

1. Магнит тізбектерінің заңдары

1.1. Кіріспе

Электр машинасы – электромагниттік индукция құбылысы негізінде механикалық энергияны электр энергиясына (**генераторлар**) немесе керісінше, электр энергиясын механикалық энергияға (**қозғалтқыштар**) түрлендіру үшін қолданылатын айналмалы құрылғы. Бұл курс сонымен қатар қозғалатын бөліктері жоқ, бірақ айналмалы электр машиналарында болатын процестерге өте ұқсас энергияны түрлендіру процестері бар **трансформаторларды** қарастырады.

Осы заманғы әртүрлі қуатты электр энергетикалық қондырғыларда энергияны түрлендіру мен тарату үшін қуаттары бірнеше кВт-тан бастап, мыңдаған кВт-қа дейінгі электр машиналары қолданады. Өнеркәсіптегі әртүрлі автоматты басқару жүйелерінде және арнайы техникада ұшақтарда, зымырандарда, кемелерде және басқа да жылжымалы объектілерде, гироскоптық және радиоэлектрондық құрылғыларда, есептеу техникасында және басқа да салаларда қуаттары Вт-тың бірнеше бөлігінен бірнеше жүздеген Вт-қа дейін болатын кіші қуатты электр машиналары мен трансформаторлар кеңінен пайдаланылады. Бұл машиналардың бір бөлігі автоматты жүйелерде ақпараттық приборлар немесе түрлендіргіштер қызметін атқарады.

Кәзіргі кезде электр энергетикалық қондырғы негізі үш буыннан тұрады. Олар – электр машиналары көмегімен электр энергиясын өндіретін электр станциялары, энергияны қашықтыққа жеткізіп беруге арналған электр желілері және әртүрлі энергия тұтынушылары. Электр энергиясын тұтынушылар қатарына көптеген өнеркәсіп орындары, әртүрлі мекемелер, тұрғын үйлері, электрлендірілген транспорт, ауыл шаруашылығы т. б. жатады. Электр станцияда орнатылған электр машиналары бу немесе су турбиналарымен немесе басқа жетектік қозғалтқыштармен айналдырылады. Мұнда бұл машиналар жетектік қозғалтқыштардан алынатын механикалық энергияны электр энергиясына түрлендіреді, яғни олар генераторлар қызметін атқарады. Әртүрлі өнеркәсіп орындарында қолдалынатын электр машиналары, электр станциядан электр жеткізу желілері, арқылы алған электр энергиясын, механикалық энергияға түрлендіріп, әртүрлі станоктарды, механизмдерді және басқа да құрылғыларды айналдырған жұмыс істетеді, яғни өнеркәсіп орындарындағы электр машиналары электр қозғалтқыштары қызметін атқарады.

Электр станцияларында кәзіргі электр энергиясы негізінде айнымалы ток түрінде өндіріледі. Ал оны тұтынушыларға жеткізу үшін токтың кернеуін өзгерту қажет. Мұндай өзгерту, немесе трансформациялау түрлендіргіштер арқылы орындалады, оларды **трансформатор** деп атайды. Трансформаторда қозғалатын бөліктері жоқ. Дегенмен олардың жұмыс істеу негізінде және құрылысында айналмалы электр машиналарымен көптеген ұқсастықтары бар, сондықтан трансформаторларды да электр машиналары қатарына жатқызады. Бүкіл трансформаторлар мен электр машиналары жұмыс істеу үшін магнит

өрісін пайдаланады. Олай болса, ең алдына магнит өрісінің (тізбектерінің) заңдарын еске алу керек.

1.2. Магнит тізбегі үшін толық ток заңы

Толық ток заңы магниттік өрісінің және өрісті туғызатын электр токтарының арасындағы байланысты көрсетеді:

Тұйықталған контурмен айналған магнит кернеуліктің интегралы осы контурдың толық тоғына тең:

$$\oint H dl = \sum i, \quad (1.1)$$

мұндағы H [А/м] – магнит өрісінің кернеулігі;

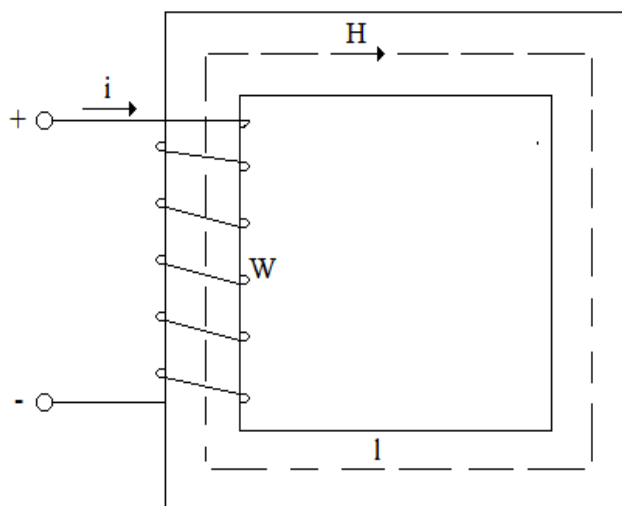
dl [м] – интегралданатын контур бойымен электрлық орын ауыстыру;

$\sum i$ [А] – интегралданатын контур қамтитын токтардың жиынтығы.

