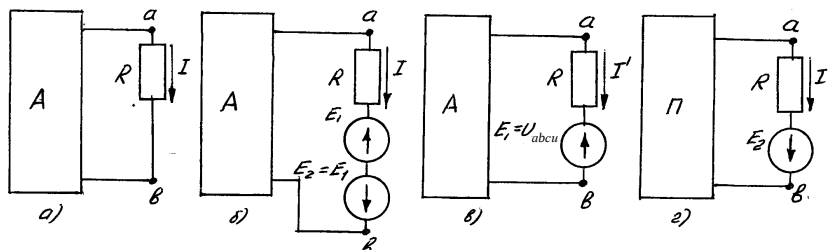
эга бўлган хусусий тоқлар оқиб ўтади. Тармоқлардан оқиб ўтаётган тоқларнинг ҳақиқий қийматлари айрим манбалар таъсирида ҳосил бўлган хусусий тоқларнинг алгебраик йиғиндисига тенг

$$I_k = \sum_{n=1}^m i_n . \quad (3.8)$$

3.5. Эквивалент генератор усули

Мураккаб электр занжирининг ихтиёрий битта тармоғидаги тоқнинг қийматини аниқлаш керак бўлганда эквивалент генератор усулидан фойдаланиш мумкин. Ажратилган тармоққа нисбатан занжирнинг қолган қисмини икки қутблик деб қаралса, шу икки қутблик ҳисоб давомида эквивалент генератор билан алмаштирилади. Эквивалент генераторнинг ички қаршилиги икки қутбликнинг кириш қаршилигига, ЭЮК эса, ажратиб кўрсатилган тармоқ қисмларидаги салт ишлаш кучланишига тенг деб қабул қилинади.

3.3-расм, а да ab тармоғининг I тоқини аниқлаш талаб қилинади. Тўртбурчакдаги A белгиси, унинг таркибида ЭЮК ёки тоқ манбаси борлигини ифодалайди. Агар ab тармоққа қийматлари тенг қарама - қарши йўналган иккита E_1 ва E_2 ЭЮК манбаларини уласак, тоқ I нинг қиймати ўзгармайди (3.3-расм, б).



1.20 – расм.

Устлаш усулига биноан

$$I = I' + I'' .$$

Бу ерда $I'E_1$ ва икки қутблик ичидаги барча манбалар таъсирида ҳосил бўлади. I'' эса E_2 манба таъсирида ҳосил бўлади.

Шулар асосида ва 3.3-расм, в,г схемаларидан I' ва I'' ни аниқлаймиз. E_1 ва U_{ab} кучланиш бир-бирига қарама-қарши йўналган.

Занжирнинг бир қисми учун (ЭЮК бор бўлган) Ом қонунига биноан:

$$I' = \frac{U_{ab} - E_1}{R} . \quad (3.9)$$

Бунда E_1 шундай танланадики, ток I' нинг қиймати нолга тенг бўлсин. ab тармоқда токнинг нолга тенг бўлиши тармоқнинг узилиши билан тенг кучли (салт ишлаш). Салт ишлаш кучланиши U_{abcu} билан белгиланади. Демак, E_1 ни U_{abcu} га тенгласак, $I' = 0$ бўлади. $I = I' + I''$ бўлганлиги сабабли, $I' = I''$ 3.3-расм, г га кўра

$$I'' = \frac{E_2}{R + R_k} = \frac{U_{abcu}}{R + R_k}, \quad (3.10)$$

бунда R_k - икки қутбликнинг кириш қаршилиги; R - ab тармоқ қаршилиги.

Демак, бу усул билан ток аниқланганда:

1. ab тармоқ узилган ҳолат учун a ва b қисмалар орасидаги кучланиш аниқланади.
2. ab қисмаларга нисбатан кириш қаршилиги R_k топилади (ЭЮК манбалари қисқа туташтирилиб, ток манбалари узиб қўйилган ҳолатда).
3. Токнинг қийматини қуйидаги формула билан ҳисоблаб топилади.

$$I = \frac{U_{abcu}}{R + R_k}. \quad (3.11)$$

Ҳар бир усул бўйича номаълумлар аниқлангандан сўнг, ҳисобий қийматлар аниқлиги қувватлар баланси бўйича текширилади. Энергияни сақланиш қонунига биноан, вақт бирлигида схемадаги қаршиликлардан ажралаётган иссиқлик миқдори, шу вақт бирлигида манбадан олинаётган энергияга тенг бўлиши керак.

