

Лекция 10. Асинхронды қозғалтқыштарды қосу

10.1. Асинхронды машинаның электр магниттік моменті. Электр машинасының электромагниттік моменті электромагниттік қуаттың магнит өрісінің механикалық айналу жылдамдығына $\omega_{\text{мех1}} = \omega_1 / p$ қатынасына тең:

$$M_{\text{эм}} = P_{\text{эм}} / \omega_{\text{мех1}} = p \cdot P_{\text{эм}} / \omega_1 \quad (10.1)$$

мұндағы p - полюстер жұптарының саны, $\omega_1 = 2\pi f$ – осы өрістің электрлік бұрыштық жылдамдығы.

(9.17)-ді $P_{\text{эм}}$ (10.1)-ге ауыстырып аламыз:

$$M_{\text{эм}} = p \cdot m_1 / \omega_1 \cdot I_2'^2 \cdot R_2' / s. \quad (10.2)$$

Ротордың келтірілген тогының I_2' өрнегін активті екіұштық теореманы қолдану арқылы алуға болады:

$$I_2' = \frac{U_1}{\sqrt{(R_1 + C_1 \cdot \frac{R_2'}{s})^2 + (X_{\sigma 1} + C_1 \cdot \frac{X_{\sigma 2}'}{s})^2}}, \quad (10.3)$$

мұндағы C_1 – статордың ЭҚК E_1 және кернеу U_1 арасындағы амплитудалық-фазалық байланысты сипаттайтын коэффициент:

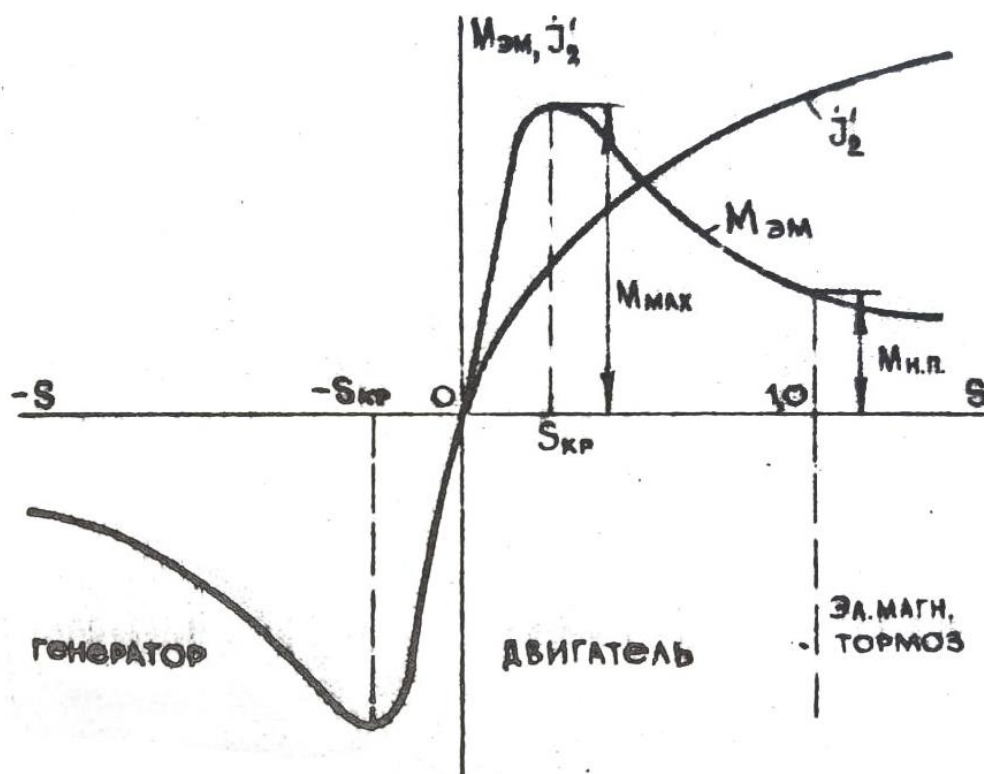
$$C_1 = 1 + X_{\sigma 1} / X_m \quad (10.4)$$

Электромагниттік моменттің соңғы түрі болып табылады

$$M_{\text{эм}} = \frac{p \cdot m_1 \cdot U_1^2 \cdot R_2' / s}{[(R_1 + C_1 \cdot \frac{R_2'}{s})^2 + (X_{\sigma 1} + C_1 \cdot \frac{X_{\sigma 2}'}{s})^2]}. \quad (10.5)$$

(10.3) және (10.5) негізінде ротордың келтірілген тогы мен электромагниттік моменттің өзгеру қисықтары сырғанауға байланысты кескінделеді (10.1-сурет). Графиктен көрініп тұрғандай, асинхронды машина теориялық тұрғыдан үш режимде жұмыс істей алады:

- 1) магнит өрісінің айналу жылдамдығы ротордың айналу жылдамдығынан үлкен болған кезде қозғалтқыш режимі ($0 < s < 1$);
- 2) ротор өрісті алға жылжытқанда және сырғанау теріс болғанда генератор ($0 > s > -\infty$);
- 3) өріс пен ротор әр түрлі бағытта айналған кезде электромагниттік тежегіш режимі ($1 < s < \infty$).



Сур. 10.1. Электромагниттік момент пен ротор тогының асинхронды машинаның сырғуына тәуелділігі

Момент қисығы критикалық сырғанау кезінде $s = \pm s_{кр}$ оң және теріс шыңдарға ие. Ең үлкен электромагниттік момент максималды электромагниттік қуат РЭМ ротордың кедергісінен босатылған кезде болады (R_2'/s 9.1 суретте). Осы жағдайдан, ротордың төмен активті кедергісін ескере отырып, сырғанау формуласын келесі түрде аламыз:

$$s_{кр} = \pm \frac{C_1 + R_2'}{(R_1)^2 + (X\sigma_1 + C_1 + X\sigma_2')^2} \quad (10.6)$$

(10.6) -ны (10.5) -ге ауыстыру асинхронды машинаның максималды моменті үшін келесі өрнекті береді:

$$M_{max} = \pm \frac{p \cdot m_1 \cdot U_1^2}{2C_1 + \omega_1 (X\sigma_1 + C_1 + X\sigma_2')} \cdot \quad (10.7)$$

(10.7) -де «+» белгісі қозғалтқышқа, ал «-» белгісі генератор режимдеріне сәйкес келеді.

