

**Қостанай облысы әкімдігі білім басқармасының
«Қостанай жоғары политехникалық колледжі» КМҚК
КГКП «Костанайский политехнический высший колледж»
Управления образования акимата Костанайской области**

ЦӘЖ отырысында қаралған

Бекітемін

Хаттама № _____ “__” _____ 20__ г.

ҒӘЖ бойынша директор орынбасары

“__” _____ 20__ г.

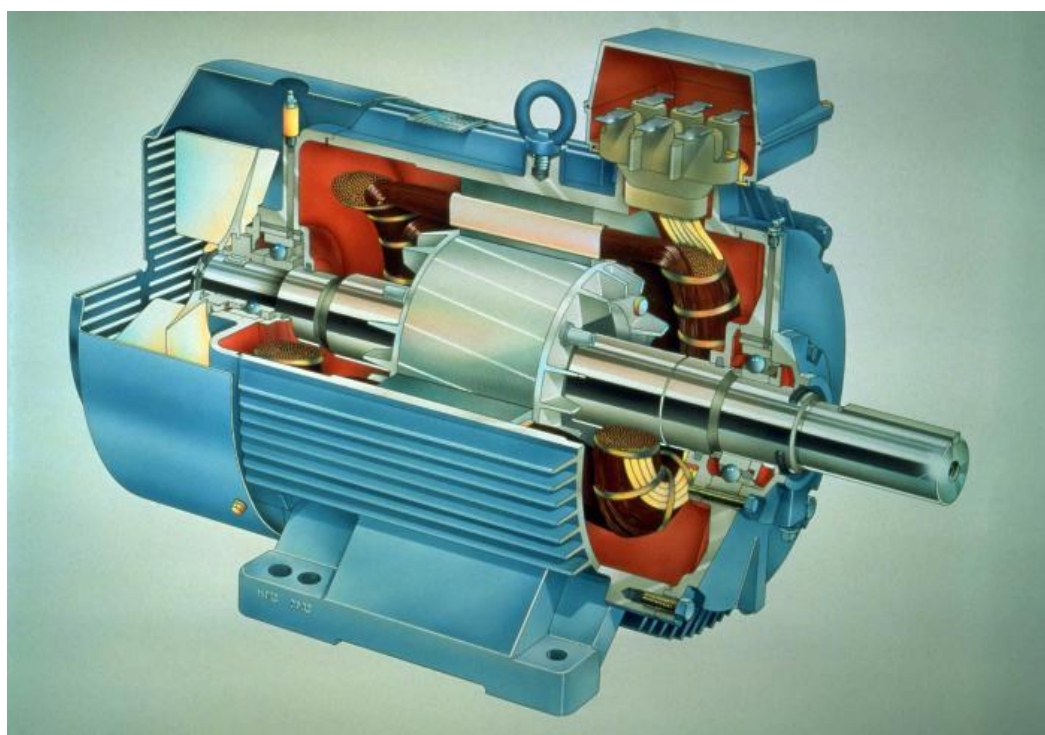
(қолы)

(қолы)

КӘСІПТІК МОДУЛЬ БОЙЫНША ОҚУ-ӘДІСТЕМЕЛІК КЕШЕН

«КМ 02 Өндірістік жағдайлар үшін электр машиналары мен трансформаторлардың сандық және сапалық сипаттамаларын таңдау»

Мамандық 0902000 «Электрмен қамтамасыз ету (салалары бойынша)»



Қостанай, 2022 ж

МАЗМҰНЫ

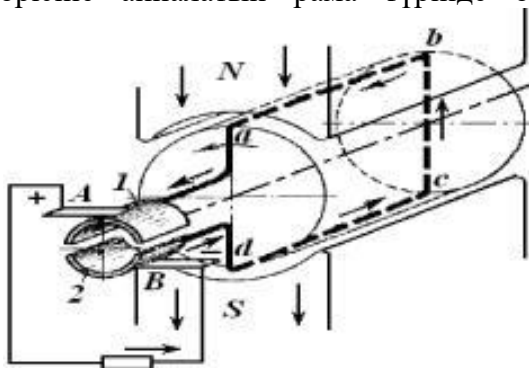
Теориялық бөлім

1-бөлім. Тұрақты ток машиналары	4
1. Тұрақты ток машиналары. Тұрақты ток машиналарының жұмыс принципі.....	4
2. Бос жүріс кезіндегі және жүктеме режиміндегі тұрақты ток машинасының магниттік тізбегі	10
3. Тұрақты ток машиналарының зәкірін орау	15
4. Тұрақты ток машиналарында Коммутация	23
5. Арнайы мақсаттағы тұрақты ток машиналары	31
2-Бөлім Трансформаторлар	36
6. Трансформаторлар туралы негізгі мәліметтер. Трансформаторлардың құрылғысы және жұмыс процесі.....	36
7. Жүктемемен және симметриялы емес жүктемемен трансформатордың жұмысы	44
8. Автотрансформаторлар және үш орамды трансформаторлар	49
9. Арнайы мақсаттағы трансформаторлар	53
3-бөлім айнымалы токтың вольтсыз машиналары теориясының жалпы сұрақтары	58
10. Кіріспе. Айнымалы токтың колонкасыз машиналары	58
11. Айнымалы токтың релелік емес машиналарының жұмыс істеу принципі	59
4-бөлім асинхронды машиналар	61
12. Айнымалы токтың асинхронды машиналарының жұмыс принципі. Асинхронды машинаның жұмыс режимі және құрылысы.....	61
13. Үш фазалы асинхронды қозғалтқыштың жұмыс процесі.....	70
14. Үш фазалы асинхронды қозғалтқыштардың электромагниттік моменті және жұмыс сипаттамалары	77
15. Үш фазалы асинхронды қозғалтқыштардың айналу жиілігін іске қосу және реттеу	83
16. Арнайы мақсаттағы асинхронды машиналар	93
5-бөлім синхронды машиналар	96
17. Синхронды машиналардың құрылғысы	96
18. Магнит өрісі және синхронды генераторлардың сипаттамалары	101
19. Синхронды қозғалтқыштардың және синхронды компенсаторлардың негізгі параметрлері ...	108
20. Арнайы мақсаттағы синхронды машиналар	112
Практикум (практикалық сабақтарды өткізуді қамтамасыз ететін оқу материалдарының жүйесі-ЛР, ПР)	
Практикалық жұмыстар.....	125
№ 1 практикалық жұмыс тұрақты ток машинасының магниттік параметрлерін есептеу.....	125
№ 2 практикалық жұмыс тұрақты ток машинасының магниттік параметрлерін есептеу.....	131
№3 практикалық жұмыс параметрлерін есептеу және Зәкір орамасының толық сұлбасын орындау.....	133
№4 практикалық жұмыс трансформатордың параметрлерін есептеу.....	134
№5 практикалық жұмыс трансформатордың алмастыру сұлбасының параметрлерін есептеу.....	139
№6 практикалық жұмыс айнымалы ток машинасының статоры орамасының параметрлерін есептеу.....	145
№7 практикалық жұмыс айнымалы машина статоры орамасының толық сұлбасын орындау.....	147
Диагностикалық-бақылаушы блок	197
Бақылау-өлшеу материалдары	197
Тест тапсырмалары.....	197
Рефераттар мен баяндамалар тақырыбы	220
Сұрақтар үшін қорытынды бақылау	221
Әдебиеттер.....	223

Тұрақты ток машиналары.

1 тақырып. Тұрақты ток машиналары. Тұрақты ток машиналарының жұмыс принципі.

Тұрақты токтың қарапайым генераторы N және S екі тұрақты магнит арасындағы магнит өрісіне айналатын рама түрінде өткізгіштен жасалған орамдар бола алады (1.1 сурет).



Сурет 1.1-Тұрақты ток машинасының жұмыс схемасы

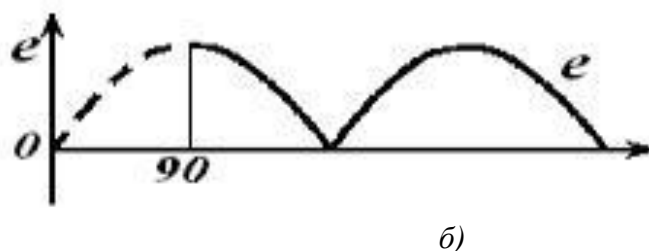
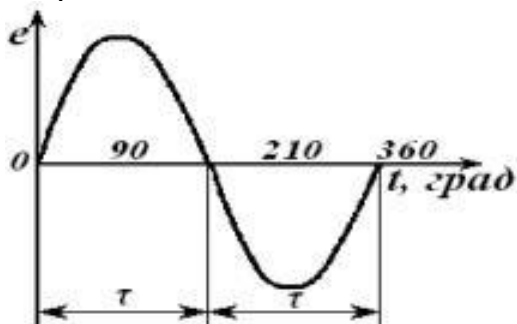
Abcd орамының ұштары коллектордың бір-бірінен және олар орналастырылған біліктен оқшауланған екі мыс пластинасына қосылады. Пластиналарда қозғалмайтын А және В щеткалары орналасқан, оған электр энергиясының қандай да бір қабылдағыштарынан тұратын сыртқы тізбек қосылған. Тұрақты жиіліктегі орамның айналуында АВ және cd өткізгіштері магнит сызықтарын кесіп өтеді, бұл ретте өткізгіштерде э. д. с. магнит өрісін өткізгіштің кеңістігіндегі біркелкі таратқанда э. д. с. индуктеледі.

$$e = E \sin \omega t, \quad (1.1)$$

мұнда $\omega = 2\pi f$ – бұрыштық жылдамдық;

f – ЭҚК жиілігі.

Осылайша, магнит өрісінің орамда біркелкі таралуы жағдайында айнымалы синусоидальды э. д. с. индукцияланады (1.2 сурет,а) э. д. с. өткізгішінде индукцияланатын бағыт оң қолдың ережесімен анықталады, яғни АВ өткізгішін Солтүстік полюспен ауыстырғанда онда сызба жазықтығынан бағытталған, ал ол оңтүстік полюспен өтетін кезде-сызба жазықтығынан тыс. Осылайша, АВ ЭҚК жолсерігінде уақыт өзгереді, бір орама айналымы үшін өз бағытын 2 рет өзгертеді.



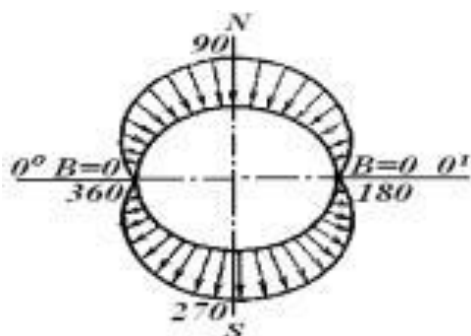
Сурет 1.2 – орама (а) және тізбектің сыртқы учаскесінде индукцияланатын ЭҚК. (б)

ЭҚК өзгертін τ уақыты кезең деп аталады. Бір секундтағы кезеңдер саны жиілігі деп аталады. Жалпы жағдайда, машина p жұп полюстері болған жағдайда, су тасқыны ЭҚК жиілігі p пропорционал артады, яғни $f = p n$, мұндағы n – айналымның айналу жиілігі секундына.

Генератордың қалыпты жұмысы үшін щеткаларды орнату қажет, ол үшін орамдағы ЭҚК щетканың бір пластинадан екінші пластинаға өту сәтінде нөлге тең. Әрбір щеткалар тек сол коллекторлық пластинамен және тиісінше осы полярлықтың полюсіндегі өткізгіштермен ғана жанасатын болады. Мысалы, 1.1 суретте көрсетілген уақыт кезінде А щеткасы 1 пластинамен түйіседі және оң әлеуетке ие, өйткені оған Солтүстік полюс астындағы ab өткізгішінен эқк жеткізіледі. Зәкірді 90° орамға бұрған кезде оның өткізгіштері оларды кесіп өтпестен, өрістің

магнит сызықтарының бойымен қозғалатындай етіп орналастырылады. Сондықтан ЭҚК, орамада жазылған нөлге тең. Щеткалар коллекторлық пластиналарды өзара жалғайды және сол арқылы орамды қиғаштайды. Витка 180° бұрылғанда щетка 2 пластинамен түйіседі, бірақ әлі де ол оң әлеуетке ие, өйткені оған Солтүстік полюс астындағы ab өткізгішін ауыстырған cd жолсерігінен эқк жеткізіледі. Сондай-ақ, В щеткасы әрқашан теріс әлеуеті бар екенін көруге болады. Осылайша, $absd$ айнымалы ток әлі де ағады; бұл ретте тізбектің сыртқы учаскесі бойынша ток тек бір бағытта өтеді, атап айтқанда А оң щеткадан в теріс щеткасына дейін, яғни ЭҚК айнымалысын түзетеді. Суретте көрсетілгендей, эқк қисығы тұрақты түрде эқк пульсациясы деп аталатын үлкен айнымалы құрамдас бөліктен тұрады. Оны азайту үшін коллекторлық пластиналар санын арттыру керек. Егер, мысалы, полюстердің магнит өрісіне осьтері 90° кеңістікте жылжыған екі орамды орналастырса және осы орамдардың ұштары төрт коллекторлық пластиналармен жалғаса берсе, онда орамдардың айналуында онда индуктирленетін эқк фаза бойынша $\pi / 2$ бұрышына жылжиды. Мұндай машинадағы щеткаларды қазіргі уақытта эқк ең маңызды және щеткаларда э. д. с. болады,оның пульсациясы екі коллекторлық пластиналарға қарағанда азырақ болады. Коллекторлық пластиналардың саны одан әрі ұлғайған кезде пульсация азаяды және 16 пластина кезінде полюстер жұбында 1% - дан кем болады.

