

Ўзбекистон Республикаси

Олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги

Андижон давлат университети

Физика-математика факультети

Физика йўналиши, III -босқич Ф1 гуруҳи талабаси

И.Абдурасулова

КУРС ИШИ

МАВЗУ: КИРХГОФ ҚОНУНЛАРИ

Илмий раҳбар:

катт.ўқит. Э.Мухтаров

Андижон-2017 й.

Р Е Ж А:

1. Кириш.

2. Кирхгофнинг биринчи қондаси.

3. Кирхгофнинг иккинчи қондаси.

4. Ўзгарувчан ток.

5. Ток кучи.

6. Хулоса.

Кириш. Кўпчилик амалий ва техник масалаларни ҳал этишда, ўзгармас электр токи мураккаб тармоқланган занжирининг қисмларидаги тоқларнинг ва кучланишларнинг қийматларини аниқлашда, шу қисмлардаги қаршилиқлар, тоқлар ва Э.Ю.К. ларни ўзаро боғланишларидан фойдаланишга тўғри келади. Ана шундай ҳисобларни **Кирхгоф қоидалари** анча енгиллаштиради.

Кирхгофнинг биринчи қоидаси занжирдан ўтаётган тоқнинг стационарлиги шартига асосланган. Бу шартга кўра ўзгармас тоқ ўтаётган ўтказгичнинг ҳеч бир нуқтасида электр зарядлари тўпланмаслиги керак. Кирхгофнинг қоидаларини таърифлашдан аввал, тугун тушунчасини киритиб олиш зарур. Электр занжирининг иккитадан ортиқ ўтказгичлар учрашадиган тармоқланиш нуқтасига тугун деб аталади.

Тугунга кираётган ва ундан чиқаётган тоқларнинг алгебраик йиғиндиси нолга тенг (1-қоида):

$$\sum_{k=1}^n I_k = 0 \quad (1)$$

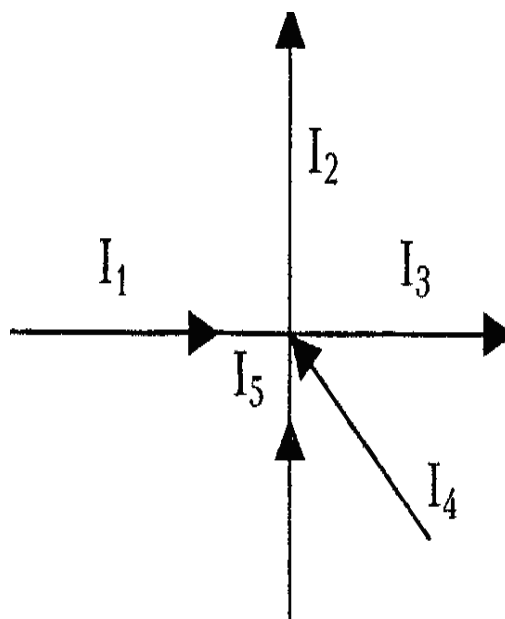
Одатда, тугунга келаётган тоқларни мусбат, ундан кетаётган тоқларни эса манфий ишора билан белгилаш қабул қилинган, масалан, 1-расмдаги А тугунда учрашаётган тоқли ўтказгичларга Кирхгофнинг 1-қоидасини тадбиқ қилиб юқоридаги шартга кўра (1) ифодани қуйидагича ёйиб ёзиш мумкин:

$$I_1 - I_2 - I_3 + I_4 + I_5 = 0 \quad (2)$$

Кирхгофнинг 2-қоидаси Ом қонунини тармоқланган электр занжир учун умумлаштиради ва унинг таърифи қуйидагича: Хар қандай ёпиқ

контурдаги потенциаллар тушувларининг алгебраик йиғиндиси шу контурдаги ток манбалари Э.Ю.К. ларининг алгебраик йиғиндисига тенг яъни:

$$\sum_{k=1}^n I_k R_k = \sum_{k=1}^n \varepsilon_k \quad (3)$$



1-расм.

Шуни таъкидлаш зарурки, соат стрелкасининг ҳаракат йўналиши билан бир хил йўналишга эга бўлган тоқларнинг ишораси мусбат, бу йўналишга тескари йўналган тоқларнинг ишораси эса манфий деб қабул қилинган. Контур қисмларидаги ток манбаларининг Э.Ю.К.ларини мусбат ишорали деб олиш учун улар соат стрелкасининг ҳаракати йўналишидаги тоқларни ҳосил қилишлари зарур.

