

ЭЛЕКТРОМАГНИТ ИНДУКЦИЯ ҲОДИСАСИ.

Новоидинов М.

Аннотация

Электромагнитная индукция — явление возникновения электрического тока, электрического поля или электрической поляризации при изменении магнитного поля во времени или при движении материальной среды в магнитном поле.

Калит сўзлар: электромагнит индукция, индукция ЭЮК, Ленц қонуни.

Электромагнит индукция ҳодисаси. Фарадей тажрибаси. 1831 йилда Фарадей берк контур орқали ўтаётган магнит оқимини вақт бўйича ўзгартирганда унда электр токи ҳосил бўлишини топди. Бу тажриба ҳар хил вариантда бажарилди (7-расм). Контур деформация қилинади, контур илгарилама ҳаракат қилади ёки магнит майдонига нисбатан бурилади. Магнит майдони вақт бўйича ўзгариб туради. Берк контурда магнит оқимининг ўзгариши натижасида ҳосил бўладиган ток индукцион ток деб аталади, ҳодисанинг ўзи эса электромагнит индукция деб аталади. Индукцион токни юзага келтирадиган кучни индукцион электр юритувчи куч деб аталади.

Фарадейнинг асосий тажрибаларини кўриб чиқайлик.



Расм.7-1.

(е)Магнит тайоқчасини чулғамга киритсак, ток пайдо болганини сезамиз ва бирзумдаток йўқолади (гальвонометр кўрсаткичи нолга кайтади), сўнгра магнитчиқариб олсак, йана болади, фақат тескари ёналишда ток юзага келади

Юқоридаги тасвирда кўрсатилганидек магнит тайоқчаси чулғамга киритилди ва у ерда 1 дақиқага шу ҳолатда қолдирилди; сўнгра уни чулғамга киритибчиқарилса, гальвонометрда нимакузатиш мумкин?

(а) Ўзгармайди (кўрсаткич нолда қолади): Батарясииз у ерда ток

бўлмайди.

(b) Магнит тайоқчаси чулғам ичида турса, кичик ток оқими юзага келади.

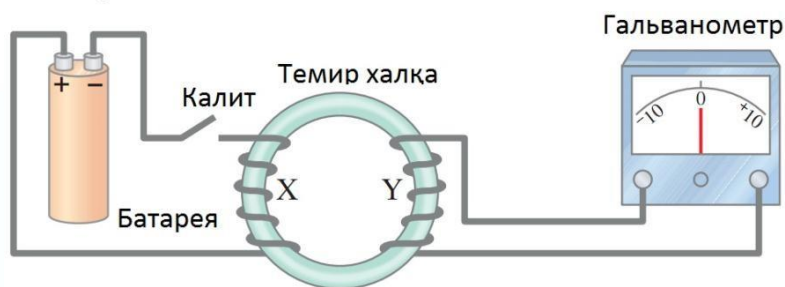
(c) Магнит тайоқчаси чулғам ичига киритилса, ток пайдо бўлади, сўнгра йўқолади

Ток пайдо бўлади ва ток кичик қийматда тўйинади Физикани буюк қонунларидан бири бўлган Фарадейнинг индукция қонуни ва унга кўра магнит оқимини ўзгариши ЭЮКни ҳосил қилади. Бу расмга кўра, чулғам ичида магнит тайоқчаси ҳаракатда бўлса, гальванометрда ток ҳосил бўлганини кўриш мумкин. Кўплаб турмушда асбоб-ускуналар, шу қаторда генераторлар, трансформаторлар, лентага ёки дискга (қаттиқ диск) ва компьютерхотирасига магнит орқали ёзиш электромагнит индукция ҳодисасиасосида ишлайди.