Шын мәнінде кеңістікте магнит өрісінің таралуы біркелкі емес (1.3 сурет).

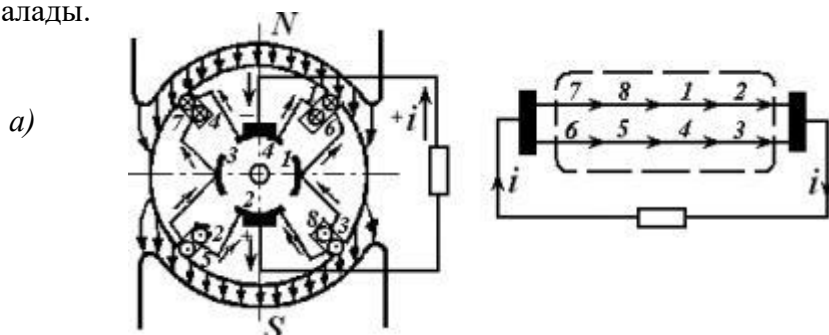


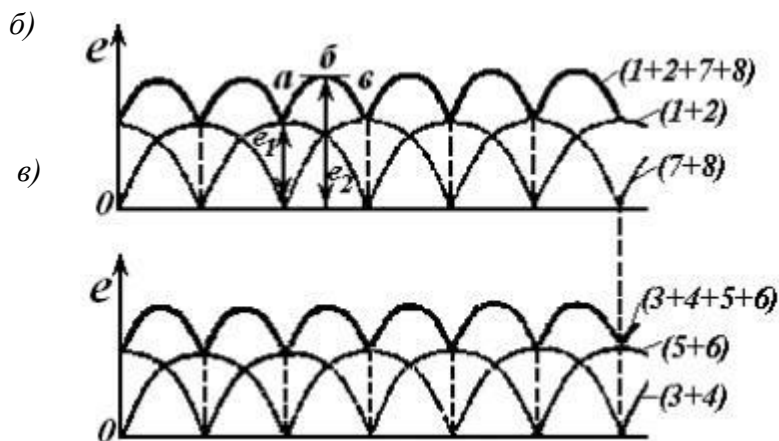
Сурет 1.3-полюс астындағы магнит индукциясының таралу диаграммасы

Электр машиналары щеткаларда ЭҚК (кернеуді) көбейту үшін зәкірдің арктикалық орамдарымен орындалады. Суретте 1.4, а көрсетілді схемасы двухполусного генератор тұрақты ток зәкір орамасы тұрады төрт орам, және схемасы токопрохождения сымдарда орамасының. Генератордың коллекторында төрт пластина болады және онда екі қозғалмайтын щетка орналасады, олардың көмегімен Зәкір орамасы сыртқы тізбекпен жалғанады. Бұл щеткаларға параллель екі жиынтық ЭҚК қоса берілген: біреуі 7, 8, 1, 2 сымдарынан және екіншісі 6, 5, 4, 3 сымдарынан. Бұл ретте э. д. с. 7, 8 сымдары мен 1, 2 сымдары бір-біріне қатысты 90° бұрышқа жылжиды. Сондай-ақ, 6, 5 және эқк сымдары 4, 3. сымдар 90° ЭҚК жылжиды. 1.4, б және в суреттерінде Зәкір орамасының параллельді тізбектеріндегі уақытқа байланысты эқк өзгеру графиктері берілген.

Егер коллекторлық пластиналардың санын және Зәкір орамасының сымдарының (орамдарының) санын көбейтсе, онда нәтижелік қисық эқк.тік сызыққа жақын болады. Осылайша, тұрақты ток генераторларындағы коллектор Зәкір орамында индуктивті индукцияланатын эқк айнымалы түрлендіргіш рөлін атқарады, тұрақты щеткаларда, яғни эқк түзетуді жүзеге асырады.

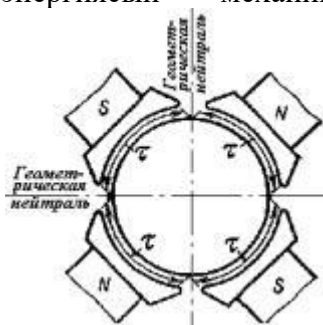
Электр машиналары көп полюсті жасайды. 1.5 суретте төрт полюсті тұрақты ток генераторының сұлбасы көрсетілген. Полюстердің осіне перпендикуляр және әртүрлі аттас полюстердің арасында өтетін сызық геометриялық нейтраль деп аталады, ал бір полюске сәйкес келетін якорь шеңберінің бір бөлігі полюсті бөлу деп аталады. Қарастырылып отырған қарапайым машина, егер оның зәкірін орауға сыртқы көзден тұрақты ток әкелсе, қозғалтқышпен жұмыс істей алады.





Сурет 1.4-якорь орамымен тұрақты ток генераторы төрт орамнан

Тұрақты ток машинасы қозғалмайтын бөліктен – статордан және айналмалы бөліктен – якордан тұрады, онда механикалық энергияның электр (генератор) немесе кері – электр энергиясын механикалық (электр қозғалтқышы) түрлендіру процесі болады.

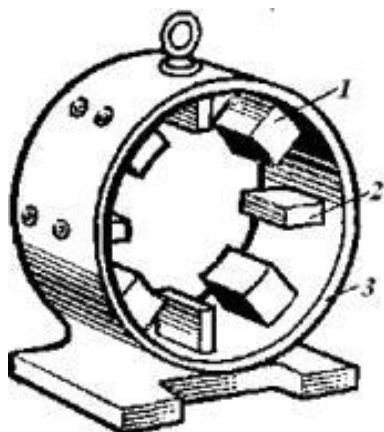


Сурет 1.5-төрт полюсті генератордың сұлбасы

Тұрақты ток машинасының құрылымы мен негізгі элементтері

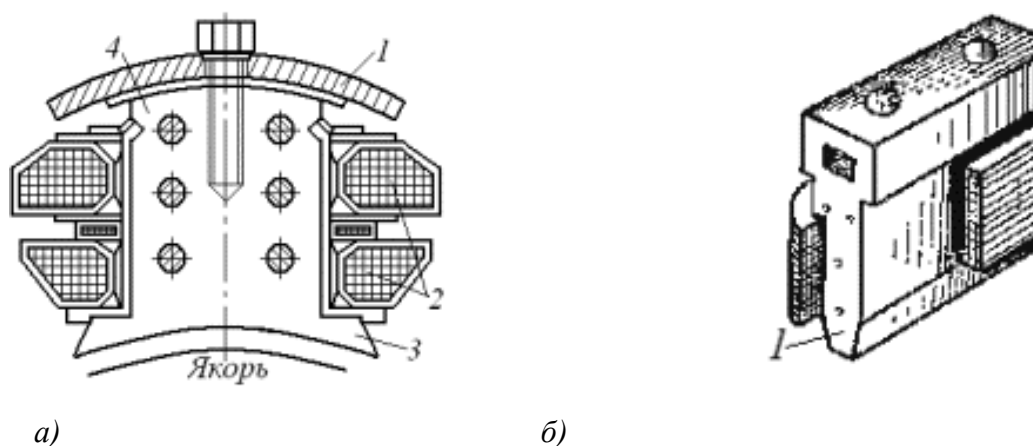
Қозғалмайтын және айналмалы бөліктердің арасында саңылау болады. Жылжымайтын бөлігі (сурет 1.6) тұрады станиналары 3, бас полюстердің құруға арналған негізгі магнит ағынының, қосымша полюстердің 2, қызметкерлердің қол жеткізу үшін безыскровой жұмыс щеткалардың арналған коллекторда (жақсарту коммутация). Станинаға подшипник қалқандары, басты және қосымша полюстер болттармен бекітіледі.

Негізгі (басты) полюске (1.7 сурет, а) шпилькалармен тартылған қалыңдығы 0,5 – 1 мм электр техникалық Болат табақтарынан алынған 4 өзекше болады. Өзекшеге 2 қозу орамасының екі катушкасы отырғызылған. Өзекшенің төменгі бөлігі-полюсті ұшы әуе саңылауы полюстің ортасынан оның ұшына дейін ұлғайатындай етіп орындалады.



1.6 сурет-тұрақты ток машинасының қозғалмайтын бөлігі

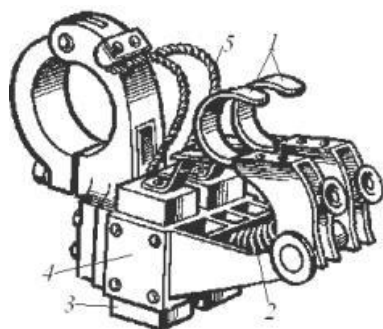
Бұл өрістің Зәкір реакциясы әсерінен бұрмалануын азайту үшін және коммутация аймағында басты өрістің шашырауы үшін жасалады. Тұрақты токтың компенсацияланған машиналарында полюсті ұштықтарда компенсациялық ораманы орналастыру үшін мұнаралар қағылады. Негізгі полюстердің саны әрдайым жұп, Солтүстік және Оңтүстік полюстері кезектеседі, бұл полюстердің қозу орамасы катушкаларының тиісті қосылысымен қол жеткізіледі. Барлық полюстердің катушкалары дәйекті түрде қосылады. Полюстер 1 станинаға бұрандамалармен немесе шпилькалармен бекітіледі.



Сурет 1.7 – негізгі (а) және қосымша (б) полюстер

Қосымша полюс (1.7 сурет, б) болаттан жасалған 1 өзекшеден және тікбұрышты қимадағы мыс Шиналардан жасалған 2 орамнан тұрады. Қосымша полюстердің орамдарын Зәкір орамымен ретімен жалғайды, ал полюстерді басты полюстердің арасында орнатады және станинаға болттармен бекітеді. Қосымша полюстердің астындағы ауа саңылауы бастағыдан әлдеқайда көп. Қосымша полюстердің көлденең қимасы корпус жағына кеңейеді. Бұл қосымша полюстің корпусқа жапсырылу бетін арттырады, бұл үлкен тұрақтылық береді және қосымша полюстердің шашырауының үлкен ағынынан қанығуды ескертеді.

Коллектордың бетімен электр байланысын құру үшін машинада щеткаларды орнатады, оларды щеткұстағышқа бекітеді. Щеткұстағыш (сурет 1.8) 1 қысқыш пластиналардан тұрады; 2 серіппеден, қысым щеткаға 3 беретін; 4 обоймадан тұрады.

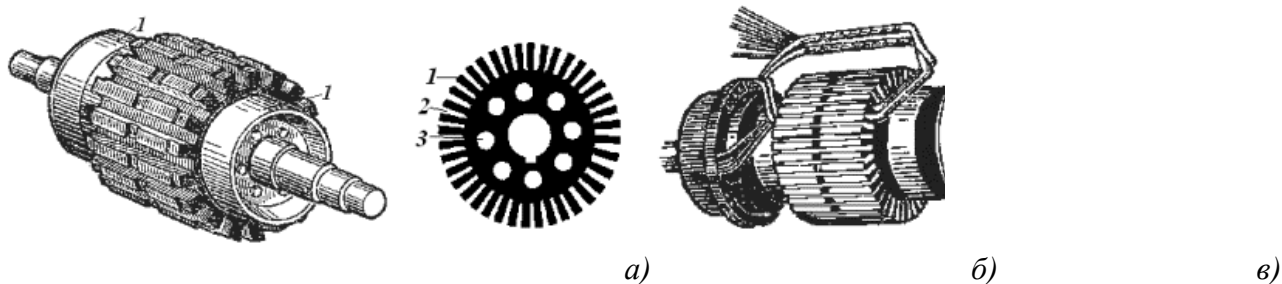


1.8 Сурет-Щетка Ұстағыш

Машинаның электр тізбегінің элементтерін щеткаға қосу үшін соңғысы 5 иілгіш мыс арқанмен жабдықталады. Бір полярлықты барлық щеткұстағыштар бір-бірімен машина шықпаларына қосылған құрама шиналармен жалғанады. Щетка ұстағыштар траверске бекітіледі.

