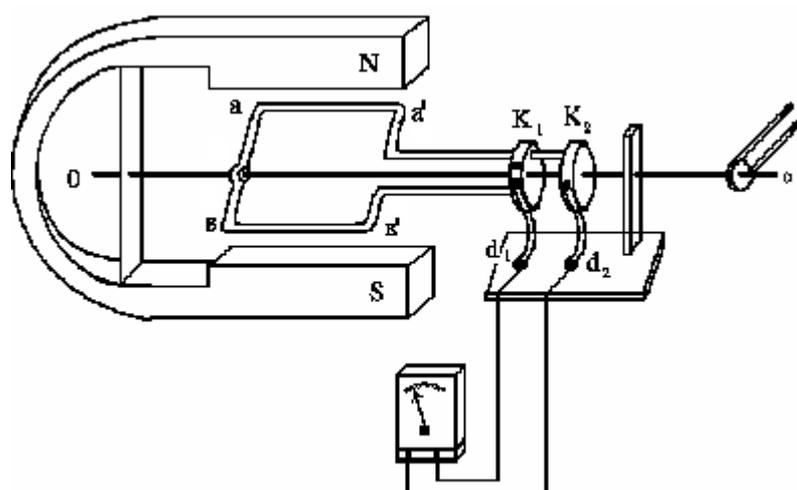


ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ
ВАЗИРЛИГИ

НИЗОМИЙ НОМИДАГИ ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ПЕДАГОГИКА
УНИВЕРСИТЕТИ

Ж.А.Тошхонова, Т. Ризаев, Х.М. Махмудова, Б.Н. Нуриллаев



Ўзгарувчан ток занжиридаги актив, индуктив, сиғим қаршиликлар ва уларга асосланган лаборатория ишларига доир.

Услубий қўлланма

Тошкент-2006

А Н Н О Т А Ц И Я

Мазкур «Ўзгарувчан ток занжиридаги актив, индуктив, сиғим қаршиликлар ва уларга асосланган лаборатория ишларига доир» деб номланган услубий қўлланма физика-астрономия, математика-информатика, касб таълими йўналишидаги бакалавриат талабалари учун мўлжалланган бўлиб, унда:

- ўзгарувчан ток занжири қисмларини ўрганиш ва улардан фойдаланиш масалалари атрафлича ёритилган.
- ўзгарувчан токдан фойдаланиб бажариладиган бир нечта лаборатория ишларининг тавсифномалари, мавзуга тегишли саволлар, тест топшириқлари ва бошқа зарур бўлган жадваллар, адабиётлар рўйхати киритилган.

Физпрактикум дарслиги йўқлигида талабалар ўқув қўлланма сифатида фойдаланишлари мумкин.

Муаллифлар: проф. Ж.А.Тошхонова,

пфн. Т.Ризаев,

пфн. Доц Х.М.Маҳмудова,

катта ўқит. Б.Н.Нуриллаев.

Тақризчилар: ф.м.ф.д., проф. К.Р.Насриддинов,

ф.м.ф.н., доц. Б.Ибрагимов,

п.ф.н., доц. М.Қурбонов.

Услубий қўлланма Низомий номидаги ТДПУ Илмий кенгашининг
2006 йил 26 январ даги - сонли қарори билан нашрга тавсия этилган.

© Низомий номидаги ТДПУ

С Ў З Б О Ш И

«Таълим тўғрисидаги» қонун ҳамда «Кадрлар тайёрлаш миллий дастури»нинг қабул қилинишидан ассосий мақсад юқори малакали мутахассис кадрларни тайёрлаш, таълим тизимида ўқув жараёнини узлуксиз такомиллаштириш, жумладан талабаларни илмий-назарий жиҳатдан пухта ўқув қўлланмалари билан таъминлаш ҳисобланади. Дарслик ва ўқув қўлланмаларни яратиш назарияси ва амалиётини таҳлил қилар эканмиз, сўнгги йилларда Олий ўқув юртлари учун фундаментал фанлар, жумладан физика фани, айниқса, ўзининг дидактик хусусиятлари жиҳатидан катта салмоққа эга бўлган физик практикумга тегишли ўзбек тилида ёзилган дарслик ва қўлланмалар етарли эмаслигига ишонч ҳосил қилдик. Эксперимент берадиган асосий билим, кўникма ва малака талабалар оладиган билимларнинг пойдевори ҳисобланади. Шу нуқтаи назардан Олий мактаблар физика практикуми дастурларига кирган лаборатория ишлари талабаларнинг ўқув семестрида бажариши лозим бўлган экспериментал топшириқлар фақат дарслик ва қўлланмаларда

тўлиқ акс эттирилган бўлиши ва талабалар оммасига ўз вақтида етказиб берилиши лозим деб ҳисоблаймиз.

Мазкур физикадан практикумга доир «Ўзгарувчан ток занжиридаги актив, индуктив, сиғим қаршиликлар ва уларга асосланган лаборатория ишларига доир» деб номланган ўқув қўлланма талабаларга билим бериш, уларда амалий кўникма ва малакаларни шакллантириш, ҳамда уларни физика фанига бўлган қизиқишларини орттириш масалаларига қаратилган.

Педагогика университети ва институтларининг физика, математика, касб-таълими бакалавр йўналишларида таълим олаётган талабаларга тавсия этилаётган ушбу қўлланма Низомий номидаги Тошкент давлат педагогика университети «Физика ва уни ўқитиш методикаси» кафедраси профессор-ўқитувчиларининг кўп йиллик иш тажрибалари асосида вужудга келди.

Умумий физика курси «Электр ва магнетизм» бўлимининг ўзгарувчан ток мавзулари бўйича тайёрланган ушбу қўлланмада ўзгарувчан ток ва унинг турмушда, фан ва техникада қўлланилиши доирасининг кенглигига ва талабаларнинг бу соҳадаги билимлари мустаҳкам бўлиши лозимлигига алоҳида эътибор қаратилди ва бир нечта лаборатория ишларининг тавсифномаси мужассамлаштирилди. Кўпчилик ҳолларда айтилишича бир лаборатория ишида бир неча усулдан фойдаланиб тегишли физик катталиқни аниқлаш ёки қонуниятни ўрганиш талаб этилса, бошқа ҳолларда айтилишича бир қурилма ёки мослама ёрдамида бир қатор машқларни бажариш мумкин. Бу машқларнинг ҳаммасини 2 соатлик машғулотда бажаришнинг иложи йўқ. Шу сабабли ўқитувчи томонидан талаба бажарадиган ишнинг ҳажми белгиланиши лозим.

Қўлланмада берилган ҳар бир амалий машғулотнинг тавсифида қатъий кетма-кетликка риоя қилинади. Дастлаб ишнинг мақсади, сўнгра иш тўғрисида аниқ назарий маълумотлар баён этилган. Ишнинг назарияси унинг тавсифида етарли даражада тўла ёритилган. Талаба ҳар бир лаборатория ишини бажаришда билиши зарур бўлган қўшимча маълумотларга қўлланмада етарлича ўрин ажратилган. Мавзуга оид адабиётлар ҳар бир ишнинг номи остида ўрта қавс ичида кўрсатилган. Адабиётлар рўйхати эса қўлланманинг охирида берилган. Ҳар бир лаборатория машқида ишни бажариш учун керакли асбоб ва материалларнинг номлари, қурилманинг тавсифи, ишнинг бажарилиш тартиби ва ниҳоят, лаборатория ишининг охирида талаба ўзининг назарий ва амалий билимларини текшириб кўриш учун синов саволлари келтирилган. Бундай саволномалар ва топшириқлар тўпламини тайёрлаш олий ва ўрта махсус таълим вазирлигининг «Фанлар бўйича саволномалар тўплами тўғрисида» ги «Кадрлар тайёрлаш миллий дастури»нинг иккинчи босқич вазифаларидан келиб чиқиб, ўқитиш сифатини ошириш, таълим тизимига демократик тамойилларни жорий этиш мақсадида» чиқарилган буйруғига (№ 237, 28.09.2001 й) мос келади. Республикамизда ўтказилаётган таълим соҳасидаги барча ислохотлар ва таълим муассасалари олдига қўйилаётган асосий вазифалар талабалар билим савиясини оширишга қаратилган.

Мустақил Ўзбекистонимизнинг келажagini дунёқараши кенг, техника сир асрорларини чуқур эгаллаган, юқори малакали мутахассисларсиз тасаввур қилиб бўлмайди. Бу эса ўз навбатида Олий ўқув юртлари ходимлари олдига ўқув жараёнини такомиллаштириш ва малакали мутахассислар тайёрлашдек оғир ва шарафли вазифани қўяди.

Бу вазифани бажариш учун асосан талабага билим бериш жараёнида кучли моддий техника базасидан фойдаланишни тақоза этади.

Қўлланмадаги лаборатория ишларининг деярли асосий қисми ҳозирги кунда педагогика университети ва институтларида ва кўпчилик умумтаълим мактаблари, академик лицей, ҳамда касб-ҳунар коллежларида мавжуд бўлган ёки устахоналарда яшаш имкони бўлган асбоблар ёрдамида қўйилиши мумкин. Шунингдек, ушбу қўлланма ёш ўқитувчилар ва талабаларнинг келгуси педагогик фаолиятларида катта ёрдам беради. Қўлланма Республикадаги педагогика университети ва институтларининг физика кафедралари қошидаги «Электр ва магнетизм» лабораторияларининг жиҳозланиши ва талабаларнинг келажакда умумтаълим мактаб ёки академик лицей ҳамда касб-ҳунар коллежлари ўқитувчилари бўлиб етишишини ҳисобга олган ҳолда яратилди. Келтирилган лаборатория ишлари шундай танланганки, уларнинг баъзилари олий ўқув юртлари дастурига мос келса, баъзилари талабаларнинг иш фаолиятларида ўқувчилар билан физик практик умумтаълим ўқитувчиларига фойдаланишга имкон беради. Қўлланма билан танишиб чиқиб, қўлланманинг яхшиланиши учун ўз қимматли маслаҳатларини аямаган устозлар ва касбдошларга муаллифлар олдиндан ўз миннатдорчиликларини билдирадилар.

Муаллифлар.

К И Р И Ш

Мамлакатимизда халқ хўжалигининг интенсив ўсиши, техниканинг мисли кўрилмаган даражада тез тараққий этиши, умуман, ҳар бир соҳада электр энергиядан кенг фойдаланиш, мамлакатни электрлаштириш ишларининг ютуқларидир. Ҳақиқатан ҳам, электр энергияси ҳозирги замон жамияти ҳаётида (масалан, автоматика, телеграф телефон, радио алоқаларида, саноат корхоналаридаги турли механизмларни ҳаракатга келтиришда) жуда муҳим рол ўйнайди. Мамлакатни электрлаштириш соҳасида яна ҳам самарали иш олиб бориш учун етарлича илмий ходим ва инженерлардан иборат кадрларга эга бўлиш керак. Бундай кадрларни тайёрлашда ўрта умумтаълим мактабларида бериладиган таълим муҳим аҳамиятга эга. Шу сабабли мактабда ҳар бир ўқитувчи ўқувчиларга фақат

фан асосларини ўргатиш билангина чегараланиб қолмасдан, уларнинг политехник савиясини кенгайтириш, олган билимларини турмушга татбиқ қилдира билиш ва уларнинг амалий фаолиятлари учун кенг йўл очиб беришда ўз меҳнатини аямаслиги керак. Ўқишни политехникалаштиришда физика фани муҳим ўрин эгаллайди. Физика курсининг электр бўлими, хусусан электр токи мавзуи бу соҳада катта аҳамиятга эга. Умумий физика курсининг ҳар бир мавзусини, шу жумладан, электр токи мавзусини ўтишда ўқитувчи шундай усулни қўллаши керакки, бунда талабалар ўрганилаётган ҳодисани кўз олдиларига келтирсинлар. Мана шундагина улар мавзуга доир асосий қонунлар ҳақида етарлича билимга эга бўлишлари мумкин. Бу эса ўқитувчидан дарс материалларини оғзаки баён этиш билан бир қаторда шу мавзуга доир тажрибалар ўтказишини тақоза қилади. Лаборатория ишларининг ҳар бири ўзига хос характерга эга бўлиб, маълум бир мақсадни кўзда тутди. Шунинг учун лаборатория ишлари ўтилган ёки янги баён этиладиган мавзуга доир ҳодиса ва жараёнларни равшан кўрсатиб бериши, яъни назарий билимни амалда тасдиқлаши лозим. Умумий физика курсида шундай мавзулар ҳам борки, улар юзасидан тажрибалар ўтказишда яқка асбоблар эмас, балки бир қанча асбоб ва жиҳозлардан ташкил топган қурилмалардан фойдаланишга тўғри келади.

Электр токи мавзуси бўйича ўтказиладиган тажрибаларнинг деярли ҳаммаси шулар жумласидандир. Шунинг учун электр токи мавзусига, шу жумладан, ушбу қўлланмада баён этилган ўзгарувчан ток мавзусига доир асбоблар алоҳида жиҳозлар тарзида эмас, балки махсус панелларга олдиндан ўрнатиб қўйилган қурилмалар тарзида тайёрланган бўлиши керак.

I БОБ

1-§. Электр токи ва уни тавсифловчи катталиклар

Маълумки, ҳар қандай ўтказгичда тартибсиз ҳаракатланувчи зарядланган зарралар мавжуд. Бу зарралар металл ўтказгичларда эркин электронлардан, электролитларда ионлардан, газларда эса ион ва электронлардан иборат. Ўтказгичга кучланиш берилганда ўтказгичда электр майдон ҳосил бўлади. Натижада тартибсиз ҳаракатланаётган зарядлар шу майдон таъсирида ўтказгичнинг бир томонига қараб кўча бошлайди. Бунда ўтказгичда электр токи пайдо бўлди деб айтаемиз. Демак, э л е к т р т о к и деганда ўтказгичда зарядланган заррачаларнинг бир томонга йўналтирилган ҳаракатини тушунар эканмиз.

Ток йўналиши: Ток йўналиши шу ўтказгичда ҳосил қилинган электр майдони йўналишига боғлиқ. Т о к й ў н а л и ш и қилиб (шартли равишда) занжирнинг ташқи қисмида манбанинг мусбат қутбидан манфий қутбига томон зарядланган зарралар йўналиши қабул қилинган. Бунда гўё мусбат зарядлар ҳаракатланади деб фараз қилинади. Холбуки, металл ўтказгичларда ток эркин электронлар ҳаракати натижасида ҳосил бўлади. Электронлар эса занжирнинг ташқи қисмида манбанинг манфий қутбидан мусбат қутбига томон ҳаракатланади, чунки улар манфий зарядланган зарралардир.

Ток кучи: Ўтказгичдан ўтаётган ток ҳар хил қийматга эга бўлиши мумкин. У т о к к у ч и деб аталувчи катталик орқали аниқланади. Ток кучи ўтказгичнинг кўндаланг кесими орқали вақт бирлиги ичида ўтган заряд миқдори билан ўлчанадиган катталикдир. Агар Δt вақт ичида ўтказгичнинг кўндаланг кесимидан бир текисда Δq миқдорда заряд

ўтаётган бўлса, у ҳолда занжирдаги ток кучи

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

(1-1) бўлади. Демак, ўтказгичдан ўтаётган ток стационар (барқарор) бўлганида, ток кучи ўтказгичнинг кўндаланг кесими орқали вақт бирлиги ичида

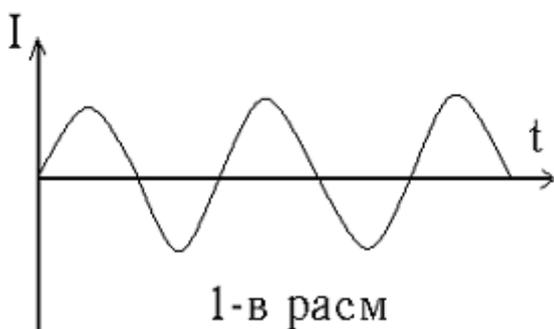
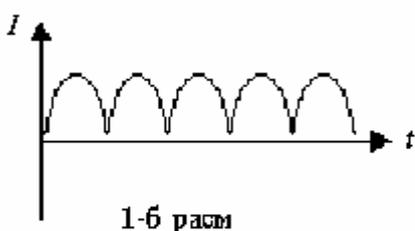
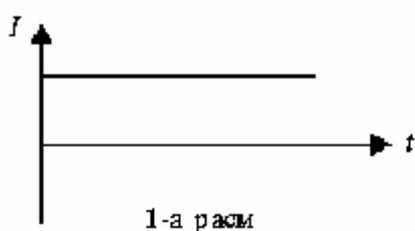
(бир секундда) ўтаётган заряд миқдорини кўрсатар экан. СИ бирликлар системасида ток кучининг бирлиги асосий birlik қилиб қабул қилинган. Бу birlik Ампер деб аталади. Заряд бирлиги эса

$$\Delta q = I \cdot \Delta t \quad (1-2) \text{ ифода}$$

орқали аниқланувчи ҳосилавий birlikдир. Ўтказгичдан $\Delta t = 1 \text{ секунд}$ вақт ичида ўтаётган ток кучи $I = 1 \text{ Ампер}$ бўлганда ўтказгичнинг кўндаланг кесими орқали ўтган заряд миқдори $1 \text{ А} \cdot \text{с} = 1 \text{ Кл}$ бўлади. Демак, бу ҳолда заряд миқдори ҳам 1 birlikка тенг бўлар экан: $1 \text{ Ампер} = 1 \text{ Кулон/секунд}$. Заряд бирлиги Кулон машҳур француз олими Кулон шарафига берилган.

Ўзгармас ва ўзгарувчан ток: Турмушда асосан ўзгармас ва ўзгарувчан ток қўлланилади. Агар ўтказгичдан ўтаётган ток ўз

йўналишини ўзгартирмасдан доимо ўтказгичнинг бир томонига ўтиб турса, бундай ток ўзгармас ток дейилади. 1-а расмда ўзгармас ток графиги тасвирланган.



Ўзгармас ток кучи (миқдори) даврий равишда ўзгариб турувчи, яъни гоҳ катталашиб, гоҳ кичрайиб турувчи ток ҳам бўлади.

Бундай ток пульсацияланиб турувчи ўзгармас ток дейилади. (1-б расм)

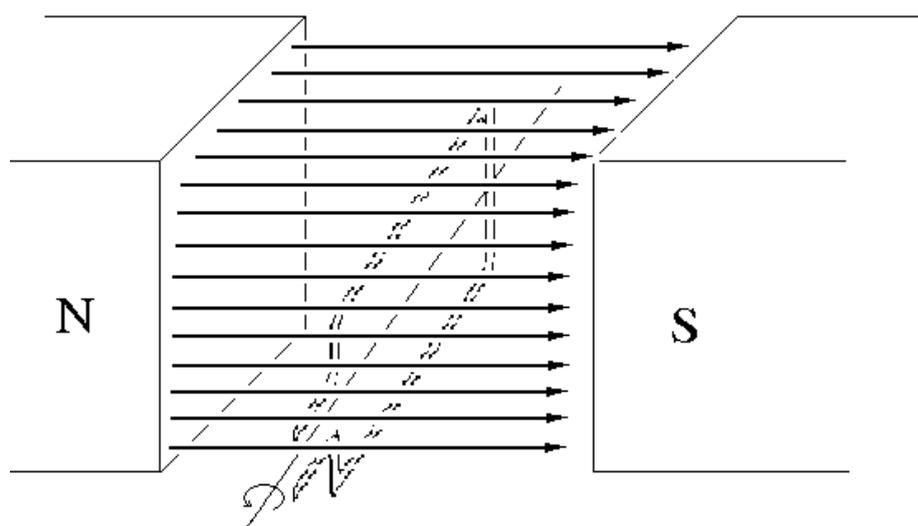
Агар ўтказгичдан ўтаётган ток даврий равишда ўз йўналишини ўзгартириб турса, бундай ток ўзгарувчан ток дейилади. Занжирда ўзгарувчан ток ҳосил қилиш учун занжирга ўзгарувчан кучланиш бериш талаб қилинади. Одатда, электр тармоқларида синус (\sin) ёки косинус (\cos) қонуни бўйича ўзгариб турадиган ўзгарувчан ток қўлланилади. Бундай токнинг оний қиймати $i = I_o \sin \omega t$ формула орқали аниқланади. Ўзгарувчан ток графиги 1-в расмда кўрсатилган. Ушбу қўлланмада синус (\sin) қонуни бўйича ўзгариб турувчи ток ҳақида сўз юритилади. Шу сабабли уни тавсифловчи катталиклар билан танишиб чиқайлик. Улар асосан қуйидагилардан иборат: 1) ўзгарувчан токнинг даври; 2) частотаси; 3) циклик частотаси; 4) амплитуда қиймати; 5) эффектив қиймати; 6) фазаси.

Ўзгарувчан токнинг даври: Ўзгарувчан ток ўтказгичда ўз йўналишини даврий равишда ўзгартириб туради, яъни занжирда гўё тебранма ҳаракат қилади. Ўзгарувчан токнинг даври деб, унинг бир марта тўла тебраниши учун кетган вақтни ифодаловчи катталикка айтилади. У одатда T ҳарфи билан белгиланади. Агар ток t вақт ичида n марта тўла тебранса, у ҳолда бу токнинг даври $T=t/n$ бўлади.

Тебраниш частотаси: Тебраниш частотаси деб, вақт бирлиги (1 секунд) ичида токнинг тўла тебранишлар сонини кўрсатувчи катталиқка айтилади. Частотани ν (ню) ҳарфи билан белгилаймиз. Частота бирлиги қилиб Герц, қисқача Гц қабул қилинган, $1\text{Гц}=1\text{тебр/с}$

Агар токнинг даври берилган бўлса унинг частотасини топиш мумкин. Улар бир-бирига тескари пропорционал равишда боғланган, яъни $\nu=1/T$. Шаҳар электр тармоқларида, одатда, частотаси $\nu=50\text{Гц}$ бўлган токдан фойдаланилади.

Циклик ёки бурчак частота: Циклик частота нима? Бу саволга жавоб беришда кўпчилик ўқувчилар унинг физикавий маъносига ва сон қиймати нимани кўрсатишига эътибор бермасдан фақат $2\pi/t$ формула орқали аниқланувчи катталиқ деб қўя қоладилар. Шу сабабли бу савол устида бироз тўхталиб ўтишга тўғри келади.



2 - расм

Фараз қилайлик, занжирда ўзгарувчан токни вужудга келтирувчи электр юритувчи куч (Э.Ю.К) бир жинсли магнит майдонда бир текис айланаётган рамкасимон ўрамда ҳосил қилинаётган бўлсин (2-расм).

Рамка бир марта айланганида унда ҳосил бўлган Э.Ю.К. бир марта тўла тебранади. Занжирда Э.Ю.К. вужудга келтирган ток эса шу вақт ичида бир марта тўла тебранади. Демак, бунда занжирдаги токнинг частотаси рамканинг вақт бирлиги ичидаги айланишлар сонига, яъни айланиш частотасига боғлиқ (тенг) бўлар экан. Рамканинг айланиш частотаси унинг вақт бирлиги ичидаги бурилиш бурчагига, яъни бурчак тезлиги ω га боғлиқ бўлади. Бурчак тезлик катталашган сари рамканинг айланиш частотаси ҳам, ток частотаси ҳам катталашади. Демак, токнинг частотасини аниқлашда шу токни вужудга келтирувчи рамканинг айланишдаги бурчак тезлиги ω ни қўллаш мумкин. Маълумки бир давр ичида рамка 2π радиан бурчакка бурилиб, бир марта тўлиқ айланиш ҳосил қилади. Вақт бирлиги ичида рамканинг қанча бурчакка (2π нинг қанча қисмига) бурилганини билиш учун 2π ни айланиш даври T га бўлиш керак, яъни $2\pi/T$. Демак, $2\pi/T$ ифода орқали аниқланувчи катталик ўзгарувчан ток частотасини аниқловчи катталиклардан биридир. Бу катталикни токнинг циклик частотаси ёки бурчак частотаси деб атаймиз. Уни ω (омега) ҳарфи билан белгиласак, у ҳолда

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

(1-3) га тенг бўлади. $1/T$ ифода токнинг бир секунддаги тебранишлар сонини (частотасини) кўрсатади. Циклик частота $\omega = 2\pi\nu$ нинг сон қиймати ток частотаси ν нинг сон қийматидан 2π марта катта эканлиги охириги формуладан кўриниб турибди. Демак, ω нинг сон қиймати токнинг 2π секунддаги тебранишлар сонига мос келади.

Токнинг амплитудаси: Синусоидал ўзгарувчан токда токнинг фақат йўналишигина эмас, балки вақт ўтиши билан унинг кучи ҳам ўзгариб туради. Бунда у ҳар иккала йўналишда нолдан қандайдир бир максимал

қийматгача ўзгаради. Бу максимал қиймат токнинг амплитудаси дейилади. Унинг сон қийматини $i = I_o \sin \omega t$

(1-4) ифодадан топиш, графигини эса 1-в расмдан кўриш мумкин. Юқорида ёзилган ифодада $\sin \omega t = 1$ бўлганда, ток максимал қийматга эришади. Бунда $i = I_o$ бўлади. Демак, (1-4) ифодада I_o токнинг максимал қиймати бўлиб, у токнинг амплитуда қийматини кўрсатар экан.

Токнинг эффектив қиймати: Ўзгарувчан ток занжирида токнинг ва кучланишнинг сон қиймати ҳар хил бўлади. Ток кучи ва кучланишни ўлчашда амперметр ва вольтметрлар қандай қийматларни кўрсатади деган савол туғилиши мумкин. Лекин амперметр ва вольтметр бир давр ичидаги ўртача қийматни кўрсатиши мумкин эмас, чунки $i = I_o \sin \omega t$ формуладаги $\sin \omega t$ нинг бир давр ичидаги ўртача қиймати нолга тенг. Маълумки, даврнинг биринчи ярмида $\sin \omega t$ мусбат қийматларга эга бўлса, иккинчи ярмида эса унинг шу қиймати манфий бўлади. Шу сабабли ўзгарувчан токни ўлчашда, одатда унинг иссиқлик таъсиридан фойдаланилади. Токнинг иссиқлик таъсири ток йўналишига боғлиқ бўлмайди, чунки токнинг чиқарадиган иссиқлиги токнинг ёки кучланишнинг квадратига пропорционалдир:

$$Q = i^2 R t \quad \text{ёки} \quad Q = u^2 \frac{t}{R} \quad (1-5)$$

Сон қандай ишорага эга бўлмасин, унинг квадрати мусбат қийматдир. Шу сабабли токнинг квадрати даврнинг ҳар иккала ярмида ҳам мусбат сондир. Агар занжирда i ёки u синус қонуни бўйича ўзгариб турса, охириги формулада i нинг ўрнига $i = I_o \sin \omega t$ ни, u нинг ўрнига эса $u = U_o \sin \omega t$ ни ёзамиз. У ҳолда вақт бирлиги ичида токнинг чиқарган иссиқлиги

$$Q = I_o^2 R \cdot t \cdot \sin^2 \omega t \quad (1-6)$$

ёки $Q = \frac{U_o^2}{R} \cdot t \cdot \sin^2 \omega t \quad (1-7)$ бўлади.

Математик ҳисобларга кўра $\sin^2 \omega t$ нинг бир давр ичидаги ўртача қиймати

1/2 га тенг. Демак, $Q = \frac{I_o^2}{2} R \cdot t \quad (1-8)$ ёки

$$Q = \frac{U_o^2}{2R} \cdot t \quad (1-9)$$

Маълумки, кучи I бўлган ўзгармас токнинг қаршилиги R бўлган ўтказгичда вақт бирлиги ичида чиқарган иссиқлик миқдори

$$Q = I^2 R t \quad (1-10) \text{ формула}$$

бўйича аниқланар эди. Амплитудаси I_o бўлган ўзгарувчан токнинг шу R қаршилиқда вақт бирлиги ичида чиқарган иссиқлик миқдори

$$Q = \frac{I_o^2}{2} R \cdot t \quad (13) \text{ формула}$$

орқали топилади. Бу формулалардан кўринадики, ўзгарувчан ток учун

ёзилган формулада I^2 ўрнида $\frac{I_o^2}{2}$ турибди. Демак, кучи I бўлган ўзгармас

ток R қаршилиқда маълум вақт ичида қанчалик иссиқлик миқдори чиқарган бўлса, шу вақт ичида шунчалик иссиқликни R қаршилиқда кучи

$\frac{I_o}{2}$ бўлган ўзгарувчан ток чиқарар экан. Ўзгарувчан токнинг бу қиймати

унинг эффектив қиймати дейилади:

$$I_{эфф} = \frac{I_o}{\sqrt{2}} = 0,707 I_o \quad (1-12)$$

Ўзгарувчан токнинг эффектив қиймати $I_{эф}$ амплитуда қийматининг 0,707 қисмини ташкил қилади. Кучланиш ҳам эффектив қийматга эга бўлиб, у

$$U_{\text{эфф}} = \frac{U_o}{\sqrt{2}} \quad (1-13) \text{ формула орқали}$$

ифодаланади. Ўзгарувчан токда қўлланиладиган электр ўлчов асбоблари (амперметр ва вольтметрлар) одатда токнинг ва кучланишнинг эффектив қийматларига даражаланган бўлади.

Ўзгарувчан токнинг фазаси: Ток тебранма ҳаракатининг асосий параметрларидан бири тебраниш фазасидир. Тебраниш фазаси тебранишларни қайси томондан тавсифлайди ва унинг сон қиймати нимани билдиради деган савол туғилади. Бунга жавоб бериш учун қуйидагиларни кўриб чиқамиз.

Электр занжирида ўзгарувчан ток тебранма ҳаракат қилганлиги сабабли унинг сон қиймати (кучи) вақт ўтиши билан ўзгариб туради. Токнинг айна бир вақтдаги сон қийматини билиш учун аввал унинг фазасини билиш зарур. Демак, токнинг фазаси унинг айна бир вақтдаги сон қийматини аниқлаш учун қўлланиладиган махсус катталик экан. У ҳам токнинг оний қиймати каби вақт ўтиши билан ўзгариб туради. Фараз қилайлик, ўзгарувчан ток юқорида айтилганидек магнит майдонида ω бурчак тезлик билан текис айланаётган рамкадаги Э.Ю.К. натижасида ҳосил қилинган бўлсин. Бошланғич моментда, яъни $t=0$ бўлганда айланаётган рамка магнит майдонида шундай бир вазиятни босиб ўтсинки, (2-расмга қ.) бунда рамка ҳосил қилган Э.Ю.К. нолга тенг бўлсин. У ҳолда занжирдаги ток ҳам нолга тенг бўлади.

Рамка бу вазиятдан ω бурчак тезлик билан айлана бошласа, рамкада ўзгарувчан Э.Ю.К. индукцияланиши ва унинг муайян вақтдаги сон қиймати

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \sin \omega t \quad (1-14) \text{ формула}$$

орқали аниқланиши бизга маълум. Бу ерда ωt рамканинг t вақтдаги бурилиш бурчаги. Рамкадаги Э.Ю.К. туфайли занжирда ҳосил бўлган ток синусоидал ток бўлиб, унинг оний қиймати қуйидаги формуладан топилади:

$$i = I_0 \sin \omega t \quad (1-15) \text{ Демак,}$$

токнинг исталган бир вақтдаги оний қиймати асосан шу токни ифодаловчи формуладаги ωt нинг сон қийматига боғлиқ экан. Шу сабабли бу формулада синуснинг аргументини ифодаловчи ωt катталикти о к н и н г ф а з а с и бўлади.

Рамкада индукцияланган Э.Ю.К. ни аниқловчи формуладаги ωt рамканинг айланишдаги бурилиш бурчагини кўрсатади. Демак, бу ҳолда токнинг фазаси рамканинг бурилиш бурчагига мос келар экан. Токнинг фазасини тебраниш даври орқали ифодалаш ҳам мумкин, яъни

$$\omega t = \frac{2\pi}{T} t \quad (1-16)$$

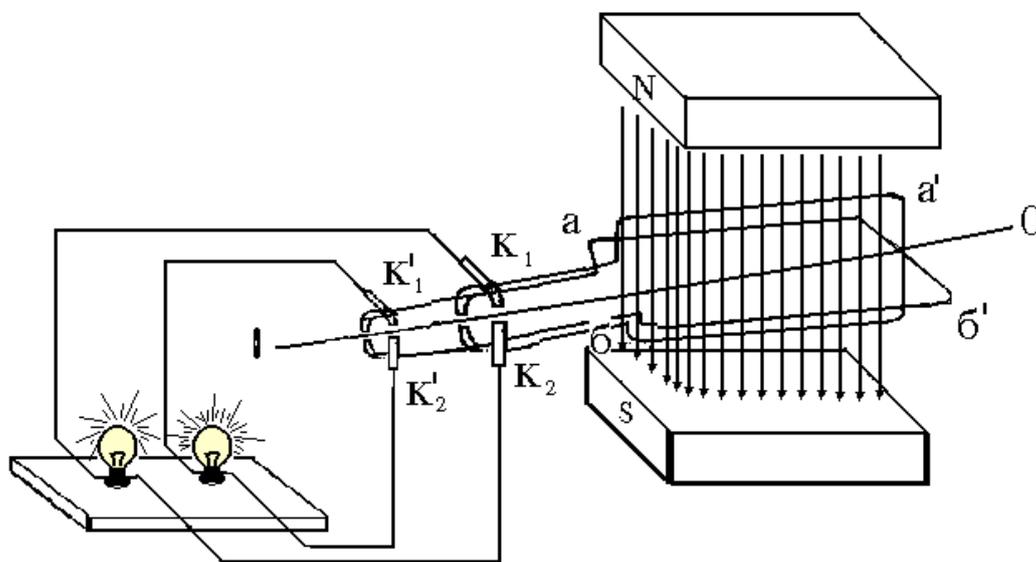
Бу ифодадан кўринадики, ҳар бир тўла тебранишда ($t=T$ да) токнинг фазаси 2π га ортар экан. Агар вақтни рамка α бурчакка бурилгандан кейин ҳисоблай бошласак, у ҳолда унинг айланиш ҳаракати туфайли ҳосил бўлган синусоидал токнинг оний қиймати қуйидаги формуладан топилади:

$$i = I_0 \sin(\omega t + \alpha) \quad (1-17)$$

Демак, бу ҳол учун токнинг фазаси $\omega t + \alpha$ орқали ифодаланар экан. Бунда α ўзгарувчан токнинг **бошланғич фазаси** дейилади.