Қуйидаги контурни соат стрелкасининг йўналиши бўйича кузатайлик (2-расм). Юқорида айтилган ишоралар қонунидан фойдаланиб, бу контурга Ом қонунини қўллаймиз, яъни:

$$I = \frac{(\varphi_1 - \varphi_2) + \varepsilon}{R + r} \quad (4)$$

(4) га асосан 2-расмдан

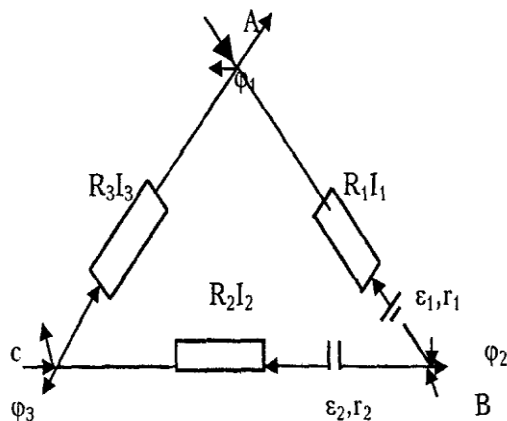
$$\begin{aligned} (\varphi_1 - \varphi_2) + \varepsilon_1 &= -I_1 R_1 - I_1 r_1 \\ (\varphi_2 - \varphi_3) + \varepsilon_2 &= I_2 R_2 + I_2 r_2 \\ (\varphi_3 - \varphi_1) &= I_3 R_3 \end{aligned} \quad (5)$$

бу ерда, $(\varphi_1 - \varphi_2)$ - занжирнинг АВ қисмидаги потенциаллар фарқи.

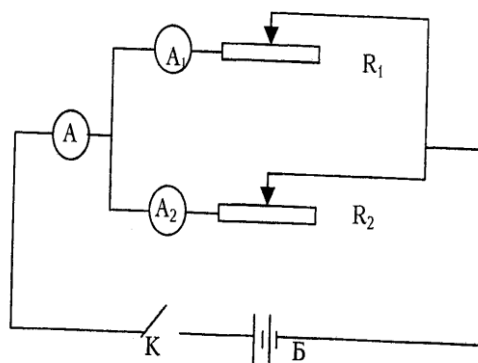
(5) тенгламалар системасини ҳадма-ҳад қўшиб қуйдаги тенгламани ҳосил қиламиз

$$\varepsilon_1 - \varepsilon_2 = I_2 R_2 + I_2 r_2 + I_3 R_3 - I_1 R_1 - I_1 r_1 \quad (6)$$

(6) тенглама берилган контур учун **Кирхгофнинг 2-қоида**сини ифодалайди.



2-расм



3-расм

Умуман айтганда, Кирхгофнинг қоидалари ўзгарувчан ток занжири учун ҳам тўғри бўлади, лекин ўзгарувчан ток квазистационар ток бўлиши керак. Шунингдек, ўзгарувчан токка бу қоидалар қўлланганда омик қаршилиқдан ташқари, сиғим ва индуктив қаршилиқларни ҳам ҳисобга олиш зарур. Эслатма сифатида шуни айтиш керакки, 102 - 103 Гц частотали тоқларни ҳам квазистационар тоқлар деб қараш мумкин.

Металл ўтказгичда электронлар ва кристалл панжаралар тугунчаларидаги ионлар юзага келтирган электростатик майдон ёки Кулон кучларининг майдони мавжуд бўлади. Лекин бу майдон электронларнинг тартибли ҳаракатининг сабаби бўла олмайди, чунки бу кучларнинг берк контур бўйлаб бажарадиган иши нолга тенг. Берк занжирдан ток ўтиб туриши учун контур бўйича бажарадиган иши нолдан фарқли бирор ташқи куч бўлиши керак, бу куч зарядли зарраларни ток манбаи ичида ҳаракатга келтиради. Заряд миқдори бўлган ҳолда, бу кучнинг бажарган иши $A = \varepsilon * q$ (7) га тенг бўлади. Бу ерда, ε -манбанинг электр юритувчи кучи бўлиб, у ток манбаи ташқи кучлари таъсирининг ўлчовидир. (7) формуладан

$$\varepsilon^* = A/q \quad (7)$$

Манба Э.Ю.К. миқдор жиҳатидан ташқи кучларнинг бир-бирлик мусбат зарядни берк занжир бўйлаб кўринишида бажарган ишини характерлайди.