Юқорида келтирилган электр ҳамда магнетизмнинг боғлиқлигини икки кўринишини ҳам муҳокама этганмиз. (1) Электр токи магнит майдон ҳосил қилади; ва (2) магнит майдон электр токига ёки ҳаракатдаги зарядли заррага куч билан таъсир кўрсатади. Бу ҳодисалар 1820-1821 йилларда кашф қилинган. Шундан сўнг олимлар бир нарсадан ҳайратга тушишди: агар электр токи магнит майдон ҳосил қилса, магнит майдон ҳам электр токи ҳосил қила олармикан? Орадан 10 йил ўтиб, америкалик олим Жозеф Генри (Joseph Henry) (1797-1878) ва инглиз олими Майкл Фарадей (Michael Faraday) (1791- 1867) мустақил равишда буни имкони бор эканлигини аниқлашган. Аслида Генри буни биринчи бўлиб кашф қилган лекин Фарадей ўзининг натижаларини эртароқ чоп қилган ва бу ҳодисани батафсил ўрганган. Ҳозир бу ҳодисани ва унинг дунёни ўзгартирган татбиқлари, ҳамда электр генераторини кўриб чиқамиз,

Индукция ЭЮК

Фарадей магнит майдон орқали электр токи ҳосил қилишга уринишларида, 7-2 расмда кўрсатилган қурилмадан фойдаланади. У Х чулғамни манбага улади, натижада ушбу занжир орқали электр ток оқими юзага келди ва темир халқадаги Х чулғам орқали магнит майдон ҳосил бўлди. Фарадей Х чулғамда кучли тўйинган ток натижасида юзага келадиган етарли даражада кучли бўлган магнит майдон, айнан темир халқанинг Y чулғамида ток юзага келтиришига умид қилган.

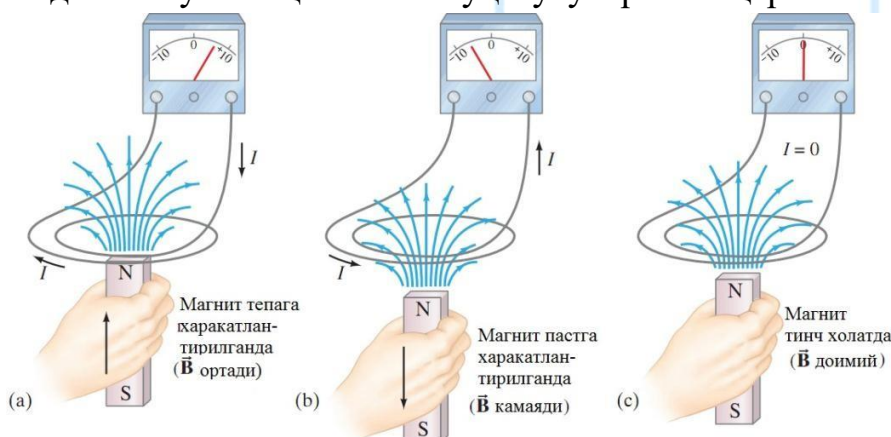


Расм 7-2. Индукция ЭЮКи бўйича Фарадей тажрибаси

Иккинчи Y занжирда, ҳар қандай токни аниқлаш учун фақатгальванометр жойлаштирилган эди. Ушбу тажриба доимий ток билан мувафакятсизликка учради. Бироқ узоқ изланишлардан сўнг, Фарадей X занжирда калитни улаганда, Y занжирдаги гальванометр кўрсаткичи кучли оғишган, калитни узганда эса тескари томонга кучли оғиш кузатилди. X чулғамдаги доимий ток, доимий магнит майдон юзага келиши оқибатида Y чулғамда ток ҳосил бўлмади.

Фақатгина X чулғамда ток ўтишни бошлаши биланоқ ёки калит узилиш жараёнида, Y чулғамда ток юзага келган. Тажриба асосида Фарадей шундай хулоса қилди: доимий магнит майдон ўтказгичда ток ҳосил қила олмаса ҳам, ўзгарувчан магнит майдони электр токи вужудга келтиради. Бундай ток - индукцион ток дейилади. Y чулғамдаги магнит майдон ўзгарганда, Y чулғамда ток ҳосил бўлади, худди занжирда ЭЮК бордек. Демак, ўзгарувчан магнит майдони индукция ЭЮКини юзага келтирар экан.