Юқоридагиларни баён қилишда магнит майдонида айланувчи рамкада ҳосил бўлган Э.Ю.К. билан занжирдаги ток бир хил фазада деб

қаралади. Холбуки, амалда ундай эмас. Баъзи ҳолларда токнинг фазаси рамканинг бурилиш бурчагидан каттароқ, баъзи ҳолларда эса кичикроқ бўлади. Унинг қанчалик фарқ қилиши шу рамкага уланган занжирнинг қайси элементлардан ташкил топганига (яъни актив, индуктив ва сиғимий қаршиликлар) боғлиқ. Манбага уланган занжир тармоқлардан иборат бўлса, у ҳолда тармоқлардаги тоқлар шу тармоқлардаги қаршиликларнинг турига қараб ҳар хил фазага эга бўлади. Шу сабабли фаза тушунчасини яхшироқ ўзлаштириш мақсадида **фазалар фарқи** деган тушунчани кўриб чиқамиз. Фараз қилайлик, бир жинсли магнит майдонида бир бирига нисбатан α бурчак ҳосил қилиб жойлаштирилган иккита рамка ўтказгич берилган бўлиб, улар бир бирига маҳкам бириктирилган ва OO ўқ атрофида ω бурчак тезлик билан айланаётган бўлсин (3- расм).



3-расм

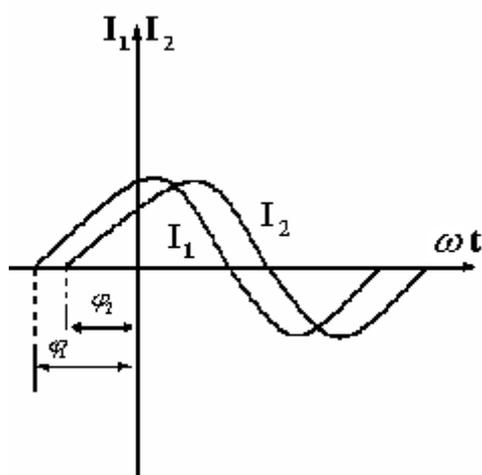
Рамкаларнинг учларига бир хил қаршиликка эга бўлган ўтказгичлар уланиб, занжирлар тузилган.

Рамкасимон ўтказгичлардаги ўрамлар сони бир хил бўлиб, улар бир хил бурчак тезлик билан айланганликлари сабабли уларнинг ҳар бирида

бир хил частотали ва бир хил амплитудали ўзгарувчан Э.Ю.К. индукцияланади. Демак, рамкаларга уланган занжирлардаги тоқлар ҳам бир хил частота ва бир хил амплитудага эга бўлади. Лекин рамкалар бир бирига нисбатан бурчак ҳосил қилиб жойлаштирилганлиги сабабли улар магнит майдонида Э.Ю.К. нол бўлган ҳолатни, яъни АА ҳолатни бир вақтда босиб ўтмайди. Биринчи ўрамга нисбатан иккинчи ўрам бу ҳолатни α бурчакка кечиккан ҳолатда босиб ўтади. t вақтда биринчи ўрам АА текисликка нисбатан $\omega t + \alpha$ бурчакка, иккинчи ўрам эса фақат ωt бурчакка бурилади. Бу вақтда биринчи ўрамдаги тоқнинг оний қиймати $i_1 = I_o \sin(\omega t + \alpha)$ (1-18) иккинчи ўрамдаги тоқнинг оний қиймати эса $i_2 = I_o \sin(\omega t)$ (1-19) бўлади.

Агар вақтни ҳисоблай бошлаганимизда (бошланғич моментда) биринчи ўрам АА текисликка нисбатан φ_1 бурчакка, иккинчи ўрам φ_2 бурчакка бурилган бўлса, у ҳолда t вақтдан сўнг уларда индукцияланган тоқларнинг оний қийматлари $i_1 = I_o \sin(\omega t + \varphi_1)$ (1-20)

ва $i_2 = I_o \sin(\omega t + \varphi_2)$ (1-21)



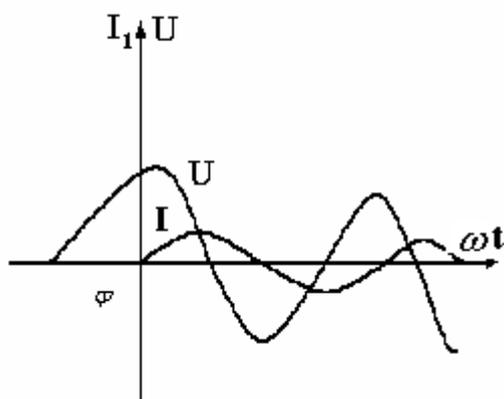
ифодалар орқали аниқланади. Демак, уларнинг муайян вақтдаги оний қийматлари бир-бирига тенг бўлмас экан. Чунки бу ҳолда уларнинг фазалари бир хил бўлмай, балки бир-биридан

$$(\omega t + \varphi_1) - (\omega t + \varphi_2) = \varphi_1 - \varphi_2 \quad (1-22)$$

га фарқ қилади. $\varphi_1 - \varphi_2$ катталиқ тоқларнинг фазалари фарқи дейилади.

Бундай тоқларнинг графиклари 4-расмда кўрсатилган. Графикдан кўринадики, фазалари ҳар хил бўлган тоқларнинг бир моментдаги оний қийматлари бир-бирига тенг бўлмай, улар ўзларининг максимал ва нол қийматларини ҳар хил вақтда босиб ўтади. Агар иккала ток ўзининг максимал ёки нол қийматини бир вақтда бир томонга қараб босиб ўтса, бундай тоқлар бир хил фазадаги тоқлар дейилади. Агар шу қийматларини бир вақтда қарама-қарши йўналишда босиб ўтса, у ҳолда улар қарама-қарши фазадаги тоқлар дейилади. Тоқлардан бири ўзининг нол максимал қийматини иккинчисига нисбатан олдин ўтса, у ҳолда бу ток фаза жиҳатдан иккинчисига қараганда олдин юради дейилади. 4-расмда I_1 ток I_2 токка қараганда олдин юради.

Фазалар фарқи тоқлар орасидагина эмас, балки кучланишлар орасида ва кучланиш билан ток орасида ҳам бўлиши мумкин. Кучланиш таъсирида занжирда ҳосил бўлган токнинг фазаси билан кучланиш фазасининг бир-биридан қанчалик фарқ қилиши ва уларнинг қайси бири



фаза жиҳатидан олдин ёки орқанда бўлиши занжир қандай типдаги қаршиликлардан ташкил топганига боғлиқ. 5-расмда бир-бирига нисбатан фазалар фарқига эга бўлган кучланиш билан ток графиклари берилган.

Бунда кучланиш токка нисбатан α бурчакка олдин юради. Фазалар фарқини баъзан **фазалар силжиши** деб ҳам аталади. Демак, 5-расмда кучланиш фаза жиҳатидан токка нисбатан α бурчакка олдин силжиган бўлади.

2-§. Ўзгарувчан ток ҳосил қилиш.

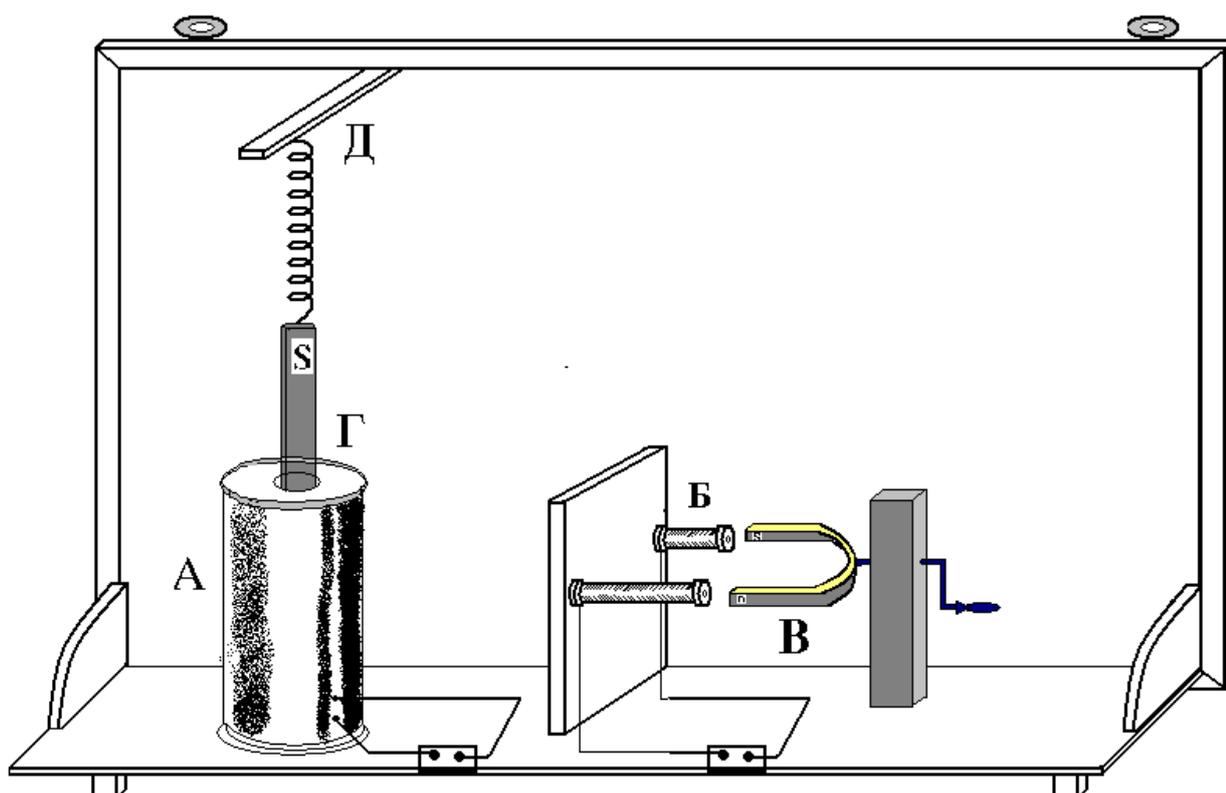
Занжирда ўзгарувчан ток ҳосил қилиш учун шу занжирга ўзгарувчан Э.Ю.К. бериш керак. Ўзгарувчан кучланиш одатда генераторларда электромагнит индукция натижасида ҳосил қилинади. Электромагнит индукция ҳодисасини 1831 йилда Фарадей кашф этган. Бу кашфиёт электротехника ва радиотехниканинг пайдо бўлишига ва барқ уриб ривожланишига сабаб бўлди.

Электр энергияси берадиган кучли генераторлар электромагнит индукция ҳодисаси асосида қурилиб, бу генераторларни яратишда турли мамлакатлар олимлари ва техникларининг хизматлари катта бўлди. Булар орасида электротехникани ривожлантиришда катта ҳисса қўшган рус олимлари Ленц, Якоби, Яблочков, Доливо-Добровольский ва бошқалар ҳам бор. Бу ерда маълум бўлган тажрибаларга асосланиб электромагнит индукциянинг умумий қонунларидан бирини кўриб чиқамиз. Агар учлари гальванометрга уланган ғалтак ичига магнит кирита бошласак, гальванометрнинг стрелкаси оғиб, ғалтак занжирида индукцион ток борлигини кўрсатади. Магнитни чиқара бошласак, гальванометрнинг стрелкаси яна оғади, аммо бу оғиш қарама-қарши томонга бўлиб, ғалтакда аввалгига нисбатан қарама-қарши йўналишда ток ҳосил бўлганлигини кўрсатади. Магнитнинг ғалтакка нисбатан ҳаракати тўхтатилиши билан ток ҳам йўқолади.

Агар магнит ғалтак ичида шу ғалтакка нисбатан тебранма ҳаракатда бўлиб турса, у ҳолда ғалтакда ҳосил бўладиган ток ҳам тебранма ҳаракатда бўлади. Бу эса ғалтакда ўзгарувчан Э.Ю.К. ҳосил бўлганини

билдиради. Юқорида баён этилган тажрибани қўйидагича бажариш мумкин. Бунинг учун иккита ғалтакдан иборат электромагнитни горизонтал ўрнатиб, шу электромагнит ўзаклари олдида бирорта тақасимон магнитни қутблари электромагнитга қаратилган ҳолда горизонтал ўқ бўйлаб айланма ҳаракатга келтирилади. Бунда ғалтакка уланган гальванометр стрелкаси гоҳ бир томонга гоҳ иккинчи томонга бурилиб, ғалтакда ўзгарувчан ток ҳосил бўлганини кўрсатади. Бу ҳодисани 6-расмда берилган схема бўйича йиғилган асбобда кўрсатиш мумкин.

Бу асбоб комплект учун ясалган стандарт панелга ўрнатилган «А» ғалтак, «Б» электромагнит ҳамда горизонтал ўқ атрафида айланадиган «В» тақасимон магнитдан иборат. Ғалтак ичида шу ғалтакка нисбатан тебранма ҳаракат қилувчи тўғри «Г» магнит стандарт панелнинг юқориги рейкасига бириктирилган «Д» кронштейнга пружина орқали илиб қўйилган. Ғалтак,



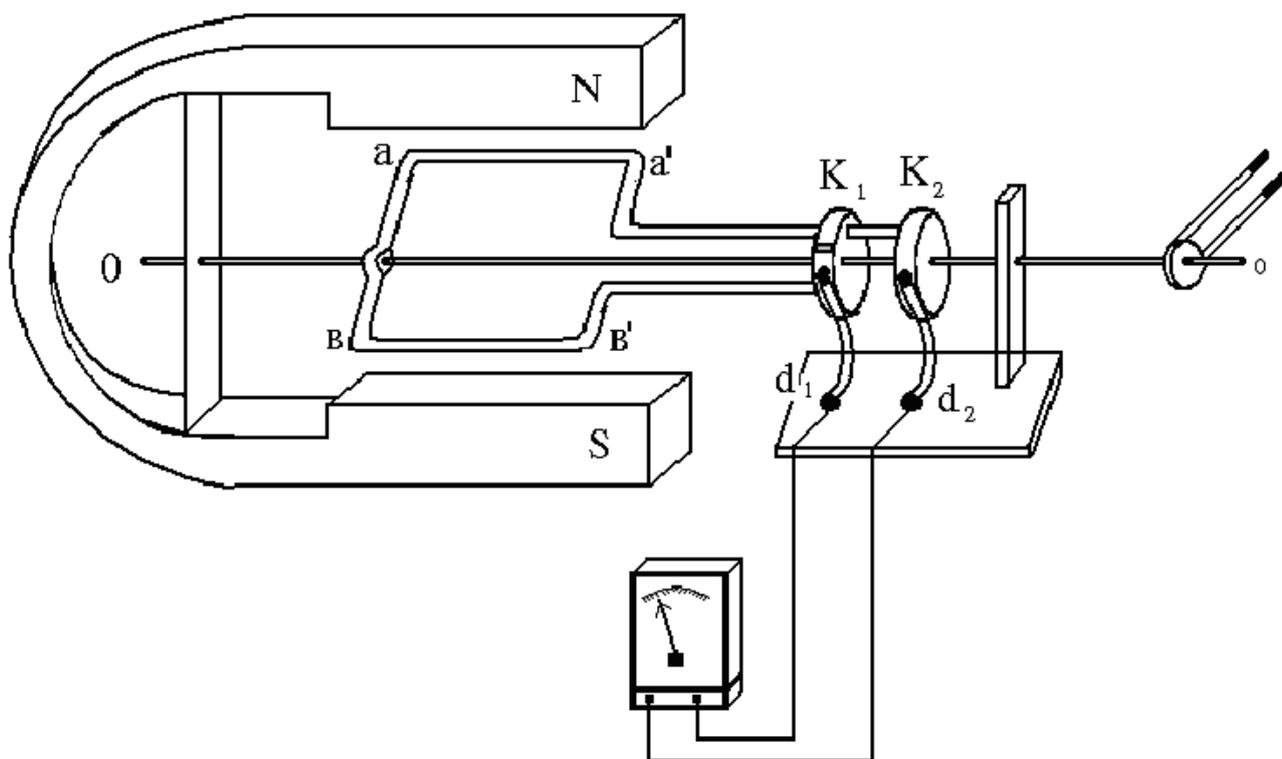
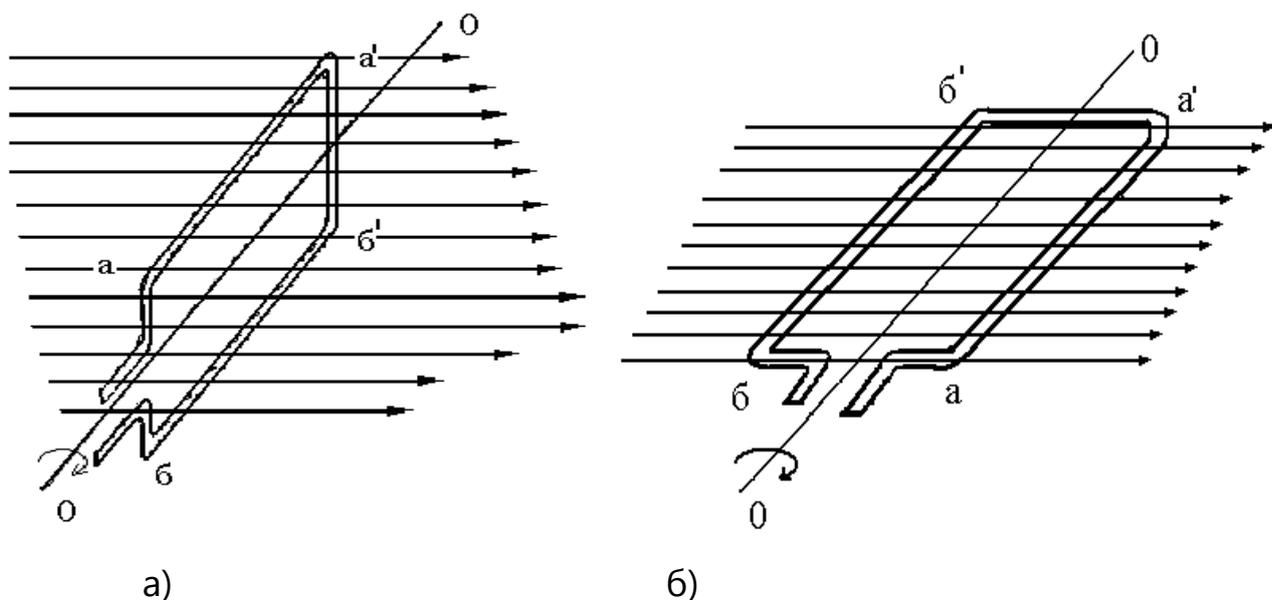
6 - расм

электромагнит ҳамда тақасимон магнит стандарт панелга тўғридан-тўғри эмас, балки пастки рейкасига бириктирилган юпқа тахтадан иборат тагликка ўрнатилган. Тажриба вақтида асбоблар жойлаштирилган панель қурилманинг юқори қисмидаги илгакларга илиб қўйилади.

Тажрибани бажариш тартиби. Ўқувчиларни асбобнинг тузилиши билан таништиргандан сўнг, гальванометрни ғалтак клеммаларига улаб, тўғри магнит тебрантириб юборилади. Бу вақтда гальванометр стрелкаси гоҳ бир томонга гоҳ иккинчи томонга бурилган ҳолда тебранма ҳаракатга келади. Бу эса шу вақтда ғалтак занжирида ўзгарувчан ток ҳосил бўлганини кўрсатади.

Ўзгарувчан ток генератори. Ток генератори деб механик энергияни электр энергияга айлантирадиган машиналарга айтилади. Генераторларнинг ишлаш принципи асосан электромагнит индукция ҳодисасига асосланган бўлиб, уни тушунтиришда доимий магнит майдонида ОО ўқ атрофида айланадиган рамкасимон ўтказгичдан иборат генераторнинг энг оддий схемасидан фойдаланган яхшироқ (7-расм).

Рамка ОО ўқ атрофида айланганида шу рамка билан чегараланган юз орқали ўтаётган магнит оқими узлуксиз ўзгариб туради.



7 - расм

Унинг ўзгариш тезлиги $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ шу рамка магнит оқимиغا нисбатан қандай вазиятда эканлигига боғлиқ бўлади. Рамка индукция оқимиغا перпендикуляр бўлганида (7-расм) рамка юзи орқали ўтаётган магнит оқими Φ максимал қийматга эришади, лекин бу вақтда унинг ўзгариш тезлиги $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ эса нолга тенг, яъни

$$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = 0 \quad (2-1) \text{ Чунки рамка}$$

бу ҳолатни ўтишида унинг aa' ва vv' томонлари майдон индукция чизиқлари бўйлаб ҳаракатланади. Рамка индукция оқимига параллел бўлганида (7-б расм) рамка юзи орқали ўтаётган магнит оқими нол бўлиб, бу ҳолатда унинг ўзгариш тезлиги $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ га, йўналиши эса магнит оқими контур юзини қайси томонидан кесиб ўтишига боғлиқ бўлади. Демак, бизнинг юқорида кўрган мисолимизда магнит майдонида айланаётган рамкасимон ўтказгичда ўзгарувчан Э.Ю.К. ҳосил бўлар экан. Агар рамка индукцияси B бўлган бир жинсли магнит майдонида φ бурчак тезлик билан OO ўқ атрофида айланаётган бўлса, у ҳолда электромагнит индукция қонунига асосан рамкада ҳосил бўлган Э.Ю.К. қуйидаги формуладан топилади:

$$\varepsilon_{инд} = BS\omega \sin \varphi \quad (2-2) \text{ бунда } s$$

рамка юзи, φ рамка юзига ўтказилган нормал билан индукция чизиқлари орасидаги бурчак. Рамка айланганида φ бурчак вақт ўтиши билан ўзгариб туради. Формуладан кўриниб турибдики, $\varphi = k\pi$ бўлганда ($k = 0;1;2;3;\dots$) рамкада Э.Ю.К. индукцияланмайди $\varepsilon_{инд} = 0$. Чунки бунда рамка майдон индукция чизиқларига перпендикуляр жойлашган бўлиб, aa' ва vv' томонлари майдон индукция чизиқларига параллел ҳаракатланганлиги сабабли унинг юзи орқали ўтаётган магнит оқими ўзгармайди.

Агар $\varphi = 90^\circ$ бўлса, рамка майдон индукция чизиқларига параллел жойлашган бўлиб, рамканинг aa' ва vv' томонлари индукция оқимига перпендикуляр йўналишда ҳаракатланади. Натижада рамка юзи орқали

ўтаётган магнит оқимининг ўзгариш тезлиги $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ максимал бўлади. Шу сабабли рамкада ҳосил бўлган Э.Ю.К. ҳам максимал қийматга эришади.

Рамка айланганда ω бурчак вақт ўтиши билан ўзгариб туради. Бошланғич моментда ($t=0$) рамка индукция чизиқларига перпендикуляр жойлашган бўлса, $\varphi=0$ бўлади. Ҳаракат бошланиб t вақт ўтганидан сўнг рамка ωt бурчакка бурилади. Бу вақтда φ нинг сон қиймати ωt га тенг, яъни

$$\varphi = \omega t \quad (2-3)$$

формуладаги φ нинг ўрнига унинг ωt қийматини қўйсақ, рамкадаги индукция Э.Ю.К. нинг t вақтдаги оний қийматини топиш учун қуйидаги формулани ёзамиз:

$$\varepsilon_{инд} = BS\omega \sin \omega t \quad (2-4) \text{ Демак,}$$

рамка бир жинсли магнит майдонда ўзгармас тезлик билан айланганда, унда синус қонуни бўйича ўзгариб турувчи Э.Ю.К. ҳосил бўлар экан. Унинг вақтга боғлиғлигини ифодаловчи график синусоидадан иборат бўлади.

Агар рамка N ўрамга эга бўлса, Э.Ю.К. ҳам N марта ортади. (2-4) ифодадаги синуснинг абсолют қиймати вақт ўтиши билан даврий равишда ўзгариб, энг катта бўлганида 1 га тенг, яъни $\sin \omega t = 1$. Бу вақтда Э.Ю.К. максимал қийматга эришади. Э.Ю.К. нинг бу қиймати унинг **амплитудаси** дейилади. Уни ε_0 билан белгиласак, у ҳолда

$$\varepsilon_0 = BS\omega \quad (2-5) \text{ Демак,}$$

рамкада индукцияланган Э.Ю.К. нинг амплитуда қиймати магнит майдон индукцияси B га, рамканинг юзи S га ва рамканинг айланишидаги бурчак тезлиги ω га пропорционал. ε_0 берилганда Э.Ю.К. нинг оний қийматини қуйидаги формуладан топиш мумкин:

$$\varepsilon_{\text{инд}} = \varepsilon_o \sin \omega t \quad (2-6)$$

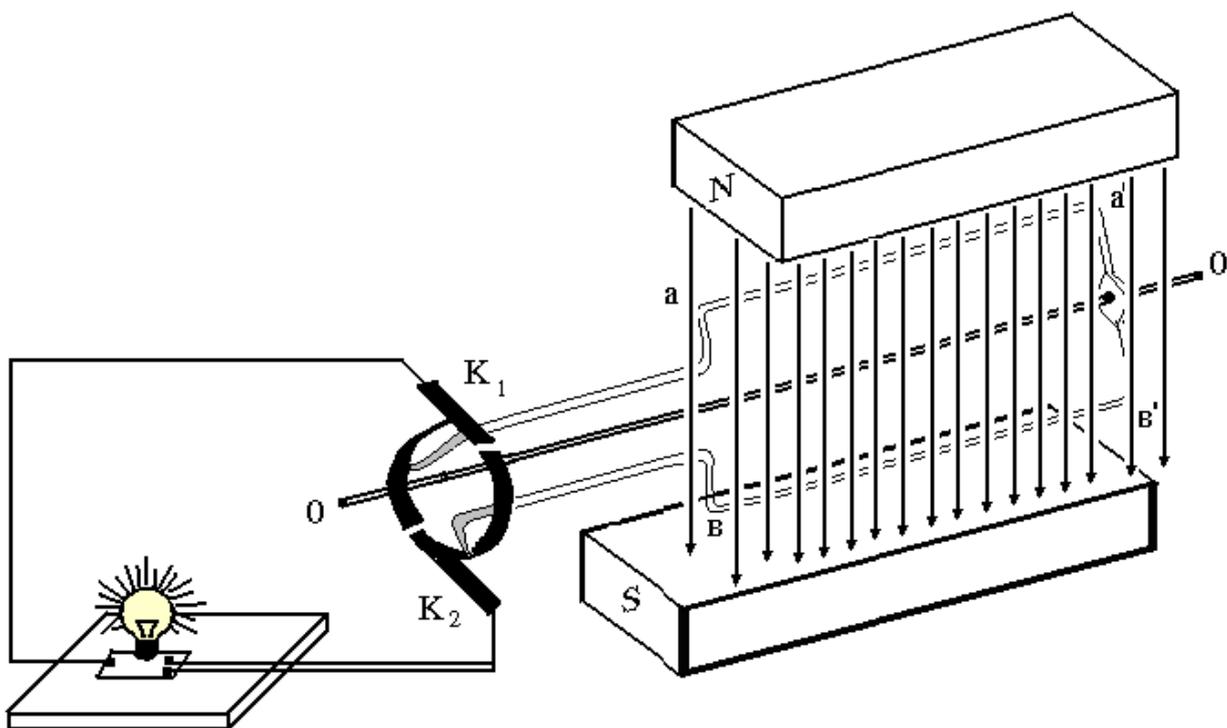
Агар рамка ташқи занжирга уланса, занжирда Ом қонунига асосан

$$\text{ўзгарувчан ток кучининг оний қиймати} \quad i = \frac{\varepsilon_o}{R} \sin \omega t \quad (2-7)$$

формуладан аниқланади. Бунда R тўла қаршилиқ, $\sin \omega t = 1$ бўлганда ток максимал қийматга эришади. Токнинг бу қиймати унинг амплитудаси дейилади. Уни I_o билан белгиласак, у ҳолда

$$i = I_o \sin \omega t \quad (2-8) \text{ Рамкани}$$

ташқи занжирга улашда шу айланаётган рамка маҳкамланган ўқнинг ўзига ўрнатилган иккита K_1 ва K_2 халқалардан фойдаланилади. (7-расмга қ.) Халқаларнинг бирига рамкадаги ўрам симнинг бир учи, иккинчисига эса иккинчи учи уланган. Рамкада ҳосил бўлган Э.Ю.К. эса ташқи занжирга шу халқалар устида сирпанадиган контактлар, яъни d_1 ва d_2 шеткалар ёрдамида берилади. Ўзгармас ток ҳам худди шундай генератор ёрдамида ҳосил қилиниши мумкин. Лекин бу ҳолда рамкада ҳосил бўладиган ўзгарувчан токни ташқи занжирга беришдан олдин тўғирлаб олиш, яъни ўзгармас токка айлантириб олиш зарур. Бундай генераторда тўғирлагич вазифасини айланаётган рамка билан бир ўққа ўрнатилган иккита ярим халқа бажаради. (8-расм). Улар к о л л е к т о р дейилади.

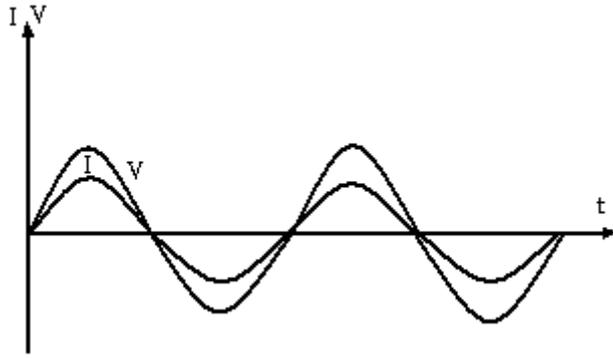


8 - расм

3-§. Ўзгарувчан ток занжирида актив қаршилиқ.

Ўзгарувчан кучланиш манбаига уланган занжирда қандай ходисалар юз беришини кўриб чиқайлик. Ҳарқандай занжирдан ток ўтганда бу занжир (ўта ўтказувчан хоссага эга бўлмаган тақдирда) ўзи орқали ўтувчи токка маълум бир қаршилиқ кўрсатади. Занжирнинг ўзгарувчан токка кўрсатадиган қаршилиги асосан учта, яъни **а к т и в қ а р ш и л и қ**, **с и ф и м қ а р ш и л и қ** ва **и н д у к т и в қ а р ш и л и қ**.

Занжирдан ток ўтаётганида занжир бу токка шундай қаршилиқ кўрсатсаки, уни енгишда токнинг бажарган иши хисобига фақат иссиқлик ажралиб чиқадиган бўлса, бундай қаршилиқ **актив қаршилиқ** дейилади. Берилган занжир фақат актив қаршилиқка эга бўлса, у ҳолда бундай занжирдан ўзгарувчан ток ўтаётганида токнинг фазаси билан кучланиш фазаси бирдай бўлади, яъни уларда фазалар фарқи бўлмайди (9-расм).