Тұрақты ток машинасының зәкірі орамасы бар Зәкір өзегінен, коллектордан, желдеткіштен және шарикті қысқыш немесе роликті қысқыш бар біліктен тұрады.

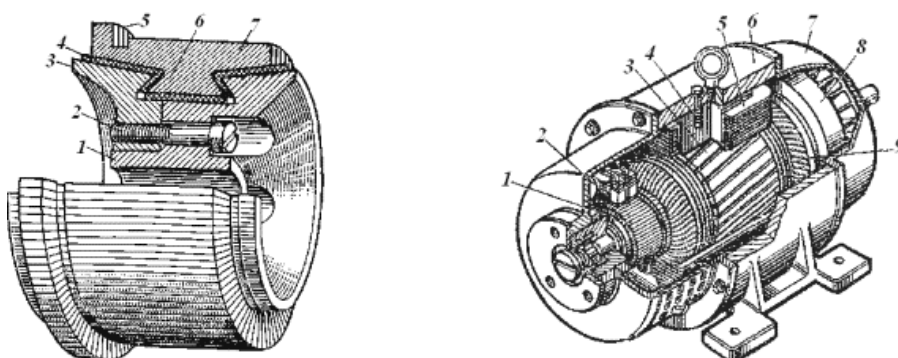
(1.9 сурет) машинаның Зәкір өзегі (1.9 сурет) қалыңдығы 0,5 мм электр техникалық Болат табақтарынан жасалған пакет болып табылады, олар құйынды токтардан шығындарды азайту үшін бір-бірінен лакпен оқшаулайды. Пакет Зәкір білігіне нығыздалған және қысылған күйінде 1 басу шайбаларымен ұсталады. Машинаны жақсы салқындату үшін зәкір өзекшелерінде желдету арналары орнатылады. Пакеттің әрбір парағы (1.9 сурет, б) 1 тістері, 2 пазы және 3 желдеткіш тесіктері бар. Өзекшенің саңылауларына Зәкір орамасының өткізгіштері қойылады (1.9, в сурет).



1.9 сурет-зәкір өзегі: а-орамсыз зәкір; б-болат парақ зәкірдің өзекшесін; в-тұрақты ток машинасының оралмаған зәкірі

Зәкір орамасын коллектордың пластиналарына қосады. 1.10-суретте бір-бірінен және Зәкір білігінен 4 миканитті төсемдермен және манжеталармен оқшауланған қатты тартылған мыстан 7 пластинадан жиналған коллектор көрсетілген. Коллектор 1 корпусан, 2 болттан, 3 қысу сақинасынан, 4 микакит төсемдерінен тұрады. Монтаждаудың ыңғайлы болуы және бекітудің беріктігін қамтамасыз ету үшін коллекторлық пластиналар 7 "ласточкина хвоста" түрінде орындалады. Коллекторлық пластиналарды зәкірді орау сымдарымен "петушкалар" 5 көмегімен қосады, олар зәкірді орау секцияларының ұштарын қатарлауға және дәнекерлеуге арналған ойықтары бар.

1.11 суретте тұрақты ток машинасының құрылғысы көрсетілген.



Сурет 1.10-коллектор құрылғысы Сурет 1.11- тұрақты ток машина құрылысы

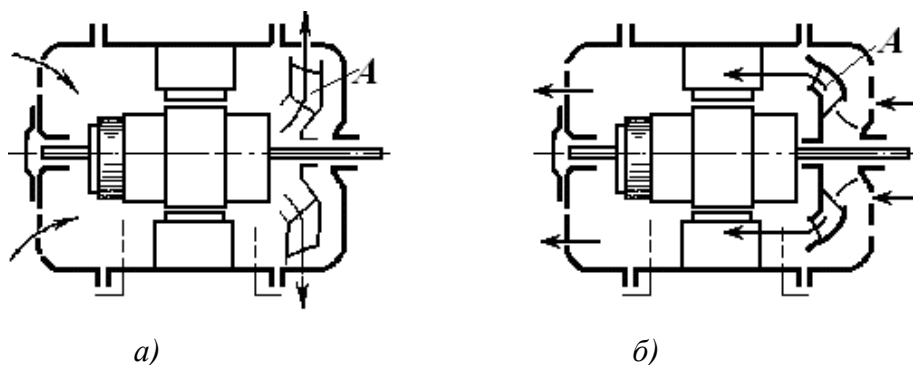
Электр машиналарының желдету жүйесі

6 бұрандаманың станинасына 4 өзекшеден және 5 қозу орамасының катушкасынан тұратын басты полюстер бекітіледі. Станинаға бүйір жағынан машинаның білігін ұстап тұратын подшипниктері бар 7 бүйір қалқандары бекітіледі. Машинаның зәкірі 3 өзекшеден, 9 орамнан және 1 коллектордан тұрады. Зәкір білігіне 8 желдеткіш бекітілген, коллекторда 2 қозғалмайтын щеткалар орналастырылған.

Электр машиналары суыту тәсіліне байланысты табиғи салқындату машиналарына және өздігінен желдету машиналарына бөлінеді.

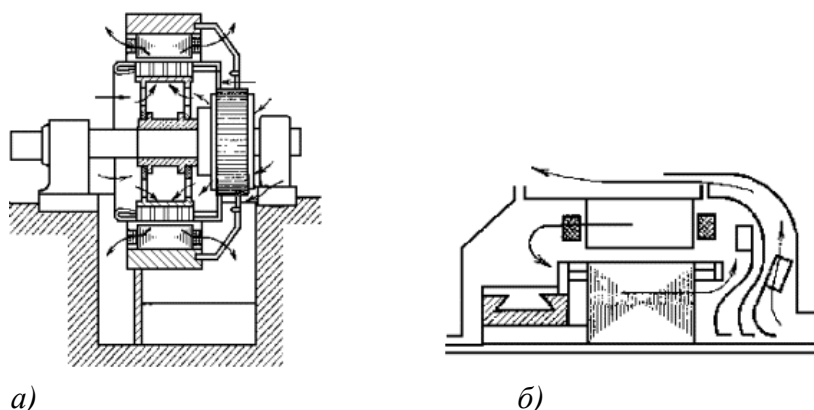
Табиғи салқындатылатын машиналарда салқындату тиімділігін күшейту үшін арнайы құрылғылар жоқ. Табиғи вентиляцияны қуаттылығы аз машиналарда қолданады, себебі олардың салқындату шарттары салыстырмалы жеңіл.

Өздігінен желдету машиналарында салқындатуға желдеткіштің (қанатты) көмегімен жетеді. Желдеткіш сыртқа шығарғанда және ол станинаның сыртқы қабырғалы бетін үрлейді. Ішкі өздігінен желдету желдеткіштің салқындатқыш ауа ағынына қатысты орналасуына байланысты сорып алатын немесе айдайтын болуы мүмкін. А) а желдеткіші машинада кернеуді жасайды: атмосфера қысымындағы ауа машинаға келіп, одан сыртқа шығарылады. Аксиалды айдамалау вентиляциясы кезінде (1.12 сурет, б) а желдеткіш ауаны алады, машинаға айдайды және одан кейін оны сыртқа шығарады.



Сурет 1.12 – тұрақты ток машинасының Аксиалдық жүйесі

Аксиалды желдету кезінде салқындатқыш ауа ішкі желдету арналары бойынша біліктің осіне параллель, ал радиалды желдету кезінде – перпендикуляр (1.13, а сурет) өтеді. Өзін-өзі реттеу кемшілігі машинаның айналу жиілігінің төмендеуі кезінде желдеткіштің өнімділігі күрт төмендейді, соның нәтижесінде машинаның салқындату қарқындылығы нашарлайды. 1.13, б-суретте машина корпусының сыртқы үрлеумен желдету сұлбасы бейнеленген.



1.13 сурет-радиалды салқындату жүйесі бар машиналар (а)) және корпусстың сыртқы үрлеумен желдету схемасы (б)

Тәуелсіз салқындататын машиналар. Мұндай машиналарда ауа машинаға қарамастан жұмыс істейтін желдеткіштен келіп түседі. Желдету созылмалы немесе жабық болуы мүмкін. Желдеткіштің созылмалы жүйесі кезінде ауаның салқын массалары сырттан әкелінеді, машина арқылы өтеді және қоршаған атмосфераға шығарылады. Мұндай жүйенің кемшілігі машинаның

ішкі бетінде шаң мен кір жиналады, олар әрқашан ауада болады, машинаның салқындату жағдайының нашарлауын туындатады. Бұл апаттың себебі болуы мүмкін.

Машинаға ауа кіргенде сүзгілерді қолдану тиімсіз, өйткені оларды жиі тазарту қажет және олар ауа қозғалысының кедергісін арттырады.

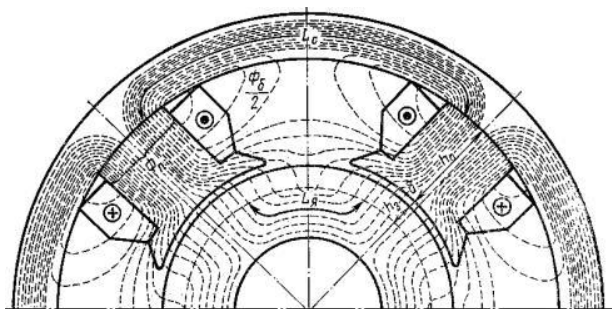
(1.14 сурет) салқындатқыш ауа жабық контур бойынша ауа салқындатқыштар арқылы өтеді. Мұндай желдету кезінде машина оған шаң түсуден қорғалады. Салқындатқыш орта ретінде тек ауаны ғана емес, сутегі де қолдануға болады. Сутегі суыту кезінде желдету шығындары он есеге дейін төмендейді, ал оқшаулаудың қызмет ету мерзімі артады, өйткені тотығу процестері болмайды. Жарылысты жою үшін, машинаның ішінде шайғыш газ пайда болған жағдайда, ол арқылы алдын ала көмірқышқыл газын өткізеді. Содан кейін машинаны атмосфералық қысымнан жоғары қысыммен сутегімен толтырады, бұл ауаның машинаның ішіне түсуін ескертеді.

Өзін өзі бақылауға арналған сұрақтар

1. Тұрақты ток машинасының құрылғысы.
2. Тұрақты ток машинасының құрылымы мен негізгі элементтері
3. Тұрақты ток машинасының жұмыс принципі.
4. Электр машиналарының желдету жүйесі

2 тақырып. Бос жүріс кезіндегі және жүктеме режиміндегі тұрақты ток машинасының магниттік тізбегі.

Магниттеуші күш тұрақты ток машинасының қоздыру орамасы магнит өрісін жасайды, оның магниттік жүйесін құрайтын машина учаскелері арқылы магниттік сызықтары тұйықталады. Машинаның көлденең қимасында (2.1 сурет) магнит ағынының жолы көрсетілген. Полюстің ФП барлық магниттік ағыны екі тең емес бөлікке бөлінеді. Көп бөлігі-Ф негізгі магнит ағыны зәкірге ауа саңылауы арқылы өтеді және оның өзекшесінде тармақталады, көрші полюстерге жақындап, ярмо арқылы тұйықталады.



2.1 сурет-тұрақты ток машинасының магниттік тізбегі.

Тұрақты ток машинасының негізгі магнит ағыны деп машинаның бос жүрісінде бір полюсті бөлуге сәйкес келетін аудандағы Ф саңылауындағы ағын түсініледі. Аз бөлігі ағынының шашырау Ф σ замыкается между полюсами соқпай, яркорь. Содан кейін полюстің магниттік ағыны

$$\Phi_{II} = \Phi_{\delta} + \Phi_{\sigma} = \left(1 + \frac{\Phi_{\sigma}}{\Phi_{\delta}} \right) \Phi_{\delta} = k_{\sigma} \Phi_{\delta},$$

$$k_{\sigma} = \left(1 + \frac{\Phi_{\sigma}}{\Phi_{\delta}} \right) \Phi_{\delta} = k_{\sigma} \Phi_{\delta} \quad (2.1)$$

$k_{\sigma}=1,12 \div 1,25$ тұрақты ток машинасы үшін. Машинадағы негізгі магнит ағынының жолы тұйық магнит тізбектерінен тұрады, олардың әрқайсысы бірнеше полюстерді қамтиды. Магнит симметриясының салдарынан көп полюсті машинаның жекелеген магниттік тізбектері бірдей және магниттік ағындар (сондай-ақ олардың құрамдастары Φ және Φ_{σ}) өзара тең; сондықтан полюстердің бір жұбының магниттік тізбегі қарастырылады. Магнит тізбегінің учаскелері бір-бірінен геометриялық өлшемдерімен де, физикалық қасиеттерімен де ерекшеленеді. Тұйық контурға арналған толық ток заңы бойынша.