Фарадей электромагнит индукция соҳасида кўплаб тажрибалар ўтказди, бу ходиса электромагнит индукция ходисаси деб аталди. Масалан, 7-3-расмда кўрсатилганидек, агар магнит чулғам ичида тез-тез ҳаракатга келтирилса, симда индукцион ток юзага келади. Агар магнит тезлик билан чиқариб олинса, ток йўналишини тескари томонга ўзгартиради (B чулғам бўйлаб камаяди). Бундан ташқари, агар доимий магнит маҳкамланган бўлса ва чулғам магнит бўйлаб чиқариб ва тушириб турилса, яна индукция ЭЮКи юзага келади ва индукцион ток оқа бошлайди. Индукция ЭЮКи юзага келиши учун ҳаракат ёки ўзгариш бўлиши керак. Бу ҳолда магнит ҳаракатланадими ёки чулғам ҳаракатланадими бунини аҳамияти йўқ. Бу уларнинг ҳаракатини нисбийлиги



ҳисобигадир.

7-3-расм (а) Магнит таёқчаси чулғам бўйлаб ҳаракатланса, дарҳол чулғамдаги магнит майдон ортади ва индукцион ток юзага келади. (б)

Агар магнит таёқчаси чулғамдан чиқариб олинса, ток йўналиши тескари

томонга ўзгартиради (B камаяди). Гальванометрнинг нол қиймати шкала марказида жойлашган, ток оқимининг йўналишига қараб унинг стрелкаси ўнг ёки сўлга оғади. (с) Агар магнит таёқчаси чулғамга нисбатан ҳаракатга келмаса,

индукцион ток пайдобўлмайди. Бу ерда ҳаракатлар ўзаро боғлиқлиги ҳисобга олинади: магнит таёқчаси маҳкамланиб, чулғам ҳаракатга келтирилса ҳам индукция ЭЮКи юзага келади.

Фарадейнинг индукция қонуни: Ленц қонуни

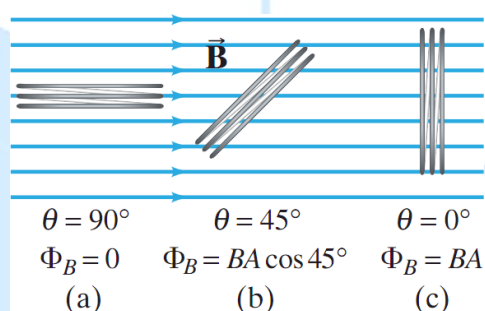
Фарадей индукция ЭЮКи миқдор жиҳатдан қандай катталикларга боғлиқ эканини ўрганиб чиқган. Унинг биринчи аниқлаган нарсаси шу бўлганки: Магнит майдон қанчалик тезўзгарса, индукция ЭЮК шунчалар катта бўлади. Бундан ташқари индуктив ЭЮК ҳалқа юзасига боғлиқ (ва B билан ҳалқа юзаси орасида ҳосил бўлган бурчакка ҳам боғлиқ). Ҳақиқатда эса, индукция ЭЮКи айлана ёки ҳалқа юзаси (A) орқали ўтувчи Φ_B магнит оқимининг ўзгаришига тўғри пропорционал. A юза орқали ўтувчи биржинсли магнит майдон оқими қуйидагича ифодаланади:

$$\Phi_B = B_{\perp}A = BA \cos \delta \quad (7-1)$$

Бу ерда B бир жинсли майдон. Ҳалқа юзига перпендикуляр бўлган B_{\perp} бир жинсли магнит майдон B нинг ташкил этувчисидир, бурчак δ бу B вектор ва ҳалқа юзига перпендикуляр бўлган чизик орасидаги бурчак. Бу катталиклар, томони L , майдони $A=L^2$ га тенг бўлган тўртбурчак ҳалқа 7-4-расмда кўрсатилган. Ҳалқанинг юзи B векторга параллел бўлганда, $\delta = 90^\circ$ ва $\Phi_B = 0$. B вектор ҳалқанинг юзига перпендикуляр бўлганда, $\delta = 0^\circ$ ва $\Phi_B = BA$ (бир жинсли).



7-4-расм Симдан ясалган текис соҳага мос келадиган оқимни аниқланг. Бу соҳа тўртбурчак шаклдан иборат бўлиб, томони L га тенг ва юзаси $A=L^2$ га тенг.



7-5-расм Φ_B магнит оқими чулғам ҳалқалари орқали оқиб ўтувчи B магнит чизиклари сонига пропорционал (бу расмда ҳалқалар сони 3та).