(10.6) және (10.7) сәйкес критикалық сырғанау ротордың активті кедергісіне R_2' тура пропорционал, ал максималды моменттің мәні M_{max} тәуелді емес.

Максималды момент асинхронды қозғалтқыштың қысқа мерзімді шамадан тыс жүктемелерге қарсы тұру қабілетін сипаттайды. Максималды моменттің номиналды қатынасы ($k_M = M_{max} / M_{ном}$) максималды моменттің еселігі деп аталады және асинхронды қозғалтқыштардың шамадан тыс жүктеме сыйымдылығын бағалау үшін қолданылады. k_M типтік мәндері 1,7-3,0 құрайды, бұл $s_{кр} = 0,06-0,15$ критикалық сырғанына сәйкес келеді.

Қозғалтқыш режимінде сырғудың 0-ден $s_{кр}$ өсуімен айналу моменті сызықты түрде M_{max} дейін өседі, содан кейін ротор тогының ұлғаюына қарамастан азая бастайды. Моменттің төмендеуі сырғанаудың жоғарылауымен ротор тізбегінің активті кедергісі төмендеп, ротор тогы табиғатта индуктивті бола бастайды, ал ротор тогының активті компонентіне тәуелді момент азаяды.

Кернеу статор орамына түскеннен кейін, ротор әлі айналымға келе қоймаған электромагниттік момент бастапқы іске қосу моменті $M_{П}$ деп аталады. Қозғалмайтын ротормен $s = 1$ және бастапқы момент (10.6) сәйкес:

$$M_{П} = \frac{p \cdot m_1 \cdot U_1^2 \cdot R_2'}{[(R_1 + C_1 + R_2')^2 + (X\sigma_1 + C_1 + X\sigma_2')^2]} \cdot \quad (10.5)$$

Егер қарсылық $\text{skr} = 1$ болатындай етіп бір жолмен жоғарыласа, қозғалтқыш іске қосудың басында максималды айналу моментін дамытады.

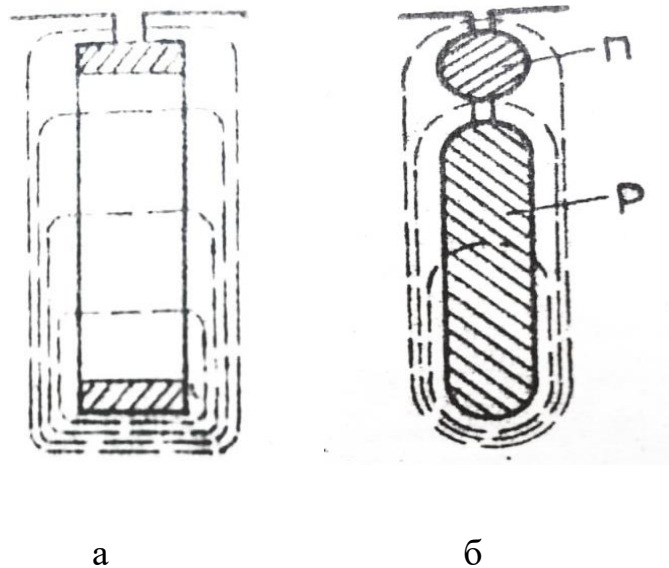
10.2. Асинхронды қозғалтқыштарды қосу

Қалыпты жұмыс кезінде асинхронды қозғалтқыштың ПӘК-ті жоғары болуы керек, бұл ротор орамасының төмен активті кедергісін білдіреді. Іске қосу кезінде қозғалтқышта жеткілікті бастапқы іске қосу моменті дамуы керек, ол үшін ротордың активті кедергісін арттыру керек.

Фазалық роторлы қозғалтқышта мәселе ротор тізбегіне іске қосу кезеңіне қосымша активті кедергісі енгізу арқылы шешіледі, оның өзі төмен кедергісіне ие. Ротор тізбегінің активті кедергісінің артуы бастапқы моменттің ұлғаюына және бастапқы токтың төмендеуіне әкеледі. Қажет болса, қосымша кедергіні ротор қозғалмайтын кезде қозғалтқыш максималды айналу моментін дамытатын етіп таңдауға болады. Қозғалтқыштың жылдамдығы өскен сайын, қосымша кедергіні біртіндеп төмендейді (тегіс немесе қадаммен), барлық басталу кезінде қажетті моменттерді қамтамасыз етеді.

Қозғалмайтын роторы қысқа тұйықталған қозғалтқыштарда ондағы ток жиілігі желі жиілігіне тең ($f_2 = f_1$), ал қалыпты жылдамдықта ол тек 2-3 Гц құрайды. Тиін торының шыбықтарындағы орын ауыстыру эффектісін қолдану және стерженьдердың сәйкес формасын таңдай отырып, оның 50 Гц жиіліктегі активті кедергісі 2-3 Гц жиіліктегіден бірнеше есе көп болатынына қол жеткізуге болады.

Ұзын тар стерженьдері бар тиін торы бар роторды қарастырайық (10.2 а-сурет). Ротор болатының жоғары магниттік өткізгіштігі кезінде берілген стерженьдің тогымен құрылған пазды сейілу магнит өрісінің күш сызықтары ойық түбінің астында тұйықталуы керек. Стержень қалыңдығы кішкентай қалыңдығы көп қабаттардан тұрады деп елестетіп көріңіз.



Сур. 10.2. Пазы терен қозғалтқыштың тиін торы стержені (а) және екілік тиін торы стерженьдері (б)

Төменгі қабат көптеген сейілу өрісінің сызықтарымен біріктірілген және бұл қабаттың сейілу индуктивтілігі жоғарғы қабатқа қарағанда көбірек. Қабаттар электрлік параллель болғандықтан, сейілу индуктивтік кедергілері төмен жоғарғы қабаттардағы айнымалы ток реактанстары жоғары төменгі қабаттарға қарағанда көп болады. Бұл токтын саңылаулардың жоғарғы жағына жылжытуға және стержендың тиімді қарсылығын арттыруға тең. Бұл жағдайда стерженьның сейілу индуктивтілігі біршама төмендейді. Токтың стерженьдың жоғарғы бөлігіне ығысуы сейілу өрістің индуктивті әсерінен болатындықтан, активті кедергінің тиімді мәні ток жиілігінің, стерженьның биіктігі, сонымен қатар стержень материалының магнит өткізгіштігі мен меншікті беттік кедергінің функциясы. Ағымдағы орын ауыстыру әсерін күшейту үшін көбінесе бөтелке тәрізді немесе трапеция тәрізді өзекшелер қолданылады, сондықтан ротор тұрақты жылдамдыққа дейін үдегенде оның тиін торының белсенді кедергісі бірнеше есе төмендейді.