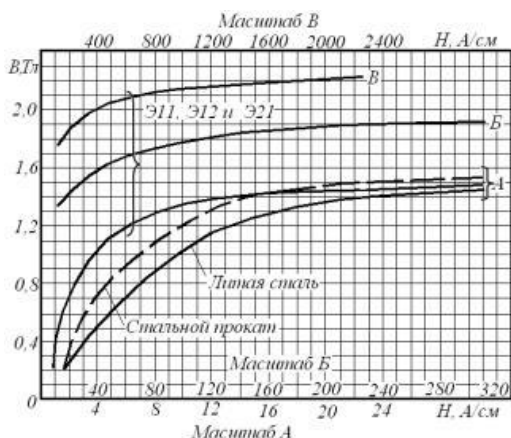
$$F = I_B \omega_B = \sum Hl = \sum I, \quad (2.2)$$

где I_B – қоздыру тогы;

ω_B – козу орамасының орамдарының саны;

H – магнитті индукцияға байланысты және магниттеу қисығы бойынша анықталатын магнит өрісінің кернеулігі (2.2-сурет));

l – магниттік тізбектің осы учаскесінің орташа ұзындығы.



2.2 сурет-электртехникалық магниттендірудің сипаттамалары болат және болат прокаты

Электр машинасының магнит тізбегінде магнит өрісінің кернеулігі әртүрлі материалдардан жасалған учаскелердің шекарасында өзгереді. Бұл белгі бойынша тұрақты ток машинасының магнит тізбегін магниттік тізбектің өзіне тән шамалары 2.1-кестеде келтірілген бес учаскеге бөлуге болады.

2.1 Кесте

Учаскенің атауы	Учаске ағыны	Учаскедегі Индукция	Көлденең қима ауданы	Магнит өрісінің кернеулігі	Будағы жолдың ұзындығы полюстер	Бірнеше полюстер
Саңылау	Φ_{δ}	B_{δ}	S_{δ}	H_{δ}	2δ	F_{δ}
Тіс қабаты	Φ_0	B_3	S_3	H_3	$2h_3$	F_3
Якорь өзегі	$\Phi_{Я}=0,5\Phi_0$	$B_{Я}$	$S_{Я}$	$H_{Я}$	$L_{Я}$	$F_{Я}$
Ұштығы бар полюстің өзекшесі	$\Phi_{П}=k_{\sigma}\Phi_0$	$B_{П}$	$S_{П}$	$H_{П}$	$2h_{П}$	$F_{П}$
Ярмо (станина)	$\Phi_{С}=0,5\Phi_{П}$	$B_{С}$	$S_{С}$	$H_{С}$	$L_{С}$	$F_{С}$

мұнда F_{δ} – Қос саңылау үшін; F_3 – зәкірдің Қос тісті аймағы үшін; $F_{Я}$ – Зәкір өзегі үшін; $F_{П}$ – екі полюстер үшін; $F_{С}$ – ярма үшін (станина).

Бірнеше полюстерге есептелген негізгі машиналар

$$F_0 = F_\delta + F_z + F_{Я} + F_{II} + F_C. \quad (2.3)$$

Бұл теңдеуді көрсетеді, анықтау үшін әрбір бес учаске үшін H магнит өрісінің оған сәйкес кернеулігін табу және оны осы учаскеде ағын жолының ұзындығына көбейту қажет. Магниттік тізбек учаскелерінің өлшемдері немесе белгілі (орындалған машинада) немесе ұсынылған магниттік индукция бойынша орнатылады (машинаны жобалау кезінде), сондықтан магниттік тізбектің барлық учаскелерінде қажетті магниттік ағын үшін $B = \Phi / S$ индукциясы анықталуы мүмкін, мұнда Φ – учаскедегі магниттік ағын; S – учаске қимасының ауданы. 2.1 суретіне сәйкес негізгі машиналар

$$F_0 = H_\delta 2\delta + H_z 2h_z + H_{Я} L_{Я} + H_{II} 2h_{II} + H_C L_C, \quad (2.3)$$

Мұнда δ – әуе саңылауының ұзындығы, м;

h_z – Зәкір тістерінің биіктігі, м;

h_{II} – басты полюстердің биіктігі, м;

$L_{Я}$ – Зәкір өзекшесі бойынша учаскенің ұзындығы, м;

L_C – станина бойынша учаскенің ұзындығы (ярмо), м;

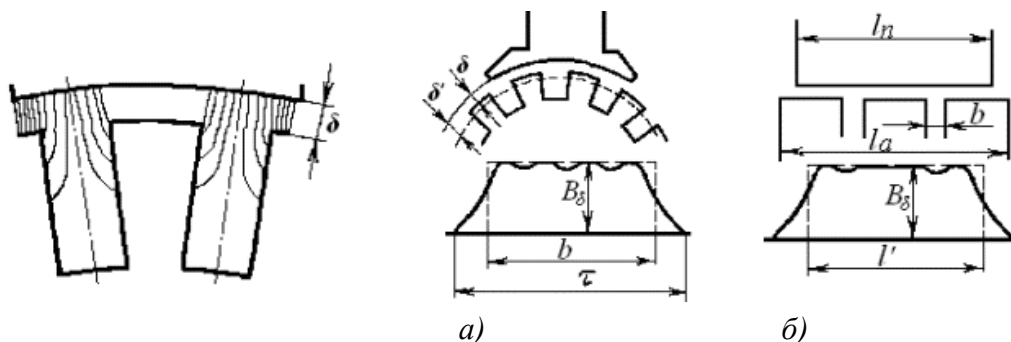
H – тиісінше тізбек учаскесінің магнит өрісінің кернеулігі, А/м.

Біз деп санауға номиналды мәні, кернеу және номиналды айналу жиілігі машиналар сәйкес келеді номиналды мәні, негізгі ағыны $\Phi_0 = 1$. Негізгі ағынның келесі мәндерін қою: 0, 5 Φ_0 ; 0, 8 Φ_0 ; 1 Φ_0 ; 1, 2 Φ_0 , олардың әрқайсысы үшін F_0 есептей алады

Әуе саңылауы. Магнит ағынының ең көп кедергісі ауа саңылауы бар. Тісті зәкірде саңылаудағы магнит өрісі біркелкі емес бөлінеді: тістердің бетінде магниттік сызықтардың тығыздығы көп, ал пазаларда аз, өйткені тістің учаскесінде магниттік кедергі Пазға қарағанда аз. 2.4-суретте машинаның көлденең және бойлық қимасында ауа саңылауында магниттік индукцияның таралуы көрсетілген. Бұл әдістің мәні мынада. Магнитті индукцияның күрделі таралу қисығын саңылауда v биіктігімен тепе-тең тікбұрышпен ауыстырады. Мұндай тіктөртбұрыштың негізі бірінші жағдайда есептік полюсті доға b' , ал екінші жағдайда – зәкірдің есептік ұзындығы l' береді. $B/\tau = \alpha'$ қатынасы полюсті жабудың есептік коэффициенті деп аталады, оның шамасына коллекторлық пластиналар арасындағы кернеудің максималды мәні байланысты болады. Қосымша полюстері бар тұрақты ток машиналарында $\alpha' = 0,62 - 0,72$ жеткілікті дәлдікпен зәкірдің есептік ұзындығын $l'' = (II + l')/2$ анықтайды, мұнда l – машина осі бойынша полюстің ұзындығы; l' – желдеткіш каналдары жоқ зәкірдің ұзындығы. Егер bB -желдету арнасының ені, ал nB -арналар саны болса, онда $l = l_{Я} - nb$, мұнда $l_{Я}$ -осьтік бағыттағы зәкірдің ұзындығы. Пайдалана отырып есеп айырысу шамалар $B\delta$, b , l' , анықтаймыз негізгі магнит ағыны машиналар $\Phi_0 = B\delta b l' = B\delta \alpha' \tau l'$ мұнда $B\delta = \Phi_0 / (\alpha' \tau l')$. Тістелген зәкірдің есебін жеңілдету үшін δ есептеу $\delta' = \delta k$, мұндағы $k = (t_1 + 10) / (b_3 l - 10) / (b_3 l - 10)$ – ауа саңылауының коэффициенті; $t_1 = \pi D_{Я} / z$ – тісті қадам; $b_3 l$ – Зәкір шеңбері бойынша тістің жоғарғы бөлігінің ені; $D_{Я}$ – Зәкір диаметрі.

Саңылау арқылы магнит ағынын жүргізу үшін қажетті магнитті күш

$$F_\delta = 2B\delta \delta' / \mu_0 = 2B\delta k \delta / \mu_0. \quad (2.5)$$



Сурет 2.3-тісті Зәкір саңылауындағы магниттік индукция Сурет 2.4-полюс астындағы индукцияның тісті зәкірінің саңылауында магнитті таралуы: а-полюсті бөлуде;

б- олюстің ұзындығы бойынша

Тіс қабаты. Зәкір тістеріндегі магнитті индукцияны анықтау кезінде екі жағдай қарастырылуы мүмкін: біріншісі $B_3 < 1,8$ Тл және $B_3 > 1,8$ Тл. Бірінші жағдайда барлық ағын тісті арқылы өтеді, екіншісінде – ағынның бөлігі паза арқылы өтеді.

Екінші жағдай жалпы. Бұл жағдайда бір тіс қадамын жасайтын боламыз. Бір тісті қадамға келетін магниттік ағын $\phi_t = B \cdot \Sigma l' = \Phi_3 + \Phi_{паз}$, мұнда Φ_3 , $\Phi_{паз}$ – тиісінше тістің және пазаның ағындары. Есептік магниттік индукция

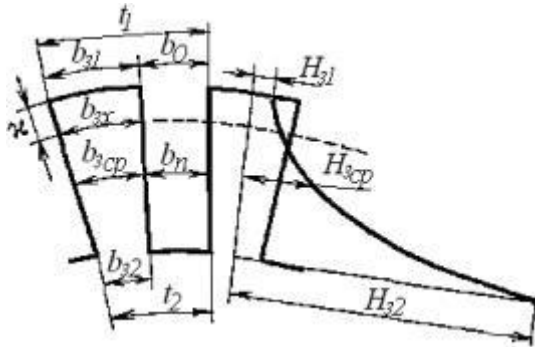
$$B_3' = B_3 + B_{II} k_3, \quad (2.6)$$

мұнда $B_3 = \Phi_3 / S_3$ – тістің нақты индукциясы;

$B_{II} = \Phi_{II} / S_{II}$ – Паз индукциясы;

k_3 – тіс пен жамбастың геометриялық өлшемдерімен анықталатын тіс коэффициенті.

(2.6) және Зәкір ойығы мен тісінің эскизін пайдалана отырып, тістің жоғарғы, орта және төменгі қимасында магниттік индукция мөлшерін табамыз (2.5 сурет). Осы мәндерге байланысты $B_3 = f(H_3)$ тістердің магниттеу қисығы бойынша индукция (2.2 сурет), жоғарғы, орта және төменгі қималар тістерінің магнит өрісінің кернеулігін анықтаймыз. Тістер үшін магниттік өріс кернеулігінің есептік мәні $H_3 = (H_{31} + 4H_{3cp} + H_{32}) / 6$, мәні. Ғ. К. С. $F_3 = H_3 h_3$.



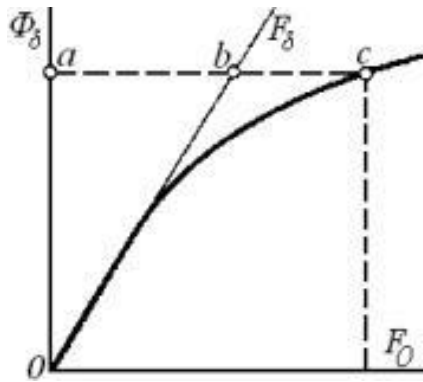
Сурет 2.5-тістің магнитті күші

Зәкір, полюстер және станина өзекшесі. Зәкір өзекшесіндегі магнит ағыны $\Phi_Y = 0$, $5\Phi_0 = B_{яся}$. Зәкірдің көлденең қимасының ауданы $S_Y = h_Y k_C$, мұнда h_Y – Зәкір өзекшесінің биіктігі, $k_C = 0,88 \div 0,93$ – болатпен толтыру коэффициенті. Зәкір өзекшесі үшін магниттік индукция $= \Phi_0 / (2h_Y k_C)$. Осы марканың болат үшін магниттеу қисығы бойынша Зәкір өрісінің кернеулігін табамыз, сол кезде н.с. зәкір өзекшесінің $= H_Y L_Y$, мұнда L_Y – Зәкір өзекшесіндегі орташа магнит сызығының ұзындығы.

$$L_C = \frac{\pi}{2p} (D + 2\delta + 2h_{II} + h_C)$$

Машинаны магниттеу сипаттамасы

Тікбұрышты координаттарда салынған $\phi_0 = f(F_0)$ тәуелділігі машинаның магниттеу қисығы немесе магнитті сипаттамасы деп аталады. Бастапқы бөлікте магниттік мінездеме тік сызықты сипатқа ие, өйткені ағынның кіші мәндерінде машинаның Болаты әлсіз қаныққан және н.с. саңылау арқылы ағысты жүргізуге жұмсалады. F (0В сызығы) ағынының әр түрлі мәндерінде саңылау үшін, яғни $F = f(\Phi)$ тәуелділікті алу. Магнит ағынының ұлғаюына қарай б.с. көп бөлігі Болат учаскелер бойынша ағысты жүргізуге жұмсалады. Бұл бөлім BS бөлігіне сәйкес келеді. Қанықтыру коэффициенті деп аталатын $k_H = ac / ab$ қатынасы бойынша Φ -ағынның берілген мәні кезінде машинаның магниттік тізбегінің қанығу дәрежесі туралы айтуға болады. Қанық магнитті тізбекті машина салу тиімсіз, өйткені материалдар толық пайдаланылмайды және машина ауыр болады.