Агар манбадан ўтаётган ток билан, ЭЮК нинг йўналиши бир хил бўлса, манба вақт бирлигида занжирга EI миқдорда энергия (ёки қувват) беради ва EI кўпайтма тенгламага мусбат ишора билан киради. Агар I ва E нинг йўналишлари қарама - қарши бўлса, ЭЮК манбаси истеъмол қилади ва EI кўпайтма қувватлар баланси тенгламасига манфий ишора билан киради.

$$\sum I^2 R = \sum EI. \quad (3.12)$$

Агар схеманинг a тугунига ток манбаидан I_k ток кириб, b тугунидан чиқиб кетаяпти деб фараз қилсак, ток манбаси бераётган қувват $U_{ab} \cdot I_k$ га тенг бўлади. У ҳолатда қувватлар баланси тенгламаси қуйидаги кўринишда бўлади

$$\sum I^2 R = \sum EI + \sum U_{ab} I_k. \quad (3.13)$$

Баъзи бир ҳолларда электр занжирларининг бир учини ёки берк контуридаги электр ҳолатни таҳлил қилиш учун занжир қисми ёки контур бўйлаб потенциалларнинг тақсимланиш графиги қурилади. Занжир қисмининг ёки контурнинг ҳар бир нуқтаси учун потенциал диаграммада тегишли ўз нуқтаси бўлади. Абцисса ўқида контурдаги

ихтиёрий бир нуқтадан бошлаб қаршиликларнинг қийматлари қўйилади, ординаталар ўқида нуқталарнинг потенциаллари белгиланади. Координата текислигидаги нуқталарни туташтирувчи чизик занжир участкасининг ёки контурнинг потенциал диаграммаси дейилади.

Чизикли ўзгармас тоқлар темасидаги қўрилган материаллар кейинги мавзуларни ўрганишда алоҳида аҳамиятга эга. Қўриб чиқилган мураккаб занжирларни ҳисоблаш усуллари, ўзгарувчан тоқ занжирлари учун ҳам қўлланилиши мумкин.

2. Электр занжирида тоқ манбаини ЭЮК манбаига алмаштириш ва занжир учун Кирхгоф қонунлари бўйича тенгламалар тузиш

Ўқитувчи томонидан берилган вариант бўйича электр занжир параметрларини 1-жадвалга ёзамиз ва ҳисобланадиган схемани чизамиз. Схема 2.1-расмда келтирилган.

1-жадвал

R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	E_2	E_3	I_{K2}	I_{K3}
Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	В	В	А	А
13	5	2	8	11	15	12	16	0	2

I_{K2} тоқли тоқ манбасини ЭЮК манбаига алмаштирамиз ва уни E_2 ЭЮК билан қўшиб, $E_{2,0}$ ни топамиз:

$$E_2 = I_{K2} \cdot R_2 = 0 \text{ В}$$

$$E_{20} = E_2 + E'_2 = 12 \text{ В}$$

I_{K3} тоқли тоқ манбасини ЭЮК манбаига алмаштирамиз ва уни E_3 ЭЮК билан қўшиб, $E_{3,0}$ ни топамиз:

$$E'_3 = I_{K3} \cdot R_3 = 32 \text{ В}$$

$$E_{30} = E_3 + E'_3 = 48 \text{ В}$$

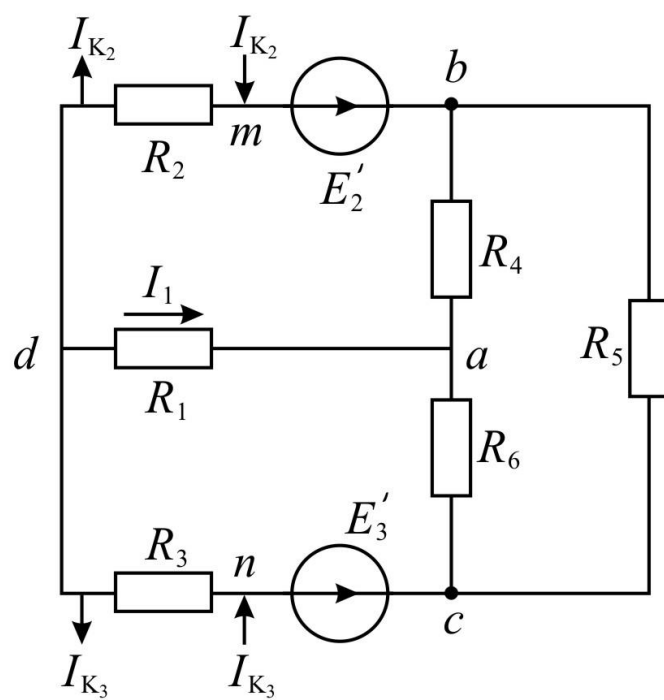
Энди схема 2.2-расмдаги ҳолатга келади.