Биз ўтган бобда кўрганимиздек, В чизиқларини (Е чизиқларига ўхшаш) шундай тарзда чизиш мумкинки, юзи бирлигидаги чизиқлар сони, майдон кучланганлигига пропорционал. Кейин Φ_B оқим халқа билан қопланган майдондан ўтувчи чизиқлар сонига тўғри пропорционал деб қараш мумкин. 7-5 расмда келтирилгандек, $\delta=90^\circ$ учун ҳалқалардан магнит майдон чизиқлари кесиб ўтмайди, яъни $\Phi_B=0$, $\delta=0^\circ$ бўлганда, Φ_B максимум қийматга эришади. Магнит майдон оқими бирлиги тесла \cdot метр², ёки веберь деб номланади: $1\text{Wb}=1\text{T} \cdot \text{m}^2$,

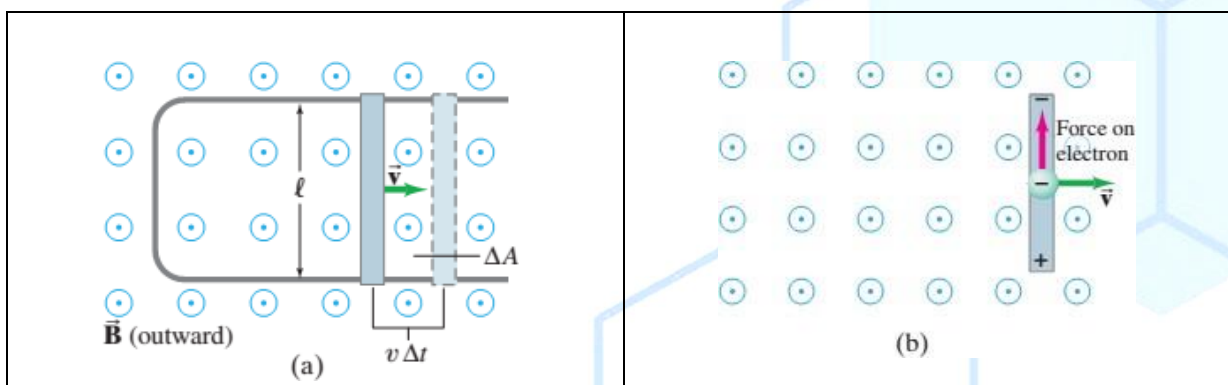
7-1 тенгламадаги оқимни ифодасидан Фарадейнинг изланишларини ёзишимиз мумкин: Занжирдаги индукция ЭЮКи, занжирдаги магнит оқими ўзгариш муносабатига тенг.

$$s = -\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$$

(7-2)

Бу фундаментал натижалар Фарадейнинг индукция қонуни дейилади ва бу қонун электромагнитизм асосларидан бири ҳисобланади.

Индукция ЭЮКи ҳамиша магнит оқимининг дастлабки йўналишини ўзгаришига тесқари йўналган бўлади.



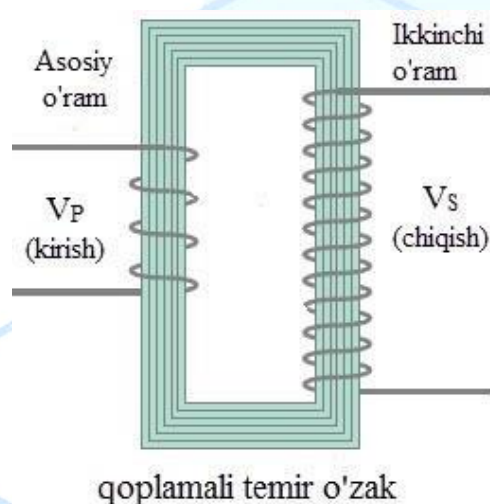
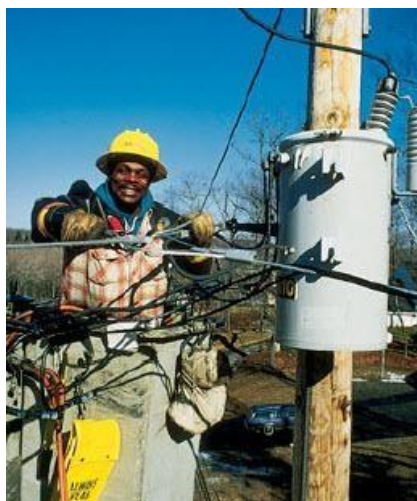
7-6 расм. (а) В доимий магнит майдонидаги U-формалик утказувчининг унг томонига ҳаракатланувчи утказувчан таекча. Ток соат стрелкаси буйича йўналган. (б) В сабабли метал таекчада электрондаги тепага йўналган куч; электронлар + зарядларни пастда қолдирган ҳолатда таекчанинг тепага йиғилади