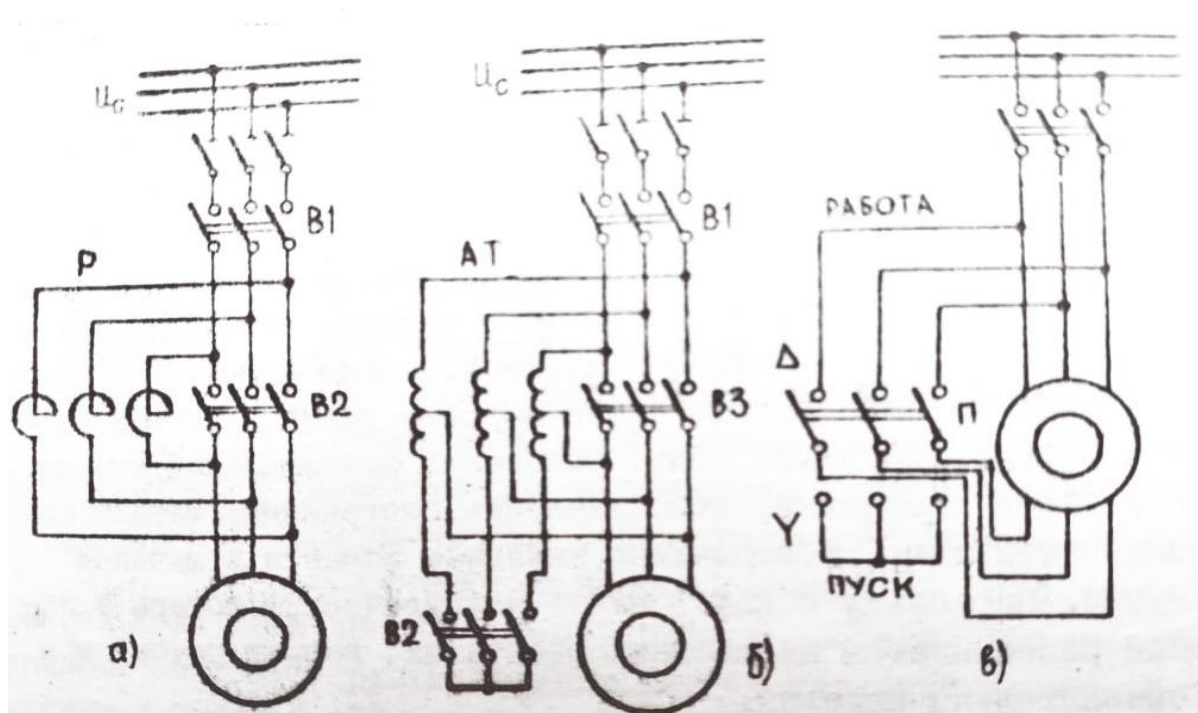
Ұқсас нәтижеге сақиналармен қысқа тұйықталған екі қатарлы стерженьдардан тұратын қос тиін торымен (10.2 б-сурет) қол жеткізуге болады. Жоғарғы стерженьдардың көлденең қимасы кішірек және сәйкесінше, төменгіге қарағанда активті кедергісі жоғары. Пазлардың сейілу өрісі төменгі стерженьдың индуктивтілігі жоғарғыларына қарағанда жоғары болатындай. Қозғалмайтын ротор кезінде оның жиілігі статордың жиілігіне тең болғанда, сейілу реактансы жоғары болғандықтан, төменгі стерженьдағы ток салыстырмалы түрде аз болады. Бұл жағдайда ротордың активті кедергісінің тиімді мәні шамамен жоғарғы (сыртқы) тиін торының активті кедергісіне тең болады.

Алайда, кішігірім сырғуларға сәйкес келетін төмен роторлы жиіліктерде сейілу реактанс төмендейді және ондай маңызды рөл атқаруды тоқтатады, ал ротордың активті кедергісі екі параллель стерженьдердің қатарларының жалпы кедергісіне жақындайды. Жоғарғы стерженьдердің көлденең қимасы салыстырмалы түрде аз болғандықтан, қалыпты жұмыс кезінде токтың негізгі үлесі төменгі өзектер арқылы өтеді. Демек, жоғары тиін торы бастапқы клетка (П), ал төменгісі – жұмыс клеткасы (Р) деп аталады.

10.3. Қысқа тұйықталған асинхронды қозғалтқыштарды іске қосу әдістері

Іске қосу кезінде асинхронды қозғалтқыш жұмыс істейтін машинаның кедергі сәтінен асып кететін айналу моментін дамытуы керек. Бұл жағдайда орамалардың қызып кетуіне және зақымдануына, сондай-ақ қоректену тізбегіндегі кернеудің шамадан тыс төмендеуіне жол бермеу үшін қозғалтқыш орамаларындағы іске қосу токтары белгілі бір рұқсат етілген мәндерден аспауы керек. Ең қарапайымы – асинхронды қысқа тұйықталған қозғалтқыштардың тікелей іске қосылуы, статор орамасын тікелей желі кернеуіне қосу арқылы жүзеге асырылады және арнайы іске қосу жабдықтарын қажет етпейді. Тікелей желіге қосу үшін бастапқы іске қосу тогы номиналды мәннен 5-7 есе артық. Егер желінің (жүйенің) қуаты жеткілікті болса, тікелей іске қосу әрқашан мүмкін. Кейбір жағдайларда, мысалы, әсіресе үлкен қозғалтқыштарды іске қосқанда немесе қоректендіру желісінің қуаты төмен болғанда, тоқ ағындары желідегі кернеудің (10-15%) төмендеуіне әкеледі. Бұл жағдайда іске қосу токтарын шектеу үшін қозғалтқыш төмендетілген кернеуде іске қосылады.