Берк занжир учун Ом қонунига асосан

$$\varepsilon = IR + ir = U + ir \quad (8)$$

Э.Ю.К. берк занжирнинг ички (r) ва ташқи (R) қаршилигида потенциаллар тушувлари йиғиндисига тенг. Агарда ташқи қаршилик ички қаршиликдан жуда кичик бўлса, яъни $r \gg R$ бўлса, $E \gg U$ бўлади. Бу ҳолат манбанинг қисқа туташуви деб юритилади. Агарда $R \gg r$ бўлса, яъни занжир узилган бўлса, манбанинг э.ю.к. унинг қутбларидаги потенциаллар фаркига (кучланишга) тенг бўлади ($E=U$). Бундан кўринадики, ташқи занжир манбаига қўшилмаган вақтда вольтметр билан манбанинг қутблари орасидаги кучланишни ўлчаб манбанинг э.ю.к. ни аниқлаш мумкин. Э.ю.к. ни аниқлашнинг бошқа усуллари ҳам мавжуд, масалан, маълум қаршилик усули ва компенсация усули.

Лабораторияда манбанинг э.ю.к. ни аниқ ўлчаш учун компенсация усулидан фойдаланилади. Компенсация усули Кирхгофнинг қоидаларига асосланган бўлиб, қуйида биз шу усулни кўриб ўтамиз, бунинг учун эса - расмдаги схемадан фойдаланамиз.

Кирхгофнинг биринчи қоидасига асосан А тугун учун

$$I = I_4 - I_2 \quad (9)$$

Кирхгофнинг 2-қоидасига асосан $A\varepsilon_1CBA$ контур учун

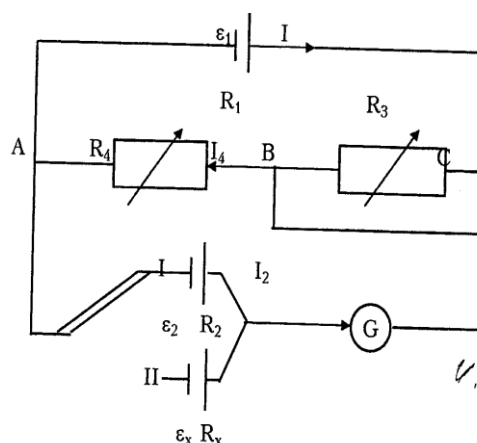
$$\varepsilon_1 = IR_1 + IR_3 + I_4 R_4 \quad (10)$$

$AB\varepsilon_2A$ контур учун эса

$$\varepsilon_2 - I_2 R_2 + I_4 R_4 \quad (11)$$

R_3 ва R_4 қаршиликларни шундай танлаймизки, гальванометрдан ўтаётган ток нолга тенг бўлсин, яъни $I_2 = 0$, у ҳолда

(9) формуладан $I = I_4$



4-расм

$$(10) \text{ формуладан } \varepsilon_1 = I(R_1 + R_3 + R_4) \quad (12)$$

$$(11) \text{ формуладан } \varepsilon_2 = I_4 R_4 = IR_4 \quad (13)$$

(12), (13) ифодаларни ҳадма-ҳад бўлиб

$$\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} = \frac{R_4}{R_1 + R_3 + R_4}, \quad \varepsilon_2 = \varepsilon_1 \frac{R_4}{R_1 + R_3 + R_4} \quad (14)$$

ни ҳосил қиламиз. Энди Π переключателни Π -ҳолатга қўйиб э.ю.к. номаълум бўлган ток манбаини занжирга улайлик. Бу ҳолда ҳам қаршиликлар

магазинидан қаршиликлар танлаб, гальванометр стрелкаси шкаланинг нолига келтирилади, бу ҳолда танланган қаршиликни R_x деб, ε_x учун

$$\varepsilon_x = \varepsilon_1 \frac{R_x}{R_1 + R_3 + R_4} \quad (15)$$

формулани оламиз.

(14) ва (15) ифодаларни ҳадма-ҳад бўлиб,

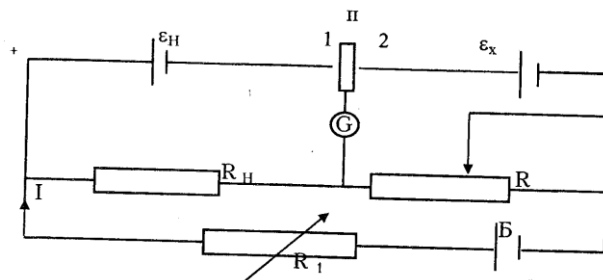
$$\varepsilon_x = \varepsilon_2 \frac{R_x}{R_4} \quad (16)$$

ифодани ҳосил қиламиз.