Сурет 2.6 – магниттеу сипаттамасы

Сондай-ақ өте қаныққан магнитті тізбек орынсыз, себебі бұл жағдайда Мыстың немесе алюминийдің үлкен шығынымен және қозғауға қуаттың үлкен шығындарымен қуатты қоздыру орамасын орындау қажет. Осы себептерге байланысты электр машиналары номиналды режимде орташа қанықтырумен дайындалады. Бұл жағдайда жұмыс нүктесі магнит сипаттамасы тізесінен бірнеше жоғары жатыр. Әдетте, $kH=1,1\div 1,35$, ал кейбір жағдайларда $kH\approx 1,7\div 2$.

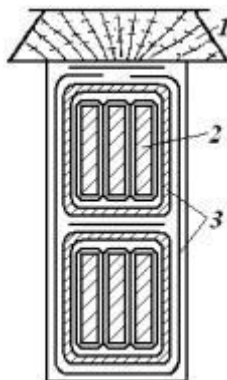
Өзін өзі бақылауға арналған сұрақтар

1. Тұрақты ток машинасының магниттік тізбегі.
2. Машинаны магниттеу сипаттамасы
3. Машинаның магниттейтін күшін анықтауға арналған Формула.

3 тақырып. Тұрақты ток машиналарының зәкірін орау.

Зәкір орамасы-келесі талаптарды қанағаттандыратын машинаның маңызды элементі:

- а) орам номиналды қуатқа сәйкес келетін кернеу мен жүктеме тогының берілген шамаларына есептелуі және машинаның жеткілікті ұзақ қызмет ету мерзімін қамтамасыз ететін қажетті электр, механикалық және термиялық беріктігі болуы тиіс (20 жылға дейін).);
- б) ораманың конструкциясы зиянды ұшқынсыз коллектордан ток түсірудің қанағаттанарлық жағдайларын қамтамасыз етуі тиіс;
- в) берілген пайдалану көрсеткіштері кезінде материал шығыны (к. п. д. және т. б.) ең аз болуы тиіс;
- г) орамды дайындау технологиясы мүмкіндігінше қарапайым болуы керек.

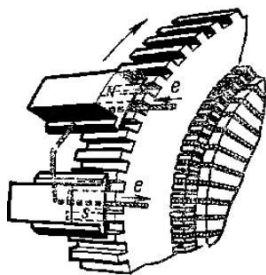


2.1 сурет-зәкірдің сыртқы бетінде ойықтардың орналасуы

Қазіргі заманғы тұрақты ток машиналарында Зәкір орамасын зәкірдің сыртқы бетінде пазаға салады (3.1 сурет), бұл оны жасау технологиясын жеңілдетеді, сымдарды пайдалануды арттырады және орауды неғұрлым сенімді етеді. Орама бір қатар тізбектелген секциялардан тұрады, олардың әрқайсысы Зәкір пазаларында орналастырылатын екі белсенді жақтары бар. Зәкір өзекшесінің бүйір жағында белсенді жақтары алдыңғы сымдармен жалғанады. Алдыңғы қосылыстардың қиылысуы болмау үшін, яғни олар бір жазықтықта жатпау үшін орамаларды екі қабатты орындайды (3.2 сурет). Белсенді жақтары 2 тістің арасына орналасқан 1 пазада орналасады, ал бүйір жағынан 3 алдыңғы қосындылармен бекітіледі. Бұл жағдайда әр секцияның бір белсенді жағы жоғарғы қабатта, ал екіншісі төменгі қабатта жатыр (3.3 сурет). 2 секцияның әрбір белсенді жағын оқшаулайды және алдын ала оқшауланған 3 пазға салады. Барлық белсенді жақтарын салғаннан кейін паз магнитті емес 1 клинімен жабылады. Зәкірге үлкен механикалық беріктілік беру үшін ораманың алдыңғы қосылыстары Болат бандаждармен тартылады.

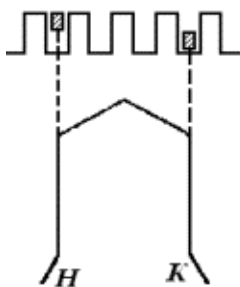


3.2 Сурет-Екі Қабатты
якорь орамасының орналасуы

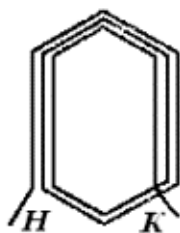


Сурет 3.3-орамасы бар Паздың көлденең қимасы

Тұрақты ток машиналарының орамдарының секциялары екі белсенді сымдардан тұратын бір типті (3.4, а сурет) және арктикалық (3.4, б сурет) болуы мүмкін.)



а)

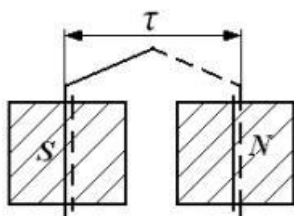


б)

Сурет 3.4-Зәкір орамдарының секциялары

Тұрақты ток машиналарының зәкірлері ілмекті (параллельді), толқынды (тізбекті) және аралас (параллельді-тізбекті) болып бөлінеді. Орамдар қарапайым және күрделі (еселік) болуы мүмкін, әрі соңғылары бірнеше қарапайым орамалардан құралады. 3.6 суретте көповиктік толқынды орамның секциясы (катушка) көрсетілген. Толқынды ораманың екі бірдей жартылай секцияларынан тұратын жартылай орама 3.6, б – суретте, ал ілмекті орамада 3.6, в-суретте бейнеленген. Арналған егжей-тегжейлі сызбалары орамдарын тараптар секциялар жүрген жоғарғы

қабатында бейнелейді, сызықтармен, ал тараптар орналасқан төменгі қабатта, үзік сызықтармен (сурет 3.5).



Сурет 3.5-кеңейтілген схемадағы секцияның бейнесі

Орамның секциялары бір-бірімен тізбекті тізбекке келесі секцияның басталуы алдыңғы секцияның ұшымен бірге жалпы коллекторлық пластинаға жалғайтындай етіп жалғанады. Әрбір секцияның екі ұшы бар және әрбір коллекторлық пластинаға екі секцияның ұшы қосылған болғандықтан, коллектор пластиналарының жалпы саны S орам секцияларының санына тең;

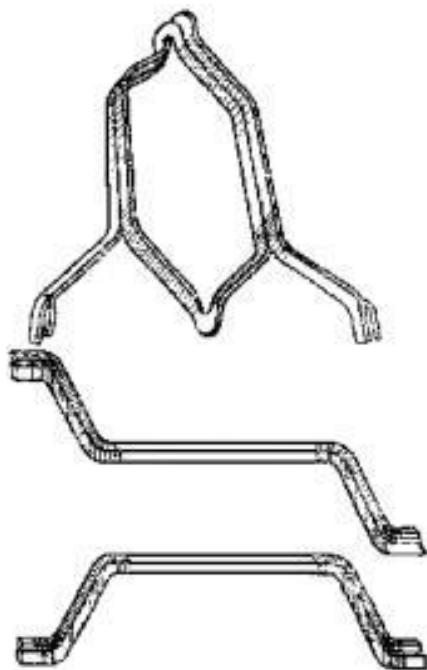
$$K=S=N/(2\omega),$$

мұнда N - Зәкір орамының белсенді сымдарының саны ;

ω – секциядағы орамдар саны .

Қарапайым жағдайда пазада екі секциялық жағы бар-біреуі жоғарғы және екіншісі төменгі қабатта. Түзетілген кернеуді пульсациялауды азайту үшін, сондай-ақ көрші коллекторлық пластиналар арасында шамадан тыс үлкен кернеуді болдырмау үшін саңылаулар саны жеткілікті үлкен болуы тиіс.

а)



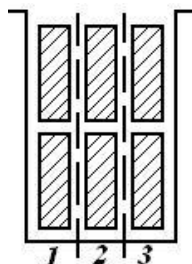
б)

в)

3.6 сурет-Катушка (а),
полукатушка толқынды орамалары (б),
жартылай катушка орамасының секциясы (в)

Алайда, паздардың саны көп зәкірлерді дайындау орынсыз, себебі пазалар тар болады, демек, олардың ауданының едәуір бөлігі секцияларды корпустан оқшаулаумен айналысады, және өткізгіштер үшін аз орын қалады, бұл машина қуатының жоғалуына әкеп соғады. Осы себептер бойынша Паздың әрбір қабатында бірнеше секциялық жақтаулар (ип=2,3,4,5) бар (3.7 сурет). Бұл ретте $K=S=unZ$. Бұл жағдайда әрбір нақты пазда қарапайым Паз бар деп айтады, сондықтан қарапайым Паздың әрбір қабатында-бір секциялық жағы. Зәкірдің қарапайым паздарының жалпы саны $zэ=ипZ=S=k$. бір полюсті бөлуде элементар паздардың $ZЭ/2P$ бар екені анық. Бірақ $ZЭ$ жиі $2p$ қалдықсыз бөлінбейді, онда ψ бөлшек шамасын енгізеді, оның көмегімен қадам шамасы бүтін санға дейін дөңгелектенеді

$$y \approx \tau = \frac{Z_э}{2p} \pm \xi \quad (3.1)$$

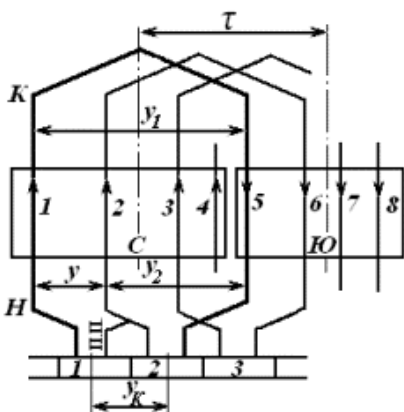


Сурет 3.7-нақты Паз бөлімшесі Элементарлық.

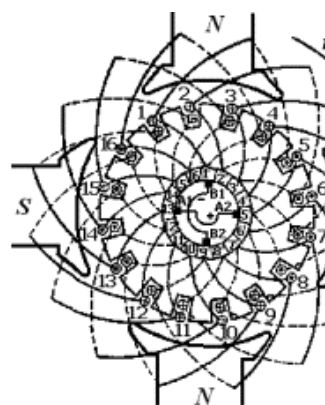
Ілмекті орау

Қарапайым ілмекті орау. Зәкірдің қарапайым ілмекті (параллельді) орамасы деп әр секцияның ұштары екі қатар жатқан коллекторлық пластиналарға жалғанған орамды атайды (3.8 сурет).

Егер орамды орындау кезінде секцияның шеті бастапқы оң жақта орналасқан коллекторлық пластинаға жалғанса, онда мұндай орамды правоход немесе ажыратылмайтын деп атайды. Сол жаққа жылжыған кезде ораманы левоход немесе қиылысатын деп атайды. Левоход орамалары практикалық қолдануға болмайды, өйткені орау сымның шығынын арттырады. 3.8 суретте элементар паздардың санымен анықталатын $У1$; $у2$; $у$ орамдарының қадамдары көрсетілген. Бірінші жартылай қадам $y1 = ZЭ / (2p) \pm \psi$ секцияның бастапқы "Н" және соңғы "К" жақтарының арасындағы Зәкір беті бойынша ара қашықтықты анықтайды: ψ – шама, аз бірлік, оны шегере отырып, бүтін санмен көрсетілген $У1$ қадамын алуға болады.