Тәжірибеде статор орамасын «жұлдыз» қосылымынан «үшбұрыш» қосылымына ауыстыру арқылы іске қосу және қосу реакторы, автотрансформатор әдістері қолданылады (сурет 10.3).



Сур. 10.3. Асинхронды қозғалтқыштарды іске қосу әдістері

Реактор іске қосылған жағдайда (сурет 10.3а), В1 қосқышы қозғалтқыш статорына жабық болған кезде, қуат үш фазалы Р реакторы арқылы беріледі, оның реактивтілігі бастапқы токты шектейді. Статорға қолданылатын кернеу бірдей дәрежеде азаяды, бұл бастапқы момент кернеудің квадратына сәйкес пропорционалды түрде азаяды. Қозғалтқышты жылдамдатқаннан кейін айналмалы реактор В2 ажыратқышы жабылады, ал қалыпты жұмыс кезінде статорға толық желі кернеуі беріледі.

Автотрансформаторды іске қосу схема бойынша жүзеге асырылады (10.36-сурет). В2 қосқышы қосулы кезде В1 ажыратқышы жабылады және қозғалтқыштың статорына төмендетілген кернеу АТ автотрансформаторының екінші жағынан беріледі. Қозғалтқыш белгілі бір жылдамдыққа жеткенде В2 ажыратқышы ашылады, ал автотрансформатор орамасының статормен тізбектей қосылған бөлігі реактор ретінде токты шектейтін әсерге ие болады. Үдеудің соңында В3 ажыратқышы жабылады және статор кернеуі жалпы желі кернеуіне тең болады. Автотрансформатор іске қосылған кезде айналу моменті бастапқы токпен бірдей дәрежеде азаяды. Сондықтан реакторды іске қосу қажетті моментті қамтамасыз етпеген жағдайда қолданылады.

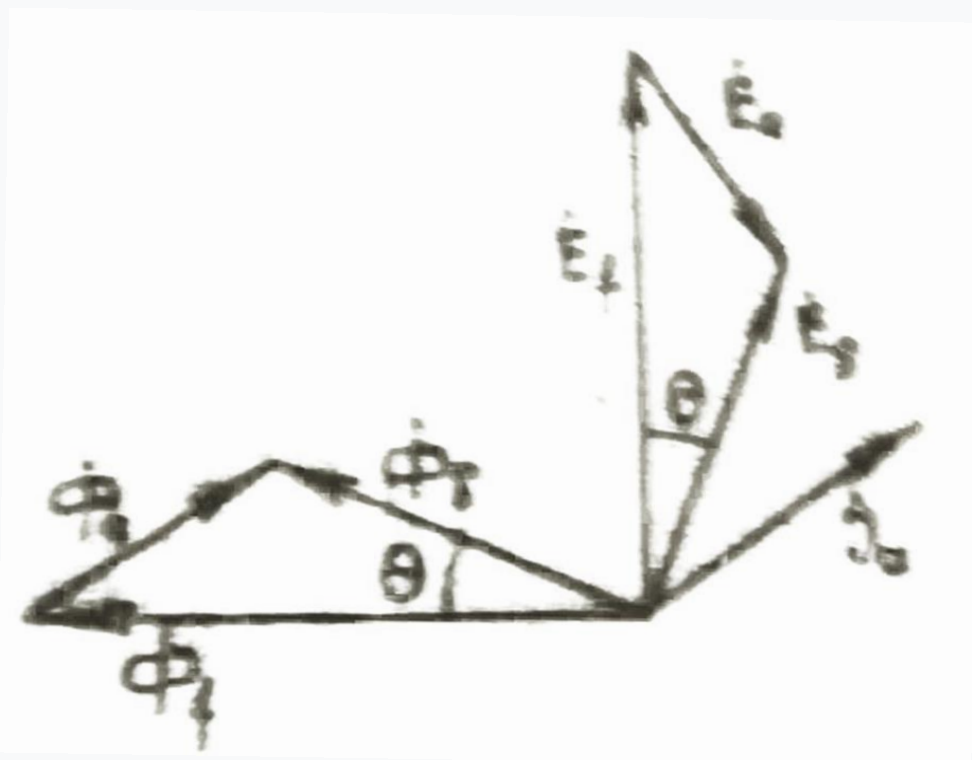
«Жұлдызды-үшбұрышты» ауыстырудан бастаңыз (3.10с-сурет) статор орамасы әдеттегідей үшбұрышпен жалғанған жағдайда қолайлы. Мысал ретінде кернеуі 380/220 В және Y /Δ статор орамасының қосылысы бар, 220 В желісінен қуат алатын қозғалтқышты, келтіруге болады. Іске қосуды жасайды бұл орам жұлдызға қосылғанда (II ажыратқышының төменгі позициясы). Бұл жағдайда фазалық кернеу мен ток номиналды мәндерден $\sqrt{3}$ есе аз болып шығады, ал статордың қосылу тізбегіне байланысты желілік ток 3 есе азаяды.

Осылайша, кернеу квадратына пропорционалды болатын айналдыру моменті бастапқы токпен бірдей дәрежеде азаяды, яғни автоматты трансформатордың іске қосылуымен бірдей. Қозғалтқышты жылдамдатқаннан кейін, ажыратқыш үшбұрышты орам байланысына сәйкес келетін жоғарғы күйге ауыстырылады. Бұл іске қосу әдісінің жетіспеушілігі – статор тізбегі ажыратқан кезде коммутациялық асқын кернеулердің пайда болуы.

Лекция 11. Синхронды генератордың сипаттамалары

11.1. Синхронды айқынемес полюсті машинаның алмастыру сұлбасы және векторлық диаграммасы

Магниттік тізбегі қанықпаған синхронды айқынемес полюсті машина үшін эквивалентті тізбекті якорь реакциясы ағынының әрекетін реактанс (реактивтілік кедергісі) арқылы білдіру арқылы алуға болады. машинасының санылауындағы пайда болған ағынды Φ_δ қоздыру ағыны Φ_f мен якорь реакциясы ағынының Φ_a геометриялық қосындысы деп санауға болады (сур. 11.1).