Юқорида айтилганларни тажрибада намоиш қилиш учун 10 ва 11 расмларда кўрсатилган схема бўйича йиғилган асбоблардан

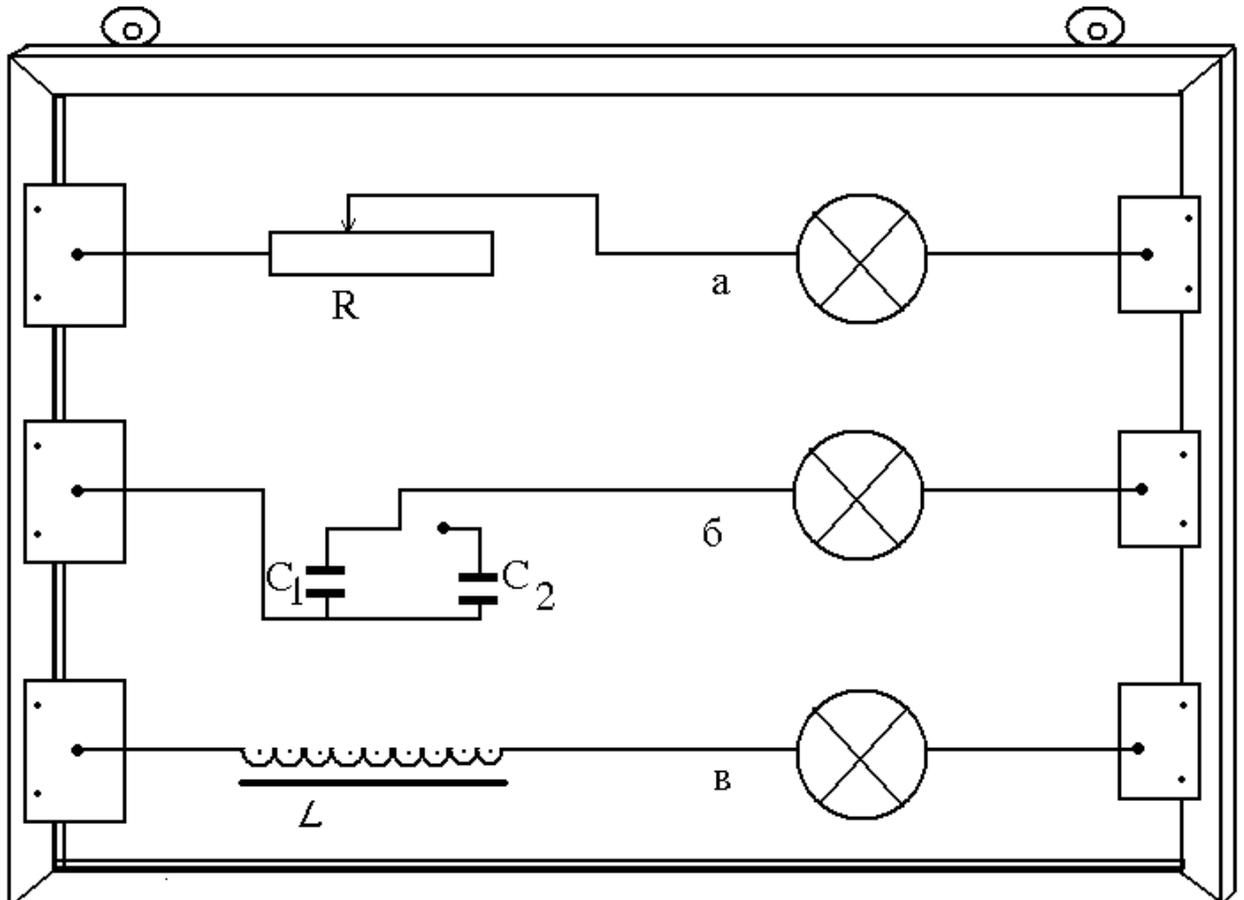
фойдаланилади.

Актив қаршилик ўзгарувчан ва ўзгармас тоқларга бир хил қаршилик

9 – расм

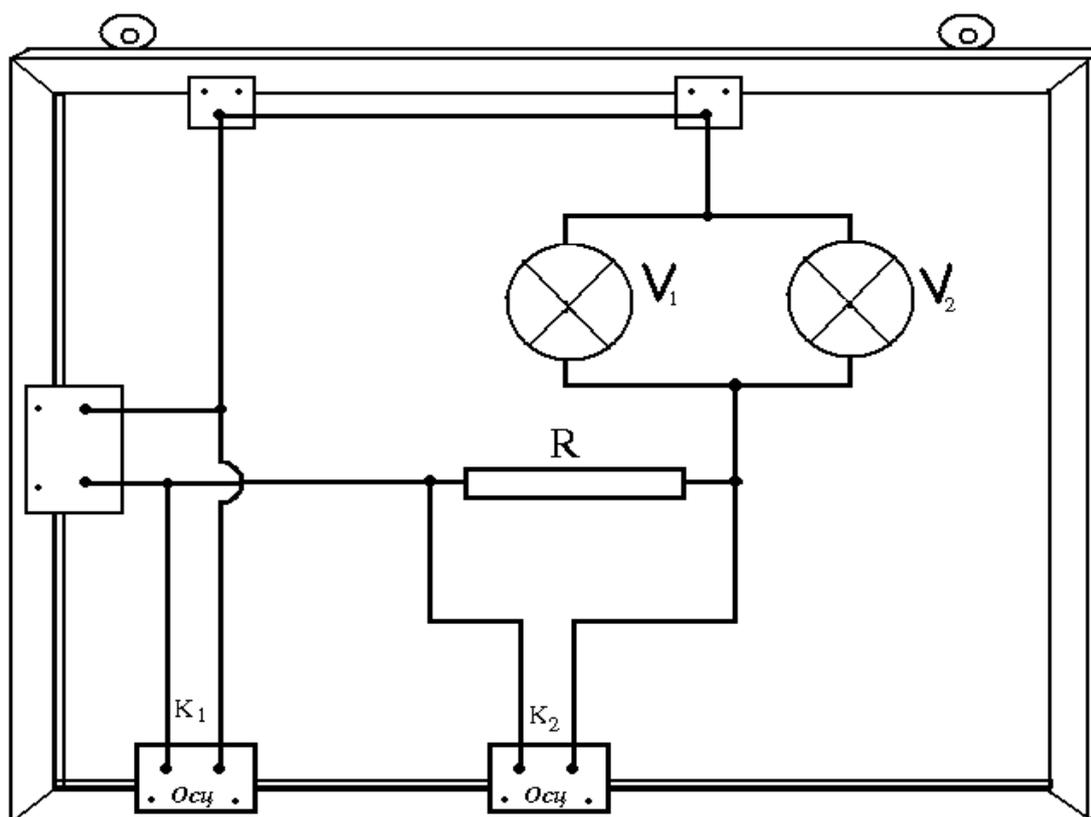
кўрсатишини намоиш қилиш учун 10-а

расмда берилган схемадан (250 Ом қаршиликли реостат ва у билан кетма-кет уланган иккита 220В, 40Вт ли лампочкадан иборат) фойдаланилади. Бу схемада мактаблар учун чиқарилган кичик форматли 6 Ом ли реостат олинган.



1. Тажрибани бажариш тартиби. Асбобнинг тузилишини тушунтиришда реостатнинг сирпанувчи контакти қаерда турганда қаршилиқ максимум ва қаерда турганда қаршилиқ минимум бўлиши ҳам айтиб ўтилади. Занжирга ток бермасдан олдин реостат қаршилиги минимумга келтириб қўйилади. Сўнгра манба панелидаги узгич-улагич ёрдамида занжирга ўзгармас ток берилиб, лампочканинг қандай равшанлиқда ёниши аниқлаб олинади. Бундан сўнг узгич-улагич дастасини иккинчи томонга буриб, занжирга ўзгарувчан ток берилади. Бунда лампочканинг ўзгарувчан токдаги ёниш равшанлиги ўзгармас токдаги ёниш равшанлигига тенг эканлиги кўрсатилади. Бу эса ўзгармас ва ўзгарувчан ток манбаларининг занжирга берадиган кучланишлар бир хил эканлигини тасдиқлайди.

Тажриба бажарилиб бўлингандан сўнг реостатни максимал қаршилиққа қўйиб, юқорида ўтказилган тажрибалар такрорланади. Бу ҳолда ҳам лампочка ҳар иккала токда бир оз хирароқ, лекин бир хил равшанлиқда ёнганини кўрамиз. Бу эса актив қаршилиқнинг ҳар иккала токка бир хил таъсир кўрсатишини билдиради. Актив қаршилиқда ток билан занжирга берилган кучланиш орасида фазалар фарқи бўлмаслигини намоён қилиш учун 11-расмда кўрсатилган 500 Ом қаршилиқ ва у билан кетма-кет уланган иккита (220В, 15Вт) лампочкадан иборат схема бўйича йиғилган асбоб тавсия қилинади.



11 - расм

2. Тажрибани бажариш тартиби. Актив қаршиликда ток билан кучланиш орасида фазалар фарқи бор ёки йўқлиги коммутатор орқали уланган осциллографда кўрсатилади. Шу сабабли талабаларга осциллографнинг ишлаш принципини эслатиш ва тажрибада коммутаторнинг вазифаси нимадан иборат эканлигини айтиб ўтиш зарур. Коммутатор бўлмаган тақдирда бир-бирига перпендикуляр бўлган иккита гармоник тебранишларни қўшишни осциллографда кўрсатиш усулидан фойдаланишга тўғри келади. Шу сабабли, частоталари бир хил бўлган бир-бирига нисбатан перпендикуляр йўналишдаги икки гармоник тебранишларни график усулда қўшиш устида қисқача тўхталиш керак. Осциллографда ток графигини кўрсатиш учун K_1 клеммалардан, кучланиш графигини кўрсатиш учун K_2 клеммалардан фойдаланилади. Занжирни ўзгарувчан ток манбаига улаб, осциллографда ток ва кучланиш графиклари ҳосил қилинади. Кучланиш графиги билан ток графигини

бир-биридан фарқлаш учун уларнинг амплитудаларини ҳар хил қилиб олингани маъқул. Графиклардан қайси бири ток графиги эканлигини схемадаги лампочкалардан бирини ёқиб-ўчириш йўли билан аниқлаш мумкин.

Ток максимум бўлган жойда кучланишнинг максимум бўлиши, ток минимум бўлган жойда кучланишнинг минимум бўлиши тажрибадан кузатилади. Демак, *фақат актив қаршилик уланган занжирда ток билан кучланиш орасида фазалар фарқи бўлмас экан*. Тажриба коммутаторсиз ўтказилганда осциллографда горизонтга нисбатан қандайдир бурчак остида жойлашган тўғри чизиқдан иборат график ҳосил бўлганини кўрамыз.

Ўзгарувчан ток занжирида сиғим қаршилик. Занжирда конденсатор бўлганда ундан ўзгармас ток ўта олмайди. Конденсаторнинг қопламалари бир-биридан диэлектрик билан ажратилганлиги сабабли бундай занжир ўзгармас ток учун узук ҳисобланади. Занжир ўзгарувчан кучланиш билан таъминланса, унда ток ҳосил бўлади. Чунки бу ҳолда занжирдаги конденсатор гоҳ зарядланиб, гоҳ зарядсизланиб туради. Занжирдаги ўзгарувчан ток конденсаторнинг зарядланиш ва разрядланиш вақтида, шу конденсаторга келаётган ва ундан кетаётган зарядлар ҳисобига вужудга келади. Бу токнинг кучи берилган шу кучланишда конденсаторнинг сиғимига боғлиқ. Сиғим катта бўлса, ток ҳам катта бўлади, чунки бу ҳолда конденсаторни маълум бир кучланишгача зарядлаш учун кўпроқ заряд талаб қилинади. Сиғим кичик бўлган занжирда эса ток ҳам кичик бўлади. Демак, конденсатор уланган занжир ўзгарувчан токка маълум бир қаршилик кўрсатар экан. Конденсаторнинг ўзгарувчан токка кўрсатадиган қаршилиги токнинг

частотасига ҳам боғлиқ. У токнинг частотасига тескари пропорционал равишда боғланган. Чунки частота катта бўлганида конденсаторни маълум кучланишгача зарядлаш учун талаб қилинадиган заряд конденсаторга қисқа вақтда етиб келиши, яъни ўтказгичнинг кўндаланг кесими орқали вақт бирлиги ичида кўпроқ заряд ўтиши керак. Шу берилган кучланишда токнинг катта бўлиши қаршиликнинг камайишини кўрсатади. Конденсаторнинг ўзгарувчан токка кўрсатадиган қаршилиги одатда **сиғим қаршилик** деб аталади.

Фақат сиғим қаршилик уланган занжирда ўзгарувчан токнинг бажарган иши (бир давр ичида) нолга тенг бўлади. Биз юқорида бундай занжирга ўзгарувчан кучланиш берилганда занжирдаги конденсатор гоҳ зарядланиб, гоҳ зарядсизланиб туради деган эдик. Конденсаторни зарядлаётган вақтда электр токи маълум миқдорда иш бажаради. Токнинг бу иши конденсатор қопламалари орасида маълум бир энергияга эга бўлган электр майдонини ҳосил қилади. Зарядсизланаётган вақтда эса электр токи конденсатор қопламалари орасида ҳосил бўлган шу энергия хисобига вужудга келади, яъни конденсаторни зарядлаш учун сарф бўлган энергия зарядсизланаётган вақтда қайтиб берилади. Демак, фақатгина сиғим қаршиликка эга бўлган занжирдан ток ўтганида электр энергия сарф бўлмас экан. Шу сабабли сиғим қаршиликни **реактив қаршилик** деб атайдилар. Реактив қаршиликни X_c ҳарфи билан белгилаб, уни қуйидаги формуладан топиш мумкин:

$$X_c = \frac{1}{\omega C} \quad (3-1)$$

$$\text{ёки} \quad X_c = \frac{1}{2\pi\nu C} \quad (3-2)$$

Бунда ω -токнинг циклик частотаси; ν эса оддий частотаси (вақт бирлиги ичидаги тебранишлар сони); C – конденсаторнинг электр сиғими. Сиғим қаршилик уланган занжирда ток билан кучланиш бир хил фазада бўлмасдан, токнинг фазаси кучланишга нисбатан $\pi/2$ га каттароқ бўлади. Демак, ток фаза жиҳатидан кучланишга нисбатан $\pi/2$ га олдинга силжиган бўлади, чунки конденсатор зарядланмаган вақтда ундаги кучланиш нолга тенг бўлиб, у зарядловчи токка деярли қаршилик кўрсатмайди, натижада ток кучи максимал бўлади. Конденсатор зарядланган сари кучланиш орта боради, ток эса камая боради. Конденсатор зарядланиб бўлгандан сўнг ток кучи нолга тенг бўлиб, кучланиш максимал қийматга эришади. Бунда токнинг кучланишга нисбатан $\pi/2$ фаза олдин кетиши ва сиғим қаршилик конденсатор сиғимига ва токнинг частотасига тескари боғланган эканини қуйидаги тенгламадан кўриш мумкин. Конденсаторни зарядлаш учун керак бўлган заряд миқдори:

$$q = CU \tag{3-3}$$

Кучланиш u синус қонуни бўйича ўзгариб турса, яъни

$$u = U_0 \sin \omega t \tag{3-4}$$

ҳолда

$$q = CU_0 \sin \omega t \tag{3-5}$$

ток кучи I эса қуйидагича ифодаланади:

$$i = \omega CU_0 \sin \omega t \tag{3-6}$$

бунда ωCU_0 токнинг амплитуда қиймати. Уни I_0 билан белгиласак, у ҳолда $I_0 = \omega CU_0$.

Бундан кучланиш амплитудаси

$$U_0 = I_0 \frac{1}{\omega C} \tag{3-7}$$

Ом қонунига асосан $U_0 = I_0 R$ бўлиши керак. Формула (3-7) қаршилик ўрнида $\frac{1}{\omega C}$ ёзилган. Демак, конденсаторнинг ўзгарувчан токка

кўрсатадиган қаршилиги $X_c = \frac{1}{\omega C}$. Бу қаршилиқни **сиғим қаршилиқ** деб аталади. (3-6) формуладаги ωC ўрнига (3-7) дан қийматини қўйсақ,

$$i = I_o \cos \omega t \quad (3-8) \text{ бўлади.}$$

Демак, сиғим қаршилиққа эга бўлган занжирда кучланиш синус қонуни бўйича, ток эса косинус қонуни бўйича ўзгарар экан. Тригонометриядан маълумки,

$$\cos \omega t = \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) \text{ бундан,}$$

$$i = I_o \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) \quad (3-9)$$

Кучланиш ва ток формулаларини таққослаб, токнинг фазаси кучланиш фазасидан $\pi/2$ га катта эканини кўрамиз.

Сиғим қаршилиққа доир тажрибани ўтказиш учун 10-б расмда кўрсатилган асбобнинг 0,5мкФ ва 2мкФ сиғимли конденсаторлар билан кетма-кет уланган 220В, 15Вт лампочкадан иборат занжирдан фойдаланилади. Тажриба вақтида ток манбаи асбобнинг “Б” қисмидаги клеммаларга уланади. Шуни таъкидлаб ўтмоқчимизки, сиғим қаршилиқли занжирда ток кучланишга қараганда олдинроқ юради. Тажрибалар ток кучланишга нисбатан $\pi/2$ фазага олдинда бўлишини кўрсатади.

4-§. Ўзгарувчан ток занжирида индуктив қаршилиқ.

Маълумки, ҳарқандай занжир маълум бир индуктивликка эга бўлади. Бундай занжирда ток кучи ўзгарганида шу занжир атрофида ток ҳосил қилган магнит майдони ҳам ўзгариб, занжирда ўзиндукция Э.Ю.К. ҳосил бўлади. Ленц қоидасига асосан бу Э.Ю.К. занжирдаги токнинг ўзгаришига қаршилиқ кўрсатади. Демак, индуктивликка эга бўлган занжир ўзидан ўтаётган ўзгарувчан токка қаршилиқ кўрсатар экан. Бундай қаршилиқ **индуктив қаршилиқ** деб аталади. Фақат индуктив қаршилиққа

эга бўлган занжирдан ўзгарувчан ток ўтаётганида бу токнинг бажарган иши нолга тенг бўлади, яъни электр энергия сарф бўлмайди. Чунки ток катталашаётганида иш бажаради, бу иш маълум бир энергияга эга бўлган магнит майдони ҳосил қилиш учун сарф бўлади. Ток камаяётганида эса магнит майдони йўқола бошлаб, токнинг иши ҳисобига олган энергияси эса занжирга электр энергияси тариқасида қайтиб берилади. Демак, занжирнинг қаршилиги фақат индуктив қаршиликдан иборат бўлса, бундай қаршиликни енгишда электр энергия сарф бўлмас экан. Шу сабабли **индуктив қаршилик ҳам реактив қаршиликлар** қаторига киради.

Агар ўзгарувчан ток манбаи фақатгина индуктив қаршиликка эга бўлган занжирга уланган бўлса, у ҳолда бу занжирдаги кучланиш миқдори шу занжирда ҳосил бўлган Э.Ю.К. га тенг (электромагнит тўлқин энергиясини ва бошқа энергияларни ҳисобга олмаганда), лекин йўналиши унга қарама-қарши бўлади. Маълумки, индукция Э.Ю.К. шу занжир билан чегараланган юз орқали ўтаётган магнит оқимининг ўзгариш тезлигига боғлиқ бўларди. Масалан, dt вақт ичида магнит майдони оқими $d\Phi$ миқдорга ўзгарган бўлса, у ҳолда $\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt}$ га тенг. (4-1) Магнит оқими Φ эса занжирдаги ток

кучига тўғри пропорционал:

$$\Phi = LI \quad (4-2) \text{ бунда } L$$

пропорционаллик коэффициенти. Унинг сон қиймати ҳар бир занжир учун ҳар хил бўлиб, занжирнинг тузилишига, ўлчамларига ва у қандай мухит ичида жойлашганига боғлиқ. У шу берилган **занжирнинг индуктивлиги** дейилади. Φ нинг (4-2) даги қийматини (4-1) га қўйиб,

қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$\varepsilon = -L \frac{dI}{dt}$$

(4-3) Агар занжирдаги ток кучи синус қонуни бўйича ўзгараётган бўлса, яъни

$$i = I_o \sin \omega t \quad (4-4) \text{ бўлса, у}$$

ҳолда $\Phi = LI_o \sin \omega t$ (4-5) Э.Ю.К. эса

$$\varepsilon = -LI_o \frac{d(\sin \omega t)}{dt} \quad (4-6) \text{ Математикадан маълумки,}$$

$$\frac{d(\sin \omega t)}{dt} = \omega \cos \omega t \text{ демак, } \varepsilon = -\omega LI_o \cos \omega t \text{ занжирдаги}$$

$$\text{кучланиш эса } u = \omega LI_o \cos \omega t \quad (4-7)$$

Охирги ифодадаги ωLI_o - кучланишнинг амплитуда қиймати. Уни U_o билан

$$\text{белгиласак, у ҳолда } \omega LI_o = U_o, \quad I_o = \frac{U_o}{\omega L} \quad (4-8)$$

Ом қонунидан маълумки, занжирнинг бир қисмидан ўтаётган ток кучи шу қисмга берилган кучланишга тўғри пропорционал, қаршиликка эса тескари пропорционалдир. Демак, (4-8) формула индуктивликка эга бўлган занжирдан ўтаётган ўзгарувчан токнинг амплитуда қиймати учун ёзилган Ом қонунининг ифодаси экан. Бунда қаршилик ўрнида ωL ифода турибди. Демак, фақат индуктивликка эга бўлган занжирнинг ўзгарувчан токка кўрсатадиган қаршилиги X_L токнинг циклик частотаси ω нинг занжир индуктивлиги L га бўлган кўпайтмасига тенг, яъни $X_L = \omega L$.

Бундай занжирда ток билан кучланиш орасида фазалар фарқи ҳам бўлади. Агар занжир фақат индуктив қаршиликкагина эга бўлса, у ҳолда бу фазалар фарқи $\pi/2$ га тенг бўлишини ва токка нисбатан кучланиш олдин юришини (4-4) ва (4-7) формулалардан кўриш мумкин.

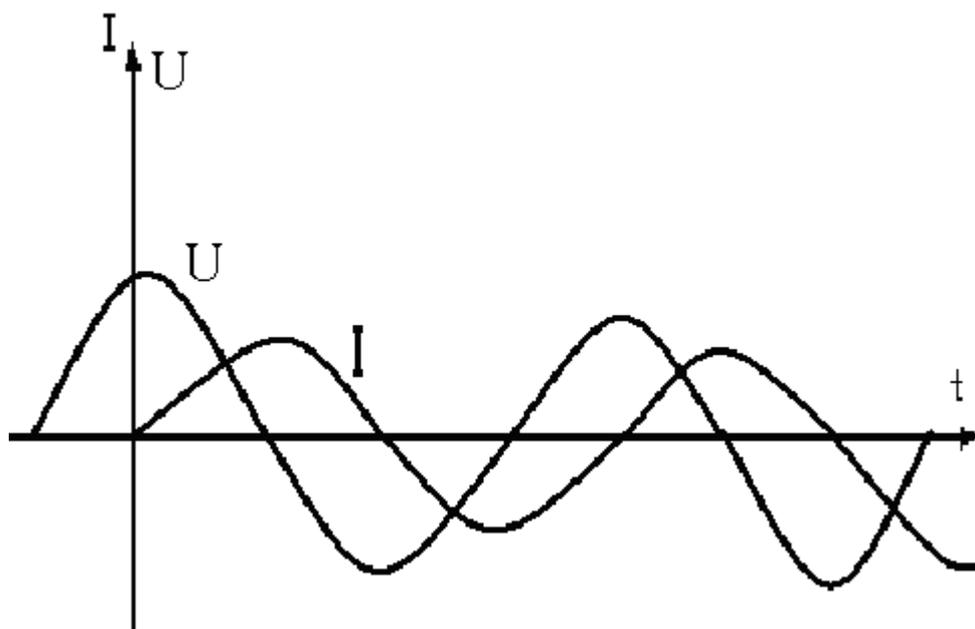
$$i = I_o \sin \omega t, \quad u = U_o \cos \omega t$$

Маълумки, $\cos \omega t = \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}),$

демак, $i = I_o \sin \omega t, u = U_o \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}),$

бундан $\varphi = (\omega t + \frac{\pi}{2}) - \omega t = \frac{\pi}{2}$ келиб чиқади.

Индуктив қаршилик уланган занжирда ток билан кучланиш графиги 12-расмда кўрсатилган. Юқорида баён қилинганларни, яъни индуктивликка эга бўлган занжир ўзгарувчан токка актив қаршиликдан ташқари яна индуктив қаршилик кўрсатишини ва бундай занжирда ток кучи кучланишга нисбатан фаза жиҳатидан орқада қолишини қуйидаги тажрибаларда кўрсатиш мумкин.



12 - расм

Индуктивликка эга бўлган занжир ўзгарувчан токка актив қаршиликдан ташқари яна индуктив қаршилик кўрсатишини тажрибада намоён қилиш учун 10-расмнинг «В» қисмида кўрсатилган темир ўзакли ғалтак билан кетма-кет уланган 220В, 15Вт ли электр лампочкадан иборат занжирдан фойдаланилади. Асбобда ғалтак вазифасини мактаблар учун чиқарилган, ғалтаклари алоҳида ажратиб олинadиган трансформаторнинг

220В кучланишга мўлжалланган ғалтаги бажариши мумкин. Унинг индуктивлигини шу ғалтак ичига темир ўзак киритиб ёки уни чиқариб ўзгартирилади.

1.Тажрибани бажариш тартиби:

Ток манбаи панелидаги узгич-улагич ёрдамида занжирга ўзгармас кучланиш берилади. Бунда занжирда ўзгармас ток ҳосил бўлиб, бу токка занжир фақат актив қаршилиқ кўрсатади. Лампочка маълум равшанликда ёнади. Сўнгра узгич-улагични ўзгармас ток манбаидан узиб, занжирга ўзгарувчан кучланиш берилади. Бу вақтда лампочканинг ёниш равшанлиги хиралашганлигини кўрамиз. Бу эса занжир ўзгарувчан токка актив қаршилиқдан ташқари яна қўшимча қаршилиқ – индуктив қаршилиқ кўрсатишини билдиради. Ғалтакка темир ўзак киритиб, индуктивлик оширилса, лампочканинг ёниш равшанлиги яна хиралашади. Занжирни ўзгарувчан частотали кучланиш манбаига – товуш генераторига улаб, ток частотасини оширганда, лампочканинг ёниш равшанлигининг сусайганини, частота камайтирилганда эса ёниш равшанлигининг кучайганлигини кўрамиз. Бу эса, индуктив қаршилиқнинг занжирдаги ток частотасига боғлиқлигини, частота ортган сари қаршилиқ катталаша борганлигини кўрсатади. Индуктив қаршилиқ уланган занжирда ток кучи фаза жиҳатидан кучланишга нисбатан орқада қолади.

2.Тажрибани бажариш тартиби:

Манба панелидаги узгич-улагич ёрдамида занжирга ўзгарувчан ток берилади. Бу вақтда чўғланиш лампасининг ёниши занжирдан ток ўтаётганини кўрсатади. Натижада K_1 ва K_2 клеммаларга коммутатор орқали уланган осциллографда токнинг ва кучланишнинг синусоидаларидан иборат графиклари ҳосил бўлганини кўрамиз. Бу

графиклар бир-биридан тахминан $\pi/2$ фазага силжиган бўлади (12-расм). Буларнинг қайси бири ток графиги эканлигини билиш учун K_1 ёки K_2 клеммаларга уланган симлардан биридагисини, масалан, K_1 дагисини клеммалардан ажратиб олсак, осциллографдаги графиклардан бири йўқолади. K_1 клеммаларга уланган симлар осциллографда ток графигини кўрсатади.

Демак, $\pi/2$ фазага орқада қолган график ток графиги экан. Бундан кўринадикки, фақат индуктивликка эга бўлган занжирдан ўзгарувчан ток ўтаётганида ток кучланишдан $\pi/2$ фазага орқада қолган ҳолда ўтиб турар экан.

5-§. Ўзгарувчан ток занжирида кучланиш резонанси.

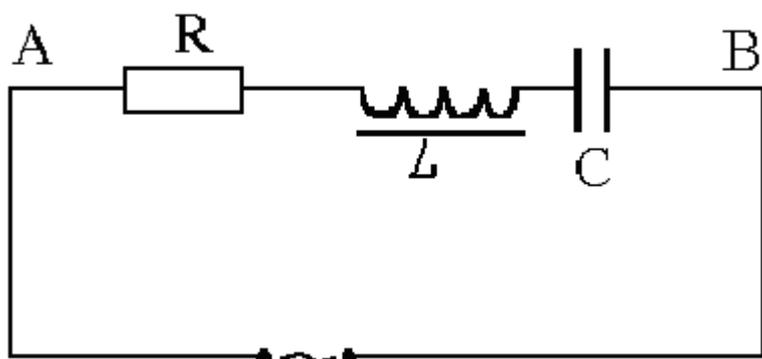
Кучланиш резонансини кўришдан аввал кетма-кет уланган актив, индуктив ва сиғим қаршиликлардан иборат занжирнинг ўзгарувчан токка кўрсатадиган умумий қаршилиги ва ток билан кучланиш фазалари фарқи нималарга боғлиқ эканини мукамалроқ қараб чиқиш лозим. Чунки бу мавзунини ўзлаштириш талабалар учун анчагина қийинчилик туғдиради.

Ўзгарувчан ток занжирини фақат актив қаршилик уланганда бундай занжирдан ўтаётган ўзгарувчан токнинг амплитуда қиймати $I_o = \frac{U_o}{R}$ бўлишини, фақат индуктив қаршилик уланганда $I_o = \frac{U_o}{\omega L}$ бўлишини, сиғим қаршилик уланганда эса $I_o = U_o \omega C$ бўлишини кўрган эдик. Бунда индуктив ва сиғим қаршиликлари уланган занжирларни идеаллаштириб, уларда актив қаршилик йўқ деб қаралади. Одатда, ҳар қандай занжирни ва ғалтакни олмайлик, улар маълум бир актив қаршиликка эга бўлади. Шу сабабли, индуктив ёки сиғим қаршиликлари уланган занжирда уларга кетма-кет уланган актив қаршилик ҳам бор деб қараш зарур. Индуктив

ва сиғим қаршиликларга нисбатан актив қаршилик жуда кичик бўлади, яъни уни нолга тенг деб олиш мумкин.

Умуман айтганда, ҳар қандай занжир актив, индуктив ва сиғим қаршиликка эга. Шу занжирга ўзгарувчан кучланиш берилганда ундан ўтаётган ток нималарга боғлиқ эканлигини кўриб ўтайлик. Фараз қилайлик, берилган занжирнинг AB қисми (13-расм) бир-бири билан кетма-кет уланган актив, индуктив ва сиғим қаршиликлардан иборат бўлсин. Агар занжир AB қисмининг ўзгарувчан токка кўрсатадиган тўлиқ қаршилиги Z бўлса, у ҳолда занжирнинг AB қисмидан ўтаётган токнинг амплитуда қиймати Ом қонунига асосан қуйидаги формуладан топилади:

$I_o = \frac{U_o}{Z}$ бунда U_o – занжирнинг AB қисмидаги кучланиш амплитудаси.



13 - расм

Қаралаётган занжирда (13-расм) актив, индуктив ва сиғим қаршиликлар кетма-кет уланган бўлсада, занжирнинг ўзгарувчан токка кўрсатадиган умумий қаршилиги шу уланган қаршиликларнинг арифметик йиғиндисига тенг бўлмайди. Чунки бундай занжирда ўзгарувчан токнинг фазаси қаршиликларнинг ҳаммасида (паст частотали тоқларда) бир хил бўлгани билан кучланиш фазалари ҳар бир қаршиликда ҳар хил қийматларга эга бўлади. Занжирнинг актив

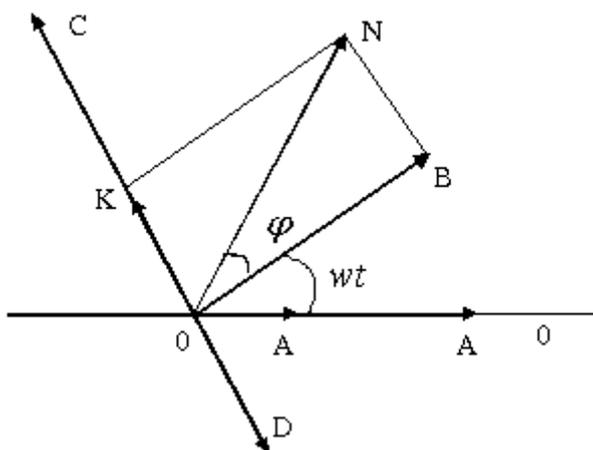
қаршилигида кучланиш фазаси ток фазаси билан бир хил. Индуктив қаршилиқда эса кучланиш фазаси токдан $\pi/2$ га олдин юради. Сиғим қаршилиқда эса $\pi/2$ га орқада қолади. Демак, бундай занжирнинг R, L ва C қисмларида кучланишлар бир-биридан фақат қийматлари жиҳатидан эмас, балки фазалари жиҳатидан ҳам фарқ қилар экан. Шу сабабли бундай занжирнинг тўлиқ қаршилигини аниқлашда ҳар бир қаршилиқдаги кучланиш фазаларини ҳисобга олиш лозим.

Ушбу қўлланмада биз тўла қаршилиқ Z ни вектор диаграмма ёрдамида аниқлашни кўриб ўтамиз. Фараз қилайлик, бизга 13-расмда кўрсатилган тартибда уланган актив, индуктив ва сиғим қаршилиқлардан иборат занжир берилган бўлсин. Агар бу занжирга амплитудаси U_0 бўлган, синус қонуни бўйича ўзгариб турувчи кучланиш берилса, у ҳолда занжирнинг ҳамма қисмида $i = I_0 \sin \omega t$ қонун бўйича ўзгариб турувчи ток вужудга келади дейлик. Натижада актив, индуктив ва сиғим қаршилиқларда амплитуда қийматлари

$$U_{oR} = I_0 R, \quad U_{oL} = I_0 \omega L \quad \text{ва} \quad U_{oC} = \frac{I_0}{\omega C} \quad \text{бўлган кучланишлар ҳосил бўлади.}$$

Ток бу қаршилиқларнинг ҳаммасида бир хил фазада бўлади, яъни қаршилиқларнинг ҳаммасида амплитуда қийматига бир вақтда эришади, чунки кучланиш фазаси ҳар бир қаршилиқда ҳар хил қийматга эга. Ўзгармас ток мавзусидан маълумки, занжирдаги умумий кучланиш шу занжирга кетма-кет уланган қаршилиқларнинг ҳар бирида ҳосил бўлган кучланишлар йиғиндисига тенг. Ўзгарувчан ток учун ҳам шу қонуниятдан фойдаланиш мумкин. Лекин бунда ҳар бир қаршилиқдаги кучланишларнинг сон қийматларинигина эмас, балки фазаларини ҳам эътиборга олган ҳолда қўшишга тўғри келади. Шу сабабли уларни вектор

тарзда қараб, умумий кучланишни векторларни қўшиш қоидаси асосида топамиз.