Шундай қилиб, элементларнинг э.ю.к.ларини таққослаш амалда компенсацион усулдан фойдаланиб топилган икки қаршиликни солиштиришдан иборат бўлар экан. (16) дан кўринадики, ε_1 ёрдамчи манба э.ю.к.ни ўлчаш учун керак эмас, лекин у ўлчаш вақтида ўзгармас бўлиши керак, шу билан бирга ε_x ва ε_x ларнинг қийматидан катта бўлиши керак.

Компенсацион усул билан ўлчаш олиб борилганда 62 манба сифатида нормал элемент ишлатилади, чунки унинг э.ю.к. катта аниқликда аниқланган бўлади. Компенцион усул билан ишлайдиган асбобларни потенциометрлар дейилади. Улар ўзгармас ва ўзгарувчан ток билан ишлайдиган потенциометрларга бўлинади. Биз ўзгармас ток потенциометри билан иш кўрамиз. Ўзгармас ток потенциометрлари ёрдамида ўлчаш усули қуйидагича бўлади. Аввало потенциометр учун маълум бир ишчи токнинг қиймати танланади. Бунинг учун (17-расм) переключатель П биринчи ҳолатга

қўйилади ва R_1 қаршилик галванометр ток ўтмаётган ҳолатни кўрсатгунгача ўзгартирилади.



5-расм.

$$\text{Бу ҳолат} \quad \varepsilon_n = IR_n \quad (17)$$

бўлганда юз беради. Шу формуладан потенциометрнинг ишчи токини топиш мумкин. Схемадаги белгилар: ε_n -нормал элементнинг э.ю.к.; ε_x - ўлчанадиган э.ю.к.; Б-ёрдамчи ток манбаи; R_1 - реостат; R_n - намунали резистор, унинг қаршилиги потенциометрнинг ишчи токи I ва нормал элементнинг ε_n - Э.Ю.К. ларига боғлиқ ҳолда танланади.

Ишчи ток аниқлангандан сўнг, Π переключатель 2-ҳолатга қўйилади. R қаршиликни ўзгартириб галванометрдан ўтаётган токнинг қиймати нолга келтирилади. Бу эса R қаршиликнинг бирор қийматида бўлади. У ҳолда

$$\varepsilon_x = IR_x \quad (18)$$

(17) ва (18) дан

$$\varepsilon_x = \varepsilon_n \frac{R_x}{R_n} \quad (19)$$

Ҳозирги вақтда саноатда вазифаларига қараб турлича ўзгармас ток потенциометрлари ишлаб чиқарилмоқда. Шулардан Р-304 типдаги ўзгармас ток потенциометридан фойдаланамиз.

Ўзгарувчан ток. Берк контурда ўзгарувчан электр юритувчи куч таъсирида ўзгарувчан ток ҳосил булади. Бундай ўзгарувчан токнинг кучи тармокланмаган ўтказгичнинг турли кесимларида бир хил булмаслиги мумкин. Ўзгармас ток қаноатлантирадиган ана шу асосий талабдан бундай чекинишга сабаб электромагнит тулқинларнинг чекли тезлик билан тарқалишидир.

Бироқ, ток кучи ва зарядларнинг тақсимланиши текширилаётган электр системанинг бир-биридан энг узоада ётган қисмлари орасидаги масофани электромагнит тулқинлар босиб утиши учун кетадиган t вақт ичида кам узгарса, юқоридагидек чекиниш аҳамиятга эга булмайди. Ана шу шартни қаноатлантирадиган тоқлар *квазистационар тоқлар* деб аталади. Квазистационар тоқлар ҳар бир пайтда Кирхгоф қонунларига бўйсунди.

Биз юқорида курдикки контур бир жинсли майдонда айланганда контур ураб турган юз орқали утаётган магнит индукция оқими даврий равишда узгариб туради. Шунинг натижасида контурда даврий равишда узгарадиган ток индукцияланади. Бу процесснинг табиати билан муфассалроқ танишайлик.

Рамка магнит майдонда ω бурчак тезлик билан айланган вақтда рамканинг контури ўраб турган юз орқали утадиган индукция оқими Φ вақт t га қараб куйидаги қонун билан узгаришини курсатган эдик:

$$\Phi = \Phi_0 \cos \omega t, \quad (20)$$

бу ерда Φ_0 — контур чегаралаб турган юздан ўтувчи оқимнинг энг катта қиймати. Бунда занжирда ҳосил буладиган электр юритувчи куч қуйидагига тенг булади:.