Сур. 11.1. Ағындар мен ЭҚК-ін векторлық диаграммасы

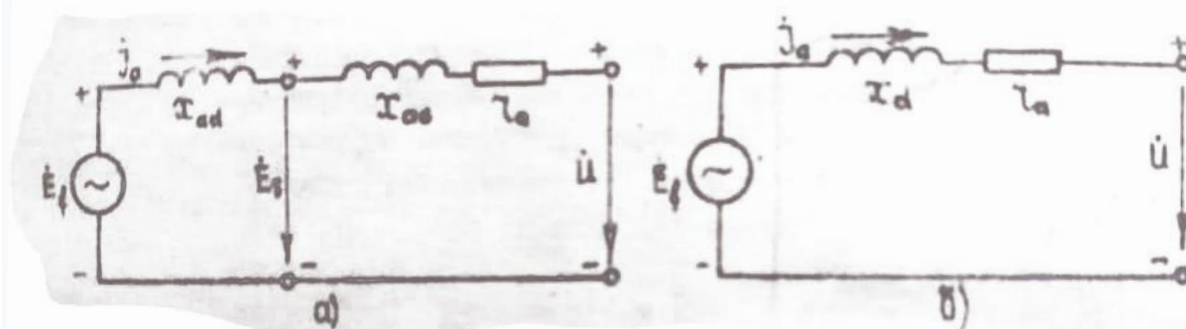
Бұл ағындар якорь орамында пайда болатын ЭҚК-мен көрінеді. Сонда пайда болатын ауа саңылауын ЭҚК $\vec{E}_\delta$ қоздыру $\vec{E}_f$ және якорь реакциясы ағынымен туындаған ЭҚК-нің $\vec{E}_a$ векторлық қосындысы деп санауға болады:

$$\vec{E}_\delta = \vec{E}_f + \vec{E}_a. \quad (11.1)$$

ЭҚК $\vec{E}_a$ якорь тогына пропорционалды және якорь реакциясы ағынынан 90° -қа кешігу. Якорь реакциясы ағыны I_a якорь тогымен фазада болады, демек якорь реакциясының ЭҚК-і якорь тогынан 90° артта қалады. Якорь реакциясының ЭҚК-ін $\vec{E}_a$ белгілі бір реактивтілікке кернеудің түсуіне арқылы өрнектей отырып, (11.1) келесі түрде аламыз:

$$\dot{E}_\delta = \dot{E}_f - jX_{ad} \cdot \dot{I}_a \quad (11.2)$$

мұндағы X_{ad} - якорь реакциясының реактансы. Теңдеу (11.2) $\dot{E}_\delta$ сол жақтағы тізбектің бөлігіне сәйкес келеді (сур. 11.2а).



Сур. 11.2. Синхронды айқын емес полюсті машинаның алмастыру сұлбалар

Машинаның қысқыштарындағы кернеу $\dot{E}_\delta$ ауа саңылауының ЭҚК-нен активті кедергісіндегі R_a және сейілу реактанстағы $X_{a\sigma}$ кернеудің түсуімен аралықтың, $\dot{E}_\delta$ оң жағында көрсетілген. Сейілу реактанс $X_{a\sigma}$ ауа саңылауының нәтижесінде пайда болған ағынға енбеген ЭҚК-н ескереді. Бұл ағындардың ішінде тек қана пазалардағы және мандайындағы сейілу ағындары ғана емес, сонымен қатар саңылау ағынының жоғары гармоникалары (дифференциалды сейілу) жатады. Симметриялы жағдайда айқын емес полюсті роторы бар қанықпаған машинаның соңғы эквивалентті тізбегінде фаза импеданс $(R_a + jX_d)$ артындағы қозу ЭҚК арқылы бейнеленеді. Мұнда

$$X_d = X_{ad} + X_{a\sigma} \quad (11.3)$$

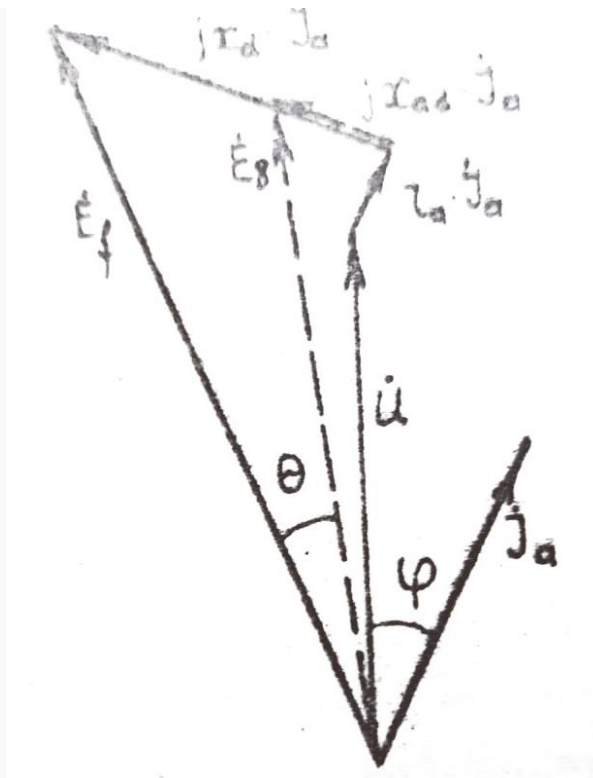
– машинаның **синхронды реактансы**, онда симметриялы көпфазалы якорь ағындары құрған барлық ағындар ескеріледі және қозу ЭҚК $\dot{E}_f$ қоздыру ағыны ескеріледі. Тұрақты жиіліктегі цилиндрлік роторы бар қанықпаған машинада синхронды реактивтілік тұрақты, ал қоздыру ЭҚК қоздыру тогына пропорционалды және бос жүріс кезіндегі якорь қысқыштарындағы кернеуге тең. Орынбасу сұлбасына мынадай кернеулер теңдеуі сәйкес келеді:

$$\dot{U} = \dot{E}_f - jX_d \cdot \dot{I}_a - R_a \cdot \dot{I}_a, \quad (11.4)$$

немесе

$$\dot{E}_f = \dot{U} + jX_d \cdot \dot{I}_a + R_a \cdot \dot{I}_a. \quad (11.5)$$

Содан кейін 11.2б суреттегідей активті-индуктивті жүктемесі бар синхронды генератордың кернеулерінің векторлық диаграммасы (сур. 11.3) бейнеленген.