Өрнегіндегі алгебралық жиынтық ($\sum i$) шаманы **магнит қозғаушы күші (МҚК F [А])** деп аталады және бұл жерде токтың бағытын еске алу керек.

Мысалы, ток өтетін орамасы бар жай өзекшеге бұл теңдіктің жазылған түрі:

$$H \cdot l = \sum I, \quad (1.2)$$



Сур.1.1. Тармақталмаған магнит тізбегі

Көптеген электротехникалық құрылғылардың магниттік тізбегін, арқайсысының шегінде магниттік өрісі біртектідеп есептеуге болатын, бірнеше бөліктердің жиынтығы деп қарасақ, онда біз, орташа ұзындығы l_k желі бөлігінің бойында, тұрақты кернеулікке тең, H_k магнит өрісінің кернеулігі болатындығына көз жеткіземіз. Егер бұл кезде магнит өрісті тудыратын катушканың тоғы I , орамаларының саны w болса, онда n бөліктен тұратын орамалармен ілінісетін магниттік тізбегінің контуры үшін (1.1) өрнегінің орнына мынаны жазамыз:

$$\sum H_k \cdot l_k = I \cdot w. \quad (1.3)$$

Көбіне, $H_k \cdot l_k = U_m$ көбейтіндісін магнит тізбектің бөлігінің **магниттік кернеуі** деп атайды.

1.3. Магнит тізбегі үшін Ом заңы

Магнит өткізгіштегі тұрақты негізгі **ағынды (Φ [Вб])** магнит қозғаушы күші F тудырады. Оның мәні мынаған тең:

$$\Phi = B \cdot S, \quad (1.4)$$

мұндағы B [Тл] – **магнит индукциясы**;

S, m^2 – өткізгіштің көлденең қимасының ауданы.

Магнит ағыны магнит өрісінің кернеулігімен мына байланыста екені белгілі:

$$H = B/\mu_a, \quad (1.5)$$

бұнын ішінде $\mu_a = \mu \cdot \mu_0$ [Гн/м] – абсолютті магнит өтімділігі;

μ – салыстырмалы магнит өтімділігі;

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м – магнит тұрақтысы.

Енді индукцияны (1.4) алып (1.5) қойсақ, онда (1.1) былай жазуға болады:

$$\frac{l}{S \cdot \mu_a} \cdot \Phi = F, \quad (1.6)$$

мұндағы $\frac{l}{S \cdot \mu_a} = R_\mu$ – **магнит кедергісі** деп аталайды.

Сонымен толық ток заңың мынау түрде алуға болады:

$$\Phi = \frac{F}{R_\mu}. \quad (1.7)$$

(1.7) формуланы **магнит тезбегі үшін Ом заңы** деп атайды.

1.4. Электр магниттік индукция заңы

Ораманың контурын тесіп өтетін магнит ағыны Φ өзгертін болса, контурда (орамада) **электр қозғаушы күш (ЭҚК e , В)** туады. Бұл құбылысты **электр магниттік құбылысы** деп атайды. ЭҚК көлемін және бағытын **Максвеллдың электр магниттік индукция заңымен** анықтайды:

$$e = - \frac{d\Phi}{dt}. \quad (1.8)$$

Индукцияланған ЭҚК магнит ағының өзгеру жылдамдығына тура пропорционалды.

Ленц ережесі бойынша, *ЭҚК туғызатын ток күші магнит ағынының Φ өзгеруіне қарсы болу керек.* ЭҚК-тің бағыты токқа сәйкесті болу үшін, (1.8) формулада магнит ағынның өзгеру туындысының алдына «минус» таңбасы қойылады.

Жалғыз ораманың орнында w орамдары бар катушка болса, осы заң бойынша әр-бір орамада көлемі мен бағыты бірдей ЭҚК туады. Бұлардың барлығын қосқанда катушканың ЭҚК тең:

$$e = -w * \frac{d\Phi}{dt}, \quad (1.9)$$

мұнда $w * \Phi = \Psi$ [Вб] – магнит ағынның ілінісі.