Фараз қилайлик, занжирдан амплитудаси I_0 бўлган ўзгарувчан ток ўтаётган бўлсин. Шу I_0 ни маълум бир узунликка эга бўлган ва O нуқта атрофида соат мили харакатига тескари йўналишда ω бурчак тезлик билан айланаётган

вектор деб қараб, бошланғич моментда уни OO' чизиқда ётган

14-расм

\vec{OA} вектор билан белгилайлик (14-расм).

Актив қаршиликда ток билан кучланиш фазалари бир хил бўлгани сабабли бошланғич моментда актив қаршиликдаги кучланиш амплитудаси $U_{oR} = I_0 R$ ни ифодаловчи вектор ҳам шу OO' тўғри чизиқда ётади. У \vec{OA} бўлсин. Бу вақтда ω бурчак тезлик соат мили харакатига тескари йўналишда айланаётганлиги учун t вақтдан сўнг олдинги ҳолатига нисбатан ωt бурчакка бурилиб, яъни фазасини $\pi/2$ га ўзгартириб, иккинчи ҳолатни (\vec{OB} ҳолатни) эгаллайди (14-расм). Шу вақтда индуктив қаршиликда амплитуда қиймати $U_{oL} = I_0 \omega L$ бўлган кучланиш ҳосил бўлади. Унинг фазаси актив қаршиликдаги кучланиш (ток) фазасига нисбатан $\pi/2$, яъни 90° олдин бўлгани учун уни векторларнинг айланиш йўналишида \vec{OB} дан 90° олдин ётган \vec{OC} кесма билан белгилаймиз. Сиғим қаршиликда кучланиш $U_{oC} = \frac{I_0}{\omega C}$ токдан, шунингдек актив қаршиликдаги кучланишдан $\pi/2$ га орқада қолади. Шу сабабли уни векторлар диаграммасида \vec{OB} га нисбатан 90° орқада қолиб айланаётган \vec{OD} кесма

орқали ифодалаймиз. Бу мисолда сиғим қаршиликнинг сон қиймати $\frac{1}{\omega C}$, индуктив қаршиликнинг сон қиймати ωL дан кичик деб олинган.

Шундай қилиб, бир тўғри чизиқ бўйлаб қарама-қарши йўналган \overrightarrow{OC} ҳам да \overrightarrow{OD} векторлар ва уларга перпендикуляр йўналган \overrightarrow{OB} вектордан иборат диаграмма ҳосил қилдик. Диаграммадаги векторларнинг ҳар бири қайсидир қаршиликда ҳосил бўлган кучланиш амплитудасини кўрсатади. Уларнинг вектор йиғиндиси шу занжирдаги умумий кучланиш амплитудасига тенг бўлиши керак.

Аввал \overrightarrow{OC} вектор билан \overrightarrow{OD} векторни қўшиб олайлик. Улар бир тўғри чизиқ бўйлаб қарама-қарши йўналганликлари учун уларнинг йиғиндиси бирдан иккинчисининг айрилганига тенг. Масалан, \overrightarrow{OC} дан \overrightarrow{OD} ни айирсак, у ҳолда \overrightarrow{OC} бўйлаб йўналган, сон қиймати $I_o(\omega L - \frac{1}{\omega C})$ бўлган \overrightarrow{OK} вектор қолади. Энди \overrightarrow{OK} вектор билан сон қиймати $I_o R$ бўлган \overrightarrow{OB} векторни қўшамиз. Уларнинг йиғиндиси \overrightarrow{OK} ва \overrightarrow{OB} лардан ясалган параллелограммнинг диагонаliga тенг бўлади. Демак, у ON га тенг бўлар экан. Унинг сон қиймати Пифагор теоремасидан топилади:

$$(OB)^2 + (OK)^2 = (ON)^2$$

ёки
$$I_o^2 R^2 + I_o^2 (\omega L - 1/\omega C)^2 = (ON)^2$$

Бунда ON кесма занжирдаги умумий кучланиш амплитудаси. Уни U_o ҳарфи билан белгилаб, охириги формуладаги I_o^2 ни қавсдан чиқариб ёзсак, у ҳолда

$$I_o^2 [R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2] = U_o^2 \quad (5-1)$$

бундан
$$I_o = \frac{U_o}{\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}} \quad (5-2)$$

Натижада кетма-кет уланган актив, индуктив ва сиғим қаршиликлардан

иборат занжир учун Ом қонунининг формуласи келиб чиқди. Лекин бунда умумий қаршилик Z ўрнида $\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}$ ифода турибди.

Демак, бу ифода занжирнинг ўзгарувчан токка кўрсатадиган умумий қаршилигини билдиради.

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}$$

(5-3) Бундан кўринадики, кетма-кет уланган актив, индуктив ва сиғим қаршиликлардан иборат занжирнинг тўлиқ қаршилиги (Z) индуктив қаршилик (ωL) билан сиғим қаршилик ($\frac{1}{\omega C}$) ларнинг сон қийматлари ўзаро бир-бирига нисбатан қандай муносабатда эканлигига боғлиқ экан. Уларнинг сон қийматлари бир-бирига яқинлаша борган сари тўлиқ қаршилик камая боради, чунки бу вақтда $\omega L - \frac{1}{\omega C}$ кичиклашади. Бир-бирига тенг бўлиб қолган тақдирда реактив қаршилик нолга тенг бўлиб, занжирнинг тўлиқ қаршилиги минимум қийматга эришади ва у фақат актив қаршиликдангина иборат бўлиб қолади. $\omega L - \frac{1}{\omega C}$ нинг сон қийматининг ўзгариши L, C ёки ω ларнинг ўзгаришига боғлиқдир. Бундай занжирдан ўтаётган ток учун ёзилган Ом қонуни формуласидан кўринадики, берилган кучланишда занжирдаги ток кучи

$\omega L - \frac{1}{\omega C}$ нинг сон қийматига боғлиқ бўлиб, $\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0$ бўлганида ток

амплитудаси максимал қийматга эришади. Чунки бу вақтда токка фақат актив қаршиликкина таъсир кўрсатади. Кетма-кет уланган актив, индуктив ва сиғим қаршиликлардан ташкил топган занжирда умумий кучланиш билан ток фазалари, умуман айтганда, бир хил бўлмасдан улар орасида қандайдир қийматга эга бўлган фазалар фарқи бўлади. Уни аниқловчи формулани 14-расмдаги вектор диаграммадан ҳосил қилиш мумкин. Ток

ωt фазага ($\vec{OO'}$ билан \vec{OB} орасидаги бурчакка) эришганда умумий кучланишнинг фазаси $\omega t + \varphi$ ($\vec{OO'}$ билан \vec{ON} орасидаги бурчакка) га тенг бўлади. Демак, берилган занжирда кучланиш тоқдан $(\omega t + \varphi) - \omega t = \varphi$ фаза олдин юрар экан. Бурчак φ ни (занжирдаги ток кучи билан кучланиш орасидаги фазалар фарқининг сон қийматини) аниқлаш учун дастлаб шу бурчакнинг тангенсини топиб олиш лозим. Вектор диаграммадан кўринадик:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R} \quad (5-4)$$

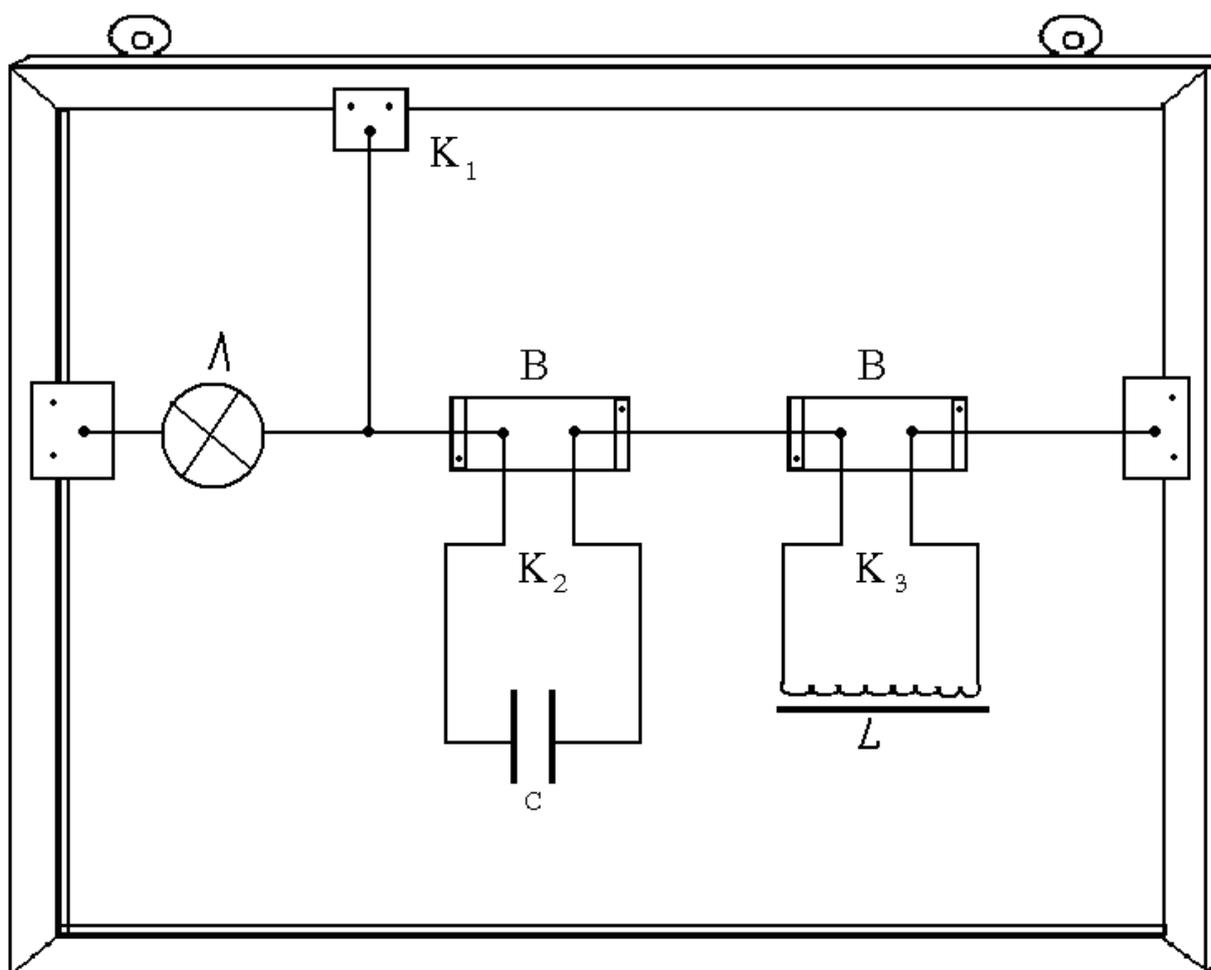
Диаграммадан ва охириги ёзилган формуладан кўринадик, бундай занжирдаги ток билан кучланиш фазалари орасидаги фарқ занжирга фақатгина индуктив ёки сиғим қаршиликлар уланган вақтдаги фазалар фарқига қараганда кичикроқ бўлар экан. Чунки сиғим ва индуктив қаршиликлар биргаликда уланганида, уларнинг ҳар бирида ток билан кучланиш орасидаги вужудга келадиган фазалар фарқи қисман бир-бирини компенсациялайди. $\omega L = \frac{1}{\omega C}$ бўлганида фазалар фарқи бутунлай бир-бирини бутунлай компенсациялайди. Бу ҳолда $\varphi = 0$ бўлади. Чунки бунда занжирнинг токка кўрсатадиган қаршилиги фақат актив қаршиликдан иборат бўлиб қолади. Актив қаршиликда ток билан кучланиш ҳамма вақт бир хил фазада бўларди.

$\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0$ бўлганда ωL ва $\frac{1}{\omega C}$ ларнинг ҳар бирида ҳосил бўлган кучланишлар бир-бирига тенг бўлиб, ўзларининг максимал қийматига эришади. Чунки бу вақтда ток кучи максимал қийматига эга бўлади, деган эдик. Индуктив ва сиғим қаршиликлардаги кучланишлар эса ток кучининг шу қаршиликларга бўлган кўпайтмасига тенг,

$$\text{яъни } U = I\omega L \text{ ва } U_c = \frac{I}{\omega C}$$

Ток I катталашса $I\omega L$ ҳам, $\frac{I}{\omega C}$ ҳам катталашади. Занжирнинг актив қаршилиги жуда кичик бўлганда бу кучланишларнинг ҳар бири занжирдаги умумий кучланишга қараганда бир неча марта ортиб кетади. Бу ҳодиса ўзгарувчан ток занжирида к у ч л а н и ш р е з о н а н с и дейилади.

Бу ҳодисани тажрибада намоиш қилиш учун асосий панелга бири-бири билан кетма-кет уланган ҳолда йигилган индуктив қаршилик ва конденсатор C дан иборат занжир тавсия қилинади (15-расм). Ток индикатори вазифасини ғалтак ва конденсаторларга кетма-кет уланган 220В, 300Вт ли чўғланиш лампаси бажаради. Ғалтак, лампочка ва улагич симларнинг актив қаршиликлари етарли бўлгани учун занжирга алоҳида актив қаршилик уланмаган.



15 - расм

Индуктив қаршилик сифатида физика кабинетлари учун чиқарилган трансформаторнинг ўзагига ўрнатилган 220В га мўлжалланган ғалтак олинган. Сиғим қаршилиги умумий сиғими 60-70 мкФ бўлган конденсаторлар батареясидан иборат. Панелга учта K_1 , K_2 ва K_3 клемма панелчалари ўрнатилган. Улардаги клеммаларга занжирдаги умумий кучланишни ҳамда индуктив ва сиғим қаршиликлардаги кучланишларни ўлчаш учун вольтметрлар уланади.

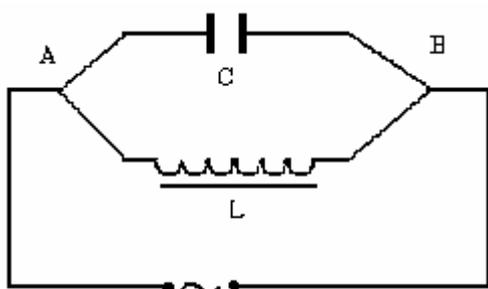
Тажрибани бажариш тартиби. Манба панелидаги узгич-улагич ёрдамида занжирга ўзгарувчан кучланиш берилади. Бунда занжирдан ток ўтаётганини индикатор лампа (чўғланиш лампаси) кўрсатади. Конденсаторлар батареясининг сиғимини ўзгартира бориб лампочканинг

ёниш равшанлиги ўзгарганини, маълум бир сиғимда эса лампочканинг ёниш равшанлиги максимал қийматга эришганини кўрамиз. Бу эса индуктив қаршилик сиғим қаршиликка тенг бўлиб, $\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0$ бўлишини, занжирнинг тўлиқ қаршилиги фақат аттив қаршиликдан иборат бўлиб қолишини кўрсатади. Шу вақтда қурилма устига қўйилган вольтметр ёрдамида K_1 , K_2 ва K_3 клеммалардаги кучланишларни ўлчаб, K_2 , K_3 клеммалардаги кучланишлар бир-бирига тенг, лекин K_1 клеммадаги кучланишга қараганда анча катта бўлишини кўрамиз. Бу эса занжирда кучланиш резонанси ҳосил бўлганлигини билдиради.

6-§. Ўзгарувчан ток занжирида ток резонанси.

Ўзгарувчан ток занжирига конденсатор ва индуктив ғалтак параллел уланганда занжирда қандай ҳодиса рўй беришини кўриб чиқайлик. Фараз қилайлик, берилган занжирнинг АВ қисми параллел уланган сиғим ва индуктив қаршиликлардан иборат бўлсин. (16-расм). Агар актив қаршилик R йўқ деб ҳисобласак, занжирнинг бу қисмининг ўзгарувчан токка кўрсатадиган қаршилиги фақат реактив қаршиликдангина иборат бўлади.

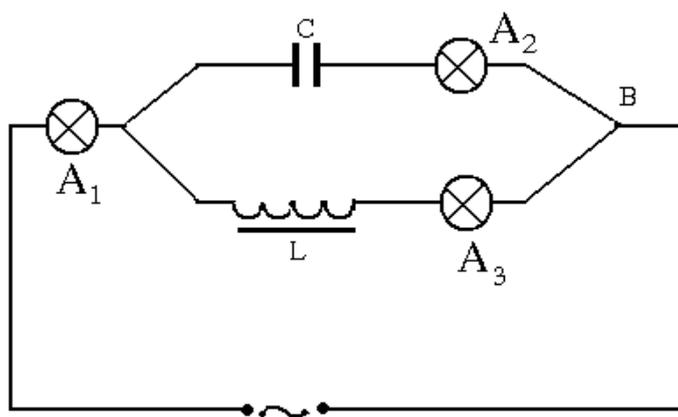
Занжирнинг АВ қисмига ўзгарувчан кучланиш берилганида тармоқларнинг қайси бирида ток каттароқ бўлишини билиш учун тармоқларга электр лампочкалар (220В, 15Вт) улаймиз (17-расм). Ток кучининг катта ёки кичиклиги шу лампочкаларнинг ёниш



16 – расм равшанлигига қараб аниқланади. Лампочкалар ўрнида амперметрлардан ҳам фойдаланиш мумкин. АВ га берилган кучланиш частотаси кичик (20-30Гц) бўлганда ғалтак уланган тармоқдаги лампочканинг маълум бир равшанликда ёнганини кўрамиз. Бунда конденсатор уланган тармоқдаги лампочка бутунлай ёнмаслиги ҳам мумкин. Чунки паст частотали ток учун сиғим қаршилик индуктив қаршиликка нисбатан анча катта бўлади. Ток частотасини орттира борсак, конденсатор уланган тармоқдаги лампочканинг ёна бошлаганини ва ёниш равшанлиги орта борганлигини кўрамиз. Ғалтак тармоғидаги лампочканинг ёниш равшанлиги эса частотанинг шу қийматида сиғим қаршилик $\frac{1}{\omega C}$ билан индуктив қаршилик ωL нинг бир-бирига тенг бўлиб қолганлигини билдиради. Частота бундан ҳам катталаша бошласа, конденсатор тармоғидаги лампочка ғалтак тармоғидагига нисбатан равшанроқ ёна бошлайди. Шу вақтда занжирнинг тармоқланмаган қисмида қандай ҳодиса юз берар экан, шуни кўриб чиқамиз. Бунинг учун, актив қаршиликни камайтириш мақсадида, тармоқлардаги лампочкаларни олиб улар уланган клеммаларни қисқа туташтирамиз. Сўнгра занжирнинг тармоқланмаган қисмига битта лампочка (220В, 15Вт) улаб, занжирга частотаси (20-30Гц) бўлган кучланиш берамиз. Бунда лампочка маълум равшанликда ёнади. Частота оша бошласа, лампочканинг ёниш равшанлиги камая бориб, частота маълум бир қийматга эришганида лампочка бутунлай ўчади. Демак, бу ҳолда занжирдаги ток кучи минимум қийматга эришар экан. Частота бундан кейин ҳам оширила борилса, лампочканинг ёниш равшанлиги яна орта

бошлайди. Шу тажрибаларни лампочкалар ўрнига амперметрлар улаб такрорлаш мумкин.

Тажрибаларнинг кўрсатишича, занжирнинг тармоқланмаган қисмидаги ток кучи тармоқлардаги ток кучларининг айирмасига тахминан тенг бўлар экан. Чунки, индуктивлик (ғалтак) уланган тармоқда ток кучланишга қараганда $\pi/2$ фаза орқада қолади, сиғим (конденсатор) уланган тармоқда эса $\pi/2$ га олдин кетади. Демак бу тармоқлардаги тоklar фазалари бир-биридан π га, яъни ярим даврга фарқ қилар экан. Шу сабабли индуктивлик уланган тармоқда ток А дан В га томон оққанда, сиғим уланган тармоқда эса унга қарши, яъни В дан А томонга оқади.



17 - расм

Агар 17-расмда кўрсатилган занжирдаги L_1 , L_2 ва L_3 лампочкалар ўрнига A_1 , A_2 ва A_3 амперметрларни улаб, юқорида айтилган тажрибани такрорлайдиган бўлсак, қизиқ бир ҳодисани кўрамиз. Паст частотали токда амперметр A_1 нинг кўрсатиши A_2 ва A_3 амперметрларнинг кўрсатишларидан каттароқ бўлади. Частота орттирила борилса, A_1 нинг кўрсатиши камая бориб, A_2 ва A_3 ларнинг кўрсатишлари орта боради. Частота маълум бир қийматга эришганда A_1 нинг кўрсатиши минимал қийматга эришиб, A_2 ва A_3 ларнинг кўрсатишлари кескин ошиб кетади. Бу вақтдаги частотани ω_0 билан белгилайлик. Агар частота ω_0 дан оша

бошласа, A_2 ва A_3 амперметрларнинг кўрсатишлари яна камая бошлайди. Бу ҳодиса мажбурий тебранишларда учрайдиган резонанс ҳодисасининг ўзгинасидир. Лекин бунда тебранаётган катталик вазифасини тармоқлардаги ток бажаради. Шу сабабли бу ҳодисага ўзгарувчан ток занжирида **ток резонанси** дейилади. Бу вақтдаги частотани эса **резонанс частотаси** деб аталади.

17-расмда кўрсатилган занжирнинг АВ қисми АВС тармоқлардан ташкил топган берк контурдир. Бундай контур ўзгарувчан ток занжирига уланганида, унинг АСВ ва АЛВ тармоқларида бир-бирига нисбатан тескари фазада бўлган, яъни фазалари π га фарқ қилган тоқлар ҳосил бўлиб, улар шу контур бўйлаб тебрана бошлайди. Шу сабабли бу контурни тебраниш контури деб ҳам аталади. Унинг хусусий частотасини, яъни унда ҳосил қилинган токнинг эркин тебраниш частотасини ω_0 резонанс ҳодисаси асосида аниқлаш мумкин.

Резонанс вақтида контурнинг ҳар иккала тармоғида, яъни АСВ ва АЛВ тармоқларида ток кучлари бир хил ва максимал қийматга эришган бўлади. Бу эса шу вақтда контурдаги индуктив ва сиғим қаршиликларнинг бир-бирига тенглигини $\omega L = \frac{1}{\omega C}$, реактив қаршиликни эса нол бўлиб

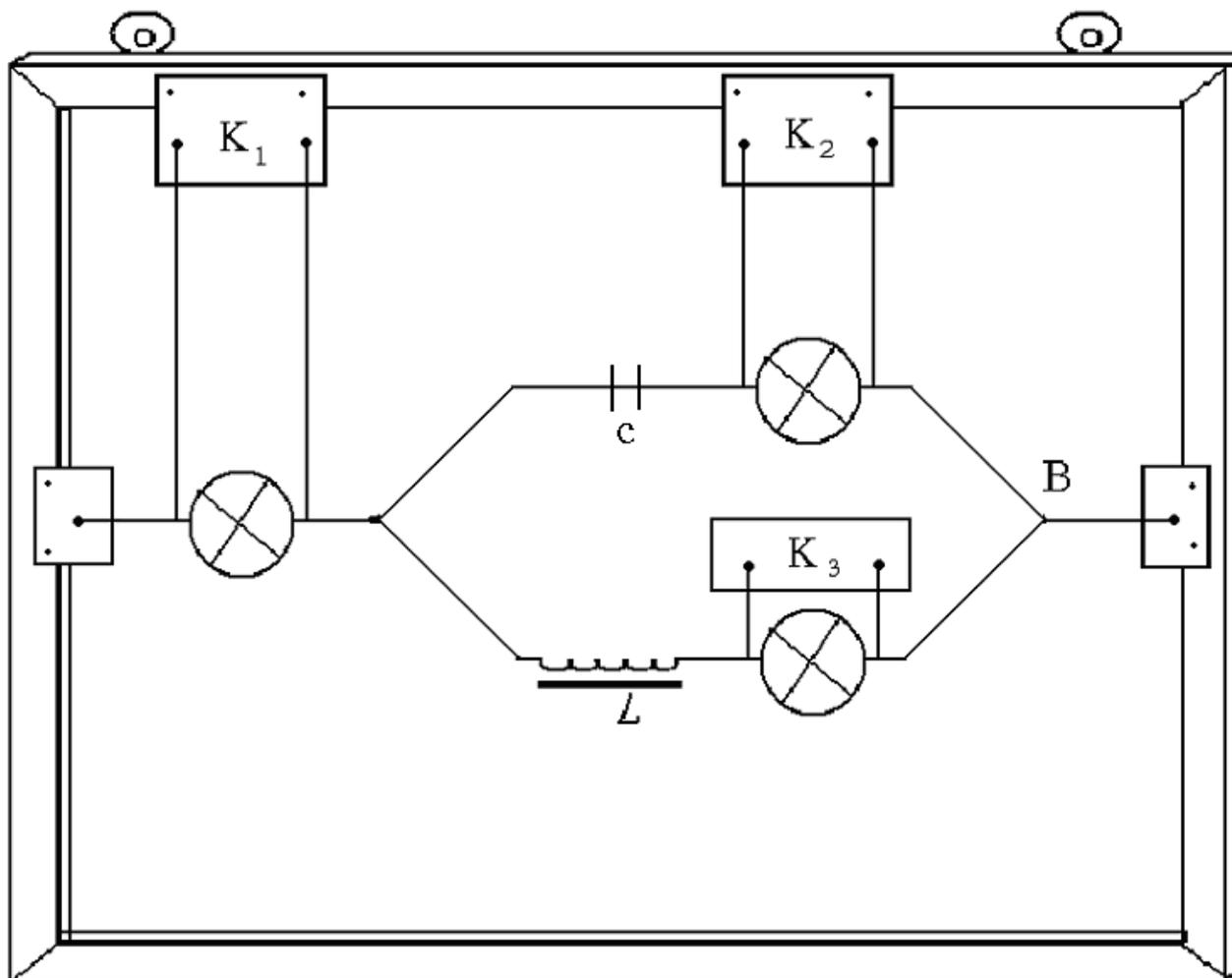
қолишини билдиради. Бундан
$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (6-1)$$

1)

тебраниш даври эса
$$T = 2\pi\sqrt{LC} \quad (6-2)$$

Юқоридаги формулаларни ёзишда биз контурнинг актив қаршилигини эътиборга олмасдан, у фақат индуктив ва сиғим қаршиликлардан иборат деб, идеаллаштириб қарадик. Ҳақиқатда эса ҳар қандай контурда озми-

кўпми актив қаршилик ҳам бўлади. Агар актив қаршиликни эътиборга оладиган бўлсак, у ҳолда формулалар мураккаброқ тус олади.



18-расм

Юқорида айтилганларни тажрибада намоиш қилиш учун асосий панелга 18-расмда кўрсатилгандек йиғилган учта лампочка (220В, 15Вт), конденсаторлар батареяси ва ғалтақдан иборат асбоб тавсия қилинади. Лампочкалар ўрнида амперметрлардан фойдаланиш зарур бўлганда, уларни улаш учун панелга K₁, K₂ ва K₃ клеммалар ҳам монтаж қилинган. Конденсаторлар батареясининг максимал сиғими 70мкФ. Ғалтак вазифасини мактаблар учун чиқарилган трансформаторнинг 12В кучланишга мўлжалланган ғалтаги бажаради. Қуйида юқоридаги бобда

кўриб ўтилган масалаларга мисол тариқасида бир қатор лаборатория ишларига тўхталиб ўтамиз.

II БОБ

1 – Лаборатория иши

Конденсаторнинг сифимини ва муҳитнинг диэлектрик сингдирувчанлигини аниқлаш

[№ 2;26, 48, 122, 129-§§], [№ 7, 26, 29, 59,173, 174, 181-§§], [№3, 31, 32, 35, 218-§§], [№1, 24, 26, 94-§§], [8; 4-иш].

Ишнинг мақсади: конденсатор сифимини ўлчашнинг турли усуллари ва муҳитнинг диэлектрик сингдирувчанлигини аниқлаш усули билан танишиш.

Турли ишорада зарядланган иккита жисмни кўрайлик. Бу жисмлар орасида кучланиш бўлиб, электр майдон куч чизиқлари жисмларнинг бирдан бошланиб иккинчисида тугаётган бўлсин. Бундай система конденсатор деб юритилади. Ораларидаги масофа ўз ўлчамларига нисбатан кичик бўлган иккита параллел ўтказгич пластинкаларни ясси конденсаторлар деб қараш мумкин. Одатда, конденсаторни ҳосил қилувчи ўтказгич унинг қопламалари деб аталади. Иккита концентрик сферадан иборат ўтказгичлар системаси сферик конденсатор деб, узунлиги ораларидаги масофага нисбатан катта бўлган умумий ўққа ўрнатилган иккита цилиндрдан иборат ўтказгичлар системаси цилиндрик конденсатор деб аталади.

Куч чизиқлари мусбат электр заряддан бошланиб, манфий электр зарядда тугагини ҳисобга олсак, конденсатор қопламаларидаги зарядлар миқдор жиҳатидан тенг ва ишораси қарама-қарши бўлиши яққол тушунилади.

Конденсатор қопламалари орасидаги майдон кучланганлиги қопламадаги заряд миқдорига тўғри пропорционал. Демак, кучланиш (U) ҳам ҳамма вақт қопламадаги заряд (q) га тўғри пропорционалдир:

$$q = CU \quad (1)$$

Бу ердаги C коэффициент конденсаторнинг **электр сиғими** ёки **сиғим** деб аталади.

Тажрибалар кўрсатадики, конденсаторнинг сиғими конденсатор қопламаларининг ўлчамига, улар орасидаги масофага ва муҳитнинг хусусиятига ҳамда конденсаторнинг шаклига боғлиқ. Айтайлик вакуумдаги иккита қоплама орасидаги масофа d , унинг сирти S , конденсатор сиғими C_0 бўлсин. Шу конденсатор қопламалари орасини бир жинсли диэлектрик билан тўлдирилганда унинг сиғими C бўлиб, улар орасидаги боғланиш қуйидагича бўлади:

$$C = \varepsilon C_0 \quad (2)$$

Бунда ε пропорционаллик коэффициенти муҳитнинг электр хусусиятини характерлаб, унинг турига ва ҳолатига (температура, босим ва ҳ.к.) боғлиқ катталик бўлиб, муҳитнинг вакуумга нисбатан **диэлектрик сингдирувчанлиги** дейилади.

Абсолют электростатик бирликлар системасида вакуумнинг диэлектрик сингдирувчанлиги (ε_0) бирга тенг деб олинади ва ўлчамга эга эмас. СИ системасида эса унинг $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{Ф/м}$ га тенг эканлиги аниқланган. Шунинг учун СИ системасида диэлектрик киритувчанликнинг абсолют қиймати $\varepsilon_0 \varepsilon$ бўлади. Ҳар хил турдаги конденсаторларнинг сиғимини ҳисоблаш учун қуйидаги формулаларни келтирамиз.

1. Ясси конденсаторлар учун: $C = \epsilon_0 \epsilon S/d$ (3) бу

ерда S – конденсатор битта қопламасининг юзи, d -қопламалар орасидаги масофа.

2. Сферик конденсатор учун: $C = 4\pi\epsilon_0\epsilon \frac{R_1 \cdot R_2}{R_2 - R_1}$ (4) Бу

ерда R_1 ва R_2 - ички ва ташқи шар қопламаларининг радиуслари. Агар $R_2 \gg R_1$ бўлса, (4) дан $C = 4\pi\epsilon_0\epsilon R_1$ (5)

ҳосил бўлади. Агар $R_2 - R_1 = d$ жуда кичик, яъни $R_1 \approx R_2$ бўлса, (4) дан

$$C = 4\pi\epsilon_0\epsilon \frac{R_1^2}{d} = \epsilon_0\epsilon \frac{S}{d} \quad (6) \text{ ни оламиз. Бу}$$

ерда $S = 4\pi R^2$ - қопламанинг юзи.

3. Цилиндрик конденсатор учун: $C = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon l}{\ln \frac{R_2}{R_1}}$ (7)

бу ерда R_1, R_2 -ички ва ташқи цилиндрларнинг радиуси, l - қопламанинг узунлиги. Агар қопламалар орасидаги масофа цилиндрлар радиусига нисбатан кичик, бўлса, (7) ни қуйидагича ёзиш мумкин:

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon l R}{d} = \epsilon_0\epsilon \frac{S}{d} \quad (8) \text{ бу ерда } S = 2\pi$$

lR – конденсатор қопламасининг юзи. Демак, (6) ва (8)дан кўринадикки, $R_2 - R_1 = d \ll R_1$ шарт бажарилганда сферик ва цилиндрик конденсатор сиғимларини ҳисоблаш ясси конденсаторнинг сиғимини ҳисоблашга келтирилади. Бир нечта $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ сиғимли конденсаторлар берилган бўлса, мумкин бўлган чегарада уларни ўзаро кетма-кет, параллел, аралаш улаш натижасида зарур бўлган сиғимларни ҳосил қилишимиз мумкин.