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt} = \omega \Phi_0 \sin \omega t = \mathcal{E}_0 \sin \omega t. \quad (21)$$

Бу — узгарувчан электр юритувчи кучнинг вақдта қараб синусоидал қонун билан узгарадиган энг содда ҳолидир. $\mathcal{E}_0 = \omega \Phi_0$ катталик электр юритувчи кучнинг энг катта қиймати бўлиб, у электр юритувчи кучнинг *амплитудаси* деб аталади.

Контурда бирламчи токнинг кучи узгариб турганлиги сабабли, унда ташқи электр юритувчи куч (ξ) дан ташқари узиндукция электр юритувчи кучи ҳам пайдо булади.

L - биз текшираётган занжириинг узиндукция коэффиценти булсин. Маълумки, узиндукция электр юритувчи кучи қуйидагига тенг булади:

$$\mathcal{E}_{si} = -L \frac{di}{dt}. \quad (22)$$

Электр юритувчи кучларнинг $\xi + \mathcal{E}_{si}$ йигиндиси, Кирхгоф қонунига биноан, контур қаршилиги билан ундаги ток кучининг купайтмасига тенг:

$$IR = \xi + \mathcal{E}_{si}. \quad (23)$$

(23) формуладаги ξ ва $\mathcal{E}_{si}$ ларнинг урнига уларнинг (21) ва (22) дан олинган қийматларини қўйсақ қуйидагига эга буламиз:

$$RI + L \frac{dI}{dt} = \xi_0 \sin \omega t. \quad (24)$$

Бу муносабат маълум электр юритувчи куч $\xi = \xi_0 \sin \omega t$ таъсир этаётган ва маълум узиндукция коэффиценти L га ҳамда маълум қаршилик R га эга булган контурдаги ток кучини белгилаб берадиган дифференциал тенгламадир. Бу тенгламанинг I ток кучига тегишли хусусий ечимини ток вақтнинг даврий функциясидир ва унинг даври электр юритувчи кучнинг даврига тенг деб фараз қилиб излаймиз, яъни I ток кучининг ифодасини қуйидаги қурунишда излаймиз:

$$I = I_0 \sin(\omega t - \varphi), \quad (25)$$

бу ерда I_0 ва φ катталиклар биз топишимиз зарур булган узгармас катталиклар. Бу ифодани (24) тенгламага қуйиб ва дифференциаллаш амалини бажариб, қуйидаги тенгликни топамиз:

$$RI_0 \sin(\omega t - \varphi) + L I_0 \omega \cos(\omega t - \varphi) = \xi_0 \sin \omega t, \quad (26)$$

ёки

$$RI_0(\sin \omega t \cos \varphi - \sin \varphi \cos \omega t) + L I_0 \omega (\cos \omega t \cos \varphi + \sin \omega t \sin \varphi) - \xi_0 \sin \omega t = 0$$

Бу тенглик ҳар бир пайтда ҳам уринли булиши учун $\sin \omega t$ ва $\cos \omega t$ ларнинг олдидаги коэффицентлар алоҳида-алоҳида нолга тенг булиши зарур; бу шартдан қуйидаги икки тенглама келиб чиқади

$$\left. \begin{aligned} L I_0 \omega \cos \varphi - R I_0 \sin \varphi &= 0, \\ L I_0 \omega \sin \varphi + R I_0 \cos \varphi - \xi_0 &= 0; \end{aligned} \right\} \quad (27)$$

бу тенгламаларнинг кейингисини қуйидаги қурунишда ёзамиз:

$$L I_0 \omega \sin \varphi + R I_0 \cos \varphi = \mathcal{E}_0. \quad (28)$$

(27) тенгламалардан биринчисининг иккала ҳадини ҳам $R I_0 \cos \varphi$ га булгандан кейин қуйидагини топамиз:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{L \omega}{R}. \quad (29)$$