Сурет 3.8 – зәкірдің қарапайым ілмекті Орамасының ашық сұлбасы:
Н – сымның басы; К – сымның соңы,
п.п. – соңғы сым



Сурет 3.9 - қарапайым ілмекті ораманың радиалды схемасы:
 $2p=4$; $S=K=16$

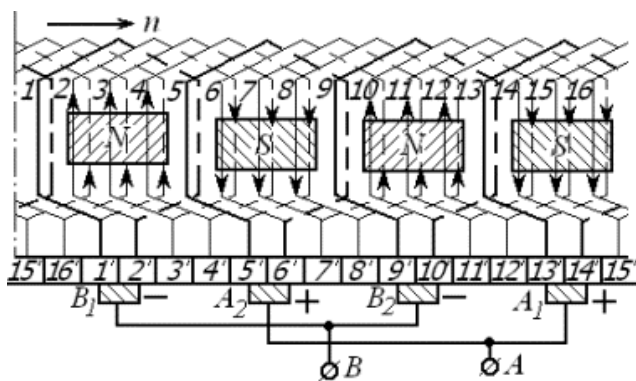
У2 орамасының екінші ішінара қадамы осы секцияның соңғы жағы мен кейінгі бастапқы жағы арасындағы қашықтықты анықтайды. У орамасының қорытынды қадамы осы және одан кейінгі секциялардың бастапқы жақтары арасындағы қашықтықты анықтайды.

Ук коллекторы бойынша адым коллекторлық бөліністердегі коллекторлық пластиналар ортасының арасындағы қашықтықты анықтайды, оларға осы секцияның ұштары жалғанады. Коллектор бойынша қадам әрқашан ораудың қорытынды қадамына тең: $у_k = у$. Қарапайым ілмекті орамада $у_k = 1$ коллекторы бойынша қадам.

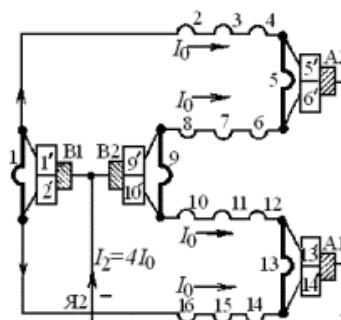
Мысалы - 3.9 суретте қарапайым ілмекті ораманың радиалды схемасы көрсетілген.: $2p=4; S=K=Z_3=16$.

Онда $y_1 = S/(2p) \pm \xi; y_1 = 16/4 - 0 = 4; y = y_k = 1; y_2 = y_1 - y; y_2 = 4 - 1; y_2 = 3$.

Схеманы сызуды жеңілдету үшін секциялық жақтарды, пазалар мен коллекторлық пластиналарды бірдей сандармен белгілеу ыңғайлы. Схеманы орындау бірінші қадамға сәйкес секцияларды құрайтын секциялық жақтардың қосылуынан басталады. Осылайша, 1 секцияның жоғарғы жағын па-ның төменгі жағынан 1 жағынан төрт аралық арақашықтықта орналасқан, яғни төменгі жағынан 5 жалғау қажет. Бірінші секцияның басы (1 – жағы) коллекторлық пластинамен 1', ал бірінші секцияның соңы (төменгі жағы 5) коллекторлық пластинамен 2' қосады, онда екінші секцияның басы да қосылады. Екінші секция 2 және 6 Тараптармен құрылған және оның соңы 3' және т. б. пластинаға қосылады. Зәкір сағат тілі бойынша айналғанда э. д. с. бағыты (оң қолдың ережесіне сәйкес) өткізгіштерде 3.9-суретте нүктелермен және крестиктермен көрсетілген. Бұл коллекторлық пластиналар барлық орамды секцияларда э. д. с. бірдей бағыттағы учаскелерге бөледі. Егер бұл пластиналарға щеткалар орнатылса, онда сыртқы желіге ток келіп түсетін А1 және А2 щеткасы оң деп есептеледі, ал В1 және В2 щеткасы теріс деп есептеледі. Бірдей полярлық щеткалар өзара параллель қосылады. Орамның сипаттамасы үшін оның секциясының магнит өрісінде қалай орналасқанын және олардың өзара қалай қосылғанын білу қажет. Орау схемасында зәкірдің цилиндрлік беті машина осінің бойымен кез келген жерде кесілген, ыңғайлылық тұрғысынан жазықтыққа бұрылады және тікбұрыш болып табылады. Жайылған схемасы қараған жоғары орамасының суретте 3.10. Әрбір щеткадан қарама-қарсы жаққа ораманың екі параллель тармақтары кетеді және көрші щеткаларда аяқталады. Параллель тармақтардың секциялары қатар орналасқан полюстердің бу астында орналасады, себебі орам екі қабатты, онда полюстердің әрбір жұбына екі параллель тармақ келеді. Осылайша, орамның параллель тармақтарының жалпы саны $2a=2p$. Сурет 3.11-кесте. Төрт полюсті машинаның осы мысалында орам төрт параллельді тармақтарды құрайды, олардың әрқайсысында бір параллельді тармақтардың I_0 тогы, ал сыртқы тізбекте – $I_2=4I_0$ өтеді.



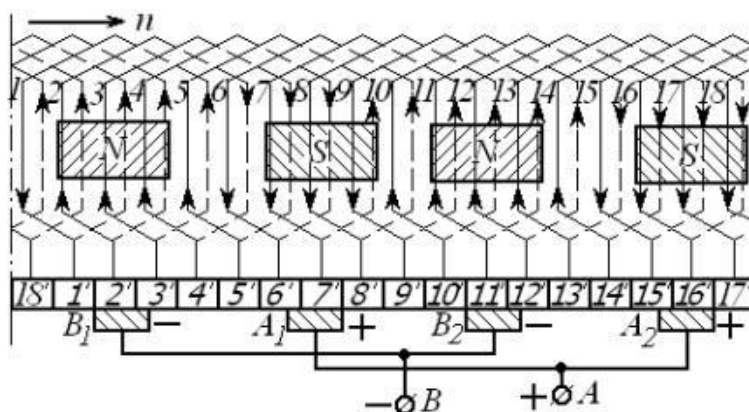
Сурет 3.10 – біржолды ілмекті ораманың Кеңейтілген схемасы:
 $2p=4; S=K=16$



Сурет 3.11 – біржолды ілмекті ораманың параллель схемасы

Күрделі ілмекті орау. Күрделі немесе еселік ілмекті ораманы бірнеше комбинация ретінде қарастыруға болады ($m=2,3,4...$) қарапайым ілмекті орамалар. Мұндай орамды күрделі параллель деп те атайды. Қарастырылып отырған орамада секциялар мен қарапайым орамалардың т коллекторлық пластиналары шеңбері бойынша кезектеседі және орамнан ток бұру үшін щеткалардың ені коллекторлық бөліктерден т кем болмауы қажет. Осылайша, т қарапайым

орамдар щеткалардың көмегімен параллельді және күрделі ілмекті ораманың параллель тармақтарының саны $2a=2p\tau$ қосылады. Қарапайым паздар бойынша қорытынды қадам және күрделі ілмекті ораманың коллекторы бойынша қадам $y=y_k$ -т. Күрделі орамдарда полюстер санын көбейтпей көптеген тармақтарды алу мүмкіндігі осы орамдардың айрықша ерекшелігін құрайды. Оларды үлкен Зәкір токтары бар қуатты төмен кернеулі машиналарда, мысалы электролиз үшін генераторларда қолданады.



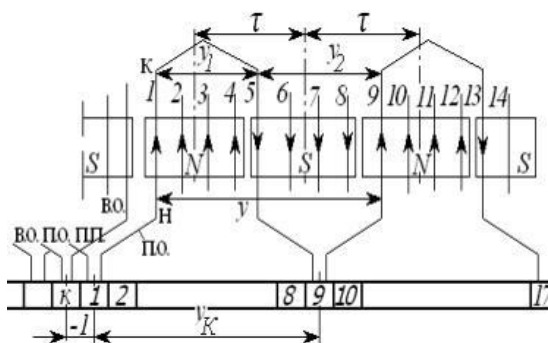
Сурет 3.12 – күрделі ілмекті ораманың толық схемасы:

$$2p=4; S=K=18; 2a=2mp=8$$

Мысалы-3.12 суретте күрделі ілмекті ораманың кеңейтілген схемасы бейнеленген. $2p=4; 5=k=18; m=2$. Мұнда $y=y_k=m=2; y_1=18/4-2/4; y_1=4; y_2=y_1-y, y_2=4-2; y_2=2$. Егер K/p жұп санға тең болса, онда мұндай күрделі ілмекті орам симметриялы деп аталады, егер k/p тақ санға тең болса – симметриялы емес. 1 - ші секциядан бастайық, барлық тақ секциялар мен пластиналарды айналып өтіп, 1-ші пластинаға оралып, ораудың бірінші жүрісін жабады. 2 - ші пластина мен 2 секциясынан екінші жүрісті бастағанда, барлық жұп секциялар мен пластиналарды айналып өтіп, 2 пластинаға қайта ораламыз, ораманың екінші жүрісін құлыптаймыз. Осылайша, зәкірде біріктірілген және параллель жұмыс істейтін екі жеке ораманың жиынтығы бар-бұл күрделі ілмекті екі рет тұйықталған орам. Біздің жағдайда $2a=2 \cdot 4 = 8$ тармақ бар. Щетка саны $2p$ полюстерінің санына тең болып қалады, бірақ әрбір щетканың ені бір уақытта екі орам жұмыс істей алатындай болуы тиіс.

Толқынды орау

Қарапайым толқынды орау. Қарапайым толқынды (тізбекті) орау әртүрлі полюстердің жұптарымен орналасқан секцияларды тізбектей жалғағанда алынады. Толқынды ораманың секцияларының ұштары бір-бірінен алыстатылған коллекторлық пластиналарға жалғасқан, ораманың коллекторы бойынша адым арақашықтықта $y_k=y=(k \pm 1)/p$ (3.13 сурет).



Сурет 3.13-зәкірдің қарапайым толқынды орамасын құру схемасы:

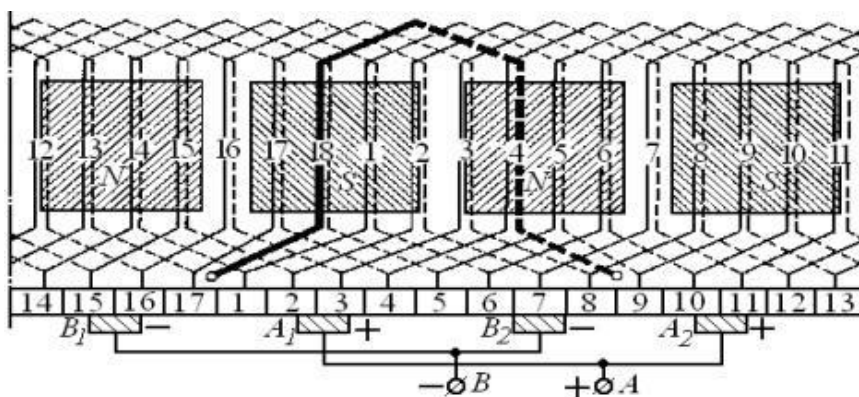
П. О – - якорь бойынша ораманы бірінші аралау; в. о. - Екінші аралау;

РР-орамның соңғы сым

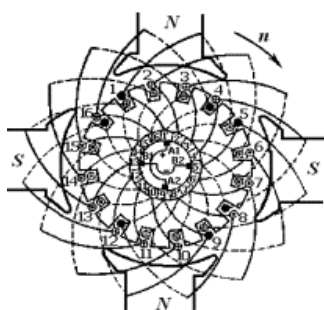
Зәкір бойынша бір айналып өту үшін полюстердің жұбы машина бар сонша секцияларды жүйелі түрде қосады. Осылайша, ораманы Зәкір шеңбері бойынша айналып өтіп, айнала бастаған коллекторлық пластинаға түсеміз.

Содан кейін барлық сымдар бір-бірімен бір тұйық орамға қосылғанша екінші, үшінші және одан кейінгі барлық аралаулар жасалады, оның соңы бірінші коллекторлық пластинаға қосылады. Мұндай орамды левиход деп атайды. Егер бұл пластина бастапқы оң жақта орналасқан болса, онда орау оң жақ деп аталады. Оң жүрісті орау үшін орау сымының үлкен шығыны қажет. Қарапайым толқындық орамның тән қасиеті-оның параллель бұтақтарының саны полюстердің санына байланысты емес және әрқашан екіге тең: $2a=2$. У толқындық орамада қорытынды қадам $U1$ және $y2$ ішінара қадамдарының сомасына тең, яғни $y=y1+y2$. Әрбір параллель тармақтардың секциялары машинаның барлық полюстерінің астында біркелкі бөлінген. Мұндай орамада тек екі щетканы қолдануға болады. Егер бұл шарт орындалмаса, онда бір секцияны коллекторға біріктіру жолымен Элементарлық паздардың санын азайтады. Бұл секцияны " өлі " секция деп атайды.