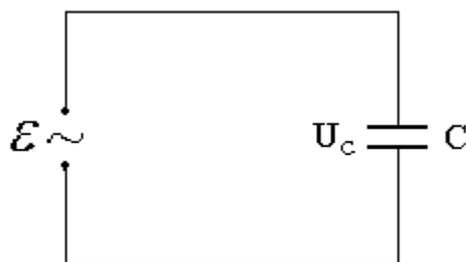
Конденсаторлар кетма-кет уланганда натижавий сиғим

$$\frac{1}{C} = \sum_{k=1}^n \frac{1}{C_k} \quad (9)$$

Параллел уланганда эса
$$C = \sum_{k=1}^n C_k \quad (10)$$

формула билан ҳисобланади. Ўзгармас ток занжирига конденсатор киритилганда ток конденсатор қопламалари орасидан ўтмаганлиги сабабли, у чексиз катта қаршилик ролини ўйнайди.

Конденсатор ўзгарувчан токка уланганда унинг қопламалари навбат билан зарядланиши ва разрядланиши натижасида ташқи занжирдаги ўзгарувчан токни тиклаб туради. Шундай қилиб, конденсатор ўзгарувчан ток занжири учун чекли қаршилик бўлади, бу қаршилик **СИҒИМ ҚАРШИЛИК** деб юритилади. Ана шу сиғим қаршиликнинг катталиги қандай ҳисобланишини кўриб чиқамиз. Фараз қилайлик, сиғими C бўлган конденсатор синусоидал ўзгарувчан электр юритувчи куч (ЭЮК) манбаига (19-расм) уланган бўлсин.



19-расм

Бунда манба ва конденсаторни туташтирувчи ўтказгичнинг омик қаршилиги жуда кичик бўлсин. Бу вақтда конденсатор қопламалари орасидаги кучланиш берилган ЭЮК га тенг бўлади:

$$U_c = \mathcal{E} = \mathcal{E}_m \sin \omega t. \quad (11)$$

Вақтнинг исталган моменти учун $q = CU_c = C \mathcal{E}_m \sin \omega t.$ (12)

формула ўринлидир. Агар конденсаторнинг заряди dt вақт ичида dq га ўзгарган бўлса, ўтаётган I ток қуйидагича ифодаланади:

$$I = \frac{dq}{dt} = C \frac{dU_c}{dt} = C \varepsilon_m \omega \cos \omega t = C \varepsilon_m \omega \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right).$$

Занжирдан ўтаётган ўзгарувчан токнинг амплитуда қиймати

$$I_m = \varepsilon_m C \omega \quad (13)$$

бўлади. Бу формулани қуйидагича ёзиш мумкин:

$$\varepsilon_m = I_m \frac{1}{\omega C} \quad (14)$$

(14) ни ўзгармас ток учун Ом қонуни фодаси $U=IR$ билан солиштирсак, $\frac{1}{C\omega}$ катталиқнинг қаршилик эканлиги кўринади. Бу қаршиликни X_c билан

белгилаймиз: $R_c = \frac{1}{\omega C} \quad (15)$

(15) ифода сиғими C бўлган конденсаторнинг ω частотали ўзгарувчан ток занжиридаги сиғим қаршилигини ифодалайди.

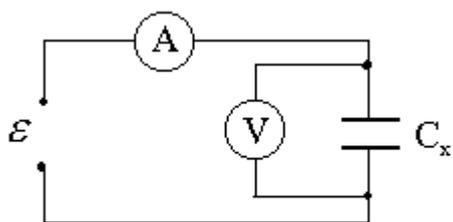
Юқорида келтирилган мулоҳаза ва формулалардан фойдаланиб, конденсаторнинг сиғим қаршилигини аниқлаш ва бу қаршилик орқали конденсатор сиғимини ҳисоблаш мумкин.

1 - машқ

Амперметр ва вольтметр ёрдамида конденсаторнинг

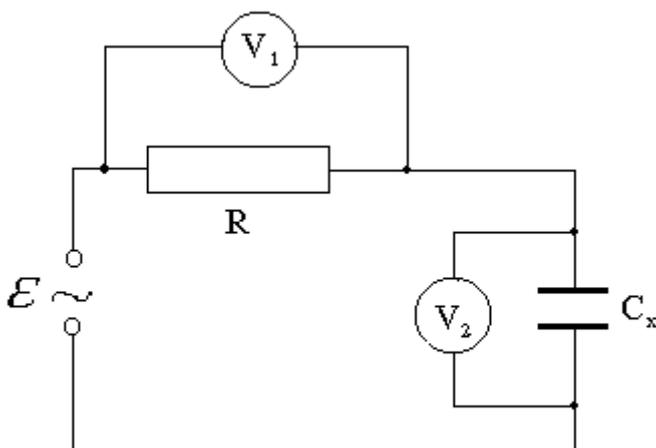
сиғимини аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: Сиғими аниқланиши керак бўлган конденсатор, сиғими аниқ бўлган конденсатор, ички қаршилиги катта бўлган вольтметр, амперметр, актив қаршилиги маълум бўлган ўтказгич, улаш симлари.



20-расм

Бу усул билан конденсатор сиғимини аниқлаш учун 20, 21, 22-расмларда келтирилган электр схемалардан бири тузилади. Бу схемаларда C_x -сиғими аниқланаётган конденсаторлар батареяси, А-амперметр, V_1 , V_2 -вольтметрлар, R -маълум актив қаршилик, C -маълум сиғим, \mathcal{E} - ток манбаи.



21-расм

Агар 20-расмдаги схемадан фойдалансак, Ом қонунига асосан конденсаторнинг сиғим қаршилиги $R_c = \frac{U}{I}$ бўлади.

(15) формулага асосан $X_c = \frac{1}{\omega C_x} = \frac{U}{I}$, бу ифодада $C_x = \frac{I}{U\omega}$; $\omega = 2\pi\nu$ экани

ҳисобга олинса, сиғимни ҳисоблаш учун

$$C_x = \frac{I}{2\pi\nu U} \quad (16)$$

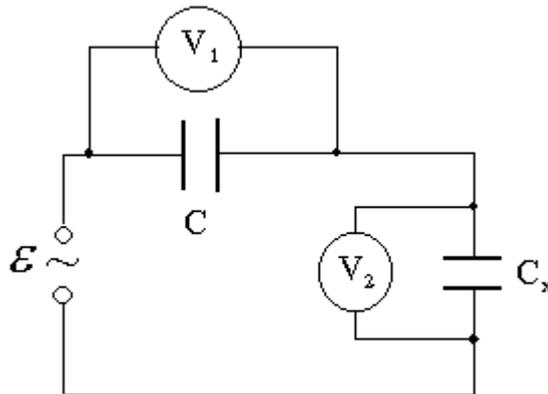
ифода келиб чиқади. U ва I – мос равишда вольтметр ва амперметрларнинг кўрсатишлари.

Агар 21-расмдаги схемадан фойдаланилса, ўтказгичлар кетма-кет уланганда ҳар бир ўтказгичдан ўтаётган ток бир хил бўлишини ҳисобга олсак, R қаршилиқдаги потенциал тушуви $U_1=IR$, C_x сиғимли конденсаторнинг $X_{C_x} = \frac{1}{2\pi\nu C_x}$ қаршилигидаги потенциал тушуви

$U_2 = IR_{C_x}$ бўлади. $I = \frac{U_1}{R}$ ва $I = \frac{U_2}{X_{C_x}}$ дан $\frac{U_1}{R} = \frac{U_2}{X_{C_x}} = 2\pi\nu C_x U_2$ ёки

$\frac{U_1}{R} = 2\pi\nu C_x U_2$ бўлади. Бу формуладан сиғим қуйидагича ифодаланади:

$$C_x = \frac{U_1}{2\pi\nu R U_2} \quad (17)$$



22-расм

Агар 22-расмдаги схемадан фойдалансак, бунда сиғими маълум, қаршилиги $R_C = \frac{1}{2\pi\nu C}$ бўлган конденсатор C ва сиғими номаълум, қаршилиги R_x бўлган C_x конденсатор кетма-кет уланганлигидан, $U_1=IR_C$, $U_2 = IR_{C_x}$ ўринлидир. Бу ифодалардан $\frac{U_1}{R_C} = \frac{U_2}{R_{C_x}}$ ҳосил бўлади. R_C ва R_{C_x} ларнинг ўрнига ифодасини қўйсак:

$$2\pi\nu C U_1 = 2\pi\nu C_x U_2.$$

Бу формуладан C_x ни топамиз:
$$C_x = \frac{U_1}{U_2} C. \quad (18)$$

(17) ва (18) формулаларда U_1 ва U_2 мос равишда V_1 ва V_2 вольтметрларнинг кўрсатиши.

Ишни бажариш тартиби

1. 20, 21, 22-расмларда келтирилган схемалардан бири тузилади.

Кучланишни ўзгартира бориб, унинг ҳар бир қийматига мос равишда V вольтметр ва A амперметрнинг кўрсатиши ёки V_1 ва V_2 вольтметрнинг кўрсатиши ёзиб олинади.

3. Бу ўлчашларга мос равишда конденсаторнинг сиғими (16), (17), (18) формулалардан бири орқали ҳисоблаб топилади.

4. Берилган сиғими номаълум конденсатор учун топилган қийматлар асосида унинг ўртача қиймати ҳисобланади.

5. Номаълум сиғим сифатида маълум сиғимлардан тузилган конденсаторлар батареяси олинганда ҳам машқ 1; 3; 4; 5 лар асосида бажарилади.

6. Сиғими аниқланган конденсаторнинг шакли ва ўлчамлари аниқ бўлса, сиғим конденсаторнинг шаклига қараб мос равишда (3), (4), (7) формулалар ёрдамида ҳисобланади ва тажриба натижаси билан таққосланади.

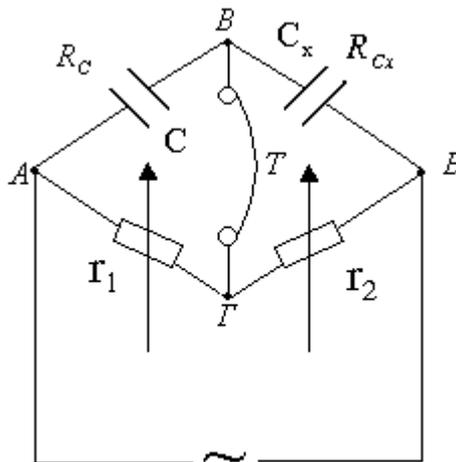
7. Агар конденсаторлар батареясининг сиғими ўлчанаётган бўлса, батареянинг қандай тузилганлигига қараб унинг сиғими (9) ёки (10) формула билан ҳисобланади ва тажрибада олинган қиймат билан таққосланади.

2 –машқ

Ўзгарувчан тоқда ишлайдиган кўприк схема ёрдамида конденсаторнинг сиғимини аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: Телефон, конденсаторлар магазини, реохорд (даражаланган реостат ёки иккита қаршилиқлар магазини), Зуммер ёки товуш генератори, аккумулятор, калит, сиғими аниқланиши керак бўлган конденсатор.

Бу мақсад учун фойдаланиладиган электр схема ўзгармас тоқда ишлайдиган кўприк схемадаги кўприкнинг иккита елкасига қаршилиқ ўрнига конденсатор уланиши билан фарқ қилади. Схеманинг (23-расм) қарама-қарши учларига (масалан, А ва Б) ўзгарувчан ток генератори, қолган иккита учларига (В ва Г) ўзгарувчан ток индикатори, масалан, телефон уланади. Бу электр схемадаги r_1 ва r_2 - ўзгарувчан қаршилиқ, С-қаршилиги R_c бўлган конденсатор ва C_x -қаршилиги X_{C_x} бўлган конденсатор. r_1 ва r_2 қаршилиқларни ўзгартириш йўли билан телефонда товуш эшитилмаслигини таъминлаш, яъни кўприкнинг В ва Г учларидаги потенциалнинг амплитуда ҳамда фазаси бир хил бўлишига эришиш орқали конденсаторнинг сиғими аниқланади.



23-расм

Бу шарт бажарилган ўзгарувчан ток назариясига кўра кўприк елкалари комплекс қаршиликлари учун қуйидаги муносабат ўринли бўлади:

$$Z_1 : Z_c = Z_2 : Z_x \quad \text{ёки} \quad \frac{Z_1}{Z_c} = \frac{Z_2}{Z_x}$$

Берилганларга кўра

$$Z_1 = r_1; \quad Z_c = \frac{1}{jC\omega} = R_c; \quad Z_2 = r_2; \quad Z_x = \frac{1}{jC_x\omega} = R_{c_x};$$

Бунда $j = \sqrt{-1}$. Бу катталиклардан фойдалансак, $r_1 \cdot jC\omega = r_2 \cdot jC\omega$.

$$\text{Бундан} \quad C_x = \frac{r_1 \cdot C}{r_2} \quad (19)$$

Шундай қилиб, эталон конденсатор (C) ва қаршиликлар нисбати ($\frac{r_1}{r_2}$) аниқ

бўлса, C_x номаълум сиғимни аниқлаш учун юқоридаги формуладан фойдаланилади. Шунини айтиш керакки, кўприкнинг конденсатор кирган елкаларининг актив қаршиликлари сиғим қаршиликка нисбатан жуда кичик бўлгани учун унинг қиймати ҳисоблаш вақтида эътиборга олинмайди.

(24-расм).

Ишни бажариш тартиби

1. 24-расмдаги электр схема бўйича занжир тузилади. АВ-реохорд ёки даражаланган реостат, r_1 ва r_2 – реохорд ёки даражаланган реостатнинг l_1 ва l_2 елкасига мос келувчи қаршиликлар (шуни айтиш керакки, реохорд ўрнига қаршиликлар магазинини ҳам олиш мумкин.)

$l_1 \approx l_2$ ёки $r_1 \approx r_2$ ҳол учун конденсаторлар магазинидан фойдаланиб C сиғимни ўзгартириш ва телефонда товушни энг паст бўлишини таъминланг. Бу ҳол учун C катталигини ёзиб олинг.

3. Реохорд ёки реостатнинг жилгичини суриб, телефонда товуш эшитилмаслигини таъминланг ва бу ҳол учун r_1 ва r_2 ни ёзиб олинг.

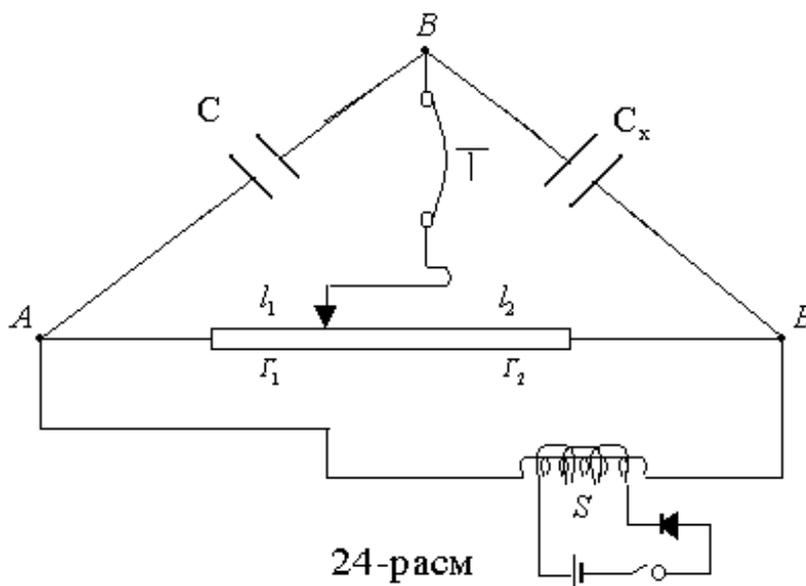
4. Олинган натижалар асосида C_{x1} ни (19) формула бўйича ҳисобланг.

5. Ўлчашни бир неча марта такрорлаб, C_{x1} нинг ўртача қийматини топинг ва хатоликни ҳисобланг.

6. Иккинчи номаълум сиғим сифатида C_{x2} ни олиб, 1, 2, 3, 4, 5-бандларни бажаринг.

6. Топилган C_{x1} ва C_{x2} сиғимларни кетма-кет ёки параллел улаб, 1, 2, 3, 4, 5-бандларни бажаринг.

7. 7-бандда топилган экспериментал натижа билан (9) ва (10)



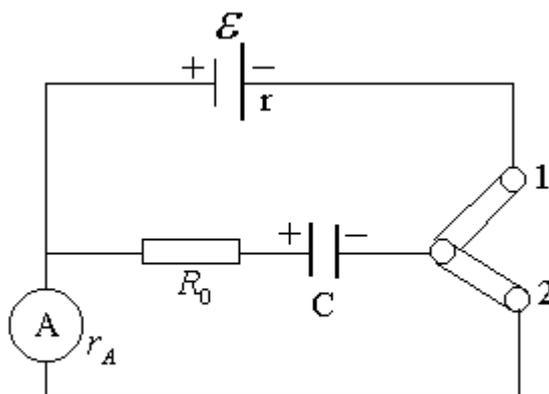
формуларнинг тўғри эканлигини текширинг.

3-машқ

Конденсаторнинг сиғимини унинг разряд токи орқали аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: Ток манбаи, вольтметр, микроамперметр, реостат, автоматик узгич-улагич, конденсатор, улаш симлари.

25-расмда тасвирланган схема бўйича занжир йиғилади. С сиғимли конденсатор занжирга уланади. Узгич-улагични 1 ҳолатга қўйганимизда конденсатор ток манбаида зарядланади, кейин узгич-улагич 2 ҳолатга



25-расм

ўтганда разрядланади. Олдин зарядлаш жараёнини кўрайлик.

Контурга Кирхгофнинг иккинчи қонунини қўлласак: $iR_0 + u = \varepsilon$

i - токнинг оний қиймати, U - конденсатордаги кучланишнинг оний қиймати.

$$U = \frac{q}{C}; \quad i = \frac{dq}{dt} \quad \text{эганини ҳисобга олсак,} \quad \frac{dq}{dt} + \frac{q}{R_0 C} - \frac{\varepsilon}{R_0} = 0. \quad \text{Бу}$$

тенгламанинг ечими
$$U = \varepsilon(1 - e^{-\frac{t}{R_0 C}}) \quad (20)$$

конденсатор қопламалари орасидаги кучланишнинг вақт ўтиши билан экспоненциал ўзгаришини кўрсатади. t ортиши билан U узлуксиз ортиб боради ва ε га асимптотик яқинлашади.

Заряд токининг вақтга боғлиқлигини $iR_0 = \varepsilon - u$ келиб чиқадиган

$$i = \frac{\varepsilon - u}{R_0} = \frac{\varepsilon}{R_0} e^{-\frac{t}{R_0 C}} \quad (21)$$

формуладан кўриш мумкин.

Конденсатор разрядланганда эса

$$iR_0 = U; \quad U = \frac{q}{C}; \quad i = -\frac{dq}{dt}$$

бўлади. Минус ишора заряднинг камайишини кўрсатади. Бу

тенгликлардан q ва i ни йўқотсак,
$$\frac{dU}{dt} + \frac{U}{R_0 C} = 0$$

тенгلمي ҳосил қиламиз. Бу тенгламанинг хусусий ечими

$$U = \varepsilon e^{-\frac{t}{R_0 C}} \quad (22)$$

разряд вақтида конденсатордаги кучланишнинг вақт бўйича ўзгаришини кўрсатади.

Олинган натижалардан чиқадиган хулоса шуки, зарядланиш ёки разрядланиш жараёни бир онда эмас, балки маълум вақт давомида содир бўлади, яъни электр мувозанати бир онда вужудга келмайди.

Сиғим ва қаршиликдан иборат контур учун

$$\tau = RC \quad (23)$$

Бу катталик берилган контур учун вақт доимийлиги ёки **релаксация вақти** дейилиб, конденсатордаги кучланишнинг қанча вақтдан кейин $e=2,7$ марта камайишини кўрсатади. Агар сиғим $C=1$ мкФ бўлса, қаршилик

$R=100$ Ом бўлган тақдирда $\tau = 10^{-4}$ с.

Агар узгич-улагичнинг частотаси 50 Гц бўлса, разрядланиш вақти мисолда келтирилган контур учун 0,01 с ни ташкил қилади. Демак, релаксация вақти $\tau = 10^{-4}$ с. бўлган контур 0,01 секундда тўла зарядланиши ёки разрядланиши мумкин. Амперметр ёки миллиамперметр қўзғалувчан системасининг тебраниш даври 0,01 секунддан анчагина катта бўлгани учун амперметр ёрдамида зарядланиш ва разрядланиш токини аниқлаш мумкин.

Фараз қилайлик сиғими C бўлган конденсатор U кучланишгача зарядланган бўлсин. Конденсатор қопламасидаги заряд $q=CU$. Конденсатор амперметр орқали разрядланганда амперметр маълум токни кўрсатади. Агар зарядланиш ва разрядланиш даврий равишда давом этиб турса, амперметр стрелкасининг кўрсатиши токнинг ўртача қиймати I_0 га тўғри келади. t вақтда амперметр орқали оқиб ўтадиган заряд

$$q = I_0 t = CUN$$

га тенг. Бундан
$$I_0 = CU \frac{N}{t} = CU\nu$$

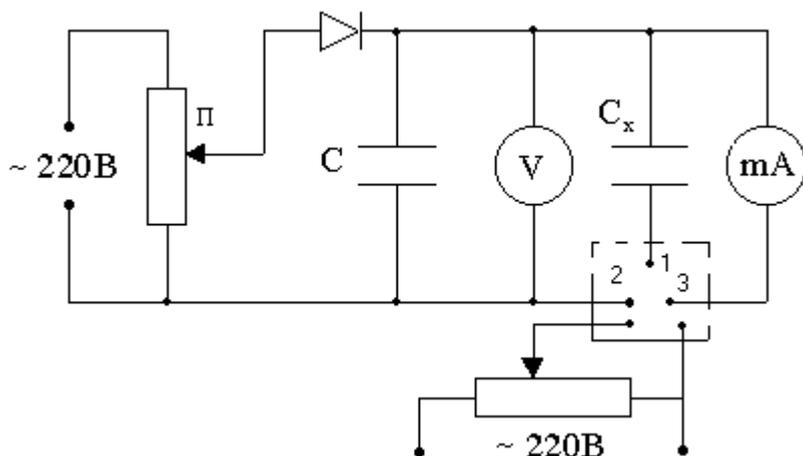
бу ерда $\nu = \frac{N}{t}$ узгич-улагич частотаси, I_0 , U , ν аниқлангандан кейин

$$C = \frac{I_0}{U\nu} \quad (24)$$

формула ёрдамида сиғимни аниқлаш мумкин.

Ишни бажариш тартиби

1. 26-расмда келтирилган электр схема бўйича занжир йиғилади.



26 - расм

2. Манбага уланган Π потенциометр ёрдамида маълум бир U кучланиш C конденсаторга берилади. Бу кучланиш V вольтметр билан ўлчанади.
3. Автоматик узгич-улагич ишга туширилиб, миллиамперметрнинг кўрсатиши I_0 ёзиб олинади.
4. Потенциометр ёрдамида U_1, U_2, \dots, U_n ларни танлаб, уларга мос равишда $I_{01}, I_{02}, \dots, I_{0n}$ лар ёзиб олинади.

5. Мос равишда ҳар бир ўлчаш учун C_x топилади ва ўртача қиймати ҳисобланади.
6. Юқоридаги тажриба иккинчи конденсатор ва уларнинг кетма-кет, параллел уланган ҳоли учун ҳам такрорланади.
7. (9) ва (10) формулалар тажриба натижалари билан таққосланади.

4-машқ

Конденсатор ёрдамида муҳитнинг диэлектрик сингдирувчанлигини аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: Тўғирлагич, потенциометр, иккиёқлама улагич, 2та вольтметр, ясси конденсатор, пластинкасимон диэлектриклардан намуналар, намуналарни тутиб тургичлар, улаш симлари.

(2) формуладаги конденсатор сиғимлари (C ва C_0) ни аниқлаш ёки ҳисоблашга имкон берадиган бошқа электр катталикларни билиш муҳитнинг диэлектрик сингдирувчанлигини аниқлаш имконини беради. Бу мақсадда конденсаторларнинг оддий тури - ясси конденсаторлардан фойдаланилади. Конденсатор қопламалари орасида диэлектрик бўлганда улар тенг миқдордаги заряд билан зарядланганда қуйидаги тенгликлар ўринлидир:

$$q = CU \quad \text{ва} \quad q = C_0 U_0$$

Бундан $C_0 = \frac{q}{U_0}$; $C = \frac{q}{U}$ бўлади. (2) ва (3) тенгликни эътиборга олсак, қуйидаги ифодаларга эга бўламиз:

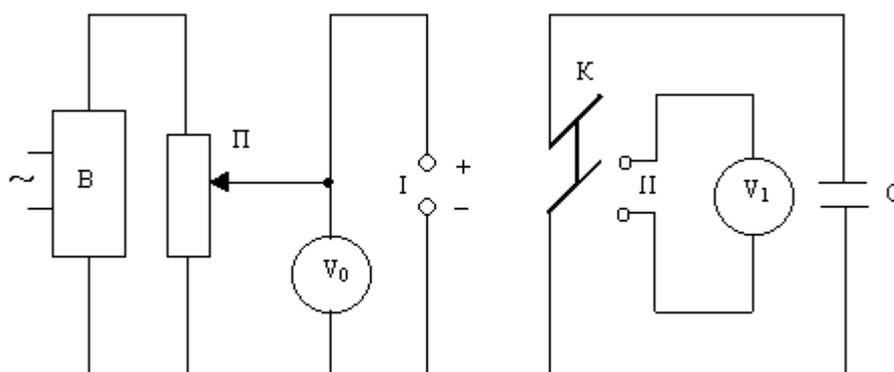
$$\frac{\epsilon_0 S}{d} = \frac{q}{U_0} \quad \text{ва} \quad \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} = \frac{q}{U}$$

Бу формулалардан $\varepsilon = \frac{U_0}{U}$ (27) келиб чиқади.

Шундай қилиб, муҳитнинг диэлектрик сингдирувчанлигини аниқлаш учун конденсатор қопламалари орасида диэлектрик бўлмаган ва бўлган ҳар иккала ҳолда қопламалардаги кучланишларни ўлчашдан фойдаланиш мумкин.

Ишни бажариш тартиби

1. 4-расмда келтирилган электр схема бўйича занжир йиғилади.



27-расм

2. К икки ёқлама улагич I ҳолатга қўйилади.
3. В тўғрилагичдан олинаётган кучланишни П потенциометр ёрдамида ўзгартириб, С конденсаторга маълум кучланиш берилади. Бу кучланишнинг қиймати V_0 вольтметр ёрдамида ўлчаб олинади.
4. Иккиёқлама улагич II ҳолатга қўйилади ва конденсатор қопламалари орасига диэлектрик намуналардан бири киритилиб, V_1 вольтметр орқали қопламалардаги кучланиш ўлчаб олинади.
5. Қолган намуналар учун 2, 3, 4 - бандлар ҳар хил кучланишлар учун такрорланади ва олинган натижалар асосида намунанинг диэлектрик сингдирувчанлиги аниқланади.

6. Қолган намуналар учун ҳам юқоридаги тартибда иш бажариб, диэлектрик сингдирувчанлик топилади.

7. Топилган қийматларни жадвалда келтирилган диэлектрик сингдирувчанлик коэффиценти билан таққослаш орқали берилган намунанинг моддаси аниқланади.

С а в о л л а р

1. Электр сиғими нима? У қандай бирликларда ўлчанади?

2. Конденсатор нима, унинг ишлаш принципи қандай?

3. Кондесаторларни параллел улаш нима ва бунда сиғим қандай ифодаланади?

4. Конденсаторларни кетма-кет улаганда натижавий сиғим қандай ҳисобланади?

5. Сиғим қаршилик нима? Қаршилик бирлиги қандай келтириб чиқарилади?

6. Конденсаторнинг сиғими вольтметр ва амперметр ёрдамида қандай аниқланади?

7. Ўзгарувчан токда ишлайдиган кўприкнинг схемаси ва ишлаш принципи қандай?

8. Бу кўприк ёрдамида сиғим қандай ўлчанади?

9. Бу усулларнинг бир-биридан афзаллиги нимада?

2-Лаборатория иши

Электр иситкич асбобларининг фойдали иш коэффицентини аниқлаш

[№2 ; 42, 44-§§], [№ 7; 52, 53, 61-§§], [№ 3; 65, 147-§§], [№ 1; 34, 70-§§], [8; 7-иш].

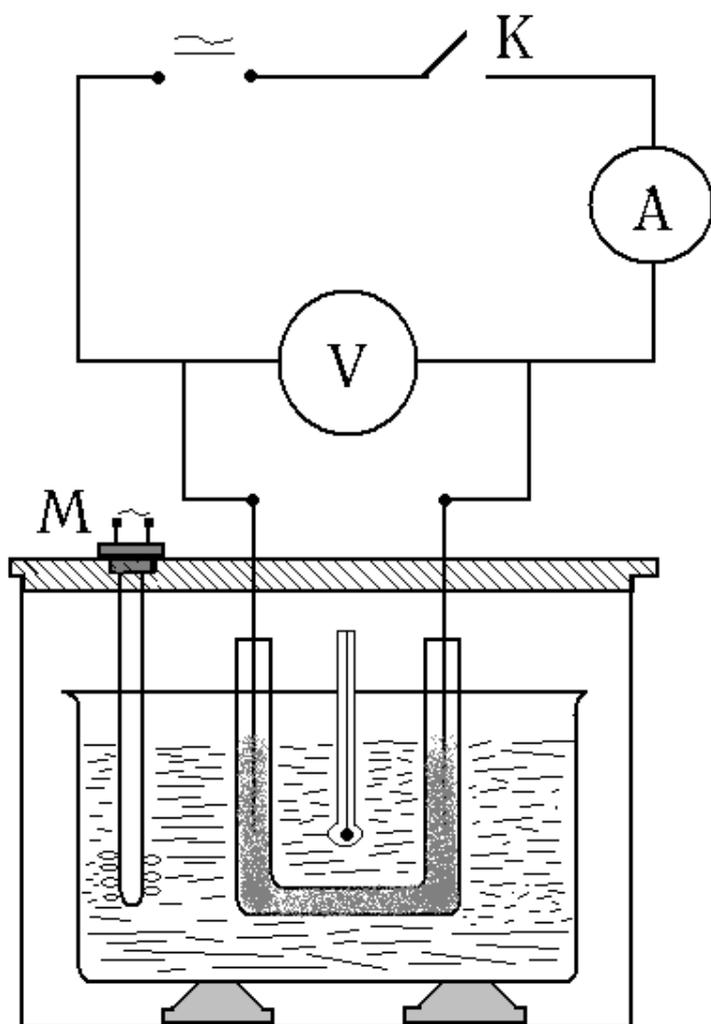
Керакли асбоб ва материаллар: ток манбаи, электр иситкич асбоб (электр плитка ёки электр чойнак), термометр, вольтметр ва амперметр, сув солинган идиш – калориметр, секундомер, калит ва улаш симлари.

Ишнинг мақсади - электр иситкич асбобларининг ишлаши билан танишиш ва уларнинг фойдали иш коэффициентини аниқлаш.

Қисқача назария - ўтказгичлардан электр токи ўтганда энергия ўзгариши юз беради, яъни электр энергия ўтказгичнинг ички энергиясининг ўзгаришига сарфланади. Агар бунда ўтказгич кўзгалмас бўлса ёки ток кучи таъсирида кимёвий реакция юз бермаса, ички энергияни ўзгариши температура ўзгаришига олиб келади. Электр майдон таъсирига учраган электрон хаотик ҳаракатдан йўналишли ҳаракатга келиб, металллар кристалл панжаралари тугунларидаги ион, атом ёки молекулага таъсир этган ҳолда уларнинг мувозанат вазият атрофидаги тебранма ҳаракат энергиясини орттиради. Бу ўз навбатида ўтказгич ички энергиясининг ортишига олиб келади ва бу энергия иссиқлик энергияси сифатида ажралади. У Жоуль - Ленц қонунига биноан қуйидагича ифодаланади.

$$Q=I^2Rt \quad (1)$$

Бунда Q – Жоуль бирлигида ифодаланувчи иссиқлик миқдори, I - ток кучи, R - қаршилик, t – токнинг ўтиш вақти. Жоуль-Ленц қонунининг қуйидаги кўринишдаги ифодаси амалда кўп қўлланилади.



$$Q = IUt \quad (2)$$

Электр токининг иссиқлик таъсиридан техникада ва турмушда жуда кенг фойдаланилади. Электр иситкич асбобларининг фойдали иш коэффициенти (ФИК) ни билиш катта аҳамиятга эга. Агар тоза сувли калори-метрда сим спирал туширилиб, ток кучи (I), кучланиш (U), ва токнинг узлуксиз ўтиб туриш вақти (t) аниқланса, (2) формулага кўра

Q ни ҳисоблаш мумкин (28-расм). Калориметр ва сувнинг массаси, калориметр ясалган модданинг ва сувнинг

28-расм

солиштирма иссиқлик сиғимлари,

иситишдаги температура ўзгариши ΔT маълум бўлса калориметр ҳамда сувнинг олган иссиқлик миқдорини мос равишда қуйидагича ёза оламиз:

$$Q_k = c_k m_k \Delta T \quad (3)$$

$$Q_c = c_c m_c \Delta T \quad (4) \text{ бу ерда } c_k \text{ ва}$$

c_c – калориметр ва сувнинг солиштирма иссиқлик сиғимлари, m_k ва m_c – мос равишда уларнинг массалари, ΔT – температура ўзгариши.