(27) тенгламаларнинг биринчисини ва (28) тенгликни квадратга кутариб, бир-бирига қўшсак, қуйидагига эга буламиз:

$$I_0^2 (L^2 \omega^2 + R^2) = \mathcal{E}_0^2,$$

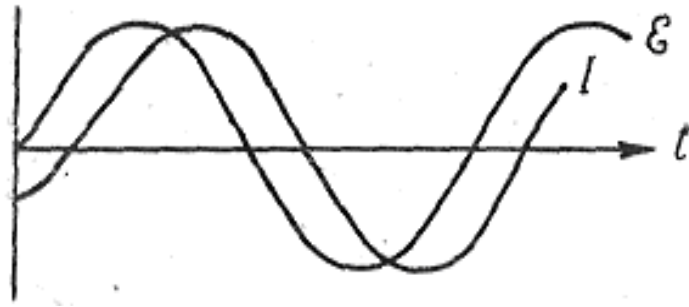
бундан

$$I_0 = \frac{\mathcal{E}_0}{\sqrt{L^2 \omega^2 + R^2}}. \quad (30)$$

(29) ва (30) ифодалар номаълум узгармас катталиклар (I_0 ва φ) ни аниқлайди. I_0 ва φ ларнинг бу қийматларига асосан, (26) муносабатдан текширилатган занжирдаги I_0 ток кучининг қуйидаги ифодасини топамиз:

$$I = \frac{\mathcal{E}_0}{\sqrt{L^2 \omega^2 + R^2}} \cdot \sin \left(\omega t - \arctg \frac{L \omega}{R} \right). \quad (31)$$

Бу формулани индукция электр юритувчи кучининг (22) ифодаси билан таққосласак, ток I ҳам, электр юритувчи куч ξ ҳам синусоида билан характерланишини, бироқ бу синусоидаларнинг фазалари узаро φ бурчакка фарқ қилишини кўрамиз. Ток билан электр юритувчи куч узларининг энг катта ва энг кичик қийматларига бир вақтда эришмайди ва бир вақтда нолга тенглашмайди. 6- расмда фазалар фарқининг ихтиёрий бир φ қиймати учун



**6-расм. Ўзиндукцияга эга бўлган занжирдаги ўзгарувчан ток
учун ξ электр юритувчи куч билан I ток кучининг ўзгаришини
тасвирлайдиган эгри чизиқлар**

электр юритувчи куч ξ билан ток кучи I нинг вақтга қараб ўзгариши график равишда тасвирланган. Маълум бир ω частота учун электр юритувчи куч билан ток кучи орасидаги фазалар фарқи L/R нисбатга боғлиқ бўлиши (9) муносабатдан қурилиб турибди. L/R нисбат қанча катта бўлса, $\tan \varphi$ ҳам, яъни фазалар фарқи φ ҳам шунча катта бўлади; $L \neq 0$ да занжирнинг қаршилигини нолга тенг деб ҳисоблаш мумкин бўлган шароитда φ энг катта қийматга эришади, бу вақтда $\tan \varphi$ чексиз қийматга эга бўлади, шунга биноан

$$\varphi = \frac{\pi}{2},$$

яъни ток электр юритувчи кучдан чорак давр орада қолади. Ток кучининг I_0 амплитудаси билан электр юритувчи кучнинг ξ_0 амплитудаси орасидаги боғланишни ифодаловчи (30) формула Ом қонунига ўхшайди, бунда

$$Z = \sqrt{R^2 + L^2 \omega^2} \quad (32)$$

катталиқ қаршилик вазифасини ўтайди. Бу катталиқ тўлиқ қаршилик (ёки туюлма қаршилик, ёки занжирнинг *импеданси*) деб атадади. $L\omega$ катталиқ

индуктив қаршилик деб аталади. Индуктив қаршиликни R_ω билан белгилаймиз:

$$R_\omega = L\omega. \quad (33)$$

Кўриниб турибдики, ток кучининг амплитудаси тўлиқ Z қаршиликка боғлиқ экан. Омик қаршилик R нинг муайян қийматида узиндукция коэффиценти L ва ω частота қанча катта булса, тулик қаршилик ҳам шунча катта бўлар экан.

Ўзгарувчан токни белгилайдиган катталикларни график усулда характерлаш учун (33) формуладан фойдаланиш мумкин. Бунинг учун (33) ни қуйидаги кўринишда ёзамиз:

$$RI_0 \sin(\omega t - \varphi) + LI_0 \omega \sin\left(\omega t - \varphi + \frac{\pi}{2}\right) = \xi_0 \sin \omega t \quad (34)$$