ЭЮК ни пайдо қилишни бошқа бир йули 7-6а расмда тасвирланган бўлиб бу ҳолат ЭЮК ни табиатини еритиб беришга ердан беради. Фараз қилинг, В доимий магнит майдони U-формалик утказувчи билан чегараланган юзага перпендикуляр ва ҳаракатланувчи таекча тинч ҳолатда турибди.

7-2 расмдан магнит таёқчаси ва чулғам орасидаги ўзаро ҳаракатга боғлиқлигига Ленз қонуни татбиғида кўришимиз мумкин. Чулғамдан ўтувчи оқим индукция ЭЮКини юзага келтиради ва ток вужудга келади. Ушбу

индукцион ток ўз магнит майдонини ҳосил қилади. Келтирилган 7- 2а расмда магнит таёқчаси ва чулғам орасидаги масофа камаяди. Чулғамдаги доимий магнит атрофидаги магнит майдон (майдончизиклари) ортади, бунинг натижасида оқим ортади. Магнит майдон чизиклари пастдан тепага томон йўналган (ўқувчидан қоғозга томон). Қарама қарши томондан тепага ортиши учун, чулғам ичидаги индукцион ток ҳосил қилган магнит майдон пастга йўналган бўлиши керак. Демак, Ленз қонунига кўра, ток 7-2а расмда келтирилгандек ҳаракат қилади (ўнг қўл қоидаси бўйича). 7-2b расмдаги ҳолат учун магнит майдон оқимикамаяди, чунки магнит таёқчаси узоқлашади ва магнит майдони В камаяди, натижада ҳалқадаги индукцион ток ўз олдинги ҳолатини чақлашгаинтилиб ҳалқа бўйлаб тепага йўналган магнит майдони ҳосил қилади. Шундай қилиб, 7-2b расмдаги ток йўналиши 7-2а расмдаги нисбатан тескари йўналган бўлади.

Шуни тақидлаш муҳимки, чулғамдаги ўтувчи оқим ўзгариш юз берса индукция ЭЮКи юзага келади, ва қуйида баъзи қўшимча аҳтимолликлар кўриб чиқилади.



7-7 Расм.Сим ёғочдаги пасайтирувчи трансформатор

7-8 Расм. Кучайтирувчи трансформаторни таъмирлаш

Трансформатор ўзгарувчан токни кучайтирувчи ёки пасайтирувчи қурилма. Трансформаторларни хоҳлаган жойда учратиш мумкин: сим ёғочдагиси (7-7 расм) электр компаниясидан келадиган юқори кучланишни уйларда фойдаланиш (120В ёки 240В) телефонлар, ноутбуклар ва электрик асбоблар учун камайтириб узатади, машинангиздаги свичаларга керакли кучланишни етказиб беришда ва бошқа ҳолатларда етказиб бериледи. Трансформатор иккита ўрамдан

ташқил топган, биринчи ва иккинчи ўрамдан. Иккита ўрам ўзаро боғланган (изолятсияланган сим билан); ёки улар чеккасида энг кам электр

йўқотадиган темир қатламли асос билан боғланади (21-6 қисм) 7-8 расмда кўрсатилганидек. Трансформаторлар биринчи билан иккинчи ўрамдан оқиб ўтувчи электр токи орқали магнит оқимини яшаш учун ташкиллаштирилади. Биз шунингдек йўкотилган энергияни (қаршиликда) ҳисобга олмаймиз - бу унумдорлиги 99 % дан юқори бўлган ҳақиқий трансформаторлар учун яхши. Кучланиш биринчи ўрамга етиб келганида, магнит майдонидаги ўзгариш иккинчи ўрамда бир хил тебранишга сабаб бўлади. Бироқ ўрамлар сони туфайли кучланиш ҳар ўрамда ҳар хил бўлади. Фарадейнинг қонунига асосан иккинчи ўрамдаги кучланиш: $V_s = N_s \times \Delta\Phi / \Delta t$