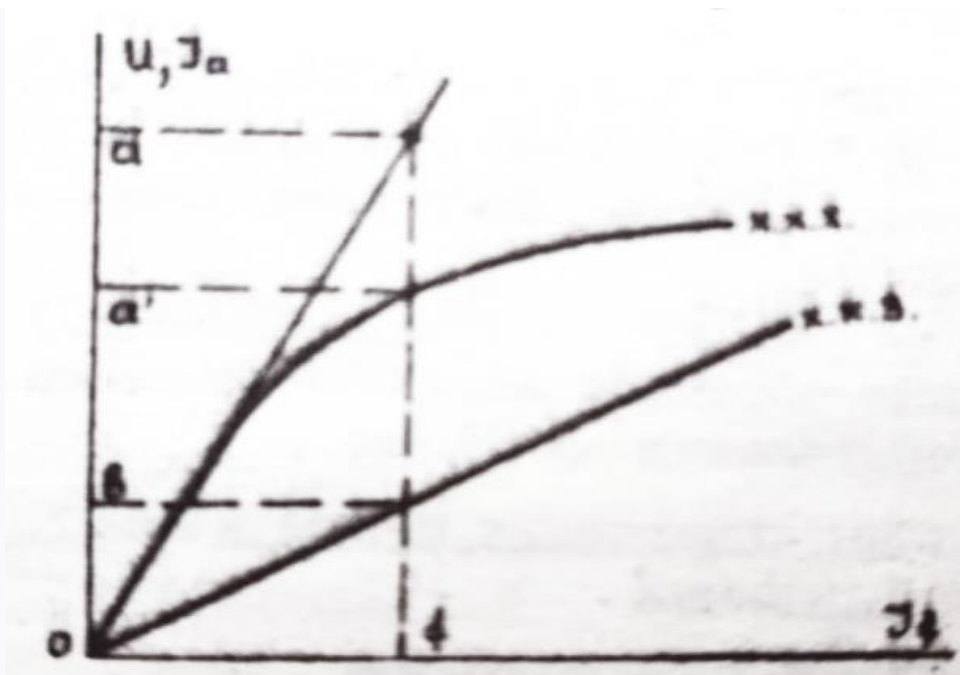
Сур. 11.3. Айқынемес синхронды машинасының кернеулердің векторлық диаграммасы

11.2. Бос жүріс және қысқа тұйықталу сипаттамалары

Синхронды машинаның **бос жүріс сипаттамасы** - машина тұрақты жылдамдықта жұмыс істеген кезде якорьдің ашық тізбегінің кернеуінің өріс тогына тәуелділігі қисығы. Ол әдетте 11.4 суретте көрсетілгендей салыстырмалы қондырғыларда салынады, мұндағы $U^* = 1.0$ номиналды кернеуге сәйкес келеді. Сонымен қатар, әртүрлі қуатты синхронды машиналардан алынған бос жүріс сипаттамасы жүзінде бірдей.

Бос жүріс сипаттамасының сызықтық еместігі қоздыру тогының жоғарылауына бірге өсетін машинаның магниттік тізбегінің қанықтылығымен байланысты. Сипаттаманың бастапқы бөлігіне жанама болып қанықтыру болмаған кезде магниттік тізбекті сипаттайтын ауа саңылауы сызығы табылады.

Егер синхронды машинаның синхронды жылдамдықта генератор ретінде жұмыс істейтін якорьдың қысқыштары амперметрлер арқылы қысқа тұйықталса (ҚТ) және қоздыру тогы якорь тогы максималды рұқсат етілген мәнге жеткенге дейін ұлғайтылған болса (мысалы, номиналды шама), онда зәкірдің қысқа тұйықталу тогының қоздыру тогына тәуелділігі туралы мәліметтер алуға болады. Бұл байланыс **қысқа тұйықталу сипаттамасы** деп аталады.



Сур. 11.4. Бос жүріс және қысқа тұйықталу сипаттамалары

Якорьдың активті кедергісі синхронды реактивтіліктен әлдеқайда аз болғандықтан, ҚТ кезіндегі якорь тогы қозу ЭҚК-нен 90° артта қалады. Содан кейін көп фазалы қысқа тұйықталу кезінде якорь тізбегіндегі кернеу теңдеуі келесі түрге ие болады:

$$\dot{E}_f = jX_d \cdot \dot{I}_a. \quad (11.6)$$

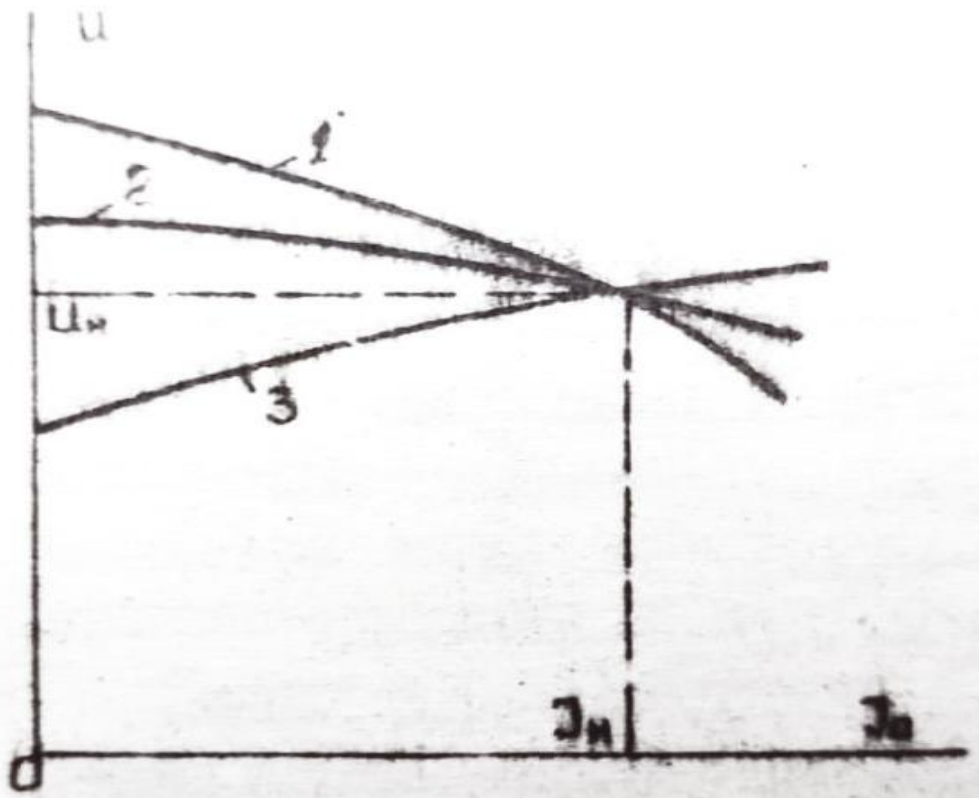
Номиналды якорьдың тогы кезінде $\dot{E}_\delta$ саңылауының ЭҚК номиналды кернеудің 0,1-0,2-ге тең. Тиісінше, саңылаудағы ағын оның қалыпты мәнінен 5-10 есе аз, ал машина қанықпаған. Нәтижесінде қысқа тұйықталу кезінде якорь тогы қоздыру тогына пропорционал болады, сондықтан қысқа тұйықталу сипаттамасы түзу болады (11.5-сурет).