Ўтказгичларда ажралиб чиқаётган Жоуль-Ленц иссиқлиги сувга ва калориметрда тўлиқ берилмай, балки атроф-муҳитни иситишга ҳам

сарфланганлигидан, $Q > Q_k + Q_c$ деб ёза оламиз. Калориметрнинг олган иссиқлик миқдори ҳам фойдасиз, шунинг учун иситкич асбобининг ФИК қуйдагича ифодаланади:

$$\eta = \frac{Q_c}{Q} \quad (5)$$

Q ни (2) даги Q_c ни эса (4) даги эквивалент қийматлари (5) формулага қўйилса, ФИК (η) учун натижавий муносабат олинади:

$$\eta = \frac{m_c c_c \Delta T}{I U t} \quad (6)$$

$Q > Q_k + Q_c$ бўлганлигидан, $\eta < 1$. η нинг энг катта қиймати Q_k нинг ва атрофга беҳуда сарфланувчи иссиқлик миқдорининг минимал қийматга эга бўлиши билан эришилади. Иситкич ва калориметрни ташқи муҳитдан абсолют танҳолаш мумкин эмас, шунинг учун ҳамма вақт $\eta < 1$ бўлиб қолаверади. Одатда ФИК фоизларда ифодаланади ва шунинг учун ҳам (6) формула қуйидаги кўринишга келади:

$$\eta = \frac{m_c c_c \Delta T}{I U t} \cdot 100\% \quad (7)$$

Иситкич асбобининг ФИК ни топишдаги аниқлик (7) формула таркибига кирувчи катталикларни ўлчашдаги аниқлик даражаларига бевосита боғлиқ.

Ў л ч а ш л а р

1. Калориметрнинг массаси аниқлангандан сўнг, унга сув солиб билан биргаликдаги массаси аниқланади. Бунинг учун сувли калориметр массасидан калориметрнинг массасини айирамиз, яъни $m_c = m - m_k$

Бундай тортиш 3-4 марта такрорланиб, сув массасининг ўртача қиймати олинади.

2. Тажриба учун зарур бўлган электр схема бўйича калит очик сақланган ҳолда 28-расмда кўрсатилгандек занжир йиғилади. Калитни улаш momentiдаги сувнинг температураси термометрдан ёзиб олинади ва секундомер юргизиб юборилади.

3. c_c ва $m_c = \text{const}$ деб олинганда $\Delta T = 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35$ ва 40°C гача ўзгаришига мос келган вақт ёзиб борилади (тажриба давомида $I; U$ лар ўзгармас бўлиши шарт)

4. $\Delta T, t, I, U$ ларнинг қийматларини билган ҳолда $\eta_1, \eta_2 \dots \eta_n$ лар (7) формуладан ҳисобланади. Миллиметрли қоғозга $\eta = f\left(\frac{\Delta T}{\Delta t}\right)$ функция графиги чизилади.

Саволлар

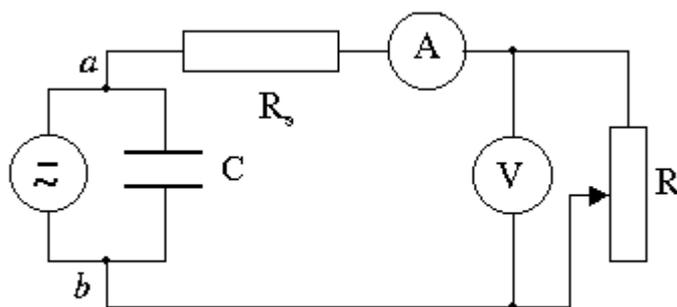
1. Электр иситкич асбобларининг ишлаш тамойили қандай?
2. Жоуль-Ленц қонунини таърифланг? У электрон назария асосида қандай тушунтирилади?
3. Жисмнинг олган фойдали иссиқлиги деганда нимани тушунилади? У қандай ҳисобланади?
4. Фойдали иш коэффициенти деганда нимани тушунаси?

3 – Лаборатория иши

Ток манбаининг ФИК ни аниқлаш

[№ 2: 131-§] [№ 7; 60, 178, 185, 186-§§], [№ 3; 71, 3- §§], [№ 1; 9, 37, 96-§§], [8; 8-иш].

Ишнинг мақсади - ток манбаининг тузилиши, ишлаш принципи билан танишиш ва унинг фойдали иш коэффициентини (ФИК) ни аниқлаш.



29-расм

Қувват ўлчайдиган асбоб - ваттметрни даражалашни ўрганиш.

Ток манбаининг фойдали иш коэффициентини (ФИК) ни билиш аҳамиятга эгадир. ФИК ни аниқлаш учун ток манбаи (элемент, аккумулятор, ўзгармас ёки ўзгарувчан ток генератори), электр энергияни узатиш симлари (узатиш симларининг электр қаршилигини ифодалаш учун унга эквивалент R_s эталон қаршилик занжирга киритилган) ва R қаршилик ва истеъмолчилардан иборат электр занжирдан фойдаланамиз (29-расм).

Фойдали иш коэффициентини қуйидаги икки усулда: биринчидан ток манбаининг ички қаршилигини эътиборга олган ҳолда электр юритувчи куч иштирокида ва иккинчидан, манбаининг қисқичларидаги потенциаллар тушувини эътиборга олган ҳолда Ом ва Жоуль-Ленц

қонунларига асосланиб аниқлаш мумкин. Истеъмолчида сарфланувчи қувват катталиги жиҳатидан манбанинг тўла қувватидан кичик бўлади.

Ўзгармас ток манбаига эга бўлган электр занжирдаги қувватни аниқлашда занжирнинг ихтиёрий қисмидаги қувват шу қисмдан ўтувчи ток кучи билан кучланиш кўпайтмасига эквивалент эканлигидан, қўшимча махсус ўлчов асбоби бўлишига зарурият бўлмайди.

Аммо ўзгарувчан ток манбаига эга бўлган электр занжирда эса индуктив ва сиғим қаршиликларга боғлиқ ҳолда намоён бўлувчи фаза силжиши қувватни аниқлашда махсус ўлчов асбобидан фойдаланишни тақозо қилади. Ток занжирининг тўла қувватини ёки унинг бирор қисмининг қувватини аниқлашда **ваттметр** асбобидан фойдаланилади. Бунинг учун ўзгармас ва ўзгарувчан ток манбаи электр занжирларининг ҳар бирини алоҳида-алоҳида кўриб ўтиш мақсадга мувофиқдир.

1-машқ

Элемент ёки аккумуляторлар батареясининг ФИК ни аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: Ўзгармас ток манбаи, амперметр ва вольтметр, иккита реостат (биттаси эталон қаршилиқ, иккинчиси эса истеъмолчи сифатида фойдаланилади), калит, улаш симлари.

29-расмда кўрсатилган схемадаги берк занжир учун Ом қонуни:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + R_3 + r} \quad (1)$$

бундан

$$\varepsilon = I(R + R_3 + r) = I(R + R_3) + Ir = U_{ab} + Ir \quad (2)$$

Бунда U_{ab} - ташқи занжирнинг a ва b қисқичлари орасидаги кучланиш тушиши, (2) тенгликдан $U_{ab} = \varepsilon - Ir$. Агар $Ir = U_1$, $IR_3 = U_2$ ва $IR = U_3$ деб белгиланса, у ҳолда $\varepsilon = U_1 + U_2 + U_3$

(2) тенгликнинг чап ва ўнг томонларини занжирдан ўтувчи ток кучи I га ва шунингдек токнинг узлуксиз ўтиш вақти t га кўпайтирсак, энергиянинг баланс тенгламасига эга бўламиз:

$$UIt = I(R + R_3 + r)t \quad (3)$$

Бу формулага қуйидаги белгилашларни киритамиз:

1. $A = IUt$ - электр зарядини берк занжир бўйлаб кўчиришда бажарилган тўла иш; $P = IU$ - тўла қувват;

2. $A_1 = Irt$ - манба ичида зарядни кўчиришда бажарилган иш, $P_1 = Ir$ - манба қисқичларидаги қувват;

3. $A = I(R + R_3)t$ - занжирнинг ташқи қисмида бажарилган иш;

4. $P = Ir(R + R_3) = IU_{ad}$ - занжирнинг ташқи қисмидаги қувват;

5. $A_3 = I^2 R t$ - фойдали иш $P = I^2 R$ - фойдали қувват.

Бундан кўринадики, электр зарядини берк занжир бўйлаб кўчиришда бажарилган тўла иш ток манбаининг ички ва ташқи занжир қисмида бажарилиши мумкин бўлган ишларнинг йиғиндисидан иборат экан, яъни:

$$A = A_1 + A_2 \quad (4)$$

Худди шунингдек, манбанинг тўла қуввати ток кучи билан манба ЭЮК нинг кўпайтмаси ёки занжирнинг ички ва ташқи қисмларидаги қувватлар йиғиндисига тенг бўлади:

$$P = P_1 + P_2 \quad (5)$$

Тўлиқ занжирнинг истеъмолчи қисмида бажарилган иш фойдали бўлганлигидан, манбанинг ФИК:

$$\eta = \frac{A_3}{A} = \frac{A_3}{A_1 + A_2} = \frac{R}{R_3 + R + r} \quad (6) \text{ ёки фойдали}$$

қувват коэффициенти (ФҚК): $\eta = \frac{P_3}{P} = \frac{R}{R_3 + R + r} \quad (7) \text{ бўлади, бунда } \eta -$

ток манбаининг фойдали иш коэффициенти (ФИК) ёки фойдали қувват коэффициенти (ФҚК) деб аталади. Кўрамизки, ўзгармас ток манбаининг ФИК ва ФҚК бир-бирига эквивалент экан. Электр энергиясини узатишдаги симларнинг қаршилиги, яъни эталон қаршилик ток манбаининг истеъмолчи қаршилигига нисбатан жуда кичик бўлса, (6) формула қуйидаги соддалашган кўринишга келади:

$$\eta = \frac{R}{R + r} \quad (8) \text{ Бунда } \eta - \text{ток}$$

манбаининг электр энергиясини узатувчи симларнинг қаршилигини эътиборга олмагандаги ФИК ни ифодалайди.

Кўпинча ток манбаининг эмас, балки манба қисқичларидаги, яъни ток манбаларидан (генераторлардан) ўқув лабораторияларига симлар воситасида келтирилган манбанинг ФИК ни аниқлаш талаб қилинади. Бунда U_{ab} - лабораториядаги манба қутбларидаги кучланиш, R_3 -ички қаршилик сифатида ифодаланувчи эталон қаршилик (ўтказгич симлар қаршилигини ҳисобга олмаймиз) ва R - истеъмолчи қаршилиги деб олинса, (6) қуйидаги кўринишни олади:

$$\eta = \frac{R}{R_3 + R}$$

(9)

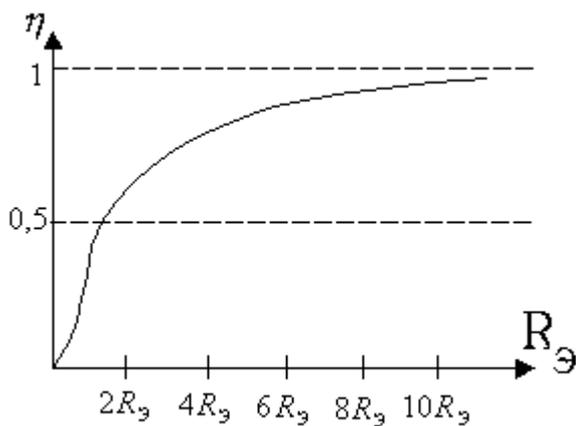
Бу формула ток манбаининг ЭЮК иштирок этмаган ҳолдаги ҳар қандай ток манбаининг ФИК ни ифодалайди. Демак, манбанинг ФИК ташқи қаршилик функцияси сифатида ўзгарар экан. ФИК нинг ташқи

қаршиликнинг сон қийматига боғлиқ ҳолда қандай ўзгаришини аниқроқ тасаввур қилиш учун (9) формулани қуйидаги кўринишда ёзамиз :

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{R_3}{R}} \quad (10)$$

Бунда: 1. $R_3 \gg R$ бўлган ҳолда $\eta \rightarrow 0$. Бу ўз навбатида манба қисқичлари қиска туташтирилганда ёки ҳеч қандай ташқи қаршилик бўлмаганда манбанинг ФИК нолга тенг бўлишини билдиради.

2. $R_3 = R$ бўлган ҳолда $\eta = 0,5$, яъни манбадан истеъмолчига узатилаётган тўла электр энергиянинг ярмигина фойдали ишга сарфланади, холос.



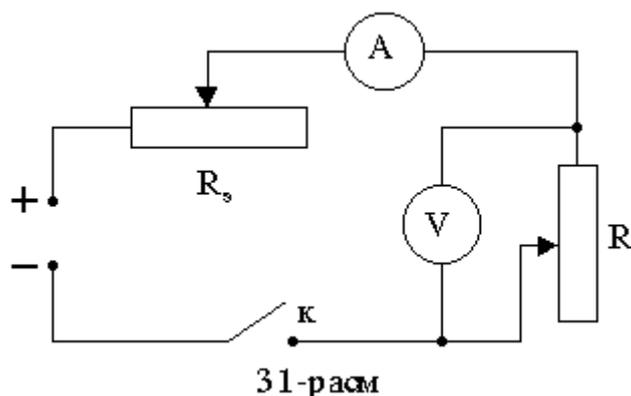
30-расм

3. $R_3 \ll R$ бўлган ҳолда $\eta \rightarrow 1$, ток манбадан истеъмолчига узатилувчи тўла энергия фойдали ишга сарфланади ($\eta \rightarrow 1$ идеал ҳолатдир).

Кўрамизки, ток манбаининг ФИК ташқи қаршиликнинг сон қийматига боғлиқ бўлиб, $0 \leq \eta < 1$ оралиқда ўзгарар экан. ФИК нинг $\frac{r}{R}$ ёки $\frac{R_3}{R}$ нисбатнинг функцияси сифатида ўзгариш графиги 30-расмда келтирилган бўлиб, унинг ўзгариши асимптотик характерга эга. $R_3 \ll R$ бўлганда у тўғри чизиққа яқинлашади.

Эталон қаршилик маълум деб, занжирга уланган амперметр ва вольтметрларнинг кўрсатишларига асосан истеъмолчининг қаршилиги занжирнинг шу қисми учун Ом қонунини татбиқ этган ҳолда ҳисобланади:

$$R = \frac{U}{I} \quad (11)$$



Ўлчашлар

31-расмда кўрсатилган электр схема бўйича занжир йиғилади. Занжирнинг тўғри эканлигига ишонч ҳосил қилинганда, калит улашиб амперметр ва вольтметрларнинг кўрсатишлари кузатилади. Тажриба икки ҳол учун бажарилади, яъни аввал $R_3 = \text{const}$ деб олиниб, ток манбаи ФИК нинг R қаршиликка боғлиқлиги, сўнгра $R = \text{const}$ ҳолда ФИК нинг R_3 га боғлиқлиги ўрганилади.

1. $R_3 = \text{const}$ бўлганда R қаршилик энг кичик қийматидан бошлаб ўзгартирилади ва ҳар бир муайян R_1 , R , R_3 қийматлар учун амперметр ҳамда вольтметрнинг кўрсатишларини ёзиб олиб, манбанинг ФИК η_1 , η , η_3 , топилади.

2. Тажриба энг камида R нинг бир-биридан фарқли 8-10 қиймати

учун бажарилади $\eta = f\left(\frac{1}{1 + \frac{R_3}{R}}\right)$ функция графиги миллиметрли қоғозга

чизилади. Тажриба маълумотлари асосида чизилган график: 30 - расмда келтирилган график билан таққосланади ва изоҳланади.

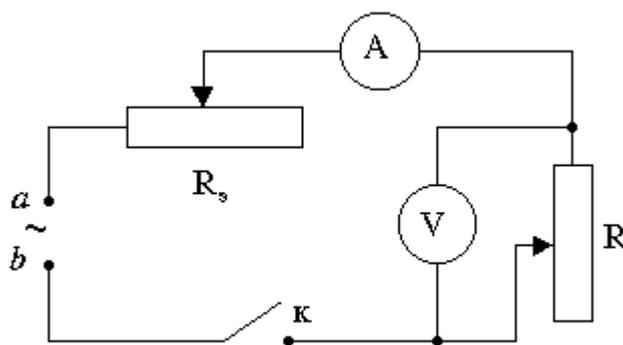
3. $R = \text{const}$ қилиб олинади ва ФИК нинг R_3 га боғлиқ ҳолда ўзгариши текширилади. ФИК нинг R_3 га боғлиқ ҳолда ўзгаришини график воситасида ифодалаш учун тажриба R_3 нинг бир-биридан фарқли 8-10 та қиймати учун 1-банддагидек бажарилади. Тажриба натижаларидан фойдаланиб $\eta = f(R_3)$ функция графиги чизилади ва биринчи график билан таққосланади.

4. 1- ва 3- бандлардаги амперметр ҳамда вольтметрларнинг ҳар бир қаршилик ўзгаргандаги қийматлари учун мос $U = f(R)$ ва $I = f\left(\frac{1}{R}\right)$ функциялар графиги миллиметрли қоғозга чизилади ва олинган натижа изоҳланади.

2 - машқ

Ўзгарувчан ток манбаининг фойдали иш коэффициентини аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: Ток манбаи, вольтметр, амперметр, иккита реостат (улардан бири эталон қаршилик, иккинчиси



32-расм

истеъмолчи сифатида ишлатилади), калит ва улаш симлари.

Ўзгармас ток манбаига эга бўлган электр занжирда кучланиш, ток кучи, қувват, электр ҳамда магнит майдон энергиялари ток ўтиш вақтининг ҳар қандай қийматлари учун ҳам ўзгармай қолаверади. Занжир синусоидал ўзгарувчан ток манбаига уланганда занжирдан ўтувчи ток даврий ток бўлганлигидан, кучланиш, қувват, магнит ҳамда электр майдон энергиялари ва унинг бажарган иши даврий равишда ўзгариб туради. Шунинг учун бу ўзгарувчан катталикларни характерлашда уларнинг оний қийматларидан фойдаланиш мақсадга мувофиқдир. Бундай занжирлардан бири 32-расмда кўрсатилган.

Занжирнинг ab қисқичларидаги синусоидал оний кучланиш $u = U_0 \sin \omega t$ бўлганда ундаги оний ток кучи Ом қонунига биноан

қуйидагича топилади:

$$i = \frac{U_0}{R_s + R} \sin \omega t = I_0 \sin \omega t. \quad (12)$$

(11) ва (12) формулаларда I_0 , U_0 - мос равишда ток кучи ва кучланишнинг амплитуда (максимум) қийматлари, $\omega = 2\pi\nu$ - даврий частота, ν - чизиқли частота.

Текшириляётган занжир учун Ом қонуни ток кучининг фақат оний $i = \frac{U}{R}$ ва $I_0 = \frac{U_0}{R}$ амплитуда қийматлари учун ўринли бўлмай, балки

эффektiv қийматлари учун ҳам ўринлидир, чунки $I_{эфф} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$ ва

$U_{эфф} = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$ демак,

$$I_{эфф} = \frac{U_{эфф}}{R_s + R} \quad (13)$$

Бунда $I_{эфф}$ ва $U_{эфф}$ - ток кучи ҳамда кучланишнинг эффektiv қийматлари. Берилган занжирдаги оний қувват ток кучи ва кучланиш

катталиклари оний қийматларининг кўпайтмасига тенг, яъни:

$$P_p = iu$$

Ўзгарувчан токда dt вақт ичида dq электр зарядини ўтказгич бўйлаб кўчиришда бажарилган элементар иш қуйидагича ифодаланади:

$$dA = udq = uidt. \quad (14)$$

Ушбу иш бажарилишидаги қувват $P = \frac{dA}{dt} = iu$ га тенг.

Ўзгарувчан ток занжири учун характерли катталик ўртача қувват ҳисобланиб, унинг бир даврдаги қиймати

$$\bar{P} = \frac{1}{T} \int_0^T P dt = \frac{1}{T} \int_0^T iudt = IU \quad \text{ёки} \quad P = IU \cos \varphi \quad (15)$$

бўлади. Кўриниб турибдики, ўзгарувчан ток занжиридаги ўртача қувват фақат ток кучи ва кучланишга боғлиқ бўлиб қолмай, балки улар орасидаги фазалар фарқи косинусига ҳам боғлиқ экан. (15) тенгламадаги $\cos \varphi$ **қувват**

коэффициентини ифодалайди. $\cos \varphi$ доимо бирдан кичик бўлганлиги учун ўртача қувват доимо ток кучи билан кучланиш катталикларининг кўпайтмасидан кичик бўлади.

$\varphi = 0$ да $\cos \varphi = 1$ бўлиб, ўртача қувват энг катта қийматга эга, яъни $P = IU$ га тенг. Агар $\varphi = \pm \frac{\pi}{2}$ бўлса, $\cos \varphi = 0$ ва ўртача қувват нолга тенг бўлади.

Амалда физик ҳодисаларни ўрганишда актив қаршилик (R), индуктивлик (L) ва сиғим (C) иштирок этган ўзгарувчан ток занжирлари кўплаб учрайди. Ўзгарувчан ток занжиридаги қаршилик ўзгармас ток занжиридаги қаршилик қийматидан фарқ қилади. Аммо ўзгарувчан ток

занжиридаги индуктивлик ва сифимларнинг **реактив қаршиликлари** (чунки ток ўтганда Жоуль-Ленц иссиқлиги ажралмайди), унинг **актив** (истеъмолчи ва ўтказгич) қаршилигидан жуда кичик бўлганда бу занжирнинг ФИК ўзгармас ток занжири учун ўринли бўлган (7) формула ёрдамида ҳисобланади.

Ў л ч а ш л а р

R_3 эталон қаршиликнинг маълум қиймати учун 32-расмда кўрсатилган схема бўйича электр занжири йиғилади. Занжирнинг тўғрилиги текшириб кўрилгач, ўлчаш ишлари бажарилади. ФИК аввал $R_3 = \text{const}$, сўнгра $R = \text{const}$ бўлган ҳол учун аниқланиб, тажриба 1-машқнинг 1-4-бандларидаги кўрсатмаларга риоя қилинган ҳолда бажарилади.

3 - машқ

Амперметр ва вольтметр ёрдамида ваттметр шкаласини даражалаш

Керакли асбоб ва материаллар. Ток манбаи, ваттметр, амперметр, вольтметр, лампали ёки бошқа турдаги реостат (истеъмолчи сифатида фойдаланиш учун), калит ва улаш симлари.

Мазкур ишнинг назарий қисмида кўрсатилганига асосан ўзгармас ток занжиридаги қувватни қуйидаги формула орқали ҳисоблаш мумкин:

$$P = IU. \quad (16)$$

Худди шу ўзгармас ток занжиридаги қувватни тажрибада ваттметр воситасида ҳам аниқлаш мумкин. Қувватни ваттметрда ўлчаш қулайроқ, чунки бу асбоб шкалалари бевосита қувват катталигида даражаланган бўлади. Амалда ток манбаининг даврий ёки даврий эмаслигига қараб қувватни ўлчашда турли системаларда ишловчи ваттметрлар билан иш кўришга тўғри келади. Бу борада электродинамик системадаги

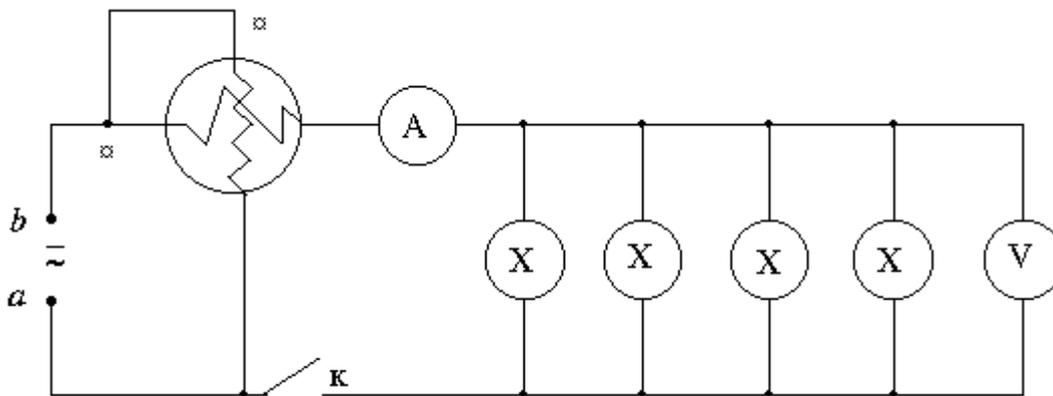
ваттметрлардан фойдаланиш бирмунча қулайликларга эга. Чунки электродинамик ваттметрларнинг иш режими ўзгармас ва ўзгарувчан ток занжирлари учун мосланган.

Ваттметрнинг қўзғалувчан ғалтагидаги ўрамларда намоён бўлувчи индуктив қаршилик эътиборга олинмаганда, ундаги ток ўрам ва қўшимча қаршилик учларидаги кучланишга пропорционал бўлади. Шу сабабли қўзғалувчан ва қўзғалмас ғалтак ўрамларидан ўтувчи ток кучларининг бир-бирига нисбатан фаза силжиши кучланиш ҳамда ток кучи орасидаги фаза силжишига тенг деб олинади. Бу вақтда стрелканинг бурилиш бурчаги P актив қувватга пропорционал равишда ўзгаради:

$$\alpha = k_0' I_a I_b \cos \varphi = k_0' I_a \frac{U}{R_b} \cos \varphi = k_1 P \quad (17) \text{ бунда}$$

$k_1 = k_0' \frac{\cos \varphi}{R_b}$ пропорционаллик коэффиценти, $P = IU$ - актив қувват.

(17) формуладаги k_0' ва k_1 коэффицентларни аниқлаш учун электр занжирнинг ваттметр уланган истеъмолчи қисмига яна қўшимча вольтметр ва амперметр улаш зарур бўлади. Бу коэффицентлар ток кучи ва кучланишга боғлиқ бўлмаганлигидан (ваттметр тайёрлашда ғалтаклардаги ўрамлар сони шундай танлаб олиндики, натижада айлантурувчи моментнинг стрелка силжишига боғлиқ ҳолда ўзгариши барча ораликларда доимий сақланади), амперметр ва вольтметр воситасида ўлчанган ток кучи ва кучланишдан фойдаланиб ваттметр шкалаларини осонгина даражалаш мумкин. Мазкур ишни бажаришда қўлланилиши мумкин бўлган қурилмалардан бирининг электр схемаси 33-расмда келтирилган. Схема бўйича занжир йиғишда ваттметр қисқичларининг белгиларига аҳамият бериш зарур.



33-расм

Ўлчашлар

1. 33 - расмда кўрсатилган электр схема бўйича занжир йиғилади.
2. Занжир тўғри йиғилганлигига ишонч ҳосил қилинганда, реостатни ташкил қилган ҳамма лампалар қўшимча калитлар ёрдамида (тугмачани босиб ёки қўл билан бураб) асосий калит уланганда ёнмайдиган қилиб олинади.
3. Амперметр, вольтметр ва ваттметр стрелкалари аниқ нолни кўрсатишига ишонч ҳосил қилинганда, калит уланади. Барча лампалар ўчиқ ҳолатда бўлганлигидан, бу вақтда вольтметр ab қисқичлардаги кучланишни, ваттметр эса занжирнинг реостат уланган қисмигача бўлган ораликдаги қувват исрофини кўрсатади. (Бу катталик истеъмолчи улангандан кейинги ваттметр кўрсатишидан айрилганда ўлчаниши зарур бўлган қувват катталигини беради.)
4. Лампочкалар занжирга кетма-кет қўшилганда ҳар бир лампочкани улаш вақтида ваттметр стрелкаси $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ бурчакларга силжийди. Амперметр ва вольтметрларнинг кўрсатиши эса $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ ларга мос ҳолда I_1, I_2, I_3 ва U_1, U_2, U_3 ва ҳоказо қийматларни кўрсатади.
5. (16) формула воситасида қувватлар ҳисобланиб, қуйидаги жадвалга ёзилади:

Лампалар сони	1	2	3	4	5	6	7	8	9	...	n
I											
U											
P											

6. Барча лампочкалар занжирга уланиб бўлгач, тажриба аксинча давом эттирилади, яъни лампочкаларни бирин-кетин занжирдан узиб, 4-банддаги ишлар бажарилади ва 5-банддаги жадвал қуйидагича қайта тузилади.

Лампалар сони	n	...	8	7	6	5	4	3	2	1
I										
U										
P										

7. Агар тажриба ўзгармас ток схемаси асосида бажарилган бўлса, k нинг қиймати берилган ваттметрни ўзгармас ток қувватини ўлчаш учун даражаланган бўлиб, унинг сон қиймати ҳар бир шкала чизиғига мос қувват катталигини ифодалайди. Агар тажрибада ўзгарувчан ток манбаидан фойдаланилган бўлса, k нинг қиймати (17) формуладаги k_1 га тенг бўлиб, у ҳар бир шкала чизиғига мос келувчи қувватни ифодалайди.

8. k_1 нинг тажрибадан топилган ўртача қийматидан фойдаланиб (17) формуладаги қувватнинг $0 \leq P \leq I_n U_n$ ораликда ихтиёрий сон қийматлари учун $\varphi = f(P)$ функция графиги чизилади.

Саволлар

1. Ток манбаининг фойдали иш коэффиценти нима? У қандай катталикларга боғлиқ?
2. Ўзгармас ток манбаининг ФИК қандай аниқланади?
3. Ўзгарувчан ток манбаининг ФИК қандай аниқланади?
4. Фойдали қувват коэффиценти деб нимага айтилади?
Ваттметр, апмерметр ва вольтметр ёрдамида қандай даражаланади?

4- Лаборатория иши

Ғалтакнинг индукция коэффицентини аниқлаш

[№2 ; 64-66, 68-§§], [№ 7; 121, 122, 1, 24-§§], [№ 3; 219-221-§§],

[№ 1; 92-93-§§], [8; 18-иш].

Ишнинг мақсади - талабаларни ғалтак индуктивлигини ўлчашнинг турли методлари билан таништириш.

Контур билан чегараланган юзни ўзгарувчан магнит оқими кесиб ўтганда унда электр юритувчи кучнинг ҳосил бўлиши Фарадейнинг **электромагнит индукция ҳодисаси** деб аталади.

Электромагнит индукция ҳодисаси қуйидаги ҳолларда кузатилади:

1. Контур ва ўзгармас магнит бир-бирига нисбатан ҳаракатланганда.
2. Берк контур ва токли ўтказгич бир-бирига нисбатан ҳаракатланганда.

3. Берк контур яқинида турган ўтказгичдан ўтаётган ток ўзгарганда.

Фарадей тажрибаларни умумлаштириб қуйидаги қонунни таърифлайди: *электромагнит индукция натижасида контурда ҳосил бўладиган электр юритувчи куч (ЭЮК) шу контур билан чегараланган сирт орқали ўтувчи магнит оқимининг ўзгариш тезлигига тўғри пропорционалдир, яъни:*

$$\mathcal{E} = -k \frac{d\Phi}{dt} \quad (1)$$

бунда k - пропорционаллик коэффициенти, у формулага кирган физик катталикларнинг қайси бирликлар системасида олинаётганлигига боғлиқ бўлиб, СИ бирликлар системасида бирга тенг.

Электромагнит индукция ҳодисаси натижасида ҳосил бўлаётган ЭЮК **индукцион Э.Ю.К**, ток эса **индукцион ток** деб аталади. Э. Х. Ленц индукцион ток йўналиши ва уни вужудга келтирувчи магнит оқимининг ўзгариш характери ўртасидаги муносабатни текшириб, қуйидаги қонунни очган: *контур билан чегараланган сирт орқали ўтаётган магнит оқимининг ҳар қандай ўзгарши шу контурда шундай йўналишда ток ҳосил қиладики, бу токнинг магнит майдони уни ҳосил қилувчи магнит оқимининг ўзгаришига тўсқинлик қилади.*

Бир жинсли бўлмаган магнит майдонга жойлашган берк контурни кўрайлик. Бу контурга ток манбаи уланганда, контур орқали ток ўтади. Агар контур маҳкамланмаган бўлса, у Ампер кучи таъсирида силжийди. Токли контурнинг магнит майдонда dt вақт давомида силжишида бажарилган элементар иш:

$$dA = Id\Phi$$

бу ерда $d\Phi$ - контур билан чегараланган сирт орқали ўтаётган магнит оқимининг ўзгариши. Контурнинг R қаршилиги орқали I ток ўтганда бажариладиган иш $dA_1 = IRdt$ га тенг, шу вақт ичида ток манбаи бажараётган иш эса $dA_2 = \mathcal{E}Idt$ бўлади.