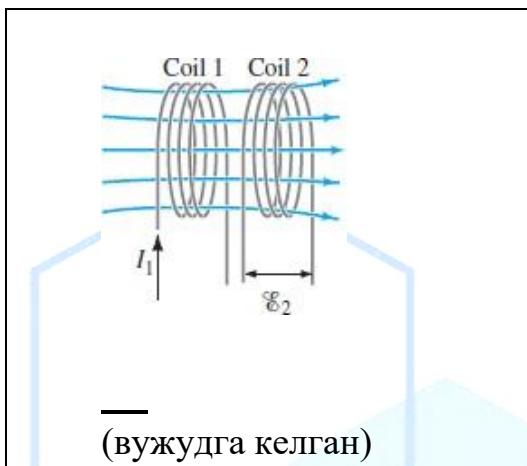
N_s иккинчи ўрамдаги ўрамлар сони, $\Delta\Phi / \Delta t$ магнит оқими ўзгаришининг тезлиги.

Биринчисидagi кучланиш V_p , у орқали ўтадиган оқимнинг ўзгариш тезлигига боғлиқ: $V_p = N_p \times \Delta\Phi / \Delta t$

N_p биринчи ўрамдаги ўрамлар сони. Бу шундай бўлади, чунки биринчи ўрамдаги оқим ўзгариши тескари кучланишни ишлаб чиқаради ва агарда қаршиликдаги кучланиш ҳисобга олинмаса келган кучланиш балансда бўлади (Киркофф қонуни). Биз тенгламани икки бўлакка бўламиз, жуда кам ёки умуман оқим йўқолмаган деб ҳисоблаб $V_s / V_p = N_s / N_p$ (7-4)ни топамиз.

Трансформатор тенгламаси биринчи ўрамдаги кучланиш иккинчисига қандай боғланганини айтади, V_s ва V_p 7-4 тенгламадаги иккаласи ҳам рмс ёки энг юқори қиймат бўлади. Ўзгармас кучланиш магнит оқим ўзгармаслиги туфайли иш бажармайди.

Агар иккинчи чулғам биринчисидан кўпроқ чулғам ташкил этса ($N_2 > N_1$), трансформаторимиз кучайтирувчидир. Бунда иккинчи чулғамдаги кучланиш биринчисидадан каттароқ бўлади. Масалан, иккинчи чулғам биринчисига қараганда 2 марта кўпроқ ўрам бўлса, ундаги кучланиш ҳам 2 марта катта бўлади. Агар N_1 имиз N_2 дан кичик бўлса, трансформаторимиз пасайтирувчидир. Электр кучланишимиз трансформатор билан камайтирилиб ёки оширилишига қарамасдан биз ҳечбир нарсага эга бўлмаймиз. Энергия сақланиши бизга чиқувчи қувват кирувчи қувватдан ҳеч қанақасига каттароқ бўлолмаслигини айтади. Яхши ишлаб чиқилган трансформатор 99% дан кўпроқ ФИК ли бўла олади. Бунда иссиқликка кам энергия йўқолади. Шу сабабли чиқувчи қувват кирувчи қувватга тенг бўлади. $I_s / I_p = N_p / N_s$



Расм 7-9. Бир ғалтакдаги токнинг ўзгариши, иккинчи ғалтакда ток ҳосил қилади.
1 ва 2 ғалтак.
Coil 1 Coil 2

7-9 расмда курсатилганидек икки ғалтак бир бирига якин булса, бирида содир булган токнинг узгариши иккинчисида ЭЮК ни ҳосил қилади. Биз иккинчи ғалтакка Фарадей конунини ишлатамиз: иккинчи ғалтакда ҳосил булган ϵ_2 ЭЮК, ғалтак орасидан оқиб утувчи магнетик оқимнинг узгариш даражасига тенг. Иккинчи ғалтакдаги оқимнинг узгаришини биринчи ғалтакдаги I_1 токнинг узгариши келтириб чиқаради. шунинг учун биринчи ғалтакдаги токни узгариш даражасига тенг.