Занжирни ҳисоблашда Кирхгоф қонунлари асосида тенгламалар системасини тузиш учун қуйидагиларни бажарамиз:

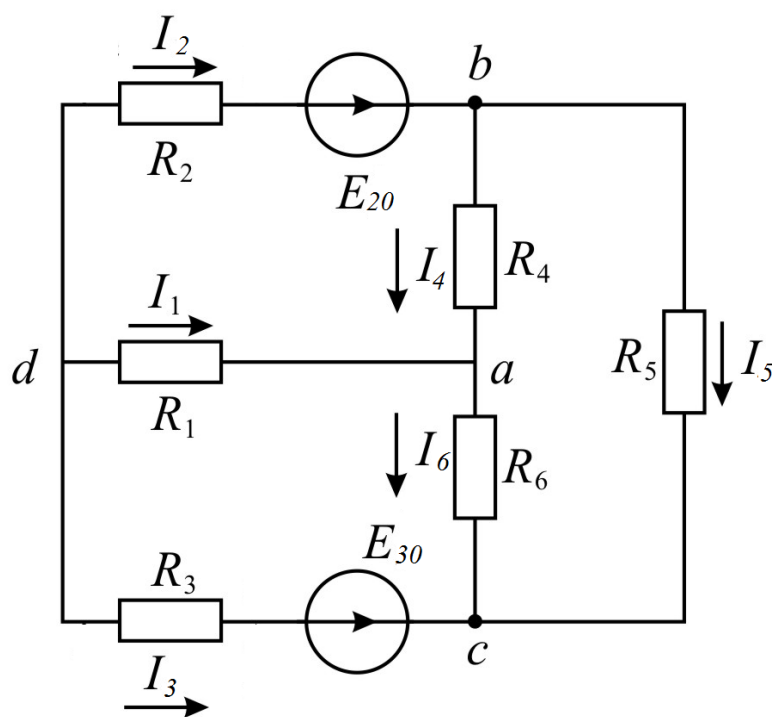
а) 2.2-расмдаги схема тармоқ тоқлари мусбат йўналишини ихтиёрий қўямиз.

б) контурни айланиш йўналишини танлаймиз, одатда соат стрелкаси бўйича йўналиш мусбат йўналиш деб қабул қилинади;

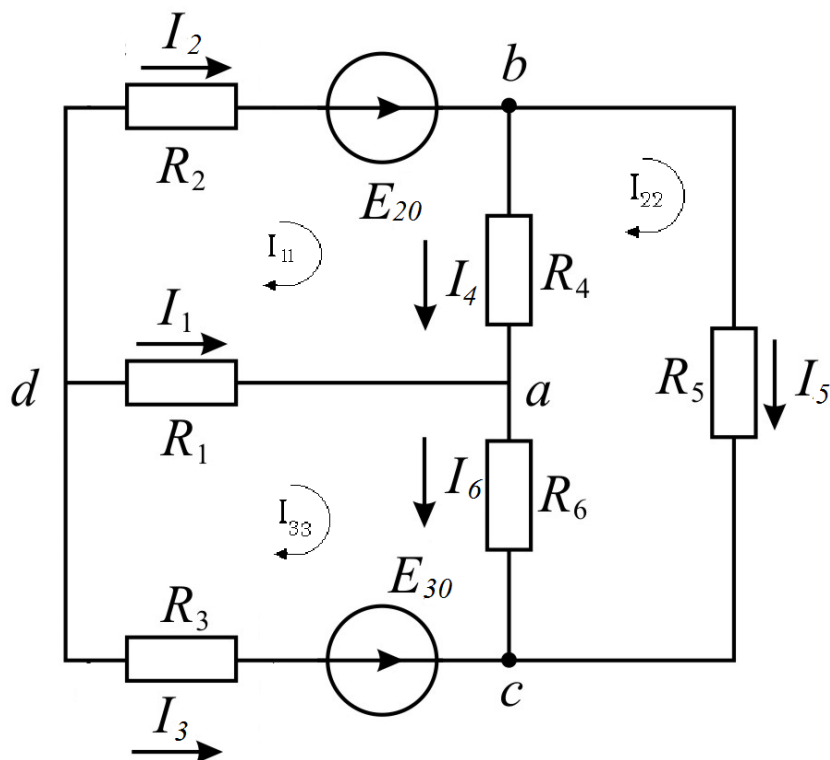
в) Кирхгофнинг 1-қонуни бўйича тугунлар сонидан битта сонга кам мустақил тенгламалар системасини тузамиз. Бизнинг схемада тугунлар сони 4 та, шунинг учун Кирхгофнинг 1-қонунига биноан 3 та тенглама тузамиз:



2.1-расм



2.2-расм



2.3-расм

«d» тугун учун	$I_2 + I_1 + I_3 = 0$	
«b» тугун учун	$I_2 - I_4 - I_5 = 0$	(2.1)
«c» тугун учун	$I_3 + I_6 + I_5 = 0$	

Кирхгофнинг иккинчи қонунига асосан в-(у-1) та тенглама тузамиз; бу ерда в- тармоқлар сони, у- тугунлар сони.

Бизнинг схема учун $6 - (4 - 1) = 3$. Демак,

«dbc» контур учун	$I_2 R_2 + I_4 R_4 - I_1 R_1 = E_{20}$	
«bca» контур учун	$-I_4 R_4 + I_5 R_5 - I_6 R_6 = 0$	(2.2)
«dac» контур учун	$-I_3 R_3 + I_6 R_6 + I_1 R_1 = -E_{30}$	

(2.1) ва (2.2) тенгламалар системасини биргаликда ечими схема тармоқ тоқларини аниқлашга имкон беради.

3. Электр занжирини контур тоқлари усули билан ҳисоблаш

Контур токлари усули билан схема тармоқ токларини аниқлаш учун 2.2-расмдаги схемани тармоқ токлари йўналишини кўрсатмаган холда 2.3-расмдаги кўринишда қайта чизамиз. Бу ерда ҳар бир мустақил контурда ўз контур токи оқади деб фараз қиламиз.

Дастлаб контур токлари учун тенгламалар тузиб, уларни биргаликда ечиб, сўнг контур токлари орқали тармоқ токларини аниқлаймиз.

Номаолумлар сони Кирхгофнинг 2-қонуни бўйича тузилган тенгламалар сонига тенг бўлиши керак. 2.3-расмда кўрсатилганидек, уч мустақил контур учун контур токларини I_{11} , I_{22} , I_{33} орқали белгилаймиз. Уларнинг йўналишини ихтиёрий танлаш мумкин. Биз қараётган холда контур токлари ва контурлар учун айланиш йўналишини соат стрелкаси бўйича оламиз. Унда Кирхгофнинг 2-қонунига биноан:

$$\begin{aligned} I_{11}(R_2 + R_4 + R_1) - I_{22}R_4 - I_{33}R_1 &= E_{20} \\ -I_{11}R_4 + I_{22}(R_4 + R_5 + R_6) - I_{33}R_6 &= 0 \\ -I_{11}R_1 - I_{22}R_6 + I_{33}(R_1 + R_6 + R_3) &= -E_{30} \end{aligned} \quad (3)$$

Энди қуйидагича белгилаш киритамиз:

$$I_{11} = X_1; \quad I_{22} = X_2; \quad I_{33} = X_3.$$

ЭЮК ва қаршиликларнинг сон қийматларини (3) га қўйиб қуйидаги тенгламалар системасини ҳосил қиламиз:

$$\begin{aligned} 26X_1 - 8X_2 - 13X_3 &= 12 \\ -8X_1 + 34X_2 - 15X_3 &= 0 \\ -13X_1 - 15X_2 + 30X_3 &= -48 \end{aligned} \quad (4)$$

$$X_1 = 0,052$$

$$X_2 = 0,04$$

$$X_3 = 0,023$$

Демак, $I_1 = I_{11} - I_{33} = 0,029 \text{ A}$

$$I_2 = I_{11} = 0,052 \text{ A}$$

$$I_3 = I_{33} = 0,023 \text{ A}$$

$$I_4 = I_{11} - I_{22} = 0,012 \text{ A}$$

$$I_5 = I_{22} = 0,04 \text{ A}$$

$$I_6 = I_{33} - I_{22} = -0,017 \text{ A}.$$

Тармоқ токларини аниқлашда ҳосил бўлган манфий ишоралар тармоқ токларининг ҳақиқий йўналиши контур токларининг мусбат йўналишига нисбатан тескари эканлигини билдиради. Токларнинг ҳақиқий йўналиши 3-расмда штрих чизиқлар билан кўрсатилган.