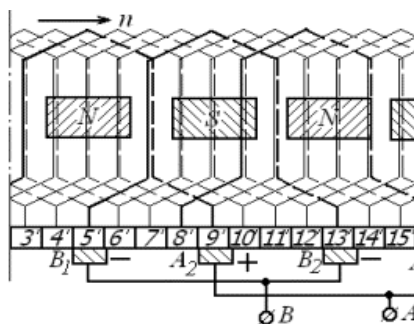
Жайылған схемасы толқынды орамалары " өлі " секциясы-суретте бейнеленген 3.14.



Сурет 3.14 - "өлі" секциялы толқындық ораманың кеңейтілген схемасы



Сурет3.15 – қарапайым толқынды ораманың
Радиалды сұлбасы
 $2p=4; S=k=15$

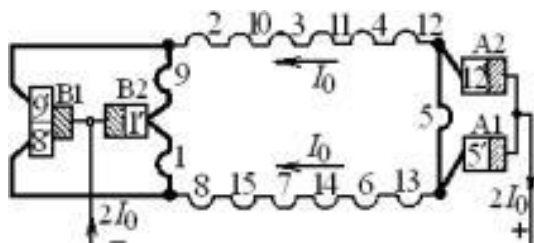


Сурет 3.16 – ораманың кеңейтілген
сұлбасы: $2p=4; S=k=15$

Алайда, бұл жағдайда орамның симметриясы бұзылады, себебі параллель тармақтардағы секциялар саны әр түрлі болады. Сондықтан машинада әдетте негізгі полюстер сияқты көп щетка орнатылады, бұл әрбір щеткаға келетін ток мөлшерін азайтуға мүмкіндік береді. Бірақ кейбір жағдайларда щеткаларды қарау және ауыстыру үшін коллектордың барлық шеңберін емес, тек оның бөлігін ғана қол жетімді ету үшін тек екі щетка орнатылады. Қарапайым толқынды орамада коллектор бойынша қадам міндетті түрде бүтін санға тең болуы тиіс.

Бірақ, орамның симметриялық емес болуы " өлі " секцияның аймағында коммутация жағдайында кейбір асқинуларды тудырады, сондықтан коммутацияның кернеулі жағдайлары бар қуатты машиналарда "өлі" секциялы толқындық орамаларды қолданудан аулақ болу ұсынылады.

Мысалы - 3.15 суретте деректер бойынша қарапайым толқынды ораудың радиалды сұлбасы бейнеленген: $2p=4; S=K=15$. 1-ші секцияның басы, оның соңы $1+3=4$ пазаға және коллекторлық пластинаға $1'+7'=8'$; осыдан 8-ші секцияның басына, оның соңына 11-ші пазаға, коллекторлық пластинаға $8'+7'=15'$ және т. б. қосамыз. Секциялар, щеткалармен тұйықталған, майлы сызықтармен көрсетілген. Осылайша, $2/p=4$ полюстерінің саны болса да, екі параллельді бұтақтар ғана бар. Орам ішіндегі токөткізу сұлбасы немесе тармақ сұлбасы 3.17 суретте көрсетілген. Толқындық орамның әрбір тармағы барлық полюстердің астында өтетіндіктен, полюстер ағынының теңсіздігі экк теңсіздігін және параллель тармақтардың токтарын тудырмайды. Сондықтан қарапайым толқынды орау теңестіруші қосылыстарды қажет етпейді.

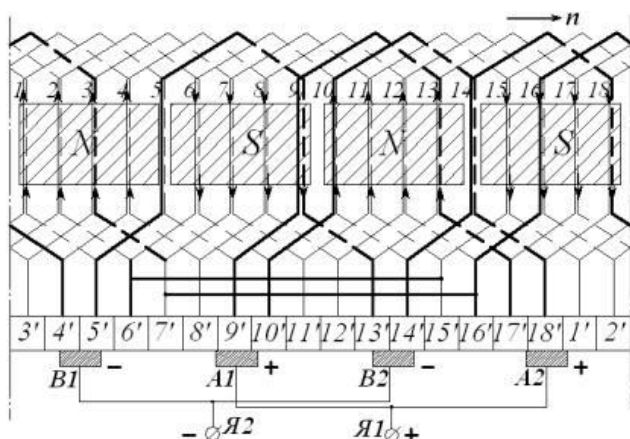


Сурет 3.17-толқынды орамның параллель тармақтары

Күрделі толқынды орау. Күрделі толқынды орау бір Зәкір пазасына салынған бірнеше қарапайым толқынды орамаларды білдіреді. Әрбір қарапайым толқындық орама екі параллель тармақтарға ие болғандықтан, күрделі толқындық орама параллель тармақтардың саны $2a=2M$ болады, мұнда t -осы күрделі толқындық орама құрайтын қарапайым толқындық орамдардың саны. Бұл орамдар бір – бірімен параллельді өткізгіштермен-теңестіруші қосындылармен және коллектордағы щеткалармен жалғанады. Щеткамен жабылатын пластиналардың Саны a параллель бұтақтарының жұптарының санынан көп болғаны жөн. Күрделі толқынды ораманы p тізбектей қосылған Зәкір секцияларының бір айналып өткеннен кейін орындау кезінде секцияның соңы бастапқы пластинадан t -ға қашық коллекторлық пластинаға қосылады, басқа да қарапайым орамдардың секцияларын салу үшін бос орын қалдырады. Күрделі толқындық орамдар бір рет тұйықталған болуы мүмкін, бір қарапайым орам екінші орамның жалғасы болып табылады және әр қарапайым орам өзі тұйық болғанда бірнеше рет тұйықталған болуы мүмкін.

Мысал. 3.18 суретте төрт полюсті машинаның екі жүрісті екі рет тұйықталған толқынды орамасының сұлбасы келтірілген

$$S=K=Z_0=18; y_K=y(K \pm m)/p=8; y_1=K/(2p) \pm \xi=4; y_2=y-y_1=4.$$



Сурет 3.18-екі жүрісті екі рет тұйықталған толқынды ораманың схемасы: $2p=4; Z=S=K=18$

Орама сұлбасын құру 1' коллекторлық пластинадан басталады. 1 және 9 секцияларды жалғайтын бірінші айналып өткен соң тоғызыншы секцияның соңы коллекторлық пластинамен 17' жалғайды, яғни бірінші пластинаға екі коллекторлық бөлікке жетпей қалады. Орамды одан әрі орындау

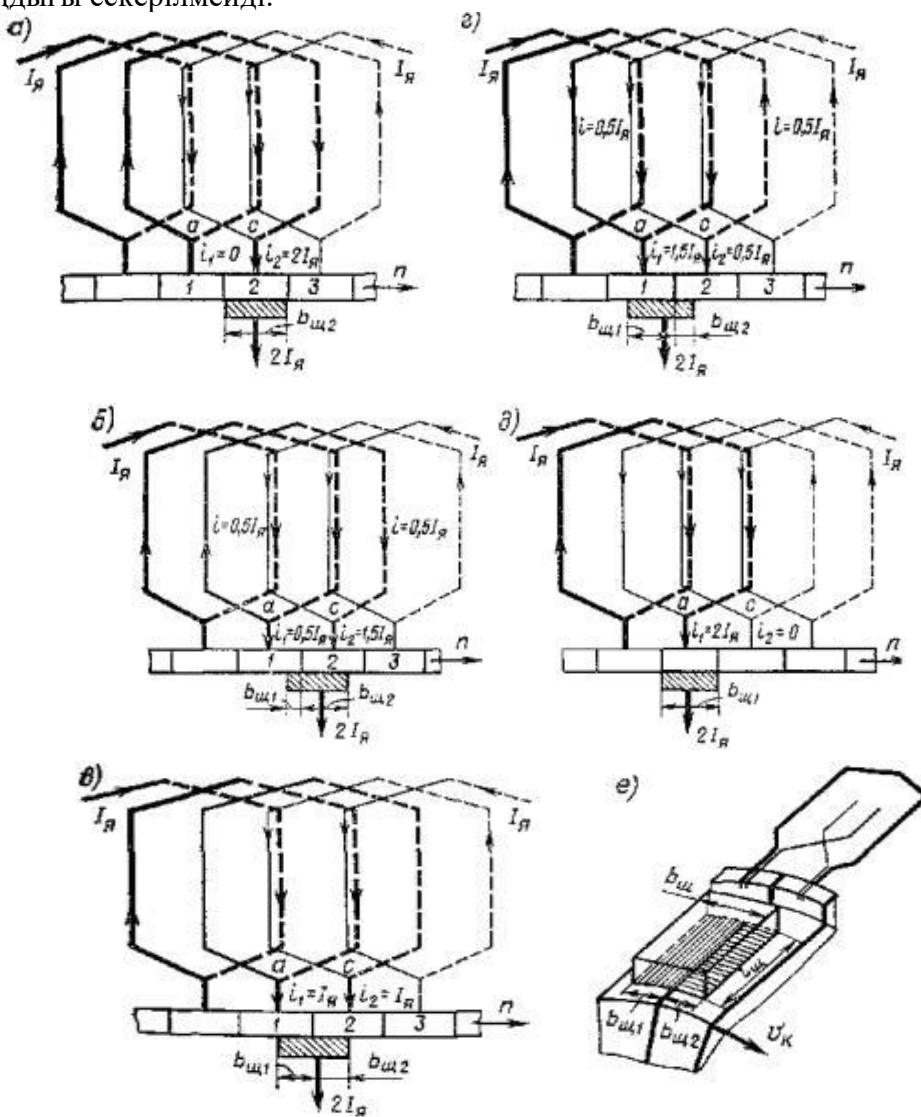
кезінде схема бойынша барлық тақ секциялар мен коллекторлық пластиналарды қосады, бұл ретте тұйық бір жүрісті орам алады. Жұп секциялар мен коллекторлық пластиналар екінші бір жүрісті орауды құрайды. Екі орамдар щеткалардың көмегімен параллель қосылған және екі жүрісті екі рет тұйықталған толқынды орамды құрайды.

Өзін өзі бақылауға арналған сұрақтар

1. Орамдардың құрылығысы.
2. Орамдардың түрлері мен түрлері.
3. Қарапайым орау.
4. Толқынды орау

4 тақырып. Тұрақты ток машиналарындағы коммутация.

Коммутация деп осы секцияларды щеткалармен тұйықтаған кезде секциялардың бір параллель тармақтан екіншісіне ауысуы кезінде Зәкір орамының өткізгіштеріндегі токтың өзгеруіне байланысты құбылыстар жиынтығын атайды. Коммутация процесі тұрақты токтың электр машиналары теориясында өте үлкен мәнге ие, себебі бұл машиналардың коллекторында орын алған ұшқын, көбінесе бұл процестің дұрыс өтпеуі салдарынан болады. Суретте 4.1 ұсынылған бөлу токтардың коммутация кезінде бір секцияның қарапайым петлевой орамасының үшін бес бірінен ережелерін зәкір арқылы уақыт аралықтары, ТК/4, ТК – коммутация. Щетканың бш ені коллекторлық бөлініске b_K тең, коллекторлық пластиналар арасындағы оқшаулама қалыңдығы ескерілмейді.

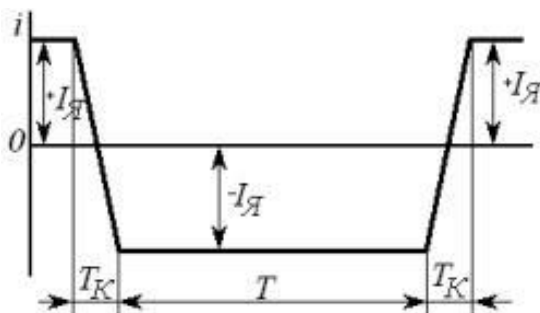


Сурет 4.1-коммутация процесінде щетка мен коллектордың өзара орналасуы

Әр параллель тармақтардағы ток I_A тең болады деп болжанады. Осы секцияның қысқа тұйықталуы $t=0$ кезінде басталады және $T=T_K$ кезінде аяқталады.

Бірінші сәттен уақыт щетка ғана қатысты коллекторной пластиналар 2-коммутируемая секция қатарына кіреді секциялар сол параллель бұтақтары орамасының және онда өтетін ток $i=I_A$. Осы уақыт мезеті үшін коллектор мен орама арасындағы жалғаушы сымдардағы токтар: $i_1=0$ және $i_2=2I_A$ (4.1 сурет); олар коммутацияның басталуына сәйкес келеді. Келесі сәтте (4.1 сурет, б) 2 пластина коллекторының айналуында біртіндеп щеткадан қашып кетеді және оның орнына 1 пластина қосылады.