Тенгликнинг чап томонида турган ҳадлар даврлари бир хил, бироқ фазаларининг фарқи $\pi/2$ га тенг бўлган иккита гармоник тебранишнинг йиғиндисидан иборат. Бу тебранишларнинг амплитудалари RI_0 ва $LI_0\omega$ ларга тенг. Бу тебранишларнинг натижавий қийматини топиш учун, амплитудаларни график усулда бир-бирига қўшиш керак. Бунинг учун (7-расм) RI_0 амплитуда векторини OX ўққа нисбатан $\omega t - \varphi$ бурчак остида, $LI_0\omega$ амплитуда векторини эса $\omega t - \varphi + \pi/2$ бурчак остида чизамиз, (34) га биноан, бу амплитудаларнинг геометрик йиғиндиси электр юритувчи куч амплитудаси ξ_0 нинг вектори бўлади. Чизмада RI_0 амплитуда билан ξ_0 амплитуда орасидаги бурчак φ га тенг эканлиги кўриниб турибди, чунки:

$$\frac{LI_0\omega}{RI_0} = \frac{L\omega}{R} = \operatorname{tg} \varphi.$$

ξ_0 амплитуда векторининг OX ўқдаги проекцияси исталган пайтда электр юритувчи кучнинг қийматини билдиради. RI_0 ва $L\omega I_0$ векторларнинг худди ўша ўқдаги проекциялари мос равишда омик қаршилик натижасида ҳамда ўзиндукция ҳодисаси натижасида контурда ҳосил бўлган потенциаллар айирмаларини билдиради. Oab учбурчакдан φ бурчакнинг тангенсини I_0 , нинг қийматига боғлиқ эмаслиги кўриниб турибди, шу сабабли омик ва индуктив қаршиликлар маълум бўлган ҳолда фазалар фарқи билан тўлиқ қаршиликни график усулда топиш учун катетлари R ва $L\omega$ ларга тенг бўлган тўғри бурчакли учбурчак чизиш керак; бундан учбурчакнинг AB гипотенузаси (8-расм) тўлиқ қаршилик га, φ бурчак эса ток билан электр юритувчи куч

$$(z = \sqrt{R^2 + L^2\omega^2})$$

орасидаги фазалар силжишига тенг бўлади.

Шу вақтга қадар биз (25) тенгламанинг фақат хусусий ечимидан фойдаланиб келдик. (25) тенгламанинг тўлиқ ечимини олиш учун унинг хусусий (31) ечимига (25) га мос бўлган бир жинсли

$$RI + L \frac{dI}{dt} = 0$$

тенгламанинг умумий ечимини қўшиш керак. Бу бир жинсли тенгламанинг ечими

$$I = Ae^{-\frac{R}{L}t}$$

кўринишга эга, бунда A — ўзгармас катталиқ бўлиб, бошланғич шартларга кўра топилади. Бу ечим токнинг вақт ўтиши билан камайиб борадиган ва тезда нолга тенг бўлиб қоладиган қисмини ифодалайди. Шундай қилиб, фақат, барқарор токнинг ифодасигина аҳамиятга эга бўлади. Бу ифода (31) ечимнинг ўзгинасидир.

Агар ўтказгичнинг икки нуқтаси орасидаги потенциаллар айирмаси доимий сақланса ($\varphi_1 - \varphi_2 = \text{const}$), ўтказгич ичида нолдан фарқли майдон ҳосил бўлади. Бу майдон ўтказгичдаги эркин зарядларнинг бир томонга йўналган тартибли ҳаракатини юзага келтиради. Бу ҳолда мусбат зарядлар ўтказгичнинг катта потенциалли нуқтасидан кичик потенциалли нуқтасига, манфий зарядлар эса, аксинча ҳаракатланадилар.

Электр зарядининг тартибли ҳаракатига **электр токи** деб айтилади.

Электр токини металлларда эркин электронларнинг, электролитларда мусбат ва манфий ионларнинг, газларда эса мусбат, манфий ионлар ва электронларнинг ҳаракати ҳосил қилади.

Ток кучи деб, ўтказгичнинг кўндаланг кесими юзасидан вақт бирлиги ичида ўтган электр зарядига миқдор жиҳатдан тенг бўлган физик катталиққа айтилади.

$$I = \frac{dq}{dt} . \quad (35)$$

Токнинг кучи ва йўналиши вақт ўтиши билан ўзгармай қоладиган бўлса, уни **ўзгармас ток** деб аталади:

$$I = \frac{q}{t} . \quad (36)$$

ХБ тизимида ток кучининг бирлиги Ампер (A) билан ўлчанади. 1 Ампер – ўтказгичнинг кўндаланг кесимидан 1 секунд ичида 1 Кулон заряд миқдори ўтишини кўрсатувчи катталиқдир.