4. Электр занжирини тугун потенциаллари усули билан ҳисоблаш

Номаолум миқдор сифатида схема тугунларининг потенциаллари олиниб ва улар орқали электр занжирини ҳисоблаш тугун потенциаллари усули дейилади.

Бизнинг схемамизда 4 та тугун бор, «с» тугунни ерга уланган деб фараз қиламиз ва бу тугун потенциали «0» га тенг деб қабул қиламиз. У ҳолда номаолумлар сони «3» га тенг бўлади. Тугун потенциаллари усули билан ҳисоблашда номаолумлар сони Кирхгофнинг биринчи қонуни бўйича тузилган тенгламалар сонига тенг (4-расм).

Тармоқ токлари йўналишини ихтиёрий танлаб Кирхгофнинг 1-қонунига асосан a , b , d тугунлар учун тенгламалар тузамиз:

$$\text{«d» тугун учун} \quad I_2 + I_1 + I_3 = 0 \quad (5)$$

$$\text{«b» тугун учун} \quad I_2 - I_4 - I_5 = 0 \quad (6)$$

$$\text{«с» тугун учун} \quad I_3 + I_6 + I_5 = 0 \quad (7)$$

$$\text{Бунда} \quad I_1 = (\varphi_d - \varphi_a)g_1 \quad (8)$$

$$I_2 = [(\varphi_d - \varphi_b) + E_{20}]g_2 \quad (9)$$

$$I_3 = [(\varphi_d - \varphi_c) + E_{30}]g_3 \quad (10)$$

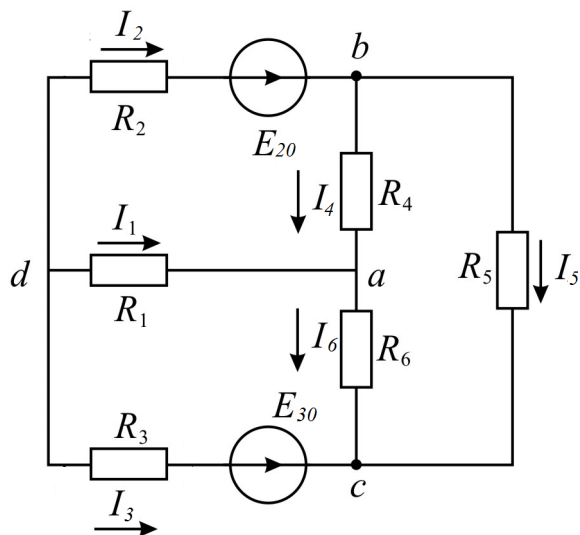
$$I_4 = (\varphi_b - \varphi_a)g_4 \quad (11)$$

$$I_5 = (\varphi_b - \varphi_c)g_5 \quad (12)$$

$$I_6 = (\varphi_a - \varphi_c)g_6 \quad (13)$$

Бу ерда φ - тугун потенциаллари; $g = 1/R$ тармоқ ўтказувчанлиги. Токларнинг бу ифодаларини (5), (6), (7) тенгламаларга қўйиб, математик алмаштиришлардан сўнг ва $\varphi_a = 0$ эканини ҳисобга олиб, қуйидаги тенгламалар системасини оламиз:

$$\begin{aligned} -\varphi_d(g_2 + g_1 + g_3) + \varphi_b g_2 + \varphi_c g_3 &= -E_{30}g_3 - E_{20}g_2 \\ \varphi_d g_2 - \varphi_b(g_2 + g_4 + g_5) + \varphi_c g_5 &= E_{20}g_2 \\ \varphi_d g_3 + \varphi_b g_5 - \varphi_c(g_3 + g_6 + g_5) &= E_{30}g_3 \end{aligned} \quad (14)$$



4-расм

Бу системадаги ўтказувчанлик, ЭЮК сон қийматларини қўйиб, ҳамда $\varphi_a = X_1$; $\varphi_b = X_2$; $\varphi_d = X_3$ белгилаш киритиб, қуйидагини ёзамиз:

$$\begin{aligned} -0,77X_1 + 0,02X_2 + 0,5X_3 &= 26,4 \\ 0,2X_1 - 0,28X_2 + 0,5X_3 &= -2,4 \\ 0,5X_1 + 0,09X_2 - 0,65X_3 &= 24 \end{aligned} \quad (15)$$