$$(7-5) \quad \epsilon_2 = -M \frac{\Delta I_1}{\Delta t},$$

бу ерда вақт оралиғи жуда хам кичик ва доимий тенг, M эса узаро индуктивлик деб номланади. (манфийлик ишораси Ленз коидасига кура, вужудга келган ЭЮК оқим узгаришига қарши булади). Узаро индуктивликни бирлиги $V \cdot s / A = \Omega \cdot s$ булиб генри (Н) деб, Жозеф Генри шарафига қуйилган: $1 \text{ H} = 1 \Omega \cdot s$

M узаро индуктивлиги –узгармас булиб I_1 га боғлиқ эмас. M геометрик омиллар: хажми, шакли, урамлар сони, икки урамнинг жойлашув урни ва темир (еки бошка ферромагнетик материал тури) га боғлиқ. Масалан 7-9 расмдаги каби икки ғалтак бир биридан канча узокда булса шунчалик кам оқим иккинчи ғалтақдан оқиб утади, шунинг учун M кичик булади. агар биз тесқари ҳолатни куриб чиқсак: иккинчи ғалтакда токни узгариши биринчи ғалтакдаги ЭЮК ни ҳосил қилса, доимий узгармас M бир хил қиймат беради.

$$(7-6) \quad \epsilon_1 = -M \frac{\Delta I_2}{\Delta t}.$$

Узаро индуктивликка мисол қилиб трансформаторни олишимиз мумкин, бунда хамма оқимлар иккала ғалтақдан утгани учун боғланиш максимум ҳолатда булади. 21-7 булимда айтиб утганимиздек, узаро индуктивликни, қайта зарядка қилса буладиган батареяли: уяли телефон, электр автомобили ва бошка қурилмаларни индуктив зарядлаш каби бошка ҳислатлари хам бор. Бази бир электрон юрак стимуляторлари қасалларга

юрракка конни доимий окиб туришини таъминлайди (19-6 булим), юрак якинидаги юрак стимуляторида жойлашган иккинчи галтакка, ташки галтакдан узаро индуктивлик оркали кувватни етказиб беради. Бу турдагилар, бошка батарея билан кувватланадиган юрак стимуляторидан афзаллиги бор, жаррохликда заряди тугаганда алмаштириш хожати йук.

Ўзиндуктивлик

Индуктивлик атамасини якка изоляция килинган галтакларга хам нисбатанкуллаш мумкин.

Качонки галтакдан еки соленоиддан утаетган ток узгарса, узгарадиган магнит оким галтак ичида пайдо булади, ва бу уз навбатида ЭЮК ни хосил килади.

Бу ЭЮК нинг мавжуд булиши оким узгаришига карши булади (Ленз конуни). бу худди мотор оркали хосилга келган орка ЭЮК га ухшайди. (масалан, галтак ичидаги ток ошади, магнетик окимини ошиши ЭЮК ни хосил килади, уз навбатида у хакикий токни усишига карши чикади). Хосил булган ЭЮК \mathcal{E} токнинг узгариш даражасига тенг булади.

(узгаришига карама карши йуналишда булади, шу сабабли манфий ишорабулади)

$$\mathcal{E} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

(7-7)

Доимийликка тенг L уз-индуктивлик еки оддий килиб айтганда галтак индуктиви деб аталади. Бу хам генрида улчанади. L нинг катталиги темир узаги бор еки еглигига ва галтакни хажми ва шаклига боглик булади.

узгарувчи ток занжирида (18-7 булим) хар доим баъзи бир индуктивлик мавжуд булади, агар занжир куп халка ва урамлардан ташкил топмаган булса, одатда бу жуда хам кичик булади.

Халкада мавжуд булган сезирарли уз-индуктивлик L индуктор деб аталади.

Занжир тасвирида куйидагича

белгиланади:

(индуктор белгиси)



Фойдаланилган адабиётлар

1. Ахмаджонов О.И., Физика курси, 3 т. Ўқитувчи 1988.
2. Трофимова Т.И., Курс физики, М., Вқсшая школа, 2000.
3. Савельев И.В., Курс обўей физики, т. 3, М., Наука, 2000.
4. Грибов Л.А., Прокофьева Н.И. Основк физики, Гардарика. М., 1998.