Энергиянинг сақланиш қонунига асосан: $dA_2 = dA_1 + dA$ ёки

$$\mathcal{E} Idt = I^2 Rdt + Id\Phi$$

Бу формуладан $\mathcal{E} = \frac{d\Phi}{dt} + IR$ бундан $I = \frac{\mathcal{E} - \frac{d\Phi}{dt}}{R}$

бу ерда $\mathcal{E}_i = -\frac{d\Phi}{dt}$ (1a)

Ҳар қандай контурдан ўтаётган ток вақт бўйича ўзгарганда унинг атрофида ҳосил бўладиган магнит майдон ҳам ўзгаради. Демак, ток ўтаётган контур билан чегараланган юз орқали ўтаётган магнит оқими ҳам ўзгаради. Натижада контурда электромагнит индукция ЭЮК ҳосил бўлиб, бу ҳодиса

ўзиндукция ҳодисаси ва контурда ҳосил бўлаётган қўшимча ток эса **ўзиндукция экстратоки** дейилади. Шунини айтиш керакки, ўзиндукция ҳодисасини ёки ўзгарувчан магнит майдонга жойлашган контурда электромагнит индукция ЭЮК ҳосил бўлишини Лорентц кучи орқали тушунтириб бўлмайди, чунки Лорентц кучи қўзғалмас зарядларга таъсир қилмайди ва демак, уларни ҳаракатга келтира олмайди. Шунинг учун, қўзғалмас ўтказгичларда ҳосил бўлаётган электромагнит индукция ҳодисасини тушунтириш ҳар қандай ўзгарувчан магнит майдон электр майдонни юзага келтиради ва бу майдон таъсирида контурда индукцион ток ҳосил бўлади, деган фикрга олиб келади. Электр ва магнит

майдоннинг ўзаро боғланганлиги Д. К. Максвелл тенгламаларидан кўринади.

Тоқли ўтказгич атрафида ҳосил бўладиган магнит майдон индукцияси шу ўтказгичдан ўтаётган токка тўғри пропорционалдир. Магнит оқими (Φ) магнит майдон индукциясига тўғри пропорционал ва ўз навбатида магнит майдон индукцияси Био-Савар- Лаплас қонунига асосан ток кучига тўғри пропорционалликдан, магнит оқимининг ҳам ток кучига тўғри пропорционаллиги келиб чиқади:

$$\Phi = LI \quad (2) \text{ Бу}$$

формуладаги L **ўзиндукция коэффициентини** ёки контурнинг индуктивлиги дейилади. (2) ни (1a) га қўйсак ЭЮК нинг қуйидаги ифодасини ҳосил қиламиз:

$$\mathcal{E}_{yz} = -L \frac{di}{dt} \quad (3) \text{ (3) дан}$$

ўзиндукция ЭЮК токнинг ўзгариш тезлигига тўғри пропорционал эканлиги кўриниб турибди. Ҳар қандай контурнинг индуктивлиги унинг шаклига, ўлчамларига ҳамда контурни ўраб турган муҳитга боғлиқ бўлади. Мисол тариқасида диаметри узунлигига нисбатан анча кичик бўлган сим ўралган ғалтак - соленоиднинг индукция коэффициентини аниқлашни қараб чиқайлик. Соленоид марказидаги магнит майдон Био-Савар-Лаплас қонунига асосан:

$$B = \mu\mu_0 \frac{N}{l} i = \mu\mu_0 n i \quad (4) \text{ } N - \text{ҳамма}$$

ўрамлар сони, l - соленоиднинг узунлиги, $n = \frac{N}{l}$ - узунлик бирлигига тўғри келувчи ўрамлар сони. Агар вакуумдаги соленоиднинг кўндаланг

кесим юзи dS бўлса, ундан ўтувчи магнит оқими қуйидагича бўлади:

$$d\Phi = \mu_0 H n dS \quad (5)$$

Вакуумдаги соленоиднинг битта ва барча ўрамларидан ўтаётган магнит оқимини (4) формуладан фойдаланиб қуйидагича ёза оламиз:

$$\Phi_1 = \mu_0 \frac{N^2}{l} i S \quad \text{ва} \quad \Phi_N = \mu_0 \frac{N^2}{l} i S \quad (6)$$

(2) ва (6) формулаларни таққослаш орқали соленоиднинг вакуумдаги индуктивлик коэффициентини аниқлаймиз:

$$L_0 = \mu_0 \frac{N^2}{l} S \quad (7)$$

Агар соленоид муайян муҳитга жойлаштирилган бўлса, унинг индуктивлиги уни ўраб олган муҳитнинг магнит хусусиятини ифодаловчи коэффициентга ҳам боғлиқ бўлади:

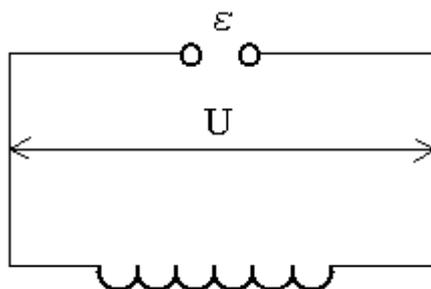
$$L = \mu \mu_0 \frac{N^2}{l} S \quad (8) \text{ бу ерда } \mu_0 -$$

магнит доимийси, μ - соленоидни ўраб турган муҳитнинг вакуумга нисбатан магнит сингдирувчанлиги.

Юқоридаги формулалардан кўринадики, соленоиднинг вакуумдаги (L_0) ва муҳитдаги (L) индуктивликларини билган ҳолда муҳитнинг магнит сингдирувчанлигини аниқлаш мумкин экан, яъни:

$$\mu = \frac{L}{L_0}$$

Энди индуктивликка эга бўлган соленоид уланган ўзгарувчан ток



34-расм

занжирини кўрайлик (34-расм).

Занжирдан ўзгарувчан ток ўтганда ғалтақда индукцион электр юритувчи куч ҳосил бўлади. ЭЮК га эга бўлган занжирнинг бир қисми учун Ом қонуни: $U = iR - \varepsilon$

Биз кўраётган занжирда ташқи қаршилик (R) нолга тенг ва индукцион ЭЮК $\varepsilon = -L \frac{di}{dt}$ га тенг бўлганлигидан, индуктивликдаги кучланиш тушуви:

$$U = L \frac{di}{dt} \quad (9)$$

Агар занжирдаги ток даврий бўлиб, $i = I_0 \sin \omega t$ қонуният бўйича ўзгараётган бўлса, (9) га кўра $U = I_0 \omega L \cos \omega t$ (10)

бўлади. Бунда $U_0 = \omega L I_0$ - кучланиш амплитудаси,

$$R_L = \frac{U_0}{I_0} = \omega L \quad (11)$$

катталиқ эса занжир қисмининг **индуктив қаршилигини** билдиради. Бу қаршилик реактив қаршилик бўлиб, индуктив қаршилик деб юритилади. Занжирдаги актив қаршилик нолга тенг бўлмаган ҳолда ($R \neq 0$), яъни занжирнинг қаралаётган қисмида ҳам актив, ҳам реактив қаршилик иштирок этаётган бўлса, занжирнинг ушбу қисмининг қаршилиги қуйдагига тенг бўлади:

$$R_z = \sqrt{R^2 + R_L^2} = \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2} \quad (12)$$

Бу формуладан индуктивликни аниқласак, $L = \frac{\sqrt{R_z^2 - R^2}}{\omega}$ (13)

келиб чиқади. Шундай қилиб, R_L ёки R_z ва R қаршиликлар маълум бўлса,

(11) ва (13) формула ёрдамида ғалтакнинг индуктивлигини топишимиз мумкин.

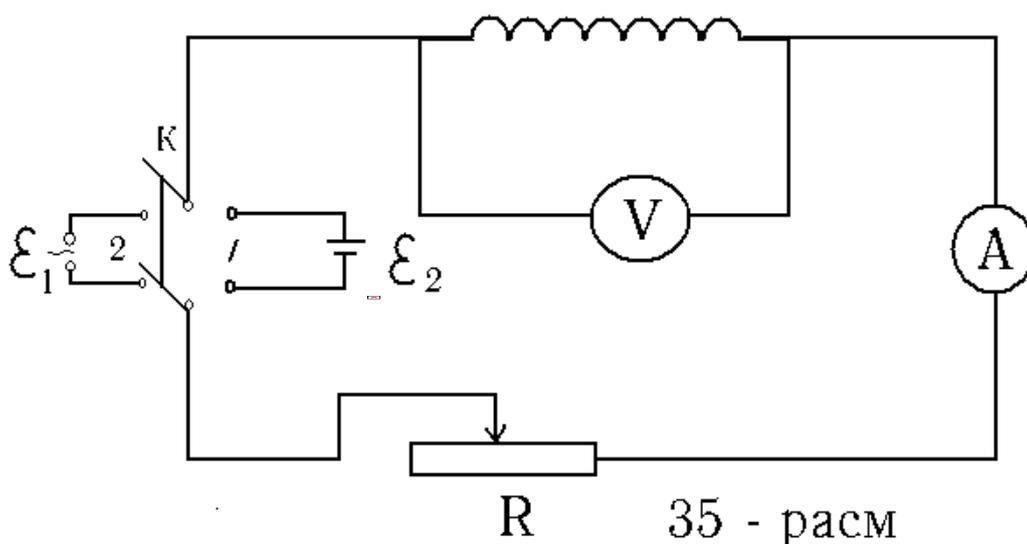
1- машқ

Ғалтак индуктивлигини амперметр ва вольтметр ёрдамида аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: Ўзгарувчан ва ўзгармас ток манбалари, ўзгармас ҳамда ўзгарувчан токни ўлчайдиган амперметр ва вольтметр, реостат, икки ёқлама калит, индуктив ғалтак, улаш симлари.

Ишни бажариш тартиби

1. 35-расмда кўрсатилган схема бўйича электр занжири йиғилади. Занжирда $L - R_0$ актив қаршиликка ва L индуктивликка эга бўлган индуктив ғалтак. K - икки ёқлама калит. R - реостат, V - вольтметр, A - амперметр.



2. Реостатнинг максимум қаршилигини олган ҳолда калитни 1 ҳолатга қўйиб, занжир ϵ_2 ўзгармас ток манбаига уланади. Сўнгра реостат жилгичини суриб, амперметр стрелкаси ҳисоблашга имкон берадиган

даражада оғдирилади ва амперметр ҳамда вольтметрнинг кўрсатиши (I ва U) ёзиб олиниб, индуктив ғалтакнинг актив қаршилиги топилади.

2. Калитни 2 ҳолатга қўйиб, занжир ε_1 ўзгарувчан ток манбаига уланади. Сўнгра амперметр ва вольтметр кўрсатиши (I_+ , ва U_+) ёзиб олиниб, занжирнинг R_z умумий қаршилиги аниқланади:

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

3. Ғалтакнинг омик қаршилигини ва умумий қаршилиқни билган ҳолда (13) формула ёрдамида ғалтакнинг индуктивлиги топилади.

4. 2, 3 - бандлар ток ва кучланишнинг турли қийматлари учун 3-4 мартадан такрорланиб, кейин ғалтак индуктивлигининг ўртача қиймати топилади.

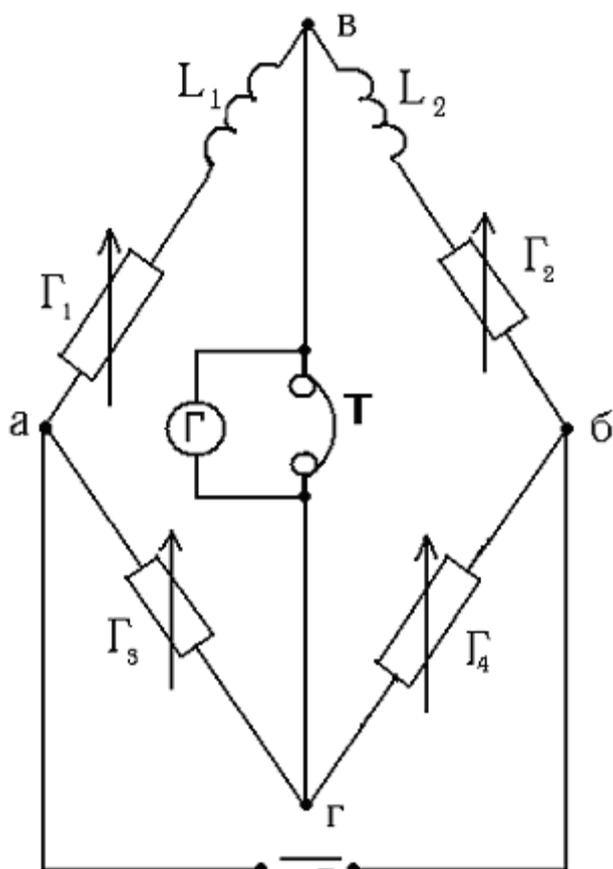
Эслатма. Юқорида кўрсатилган ўлчашлар амалга оширилаётганда калитни узоқ вақт улаб қўйиш мумкин эмас, чунки ғалтақдан узоқ вақт ток ўтганда у қизиб, қаршилиги ўзгариб қолади.

2 - машқ

Ғалтак индуктивлигини кўприк схема ёрдамида аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: Реохорд ёки даражаланган реостат, гальванометр, иккита қаршиликлар магазини, индуктивлиги маълум бўлган ғалтак, номаълум индуктивликли ғалтак, товуш генератори, телефон, аккумулятор, икки ёқлама калит, 2та калит.

Ўзгарувчан ток ҳамда кўприк схема ёрдамида сиғимнигина эмас, балки индуктивликни ҳам ўлчаш мумкин. Лекин индуктивлик ғалтагининг актив қаршилиги анча катта бўлганлигидан, ҳисоблаш ишларида индуктивлик киритилган елканинг актив қаршилигини ҳисобга олишга тўғри келади. Шунинг учун индуктивликни ўлчашда 36-расмда келтирилган электр схемадан фойдаланилади.



36 - расм

Схемада r_1, r_2, r_3, r_4 лар ўзгарувчан қаршиликлар бўлиб, r_1 ва r_2 қаршиликлар L_1 ва L индуктивликнинг актив қаршиликларини ҳам ўз ичига олган деб ҳисоблаймиз. Демак, 1-елканинг комплекс қаршилиги

$$z_1 = r_1 + j\omega L_1,$$

2 - елка учун $z = r + j\omega L$. Шу вақтда ўзгарувчан ток учун мувозанатлик шарти қуйидагича ифодаланади:

$$\frac{z_1}{z_2} = \frac{r_1 + j\omega L_1}{r_2 + j\omega L_2} = \frac{r_3}{r_4} \quad \text{ёки} \quad r_1 \cdot r_4 + j\omega L_1 \cdot r_4 = r_2 \cdot r_3 + j\omega L_2 \cdot r_3$$

Комплекс ифода тенг бўлиши учун унинг ҳақиқий ва мавҳум қисмлари ўзаро тенг бўлиши керак, яъни:

$$r_1 \cdot r_4 = r_2 \cdot r_3 \quad \text{ва} \quad j\omega L_1 \cdot r_4 = j\omega L_2 \cdot r_3,$$

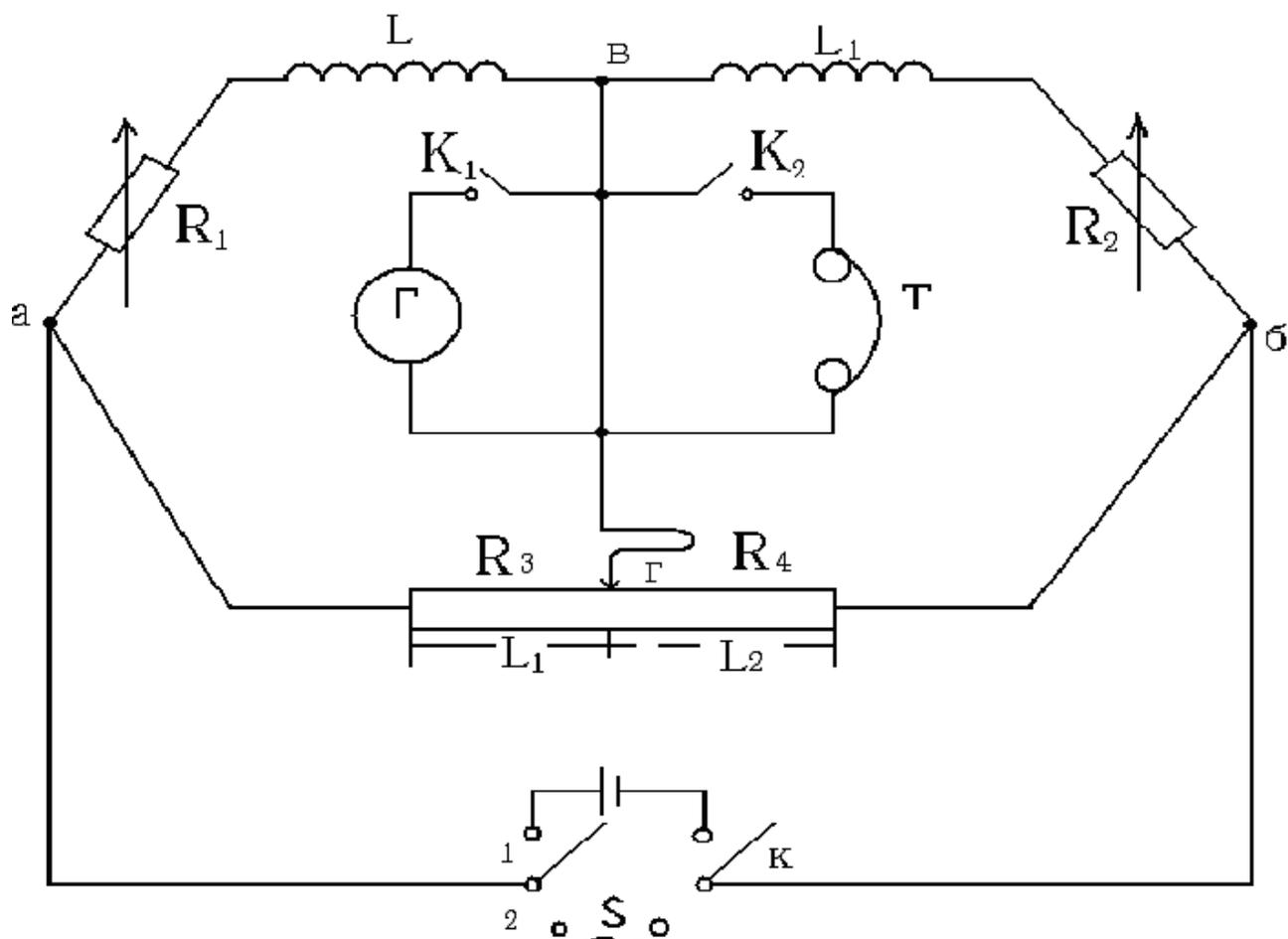
булардан
$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{r_3}{r_4} \quad \frac{L_1}{L_2} = \frac{r_3}{r_4} \quad (14)$$

шартни ҳосил қиламиз. Кўприкнинг «в» ва «г». учларида потенциал бир хил амплитуда ва бир хил фазага эга бўлиб, бу икки шарт бажарилгандагина кўприк мувозанатда бўлади.

Агар кўприк ўзгармас ток учун мувозанатлаштирилган бўлса, ўзгарувчан ток учун ҳам мувозанатда бўлади. Шунга асосан кўприкнинг «в» ва «г» учларига галма-гал ўзгарувчан ва ўзгармас кучланиш берилади ва мос равишда бу учларга уланган телефон гальванометрга ва аксинча алмаштириб турилади. r_1 , r_2 , r_3 , r_4 ларни ўзгартира бориб, бир вақтнинг ўзида гальванометрда ток, телефонда товуш бўлмаслигига эришиш зарур. Шундагина (14) формуладаги r_1 ва r_2 ҳамда индуктивликлардан бири маълум бўлса, иккинчисини ҳисоблаш мумкин.

Ишни бажариш тартиби

1. 115-расмда келтирилган электр схема бўйича занжир тузилади.



37-расм

Схемада: R_1 ва R_2 - қаршиликлар магазини, L ва L_1 - маълум ва номаълум индуктивлик, R_3 ва R_4 - реохорд елкаларининг қаршиликлари, \mathcal{E} - аккумулятор, S - зуммер, K - схемани ўзгарувчан ёки ўзгармас токка улаш учун мўлжалланган икки ёқлама калит, K_1 ва K_2 - гальванометр ва телефонни улаш учун калитлар.

2. K_2 калит ёрдамида телефон уланади ва K калитни 2 ҳолга қўйиб, занжирга ўзгарувчан ток уланади. R_1 ва R_2 ни ҳамда реохорднинг жилгичини суриш орқали R_3 ва R_4 ни ўзгартириб, телефонда товушнинг энг паст бўлишига эришилади, яъни кўприк мувозанат ҳолга келтирилади ва ўзгарувчан ток учун

$$\frac{R_3}{R_4} = \left(\frac{L_1}{L_2} \right)$$

нисбат топилади.

3. Схема K калит ёрдамида ўзгарувчан токдан узилади, телефон эса K_2 калит ёрдамида схемадан узилади. Кейин K_1 калит билан гальванометр уланади ва K калит 1 ҳолга келтирилиб, схема ўзгармас ток манбаи - аккумуляторга уланади. Реохорд жилгичини суриб, гальванометрда ток бўлмаслигига эришилади ва ўзгармас ток учун (l_1/l_2) нисбат топилади. Икки ҳол учун олинган реохорд елкаларининг нисбатлари таққосланади. Нисбатларнинг тенг бўлмаслиги ишни бажариш учун муҳимдир.

4. Схема ўзгармас токка уланганича қолдирилади ва реохорднинг жилгичи (l_1/l_2) ҳолга қайта қўйилиб, R_1 ва R_2 ни ўзгартириш орқали гальванометрда ток бўлмаслигига эришилади. Бунда $(l_1/l_2)_{\approx} > (l_1/l_2)_{=}$ бўлса, R камайтирилади ёки орттирилади.

5. Кейин гальванометр занжирдан узилиб, телефон уланади ва схема ўзгарувчан токка уланади. 4-банд бажарилганда R_1 ва R_2 ўзгартирилганлигидан, энди телефонда товуш минимум бўлмайди, яна реохорд жилгичини суриш билан телефонда товуш минимум бўлишига эришилади.

6. 3-банд қайта бажарилиб, бу ҳол учун $(l_1/l_2)_{\approx}$ ва $(l_1/l_2)_{=}$ нисбатлар яна бир марта таққосланади. Агар нисбатлар тенг бўлмаса, ҳамма операция олдинги тартибда қайта давом эттирилади ва натижада реохорд жилгичининг маълум вазиятида R_1 ва R_2 нинг қандайдир қийматларида телефонда товуш, гальванометрда ток бўлмаслигига эришилади. Бу схема ҳам ўзгармас, ҳам ўзгарувчан ток учун мувозанатлашганлигидан далолат беради.

7. Олинган натижалар $\left(R_1, R_2, \frac{R_3}{R_4} = \frac{l_1}{l_2} \right)$ асосида (14) формуладан

фойдаланиб, номаълум индуктивлик топилади.

8. Тажриба 4-5 марта такрорланиб, L_x нинг ўртача қиймати ҳисобланади.

Саволлар

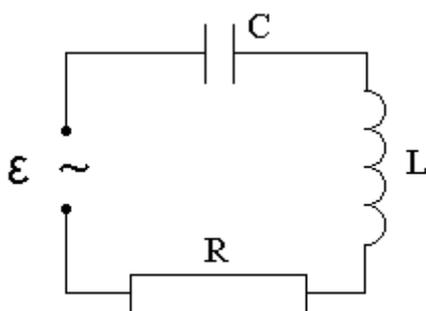
1. Электромагнит индукция ҳодисаси нима? Уни қачон кузатиш мумкин?
2. Электромагнит индукция қандай физик катталикларга боғлиқ?
3. Индукцион электр юритувчи куч нима?
4. Ўзиндукция ҳодисаси деб қандай ҳодисага айтилади? Уни қачон кузатиш мумкин?
5. Ўзиндукция коэффиенти қандай катталикларга боғлиқ?
6. Соленоид учун индуктив коэффицент қандай ифодаланади?
7. Ғалтакнинг индуктивлиги амперметр ва вольтметр ёрдамида қандай аниқланади?
8. Индуктивликни кўприк схема ёрдамида қандай аниқланади?
9. Бу усулларнинг бир-биридан афзаллиги нимада?

5 – Лаборатория иши

Ўзгарувчан ток занжиридаги фаза силжишини, актив, реактив қаршиликлар ва қувватни аниқлаш

[№ 2; 129, 131-§§], [№ 7; 180-185-§§], № 3; 223-225-§§],
[№ 1; 96, 98-§§], [8; 19-иш].

Ишнинг мақсади - ўзгарувчан ток занжирига қаршилиқ, конденсатор



ва индуктив ғалтаклар киритилгандаги физик катталикларни ўлчаш методлари билан танишиш. Конденсатор, индуктив ғалтак ва қаршилиқдан ташкил топган электр занжирга ўзгарувчан электр манба ($\varepsilon = \varepsilon_0 \sin \omega t$) уланганда (38-расм) ғалтакда ҳосил бўлувчи индукцион

$$\text{ЭЮК } \varepsilon_i = -L \frac{dI}{dt} \text{ га тенг.}$$

Агар конденсатор қопламалари орасидаги потенциаллар фарқи

$$U = U_1 - U_2$$

бўлса, занжир учун қуйидаги тенгламани ёзамиз: $IR + U = \varepsilon - L \frac{dI}{dt}$

ёки
$$L \frac{dI}{dt} + IR + U = \varepsilon_0 \sin \omega t \quad (1)$$

Бу тенгликни вақт бўйича дифференциалласак ва $I = \frac{dq}{dt}$, $q = CU$

эканлигини ҳисобга олсак, қуйидаги тенглама ҳосил бўлади:

$$L \frac{d^2 I}{dt^2} + R \frac{dI}{dt} + \frac{1}{C} = \varepsilon_0 \sin \omega t. \quad (2)$$

Бу тенгламанинг ечимини $I = I_0 \sin(\omega t - \varphi)$ (3)

кўринишда қидирамиз. Бу ерда φ - топилиши зарур бўлган фаза силжиши.

(3) асосида $\frac{d^2 I}{dt^2}$ ва $\frac{dI}{dt}$ ларни топиб, уни (2) га қўямиз ва маълум математик

амаллар бажарилиши натижасида қуйидаги тенгликни ҳосил қиламиз:

$$\begin{aligned} I_0 R \cos \omega t \cos \varphi + I_0 R \sin \omega t \sin \varphi - I_0 \left(L\omega - \frac{1}{C\omega} \right) \sin \omega t \cdot \cos \varphi + \\ + I_0 \left(L\omega - \frac{1}{C\omega} \right) \cos \omega t \sin \varphi - \varepsilon_0 \omega \cos \omega t = 0 \end{aligned} \quad (4)$$

Бу тенглик вақтнинг исталган momentiда бажарилиши учун қуйидаги шартлар бажарилиши керак:

$$R \sin \varphi - \left(L\omega - \frac{1}{C\omega} \right) \cos \varphi = 0$$

(5)

$$R \cos \varphi - \left(L\omega - \frac{1}{C\omega} \right) \sin \varphi = \frac{\varepsilon_0}{I_0} \quad (6)$$

(5), (6) тенглик асосида
$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi} = \frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R} \quad (7) \text{ ва}$$

$$I_0 = \frac{\varepsilon_0}{\sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega} \right)^2}} = \frac{\varepsilon_0}{Z} \quad (7a) \text{ келиб чиқади. (7) ва}$$

(7a) формулалар Ом қонунининг ўзгарувчан ток учун ифодасидир. (7a)

формуладаги $Z = \sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega} \right)^2}$ занжирнинг тўла қаршилиги, $R_L = \omega L$

ҳамда $R_C = \frac{1}{C\omega}$ мос равишда **индуктив** ва **сиғим қаршилиқ** дейилади.

Бу белгилашлар эътиборга олинганда, (7) қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{R_L - R_C}{R} \quad (7b)$$

(7) формуладан кўринадикки, фаза силжишининг катталиги индуктивликка, сиғимга, циклик частотага ва омик қаршилиқка боғлиқ экан.

1. Агар $\omega \rightarrow 0$ бўлса, $\operatorname{tg} \varphi \rightarrow -\infty$, демак, $\varphi \rightarrow -\frac{\pi}{2}$ бу ҳолда ток электр юритувчи кучдан илгари кетади.

2. Агар $\omega \rightarrow \infty$ бўлса, $\operatorname{tg} \varphi \rightarrow -\infty$, демак, $\varphi \rightarrow \frac{\pi}{2}$ бу ҳолда ток электр юритувчи кучдан кейинда қолади.

3. Агар занжирда конденсатор ўрнида ўтказич бўлса, ундаги потенциал тушуви жуда кичик бўлади ва демак, $U = \frac{q}{C}$ формулага асосан

$$C \rightarrow \infty \text{ бўлиб, бундан } \operatorname{tg} \varphi = \frac{L\omega}{R} \quad (8)$$

эканлиги келиб чиқади: ток электр юритувчи кучдан орқада қолади. $L \omega \ll R$ бўлганда $\varphi \rightarrow -\frac{\pi}{2}$.

$$4. \text{ Агар занжирларда ғалтак бўлмаса, } L \rightarrow 0 \text{ бўлади ва бундан } \operatorname{tg} \varphi = -\frac{C\omega}{R}$$

(9)

эканлиги келиб чиқади: ток электр юритувчи кучдан илгари кетади.

$$\frac{1}{C\omega} \gg R \text{ бўлганда } \varphi \rightarrow \frac{\pi}{2}$$

5. Занжирдаги омик қаршиликни сиғим ва индуктив қаршиликларга нисбатан ҳисобга олиш мумкин бўлса, фаза $\frac{\pi}{2}$ дан фарқли бўлади.

Демак, занжирни ташкил қилган актив ва реактив қаршиликларни билиш ўзгарувчан ток занжиридаги ток ва кучланиш орасидаги фаза силжишини ҳисоблашга имкон беради.

Ўзгарувчан ток назариясидан маълумки, занжирдан ток ўтганда ажралиб чиқадиган ўртача қувват қуйидаги формула билан аниқланади:

$$P = IU \cos \varphi \quad (10) \text{ Бу ерда}$$

$$I = \frac{I_0}{\sqrt{2}}; U = \frac{U_0}{\sqrt{2}}; \text{ бўлиб, улар ток ва кучланишнинг эффектив қийматини}$$

билдиради.

Агар ваттметр ёрдамида P ни ва вольтметр ҳамда амперметр ёрдамида ток ва кучланишни ўлчаб олинса, $\varphi = \arccos \frac{P}{IU}$ формула ёрдамида « φ » ни аниқлаш мумкин.

Ўзгарувчан ток занжирининг тўла қаршилиги

$$z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{C\omega}\right)^2} = \frac{U}{I}$$

да иштирок этадиган ва жоуль иссиқлиги ажралиб чиқадиган қаршилик

$R = \frac{P}{I^2}$ формула билан аниқланишини ҳисобга олсак,

$$z^2 - R^2 - \left(\omega L - \frac{1}{C\omega}\right)^2 = \frac{U^2}{I^2} - \frac{P^2}{I^4} \quad \text{ёки} \quad \omega L - \frac{1}{C\omega} = \frac{\sqrt{U^2 I^2 - P^2}}{I^2}$$

бўлади. Демак, занжирдаги реактив қувват:

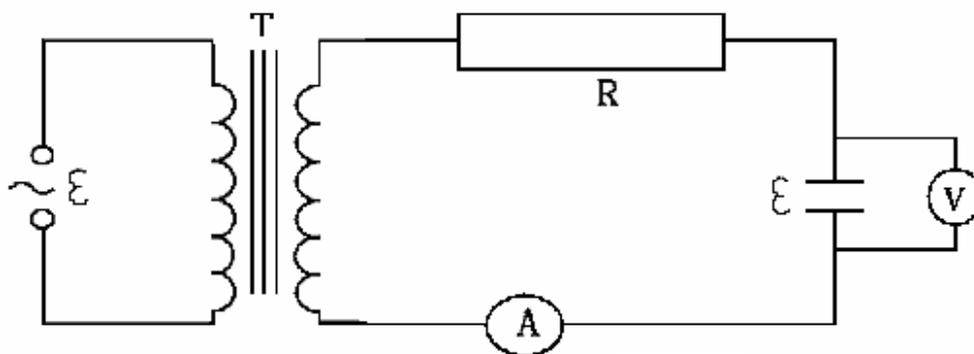
$$I^2 U^2 - P^2 = P_p^2 \quad (11)$$

Шундай қилиб, ваттметр, вольтметр, амперметр ёрдамида ток билан кучланиш орасидаги фаза силжишини, реактив қаршилик ва реактив қувватни ҳисоблаб топиш мумкин экан.

1- машқ

Амперметр ва вольтметр ёрдамида фаза силжишини аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: Вольтметр, амперметр, реостат, конденсатор, индуктив ғалтак, улаш симлари.