Агар ток кучи ўтказгичнинг кўндаланг кесими бўйича бир жинсли бўлмаса, у ҳолда ўтказгичнинг кўндаланг кесими бўйича ток кучининг тақсимланишини ифодалаш учун ток кучининг зичлиги деб аталувчи физик катталик тушунчаси киритилади.

$$j = \frac{dI}{dS_{\perp}} = \frac{dI}{dS \cos \alpha} , \quad (37)$$

бу ерда α - dS юза билан унга ўтказилган $\vec{n}$ нормал орасидаги бурчакдир. Бу ифодадан ўтказгичнинг ихтиёрий юзасидан ўтаётган ток кучини ҳисоблаб топиш мумкин

$$I = \int_S j dS_{\perp} = \int_S j dS \cos \alpha . \quad (38)$$

Ток кучининг зичлиги деб, ўтказгичнинг бир бирлик кўндаланг кесим юзасидан ўтган ток кучига миқдор жиҳатдан тенг бўлган физик катталикка айтилади.

Ўтказгичнинг ичида, Кулон кучи ҳосил қилган майдоннинг кучланганлиги $\vec{E}$, ўтказгичнинг икки учидаги потенциаллар фарқи йўқолгунча сақланади. Демак, занжирда узлуксиз ўзгармас ток ўтиб туриши учун, Кулон кучидан ташқари потенциаллар фарқини ҳосил қилувчи ташқи

ноэлектрик кучлар мавжуд бўлиши зарур. Бундай кучларни **электрга ёт кучлар** деб атаймиз.

Электрга ёт кучлар узлуксиз токни таъминлаб туриши учун ҳар хил ишорали зарядларни ажратиб, потенциаллар фарқини доимий сақлаб туради. Бундай электрга ёт кучларни электр энергия манбалари (гальваник элементлар, аккумуляторлар, электр генераторлари) етказиб туради.

Электрга ёт кучларни ҳосил қилувчи қурилмалар **ток манбалари** деб аталади.

Ток манбалари ичида электрга ёт кучларнинг иш бажариши натижасида, у ёки бу энергия тури электр энергияга айланади. Шу сабабли бу куч электр юритувчи куч (**ЭЮК**) деб аталади.

$$\varepsilon = \frac{A}{q} \quad , \quad (39)$$

Манбанинг **ЭЮК** занжир очик бўлганда, унинг қутбларидаги потенциаллар айирмасига тенг бўлади ва Вольтларда ўлчанади.

ХУЛОСА

Хулоса қилиб айтганда Кирхгоф қоидалари амалий ва техник масалаларни ҳал этишда, ўзгармас электр токи мураккаб тармоқланган занжирининг қисмларидаги тоқларнинг ва кучланишларнинг қийматларини аниқлашда, шу қисмлардаги қаршилиқлар, тоқлар ва Э.Ю.К. ларни ўзаро боғланишларидан фойдаланишга тўғри келади. Ана шундай ҳисобларни анча енгиллаштиришини кўриб чиқдик.

Умуман айтганда, Кирхгофнинг қоидалари ўзгарувчан тоқ занжири учун ҳам тўғри бўлади, лекин ўзгарувчан тоқ квазистационар тоқ бўлиши керак. Шунингдек, ўзгарувчан тоққа бу қоидалар қўлланганда омик қаршилиқдан ташқари, сиғим ва индуктив қаршилиқларни ҳам ҳисобга олиш зарур. Эслатма сифатида шуни айтиш керакки, 102 - 103 Гц частотали тоқларни ҳам квазистационар тоқлар деб қараш мумкин.

Лабораторияда манбанинг Э.Ю.К. ни аниқ ўлчаш учун компенсация усулидан фойдаланилади. Компенсация усули Кирхгофнинг қоидаларига асосланганлигини кўриб чиқдик.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР

1. Волкенштейн В.С. “Умумий физика” курси бўйича масалалар тўплами. Т. “Ўқитувчи”. 1981 йил.
2. Б.Ф.Избосаров. Электр курсидан услубий қўлланма. Навоий, 2002 йил.
3. Б.Ф.Избосаров, И.Р.Камолов, Магнетизм. Т. “Алоқачи”.
4. Савелев И.В., Умумий физика курси. II-том., Т. “Ўқитувчи”, 1973
5. М.Исмоилов, М.С.Юнусов. “Элементар физика курси”, Т., “Ўқитувчи”, 1989 й.