Тенгламалар системасини илова-1 даги дастур бўйича компютерда ечиб, a , b , d тугунлар потенциали сон қийматларини топамиз:

$$X_1 = 0,318 \quad (16)$$

$$X_2 = -0,159 \quad (17)$$

$$X_3 = 0,36 \quad (18)$$

Тармоқ тоқлари миқдорини аниқлаш учун потенциаллар сон қийматини (16), (17), (18) ва $\varphi_c = 0$ эканлигини ҳисобга олиб (8)-(13) ифодаларга қўямиз ва тоқларнинг қийматини топамиз.

$$I_1 = 0,024 \text{ A}$$

$$I_2 = 0,049 \text{ A}$$

$$I_3 = 0,023 \text{ A}$$

$$I_4 = 0,019 \text{ A}$$

$$I_5 = -0,04 \text{ A}$$

$$I_6 = -0,024 \text{ A}$$

«Минус» ишораси тоқнинг ҳақиқий йўналиши, ихтиёрий олинган йўналишга тескари эканлигини кўрсатади.

5. Ҳисоблаш натижаларини таққослаш ва

хисоблаш аниқлигини баҳолаш

Контур токлари ва тугун потенциаллари усуллари билан олинган хисоблаш натижаларини 2-жадвалга киритамиз ва токнинг ўртача қийматларини топиб, жадвалга ёзиб қўямиз.

2-жадвал

Токлар →	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6
Усул ↓	А	А	А	А	А	А
Контур токлари	0,029	0,051	0,023	0,012	0,04	0,017
Тугун потенциаллари	0,024	0,049	0,023	0,019	0,04	0,024
Токларнинг ўртача қиймати	0,026	0,05	0,023	0,014	0,04	0,016

2-жадвалда келтирилган натижаларни солиштириш шунини кўрсатадики, ҳар икки усул билан ҳисобланган ток қийматлари амалда бир-бирига тенг, бу ҳисоблаш тўғри бажарилганлигини кўрсатади.

Ҳисоблаш аниқлигини баҳолаш учун қувват балансини тузиш зарур. Бунда манбалар ва истеомолчилар қуввати алоҳида ҳисобланади. Ҳисоблашда ҳар бир тармоқ токининг ўртача қиймати олинади.

а) ЭЮК манбалари бераётган қувват:

$$P_m = E_{30}I_3 + E_2I_2 = 15 \cdot 0,095 + 25 \cdot 0,172 = 5,725 \text{ Вт}$$

б) схемада истеомол қилинаётган қувват:

$$P_{\text{ист}} = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 + I_3^2 R_3 + I_4^2 R_4 + I_5^2 R_5 + I_6^2 R_6 = 1,703 \text{ Вт}$$

в) нисбий хатолик

$$\gamma = \frac{P_m - P_{\text{ист}}}{P_m} \cdot 100\% = \frac{1,704 - 1,703}{1,704} \cdot 100\% = 0,5\%$$

шунини кўрсатадики, бажарилган ҳисоблар етарли даражада тўғридир. Хатолик арифметик амалларни бажаришда вергулдан кейинги рақамларнинг чекланганлиги туфайли ʻосил бўлган. Ҳисоблашлардаги нисбий хатоликка 2% гача рухсат берилади.

АДАБИЁТЛАР

1. Методические указания по расчету контрольных заданий по курсу «ТОЭ» (Линейные цепи постоянного тока). Учебно-производственная типография ФерПИ, 1985 (составители: Нигматов Ж.М. и др.).
2. Каримов А.С., Миръайдаров М.М. ва бошқалар. Электротехника ва электроника асослари (масалалар тўплами ва лаборатория ишлари). Тошкент, «Ўқитувчи», 1989.
3. Каримов А. С. Назарий электротехника. 1-том. Т.: Ўқитувчи, 2003.
4. Сборник задач по теоретическим основам электротехники. Под. ред. Л.А. Бессонова. М.: Высшая школа, 1988.
5. Нейман Л.Р., Демирчян К.С. Теоретические основы электротехники. Том 1. Ленинград, 1982.
6. Шебес М.Р. Задачник по теории линейных электрических цепей. М.: Высшая школа, 1982.
7. Сборник программированных задач по теоретическим основам электротехники. Под. ред. Н.Г. Максимовича и И.Б. Куделко. Л.: «Высшая школа», 1976.