39-расм

Ишни бажариш тартиби

1. «Сифимни аниқлаш» га тегишли лаборатория ишида келтирилган машқлардан бири бўйича берилган сифим асосида унинг қаршилиги (R_C) ва занжирда сифим қатнашганда ҳосил бўладиган φ_C фаза силжиши аниқланади. Бунинг учун қуйидаги 39 - расмда келтирилган электр схемадан фойдаланиш мумкин. Бу схемада: А- амперметр, V_R , V_C - қаршилик ва конденсаторда потенциал тушувини ўлчайдиган вольтметрлар, Т-трансформатор; фаза силжиши $R = \frac{V_R}{I}$ ва $R_C = \frac{V_C}{I}$ формулалар ёрдамида

$$\operatorname{tg} \varphi_C = -\frac{R_C}{R} \quad (9a)$$

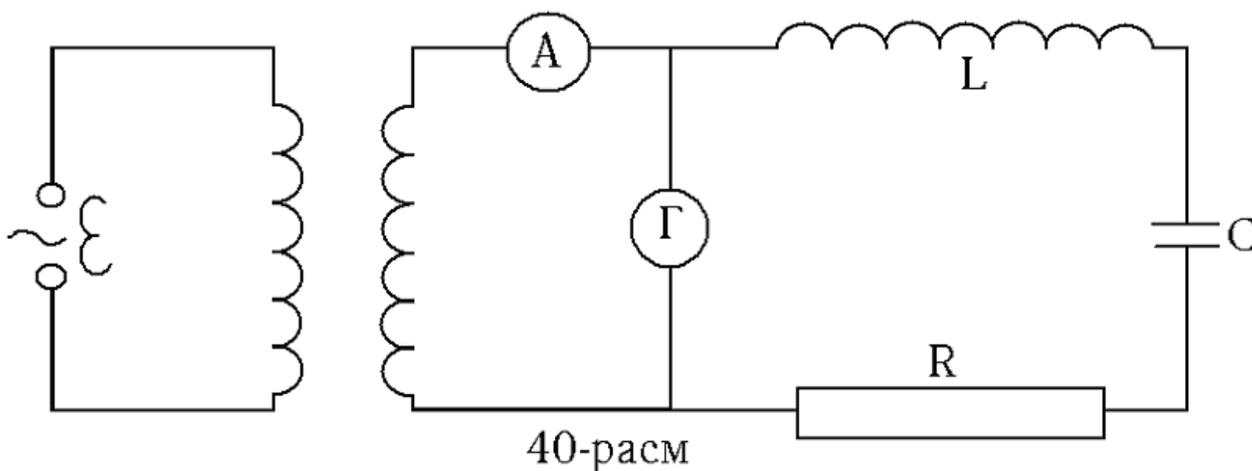
ифодадан аниқланади. Бу ўлчаш ҳар хил кучланишда бир неча марта такрорланиб, φ_C нинг ўртача қиймати топилади.

2. Иккинчи ҳолда занжирдаги конденсатор ўрнига L индуктивликка эга бўлган ғалтак уланади ва $R = \frac{V}{I}$, $R_L = \frac{V_L}{I}$ формулалардан фойдаланиб, занжирда индуктивлик қатнашган ҳол учун φ_L фаза силжиши

$$\operatorname{tg} \varphi_L = \frac{R_L}{R} \quad (9 б)$$

формуладан топилади. Тажриба ҳар хил кучланишлар учун такрорланиб, φ_L нинг ўртача қиймати топилади.

3. Занжирда ҳам сиғим, ҳам индуктивлик бўлган ҳолда фаза силжишини топиш учун 40-расмда схемаси келтирилган занжирни йиғамиз. (9) даги кучланиш ва ток кучини билган ҳолда фаза силжиши $\operatorname{tg} \varphi = \frac{\sqrt{z^2 - R^2}}{R}$ формула ёрдамида ҳисобланади. Ўлчашлар ЭЮК нинг бир неча қийматлари учун бажарилиб, берилган электр занжирда ҳосил бўладиган фаза силжиши φ нинг ўртача қиймати топилади. Э с л а т м а. Агар 2 ва 3 бандларда фойдаланаётган индуктивликнинг омик қаршилиги етарлича катта бўлса, ҳисоблаш формуласидаги « R » билан белгиланган қаршилик ўрнига реостат ва индуктивлик ғалтагининг омик қаршиликлари йиғиндиси олинади (ғалтакнинг омик қаршилиги ўзгармас ток учун Ом қонуни формуласидан фойдаланиб топилади).



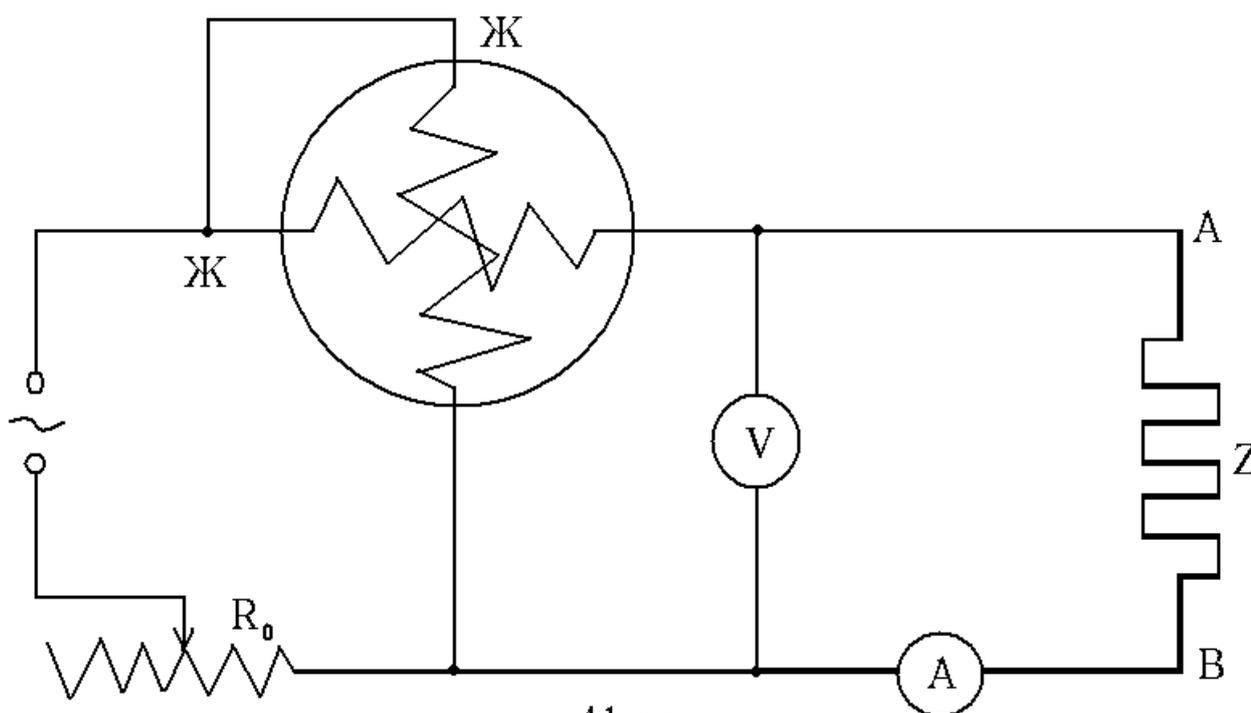
2 - машқ

Фаза силжишини ваттметр, амперметр ва вольтметр ёрдамида аниқлаш

Керакли асбоб ва материаллар: Ваттметр, амперметр, вольтметр, реостат, ҳар хил сиғимли қонденсаторлар ва индуктив ғалтаклар, улаш симлари.

Ишни бажариш тартиби

1. Схемаси 41-расмда келтирилган электр занжир йиғилади.
2. Схемадаги Z ўрнига R, C, L лардан иборат система ёки уларнинг ҳар бири алоҳида-алоҳида уланиб, ваттметрнинг кўрсатиши P , вольтметрнинг кўрсатиши U , амперметрнинг кўрсатиши I ёзиб олинади.
3. Занжирдаги AB қисмга уланган z нинг таркибига R, C, L лардан қайси бири кираётганига қараб $I, U, P, P_p, \cos\varphi, z, R, \omega L, \frac{1}{C\omega}$ (частота аниқ бўлса, C ва L) лар ҳисоблаб топилади.
4. Z нинг ўрнига олинган системадаги « L » ёки « C » ўзгартирилиб, $\cos\varphi = f(L)$ ёки $\cos\varphi = f(C)$ функция графиги олинади.



41-расм

5. Z нинг ўрнига олинган системадаги « L » ёки « C » ўзгартирилиб, $\cos\varphi = f(L)$ ёки $\cos\varphi = f(C)$ функция графиги олинади.
6. Ҳар бир Z учун тажриба бир неча марта такрорланади, яъни унинг ҳар бир қиймати учун 3-бандда кўрсатилган катталиклар ҳисоблаб топилади.

Бунинг учун R_0 реостатдан фойдаланилади.

Саволлар

1. Ўзгарувчан ток нима? У доимий токдан нима билан фарқ қилади?
2. Ўзгарувчан токнинг амплитуда қиймати ва фазаси қандай ифодаланади?
Улар нималарга боғлиқ?
3. Ўзгарувчан ток учун Ом қонуни қандай ифодаланади?
4. Сиғим ва индуктив қаршилик нима?
5. Фаза силжиши деганда нимани тушунасиз?
6. Ток ва кучланишнинг эффектив қиймати деганда нимани тушунасиз?
7. Фаза силжиши амперметр ва вольтметр ёрдамида қандай аниқланади?

III БОБ

ТЕСТ

1-Савол. Кичик сиғимли учта бир хил конденсаторни ўзаро қандай уланганда энг катта сиғимга эришилади?

- A) ўзаро кетма-кет уланганда;
- B) иккитаси параллел учинчиси уларга кетма-кет уланганда;
- C) иккитаси кетма-кет учинчиси уларга параллел уланганда;
- D) ўзаро параллел уланганда;
- E) сиғим ҳамма вақт бир хил бўлади.

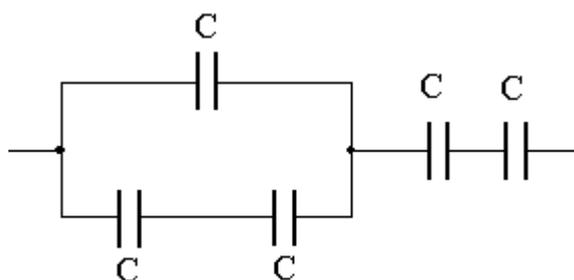
2-Савол. Ҳар хил сиғимли конденсаторлар параллел уланган батарея сиғимини ҳисоблаш формуласини кўрсатинг.

- A) $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$
- B) $C = \frac{\epsilon_0 S}{d} n$;
- C) $C = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$
- D) $C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$
- E) $C = C_1 + C_2 + \dots + C_n$

3-Савол. Сиғимлари 2 ва 4 мкФ бўлган икки конденсаторни кетма-кет уласак сиғими қанча бўлган конденсатор ҳосил бўлади?

- A) 3 мкФ;
- B) 1 мкФ;
- C) 1,33 мкФ;
- D) 6 мкФ;
- E) 2 мкФ.

4-Савол. Расмда тасвирланган электр занжирдаги



42-расм

конденсаторларнинг умумий сиғимини аниқланг.

A) $\frac{2C}{3}$; B) $\frac{5C}{3}$; C) $\frac{3C}{5}$; D) $\frac{3C}{8}$; E) $3C$.

5-Савол. Бир жинсли электр майдон энергияси қайси ифодада тўғри кўрсатилган?

A) $W = \frac{\varepsilon_0 E}{2d}$; B) $W = \frac{\varepsilon_0 E}{2}$; C) $W = \int_V \frac{\varepsilon_0 E^2}{2d}$;
D) $W = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2} V$; E) $W = \frac{\varepsilon_0 E}{2C}$.

6-Савол. Электростатик майдон энергия зичлиги қайси формулада тўғри ифодаланган?

A) $\omega = \frac{\varepsilon_0 E}{2C}$; B) $\omega = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2}$; C) $\omega = \frac{\varepsilon E^2}{2\pi}$;
D) $\omega = \frac{2\varepsilon_0}{E^2}$; E) $\omega = \frac{\varepsilon_0 E}{2C}$.

7-Савол. Зарядланган конденсаторнинг энергияси қайси формулада тўғри кўрсатилган?

A) $W = \frac{q\varphi}{2C}$; B) $W = \frac{2q^2}{C}$; C) $W = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2q}$;
D) $W = \frac{C(\varphi_1 - \varphi_2)^2}{2}$; E) $W = \frac{\varepsilon_0 E}{2C}$.

8-Савол. Ўтказгич қаршилигини ҳисоблаш формуласини кўрсатинг.

A) $R = \rho \frac{l}{S}$; B) $R = \rho \frac{S}{l}$; C) $R = \frac{1}{\rho} \frac{l}{S}$; D) $R = \frac{1}{\rho} \frac{S}{l}$; E) $R = \rho l S$.

9-Савол. Жоуль-Ленц қонуни ифодасини кўрсатинг.

1) $A = I^2 R t$, 2) $A = I^2 U t$, 3) $A = I U t$, 4) $A = \frac{U^2}{R} t$, 5) $A = I^2 U$

A) 1; 3; 4, B) 1; 2; 4, C) 1; 3; 5, D) 1; 2; 5, E) 2; 3; 5.

10-Савол. Кўндаланг кесими 1мм^2 бўлган никелин симдан ясалган реостатга уланган амперметр $2,62\text{А}$ ни, вольтметр эса 220В ни кўрсатмоқда. Реостат симининг ($\rho = 42 \cdot 10^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м}$) узунлигини топинг.

A) 180 м, B) 200 м, C) 250 м, D) 300 м, E) 150 м.

11-Савол. Қуйидаги формулаларнинг қайси бирида соленоид ўқида ётган нуқтадаги майдон индукциясининг модули ифодаланган?

A) $B = \frac{\mu_0 In}{2} (\cos \alpha_1 + \cos \alpha_2)$, B) $B = \frac{\mu_0 In}{2\pi r} (\sin \alpha_1 + \sin \alpha_2)$,

C) $B = \frac{\mu_0 In}{4\pi r} (\cos \alpha_1 + \cos \alpha_2)$, D) $B = \frac{\mu_0 In}{2} (\sin \alpha_1 + \sin \alpha_2)$,

E) $B = \frac{\mu_0 In}{2} (\cos \alpha_2 + \cos \alpha_1)$.

12-Савол. $d\vec{F} = I[d\vec{l}, \vec{B}]$ формула нимани ифодалайди?

A) Био-Савар-Лаплас қонунини;

B) Ампер қонунини;

C) Лоренц қонунини;

D) Фарадей қонунини;

E) Бирорта қонунни ифодалайди.

13-Савол. Магнит майдон томонидан токли ўтказгичга таъсир қилувчи Ампер кучининг ифодасини кўрсатинг.

A) $F = BIl \sin \alpha$, B) $F = BIl$, C) $F = q\mathcal{E}B \sin \alpha$, D) $F = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$, E)

$F = BS \cos \alpha$.

14-Савол. Қандай ҳодисани электромагнит индукция ҳодисаси дейилади?

A) ЭЮК манбаи уланган занжирда ток ҳосил бўлиш ҳодисасини;

B) Электр токининг ўз атрафида электромагнит майдон ҳосил қилишини;

C) Берк контурни магнит индукцияси оқими кесиб ўтганда контурда ток ҳосил бўлиш ҳодисасини;

D) электромагнит тўлқинларнинг муҳитда тарқалишини;

Е) жавоблар ичида тўғриси йўқ.

15-Савол. $W = \frac{\mu\mu_0 H^2}{2}$ формула нимани ифодалайди?

А) магнит майдоннинг энергиясини;

В) электромагнит майдоннинг энергиясини;

С) магнит майдоннинг энергияси зичлигини;

Д) электр майдон энергияси зичлигини;

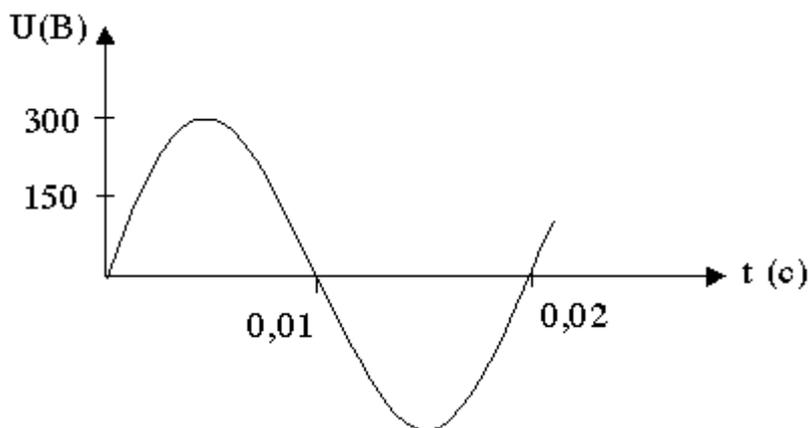
Е) ўзгарувчан электр майдон энергияси зичлиги билан магнит майдон кучланганлиги орасидаги боғланишни.

16-Савол. Радиуси R бўлган айлана бўйлаб I ток ўтаётганда унинг марказида юзага келган магнит майдон кучланганлигини кўрсатинг.

А) $\Delta H = \kappa \frac{I\Delta l \sin \alpha}{R^2}$, В) $\Delta H = \kappa \frac{I\Delta l}{R}$, С) $\Delta H = \kappa \frac{I\Delta l}{R^2}$,

Д) $\Delta H = \kappa \frac{I\Delta l \cos \alpha}{R^2}$, Е) $\Delta H = \kappa \frac{2\pi I}{R^2}$.

17-Савол. 43 - расмдан фойдаланиб ўзгарувчан кучланишнинг ўзгариш формуласини кўрсатинг.

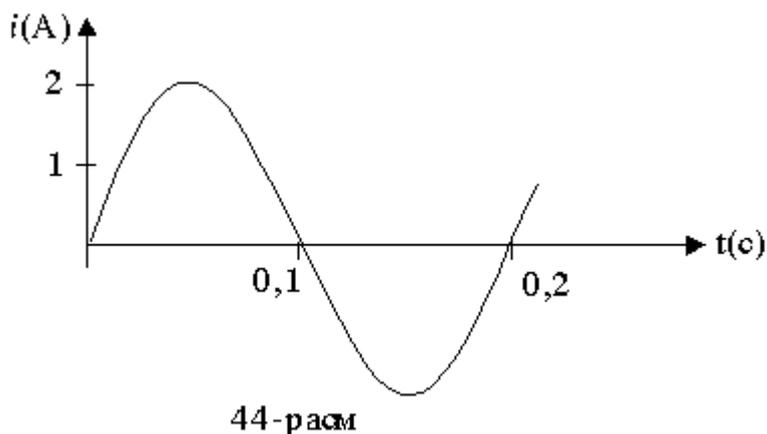


43-расм

А) $u = 300 \sin 314t$; В) $u = 300 \sin 10\pi t$;

С) $u = 150 \sin 31,4t$; Д) $u = 220 \sin 31,4t$; Е) $u = 300 \sin 31,4t$.

18-Савол. 44-расмдан фойдаланиб токнинг ўзгариш тенгламасини кўрсатинг.



- A) $i = 2\sin 10\pi t$; B) $i = 20\sin 10\pi t$; C) $i = 20\sin \pi t$;
 D) $i = 2\cos 10\pi t$; E) $i = \sin 0,1\pi t$.

19-Савол. Ўтказгичдаги ток кучи 0,2с давомида 0 дан 2А гача текис ўзгарганда 20 мВ ўзиндукция Э.Ю.К. ҳосил бўлса, бу ўтказгичнинг индуктивлиги қанча?

- A) 1 мГн, B) 2 мГн, C) 3 мГн, D) 4 мГн, E) 5 мГн. 20-

Савол. Индуктивликнинг ўлчов бирлигини кўрсатинг.

- A) Вебер; B) Генри; C) Тесла; D) Фарада; E) Ампер/метр. 21-

Савол. $\varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ ифодадаги (-) ишора нима билан боғлиқ?

- A) индукцион токнинг йўналиши билан;
 B) чап қўл қоидаси билан;
 C) ўнг қўл қоидаси билан ;
 D) ўнг винт қоидаси билан;
 E) ўнг винт қоидаси билан.

22-Савол.

Ўзиндукция Э.Ю.К.нинг формуласини кўрсатинг.

A) $\varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$; B) $\varepsilon_i = L\frac{\Delta I}{\Delta t}$; C) $\varepsilon_i = L\frac{I}{t}$; D) $\varepsilon_i = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$; E) $\varepsilon_i = L\frac{I}{\Delta t}$.

23-Савол. Бир жинсли магнит майдонда 50 айл/с тезлик билан айланувчи рамкада индукцияланадиган Э.Ю.К.нинг амплитудасини топинг. Рамканинг юзи 100 см^2 ва магнит индукцияси $0,2 \text{ Тл}$.

A) 0,63 мВ; B) 63 мВ; C) 6,3 В; D) 6,3 мВ; E) 63 В; 24-Савол.

Магнит оқимининг бирлигини кўрсатинг.

A) Вебер; B) Генри; C) Тесла; D) Фарада; E) Ампер/метр. 25-

Савол. Қаршилиги $3 \cdot 10^2 \text{ Ом}$ бўлган ўтказгич контури орқали ўтадиган магнит оқими 2с ичида $1,2 \cdot 10^{-2} \text{ Вб}$ га ўзгаради. Агар магнит оқими бир текис ўзгарган бўлса, ток кучи нимага тенг?

A) 0,02 А; B) 0,2 А; C) 0,002 А; D) 20 А; E) 2 А. 26-

Савол. Ўрамлар сони 1000 та, индуктивлиги 0,02 Гн бўлган ғалтак ўзагининг кесими юзи 20 см^2 . Ғалтақдан утаётган ток 0,1 А бўлса, магнит майдоннинг индукцияси қанча?

A) 0,6 мТл; B) 0,76 мТл; C) 0,81 мТл; D) 0,93 мТл; E) 1 мТл. 27-

Савол. Индуктивликнинг Генри бирлигига берилган тўғри таърифни аниқланг.

A) контурдан оқаётган ток кучи 1А бўлганда, 1В ЭЮК индукцияланса, бундай контурнинг индуктивлиги 1Гн бўлади;

B) контурдан оқаётган ток кучи 1А га ўзгарганда, 1В ЭЮК индукцияланса, бундай контурнинг индуктивлиги 1Гн бўлади;

C) контурдаги ЭЮК 1В бўлганда 1с да кучи 1А бўлган ток оқаётган бўлса, бундай контурнинг индуктивлиги 1Гн бўлади;

D) Узунлиги 1 см, кўндаланг кесими юзи 1 см^2 бўлган ғалтакнинг индуктивлиги:

Е) тўғри жавоб йўқ.

28-

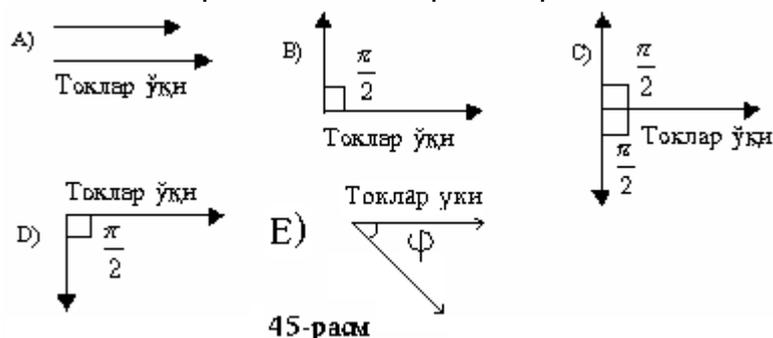
Савол. Токларнинг магнит майдон энергияси формуласини кўрсатинг.

A) $W = \frac{LI^2}{2}$; B) $W = \mu_0 \frac{LI}{2}$; C) $W = \mu_0 \mu \frac{LI^2}{2}$; D) $W = \mu_0 \frac{2L}{I^2}$; E) $W = 2\mu_0 LI$

29-Савол. Магнит майдон энергияси зичлиги қайси формулада тўғри ифодаланган?

A) $\omega = \frac{\mu\mu_0 B^2}{2}$; B) $\omega = \frac{\mu\mu_0 H^2}{2v}$; C) $\omega = \frac{\mu\mu_0 H^2}{v}$; D) $\omega = \frac{\mu\mu_0 H^2}{2}$; E) $W = \mu\mu_0 H^2$.

30-Савол. 45-расмдаги чизмалардан фақат сиғим қаршиликка эга бўлган ўзгарувчан ток занжирининг вектор диаграммасини топинг.



31-Савол. Ўзгарувчан ток занжирининг тўла қаршилиги ифодасини кўрсатинг.

A) $Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}$; B) $Z = \sqrt{R^2 + (\omega C - \frac{1}{\omega L})^2}$; C) $Z = \sqrt{R^2 + (\omega L + \frac{1}{\omega C})^2}$;

D) $Z = \sqrt{R^2 + (\omega C + \frac{1}{\omega L})^2}$; E) $Z = \sqrt{\omega C + \frac{1}{\omega L}}$.

32-Савол. 25 Гц частотали токнинг даври нимага тенг?

A) 0,4 с; B) 0,04 с; C) 0,02 с; D) 50 с; E) 0,002 с.

33-Савол. 440 ўрамли бирламчи чулғамни 220В кучланишли иккиламчи чулғамдан 18В кучланиш олиш учун бу чулғамда нечта ўрам бўлиши керак?

A) 220 та; B) 20 та; C) 100 та; D) 36 та; E) 122 та.

34-Савол. Трансформаторнинг бирламчи чулғамида 100 ўрам, иккиламчи чулғамида 1000 ўрам бор. Иккиламчи чулғамга вольтметр, бирламчи чулғамга эса электр юритувчи кучи 10 В бўлган аккумулятор уланган. Вольтметрнинг кўрсатишини аниқланг.

A) 0; B) 1В; C) 10В; D) 100В; E) 1000В.

35-Савол. бирламчи чулғамидаги 100 ўрамлар сонини 2 марта орттириб, иккиламчи чулғамдаги ўрамлар сонини 4 марта камайтирсак, трансформаторнинг трансформациялаш коэффициенти қандай ўзгаради?

A) 8 марта ортади; B) 4 марта камаяди; C) ўзгармайди;

D) 8 марта камаяди; E) 2 марта ортади.

36-Савол. Ўзгарувчан ток занжирида ток билан кучланиш орасидаги фазалар фарқи қайси формула билан аниқланади?

A) $\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega L + \frac{1}{\omega C}}{R}$; B) $\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$; C) $\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega C + \frac{1}{\omega L}}{R}$; D) $\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega L + \frac{1}{\omega C}}{\omega L}$;

E) $\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega L + \frac{1}{\omega C}}{\omega C}$.

37-Савол. $I_{\text{эфф}}^2 \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2} \cdot \frac{1}{\cos \varphi}$ ифода нимани билдиради?

A) ўзгарувчан токнинг қувватини;

B) ўзгарувчан токнинг бажарган ишини;

C) ўзгарувчан ток занжирида ажралиб чиққан иссиқлик миқдорини;

D) ўзгарувчан токнинг амплитуда қийматини;

E) тўғри жавоб йўқ.

38-Савол. тебраниш контурида $/LC/$ қийматни 4 марта оширсак контурнинг тебраниш даври неча марта ўзгаради?

А) 4 марта ортади; В) 2 марта ортади; С) ўзгармайди; Д) 2 марта камаяди; Е) 4 марта камаяди.

39-Савол. Электромагнит тебранишлар даври формуласи /Томсон формуласи/ қандай кўринишга эга?

А) $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{C}}$; В) $T = 2\pi\sqrt{LC}$; С) $T = 2\pi\sqrt{\frac{C}{L}}$; Д) $T = 4\pi\sqrt{\frac{L}{C}}$; Е) $T = 4\pi\sqrt{\frac{C}{L}}$.

40-Савол. Актив қаршилиги бўлмаган тебраниш контурининг индуктивлиги ҳамда конденсаторнинг сиғими 2 мартадан оширилса, тебранишлар даври қандай ўзгаради?

А) 2 марта камаяди; В) 2 марта ортади; С) ўзгармайди; Д) 4 марта камаяди; Е) 4 марта ортади.

41-Савол. Тебраниш контуридаги токнинг вақт бўйича ўзгариши $i = 0,01\cos 1000t$ қонунга мувофиқ юз беради. Конденсаторнинг сиғими $C = 2 \cdot 10^{-5}$ Ф бўлса, контурнинг индуктивлиги қанча?

А) 0,01 Гн; В) 0,02 Гн; С) 0,05 Гн; Д) 10,2 Гн; Е) 0,31 Гн.

42-Савол. Агар тебраниш контуридаги сиғим 4 марта ортса, тебраниш частотаси қандай ўзгаради?

А) 4 марта камаяди; В) 4 марта ортади; С) 2 марта ортади;
Д) 2 марта камаяди; Е) ўзгармайди.

43-Савол. Агар тебраниш контуридаги индуктивлик 4 марта ортса, тебраниш частотаси қандай ўзгаради?

А) 4 марта камаяди; В) 4 марта ортади; С) 2 марта ортади;
Д) 2 марта камаяди; Е) ўзгармайди.

44-Савол. Агар тебраниш контуридаги индуктивлик 4 марта, сиғим 9 марта камайtirилса тебраниш даври қандай ўзгаради?

А) 6 марта камаяди; В) 6 марта ортади; С) 36 марта ортади;

D) 36 марта камаяди; E) ўзгармайди.

45-Савол. С ва L дан тузилган тебраниш контурининг конденсаторига параллел қилиб 3С сиғимли конденсатор уланса, тебраниш частотаси неча марта камаяди?

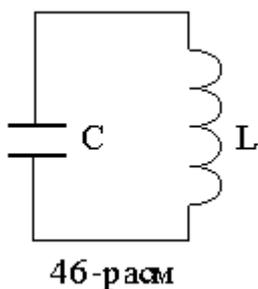
A) 6; B) 2; C) 3; D) 4; E) 5.

46-Савол. Агар тебраниш контури ғалтагининг индуктивлиги 4 марта орттирилса, тебраниш частотаси қандай ўзгаради?

A) 4 марта камаяди; B) 4 марта ортади; C) 2 марта ортади;
D) 2 марта камаяди; E) ўзгармайди.

47-Савол. Тебраниш контурида актив қаршилик бўлса, электромагнит тебранишлар ўзгарадими?

A) ўзгармайди;
B) тебраниш сўнади;
C) тебраниш кучаяди;
D) тебраниш турғун бўлиб қолади;
E) сўнмас тебранишга айланади.



48-Савол. 46-расмдаги схема орқали белгиланадиган электр занжирининг номини айтинг.

A) электр занжирининг схемаси;
B) берк занжирнинг схемаси;
C) тебраниш системаси схемаси;
D) тебраниш контурининг схемаси;
E) физик маятник схемаси.

49-Савол. С сиғим ва L индуктивликли тебраниш контурида эркин электромагнит тебранишлари юз берганда контурнинг тўлиқ энергияси нимага тенг. Контурнинг актив қаршилигини ҳисобга олинмасин.

$$\text{A) } W = \frac{CU^2}{2}; \quad \text{B) } W = \frac{Li^2}{2}; \quad \text{C) } W = \frac{CU^2}{2} + \frac{Li^2}{2}; \quad \text{D) } W = \frac{CU^2}{2} - \frac{Li^2}{2};$$

$$\text{E) } W = \frac{Cn^2 + Li^2}{L}.$$

50-Савол. Электромагнит тўлқинининг электр майдон кучланганлик вектори \vec{E} , магнит майдон индукцияси вектори \vec{B} ва тарқалиш тезлиги вектори \vec{c} бир-бирига нисбатан қандай йўналган?

- A) \vec{E} ва \vec{B} векторларнинг йўналишлари бир хил ва \vec{c} га перпендикуляр;
- B) \vec{E}, \vec{B} ва \vec{c} векторларнинг йўналишлари бир хил;
- C) \vec{E} вектор \vec{B} га перпендикуляр;
- D) \vec{E}, \vec{B} ва \vec{c} векторлар ўзаро тик;
- E) \vec{c} вектор \vec{B} га перпендикуляр.

Тавсия қилинадиган адабиётлар:

1. Савельев И.В Умумий физика курси. II том. –Т.: Ўқитувчи. 1975.
2. Сивухин Д.В Умумий физика курси. III том. Электр. –Т.: Ўқитувчи. 1985.
3. Калашниаков С.Г. Электричество. –М., Наука. 1976.
4. Телеснин Р.В., Яковлев В.Ф. Курс физики. Электричество и магнетизм. –М.: Просвещение. 1970.
5. Гершензон Е.М., Малов Н.Н. Курс общей физики. Электричество и магнетизм. –М.: Просвещение. 1980.
6. Физикадан практикум. Электр ва Оптика / Проф. В.И Иверонова таҳрири остида. –Т.; Ўқитувчи. 1979.
7. Турсунов С., Камолов Ж. Умумий физика курси. Электр ва магнетизм. – Т., Ўқитувчи. 1996.
8. Физикадан практикум. Электр ва Оптика. /Проф. П.Қ. Ҳабибуллаев таҳрири остида. –Т.: Ўқитувчи. 1982.

9. Саидов Ф.Х., Жўраев А. Ўзгарувчан ток занжиридаги актив, индуктив, сиғим қаршиликлар. –Т.: Ўқитувчи. 1978.