11.3. Тұрақты күйдегі синхронды машиналардың сипаттамалары

11.3.1. Синхронды генератордың сипаттамалары

Сыртқы сипаттама айналу жылдамдығы синхронды жылдамдыққа тең болған кезде және қоздыру тогы мен жүктеме қуатының коэффициенті өзгермей тұрғанда генератордың якорлық тогы мен кернеуі арасындағы байланысты орнатады ($U = f(I_a)$, $n = \text{const}$, $I_f = \text{const}$, $\cos \varphi = \text{const}$).

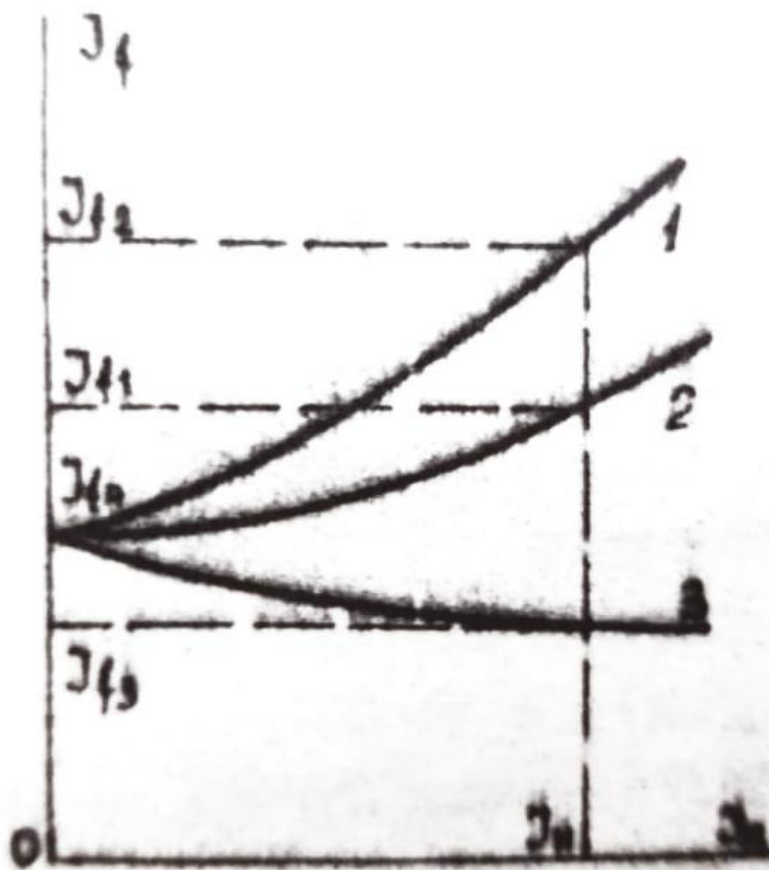
Үш түрлі қуат коэффициентіндегі сыртқы сипаттамалар әрқайсысы өз қоздыру тогы үшін құрылып, номиналды якорь тогындағы номиналды кернеуді қамтамасыз етеді (11.5-сурет). Сипаттамалардың әр түрлі болуы якорь реакциясының әр түрлі әрекетіне байланысты.



Сур. 11.5. Синхронды генератордың сыртқа сипаттамалары

Сонымен, активті жүктеме кезінде ($\cos\varphi = 1$) тек якорының көлденең реакциясы жүреді, бұл кернеудің фазасына оның мәнінен гөрі көбірек әсер етеді. Сондықтан сыртқы сипаттама (2-қисық) салыстырмалы түрде қиын. Активті-индуктивті жүктеме кезінде ($0 < \varphi < 90^\circ$) якорьдің бойлық реакциясы пайда болады, ол машинаны магнитсіздендіреді, ал якорь тогының өсуімен қысқыштардағы кернеу айтарлықтай төмендейді (1-қисық). Керісінше, активті-сыйымдылықты жүктеме кезінде ($0 > \varphi > -90^\circ$) якорьдің бойлық реакциясы магниттеледі, осылайша якорь тогының ұлғаюы қысқыштардағы кернеудің ұлғаюымен қатар жүреді (қисық 3).

Якорь тогы ($\cos\varphi = \text{const}$) өзгерген кезде қысқыштардағы номиналды кернеуді ұстап тұруға қажет қоздыру тогының қалай өзгередінін көрсететін сипаттама **басқару сипаттамасы** деп аталады ($I_f = f(I_a)$, $n = \text{const}$, $U = \text{const}$). Әр түрлі қуат коэффициенттері үшін (1 қисық - активті-индуктивті жүктеме кезінде, 2 қиск - активті жүктеме кезінде, 3 қисық - активті-сыйымдылықты жүктеме кезінде) басқару сипаттамаларының айырмашылығы (11.6-сурет), алдыңғы жағдайдағыдай, якорь реакциясының әр түрлі әсер етуімен байланысты.