Магнит ағынының ілінісі Ψ индуктивтілікпен L , Гн және ток i -мен байланысты:

$$\Psi = L * i. \quad (1.10)$$

(1.10)-ды (1.9)-ға қойғанда, ЭҚК-ін теңдеуі мынадай түрге келеді:

$$e = -\frac{d\Psi}{dt} = -\frac{d}{dt}(L * i) = -\left(L \frac{di}{dt} + i \frac{dL}{dt}\right). \quad (1.11)$$

Статикалық магнит тізбектерде индуктивтілік өзгермейді ($L=\text{const}$). Олай болса

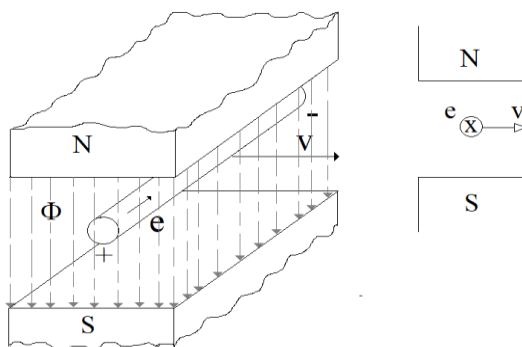
$$e = -L * \frac{di}{dt}. \quad (1.12)$$

Индукциалнаған ЭҚК электр тогының өзгеру жылдамдығына тура пропорционалды.

1.5. Оң және сол қол ережелер

Қозғалмайтын магнит өрісін күштік сызықтарын өткізгіш қиып өтетін кезде, электр магниттік құбылысы бойынша өткізгіште ЭҚК индукцияланады. Өткізгіштің ұзындығы l [м] және тұрақты жылдамдығы v [м/с] болса (сур. 1.2), (1.8)-ін орнына мындай **Фарадей электр магниттік индукция заңы** шығарды:

$$e = B \cdot l \cdot v. \quad (1.13)$$



Сур.1.2. Оң қол ережесі

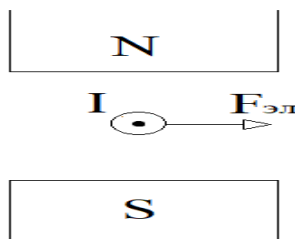
ЭҚК-тің бағыты **оң қол ережесімен** табылады:

Оң қолдың алақанды өткізгіштің орнына магнит күштік сызықтарына перпендикуляр етіп жаямыз, алақанға 90°-қа бұрылған үлкен бармақты өткізгіштің жылжып жатқан (жылдамдық v бағытына сәйкес) жағына бағыттаймыз, онда қалған төрт саусақтар индукцияланған ЭҚК-тің бағытын көрсетеді.

Егер өткізгіштің екі ұшына электр жүктемесін қосса, өткізгішпен жүктемеде ЭҚК әрекетімен ток жүреді. Электр магниттік индукция құбылысы электр генераторлары мен трансформаторларылық жұмыс істеу принципіне негізденген.

Өткізгіште өткен ток I , А полюстердің магнит өрісімен өзара әрекеттетеді. Бұл құбылыстан **электр магниттік күш $F_{эм}$ [Н]** туады. Ол **Ампер заңымен** анықталады:

$$F_{эм} = B \cdot l \cdot I. \quad (1.14)$$



Сур.1.3. Сол қол ережесі

Күштің бағыты **сол қол ережесімен** табылады: *Сол қолдың алақанды өткізгіштің орнына магнит күштік сызықтарға перпендикуляр етіп жаямыз, бірге ұстаған төрт саусақтарды өткізгіштің тоғымен сәйкес бағыттаймыз, сонда алақанға 90° -қа бұрылған үлкен бармақ өткізгішке әрекет жасайтын электр магниттік күштің бағытын көрсетеді.*

Бұл құбылыс электр қозғалтқыштарының жұмыс істеу принципіне негізделген.

Лекцияны меңгеруге арналған сұрақтар

1. Энергияны түрлендіру үшін электр машиналар қалай бөлінеді?
2. Магнит тізбегі үшін толық ток заңы.
3. Магнит тезбегі үшін Ом заңы.
4. Электр магниттік индукция заңы.
5. Оң қол ереже.
6. Сол қол ереже.

Негізгі әдебиеттер тізімі

1. Жумагулов Қ.Қ., Шидеров М., Гали К.О. Электр машинасы. – Алматы: АЭЖБИ, 2008. – 4, 5, 24, 25.
2. Задания для программированного изучения раздела "Трансформаторы" по курсу "Электрические машины". – Караганда, 2007. – с. 5-9.