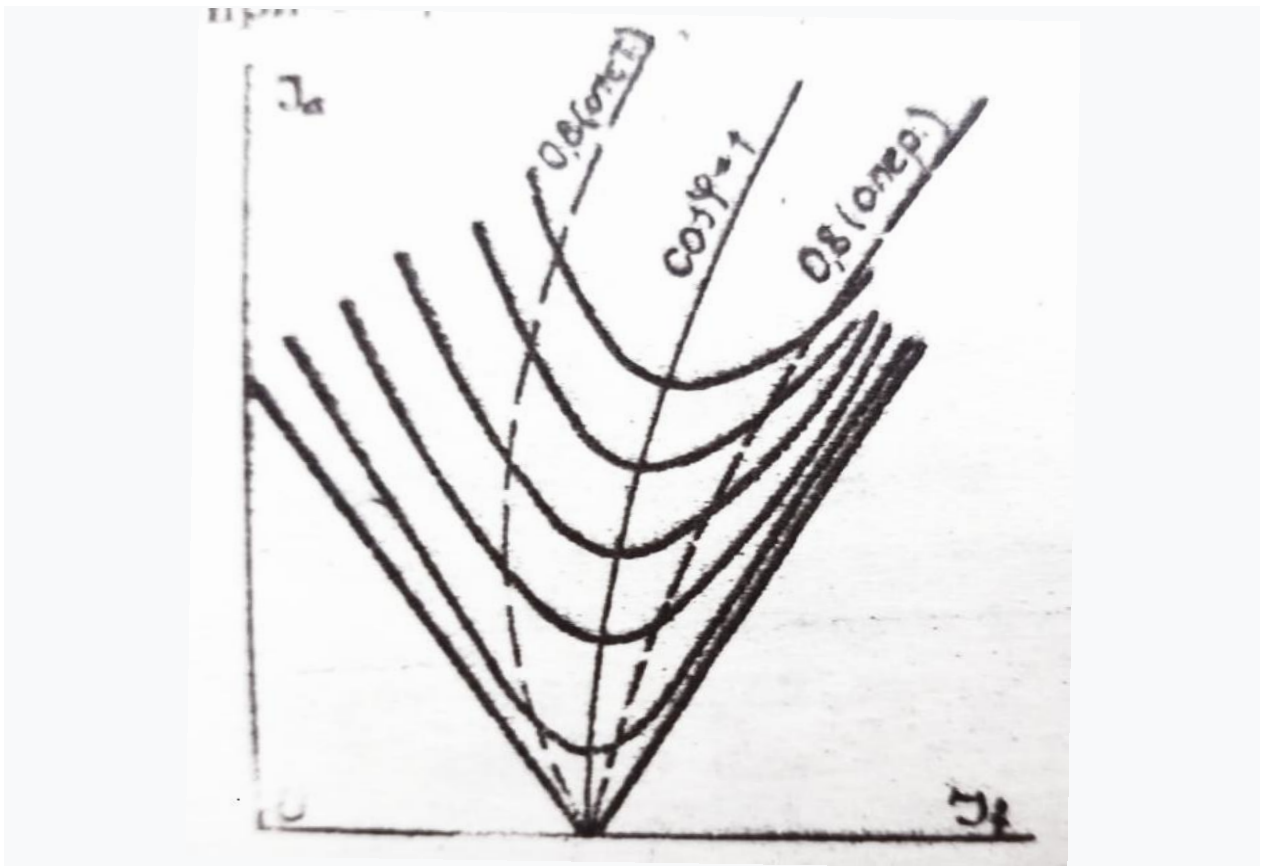
Сур. 6.6. Басқару сипаттамалары

11.3.2. Синхронды қозғалтқыштардың U -тәрізді қисықтары

Синхронды қозғалтқыш жұмыс істейтін қуат коэффициентін, демек, оның қоздыру тогын өзгерту арқылы берілген активті қуаттағы якорь тогын өзгертуге болады. якорь тогының қысқыштардағы тұрақты кернеудегі және білікке тұрақты жүктеме кезіндегі қоздыру тогына тәуелділігін көрсететін қисық, әдетте оның ерекше формасы болғандықтан (сур. 6.7)

U -тәрізді қисық деп аталады ($I_a = f(I_f)$, $n = \text{const}$, $U = \text{const}$).

Тұрақты активті қуат кезінде якорь тогы $\cos\varphi = 1$ минималды және $\cos\varphi$ азаюымен жоғарылайды. Сызықтар - бұл тұрақты қуат коэффициенттері бар нүктелердің геометриялық орналасуы. Бұл мәні бойынша синхронды қозғалтқыштың басқару сипаттамалары, берілген қуат коэффициентін ұстап тұру үшін жүктеме өзгерген кезде өріс тогының қалай өзгеруі керектігін көрсетеді. $\cos\varphi = 1$ үшін қисық сызығының оң жағындағы нүктелер шамадан тыс қоздыруға сәйкес келеді (машина артта қалған ток тудырады), ал сол жақтағы нүктелер қозудың жеткіліксіздігіне сәйкес келеді (машина жетекші ток тудырады).



Сур. 6.7. Синхронды қозғалтқыштың U -тәрізді қисықтары

Синхронды қозғалтқыштың басқару сипаттамалары синхронды генератордың басқару сипаттамаларына өте ұқсас (6.6-сурет). Кедергілердің әсерін ескерместен, қозғалтқыштар мен генераторлардың басқару сипаттамалары бірдей, тек артта қалушылық және жетекші қуат факторларының қисықтары өзгертіледі.

Лекцияны меңгеруге арналған сұрақтар

1. Ағындар мен ЭҚК-ін векторлық диаграммасы
2. Синхронды генератордың сыртқа сипаттамалары
3. Синхронды қозғалтқыштың U -тәрізді қисықтары
4. Бос жүріс және қысқа тұйықталу сипаттамалары
5. Айқын емес синхронды машинасының кернеулердің векторлық диаграммасы
6. Синхронды айқын емес полюсті машинаның алмастыру сұлбалар
7. Асинхронды машинаның электр магниттік моменті
8. Қысқа тұйықталған асинхронды қозғалтқыштарды іске қосу әдістері
9. Асинхронды қозғалтқыштарды қосу
10. Асинхронды қозғалтқыштарды іске қосу әдістері
11. Автотрансформаторды іске қосу

12. Электромагниттік момент пен ротор тогының асинхронды машинаның сырғуына тәуелділігі

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.