Біздің мысал үшін щетканың сол жақ шеті деп аталады, ал оң жақ шеті-лақтырады. Щетка 1 коллекторлық пластинамен контактіге кіргеннен кейін, коммутацияланатын секция тұйық қиғаш щеткамен болады және ондағы ток біртіндеп азаяды. Сондықтан, 1 коллекторлық пластина арқылы $i_1=0,5 I_A$ ток өтеді, ал 2 пластина арқылы $i_2=1,5 I_A$ үлкен ток өтеді, себебі 2 пластинаның щеткамен жанасу ауданы Үлкен және сондықтан щетка мен коллекторлық пластина арасындағы жанасу кедергісі аз. Коммутациялық секциядағы Ток коммутация басталғанға дейінгі бағытпен бірдей болады, бірақ оның шамасы $I_A(i=0,5 I_A)$ қарағанда аз болады. Бұл байланыс беті щеткалар біркелкі жабады, екі коллекторлық пластиналар $R_{Щ1}=R_{Щ2}$ (сурет 4.1, в), ток коммутациялық секция айналады нөлге тең $i=0$, $i_1=i_2=0,5 I_A$. Кейіннен сәттен (4.1-сурет, г) ток жалғағыш шығарып салуға қатысады маңызы бар: $i_1=1,5 I_A$, $i_2=0,5 I_A$. Соңында коммутация үшін бесінші сәттен (4.1-сурет, д) щетка толығымен қатысты коллекторной пластиналар 1-коммутируемая секциясы, ол замкнута накоротко щеткамен. Сонымен қатар, ол Зәкір орамының бірінші параллель тармағы болып табылады және онда ток I_A тең болады, бірақ коммутация басында бағытталған токқа қарама-қарсы болады. $i_1=2I_A$ және $i_2=0$ қосқыш сымдардағы токтар. Жалпы ток $2I_A$ тең. Осылайша, 2 коллекторлық пластинадан 1 пластинаға щетканың өту уақыты ішінде коммутациялық секцияда $+I_A$ –дан 0-ге дейін және 0-ден- I_A -ға дейін ток өзгерісі болды. Көрсетілген ток өзгеруі өте тез 0,0003-0,001 сек болады. 2.6 сурет-коммутация процесіндегі коллекторлық пластиналардағы щетканың орналасуы.



Сурет 4.2-уақыт секциясының тогын өзгерту кестесі

Суретте 4.2 ұсынылған кестесі тогының өзгеру секциясы уақыты бойынша ауысқан, оны екі рет бір параллель бұтақтары басқа. Коммутация процесі секцияда болатын уақыт коммутация кезеңі деп аталады. T кезінде секциялар әртүрлі полярлы щеткалардың арасында қозғалады. Қысқа тұйықталған контур (4.1, б сурет) секциядан, екі коллекторлы пластинадан және щеткадан тұрады; сопротивлениями ең секциялар мен жалғағыш өткізгіштердің арасындағы секциясы және коллекторными пластинами пренебрегаем, өйткені олар шамалы салыстырғанда сопротивлениями өтпелі арасындағы байланыс щеткамен және коллекторными пластинами. $R_{Щ2}$ және $R_{Щ1}$ арқылы щетканың шеттерін лақтыратын және түсірегін өтпелі контактілердің кедергісін белгілегеннен кейін Кирхгофтың екінші заңы бойынша теңдеуді құрамыз: $\Sigma e=0$. Бұл болжам, мысалы, егер $r \approx 0$ болса немесе секция контурында э. д. с. сомаларының толық теңдеуіне сәйкес келеді.

$$\Sigma e = R_{Щ2}i_2 - R_{Щ1}i_1 = 0. \quad (4.1)$$

Сонымен қатар, А және с тораптары үшін бірінші заң бойынша Кирхгоф

$$i_1 = I_A - i; \quad i_2 = I_A + i, \quad (4.2)$$

мұнда i – коммутацияланатын секцияның тогы.

I секция тогының өзгеруі тек $R_{\text{Щ1}}$ және $R_{\text{Щ2}}$ өзгеруімен анықталады, соның салдарынан бұл жағдай коммутация кедергісімен аталады. Қарастырылып отырған уақытта щетка коллекторлық пластиналардың учаскелерін ені бойынша жабады: $b_{\text{Щ1}} = v_K t$; $b_{\text{Щ2}} = v_K$

$$(T_K - t); b_{\text{Щ}} = v_K T,$$

мұнда v_K – коллектордың айналмалы жылдамдығы. 2 және 1 коллекторлы пластиналармен щетканың жанасу ауданы болады: $S = b_{\text{Щ1}} l_{\text{Щ1}}$; $S_2 = b_{\text{Щ2}} l_{\text{Щ2}}$, контактінің толық ауданы $s_{\text{Щ}} = b_{\text{Щ}} l_{\text{Щ}}$, мұнда l щетканың ұзындығы. Байланыс кедергісі кері байланыс алаңына пропорционал екенін ескере отырып, щетка мен коллекторлық пластина арасындағы өтпелі кедергілерге арналған өрнектер келесі түрде жазамыз

$$\frac{R_{\text{Щ1}}}{R_{\text{Щ}}} = \frac{S_{\text{Щ}}}{S_1} = \frac{l_{\text{Щ}} v_K T_K}{l_{\text{Щ}} v_K t} = \frac{T_K}{t};$$

$$\frac{R_{\text{Щ2}}}{R_{\text{Щ}}} = \frac{S_{\text{Щ}}}{S_2} = \frac{l_{\text{Щ}} v_K T_K}{l_{\text{Щ}} v_K (T_K - t)} = \frac{T_K}{(T_K - t)}, \quad (4.3)$$

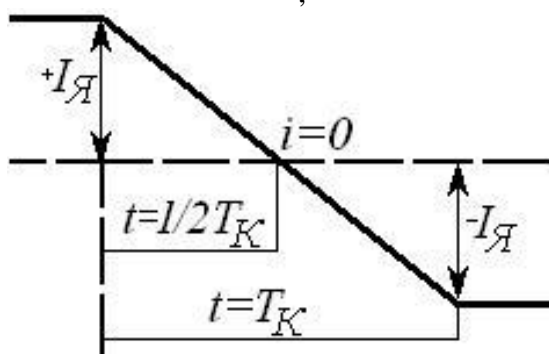
$$R_{\text{Щ1}} = \frac{R_{\text{Щ}} T_K}{t} \quad R_{\text{Щ2}} = \frac{R_{\text{Щ}} T_K}{(T_K - t)}$$

(4.4) i_1 және i_2 токтарының мәндерін және $r_{\text{Щ1}}$ және $R_{\text{Щ2}}$ кедергілерін орналастырамыз.

$$i = I_{\text{Я}} \frac{R_{\text{Щ}} - R_{\text{Щ2}}}{R_{\text{Щ1}} + R_{\text{Щ2}}} = I_{\text{Я}} \left(\frac{1 - 2t}{T_K} \right). \quad (4.4)$$

(4.4) бойынша токтың өзгеруіне сәйкес коммутация тура сызықты деп аталады, себебі қысқа тұйықталған секциядағы ток тура сызықты заң бойынша өзгереді. 4.4-суретте (4.4) сәйкес салынған $I = f(t)$ коммутациялық секциядағы токтың өзгеру кестесі көрсетілген. Тура сызықты коммутация ең қолайлы болып табылады, өйткені ол тек қана щеткалардың ұшқынсыз жұмысының негізгі шарттарының бірі қамтамасыз етіледі, атап айтқанда щеткалардың астындағы токтың біркелкі тығыздығы

$$i_{\text{Щ1}} = \frac{i_1}{S_{\text{Щ1}}} = \frac{2I_{\text{Я}}}{l_{\text{Щ}} b_{\text{Щ}}}; \quad i_{\text{Щ2}} = \frac{i_2}{S_{\text{Щ2}}} = \frac{2I_{\text{Я}}}{l_{\text{Щ}} b_{\text{Щ}}}. \quad (4.5)$$



Сурет 4.3 тік сызықты коммутация кестесі

Баяу және жедел коммутация

Шындығында $\Sigma e = 0$ құралы. Коммутациялық секция туындайды. э. д. с. өздік e_L , взаимоиндукции e_M және айналу e_K .

ЭҚК өздік eL . 2.6 к е с т е-коммутация кезеңі өте аз ($\approx 10^{-4}$ с) болғандықтан, коммутация секциясында ЭҚК өзі индукция $eL = -L(di/dt)$ (1-секцияның индуктивтілігі) пайда болады, ол коммутацияны баяулатуға ұмтылады, өйткені өздігінен индукция нәтижесінде тізбектегі токтың өзгеруі әрдайым баяулайды.

ЭҚК eM өздік индукциямен. Әдетте машина щеткасы бірнеше коллекторлық пластиналарды жабады, яғни $bЩ > BK$. Сондықтан коммутация бір уақытта бірнеше секцияларда болады, олар бір пазада да, қатар жатқан секцияларда да болуы мүмкін, демек, коммутацияланатын секцияларда Э.д. с. өзара индукция $eM = -M(di/dt)$, мұнда M – бір уақытта коммутацияланатын секциялардың өзара индуктивтілігі. Э. д. с. өздік және взаимоиндукции жасайды результирующую реактивную э.к.к $eP = eL + eM$, ол кедергі үдерісіне өзгерістер токтың коммутациялық секция.

Зәкір реакция өрісі және қосымша полюстермен жасалатын сыртқы өріс коммутацияланатын секциялар аймағында коммутациялайтын өрісті құрайды. Бұл өріс ЭҚК айналу индуктивтендіреді, оның бағыты өрістің магнит сызықтарының бағытына және якорьдің айналу бағытына байланысты: $eK = 2vkl\omega c$, мұнда BK – коммутациялық өрістің магнит индукциясы; l – секцияның белсенді жақтарының ұзындығы; α – секция қозғалысының сызықтық жылдамдығы; ωc – секциядағы орамдардың саны. Осылайша, коммутациялық секцияда ЭҚК қосындысы пайда болады. $\Sigma e = e_P + e_K$. (4.1), (4.2) және (4.3) коммутацияланатын секциядағы ток есебімен

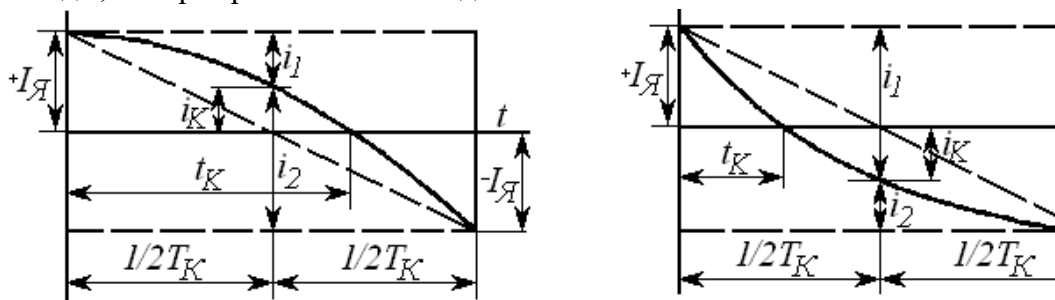
$$i = I_{\text{я}} \frac{R_{\text{щ1}} - R_{\text{щ2}}}{R_{\text{щ1}} + R_{\text{щ2}}} + \frac{\Sigma e}{R_{\text{щ1}} + R_{\text{щ2}}} = I_{\text{я}} \left(1 - \frac{2t}{T_K} \right) + \frac{\Sigma e}{R_{\text{щ1}} T_K^2} (T_K - t)t = i_L + i_K \quad (4.6)$$

мұнда $i_L = I_{\text{я}} \left(1 - \frac{2t}{T_K} \right)$ – тура сызықты коммутация тогы;

$i_K = \frac{\Sigma e}{R_{\text{щ1}} T_K^2} (T_K - t)t$ – коммутацияның қосымша тогы.

Коммутацияның қосымша тогының әрекеті Σe бағытына байланысты. Кезінде $\Sigma e > 0$ ток tK , складываясь сызықтық ток i_L тудырады ұрық процесс коммутация. I ток $tK > T_K/2$ коммутациясының басынан өткен уақыт ішінде нөлдік мәннен өткен кезде, онда щетканың сырғымалы шетіндегі токтың тығыздығы жүгіртпе шетінде ұшқынның пайда болуына себеп болуы мүмкін. Қысқа тұйықталған секция контурының ажыратылуы R және L бар тізбектің ажыратылуы немесе ажыратылуы сияқты.

4.4 суретте қысқ сызықты баяу коммутация кестесі бейнеленген. Сол суретте салыстыру үшін тура сызықты коммутация кестесі да көрсетілген. Кезінде $\Sigma e < 0$ қосымша ток коммутация i_K бар қарама-қарсы белгісі, және өзгеру сипаты токтар болады жеделдетілген (4.4-сурет,б). Бұл жағдайда I , i_1 және i_2 токтары коммутацияның басында жылдам және соңында баяу өзгереді. Ток және ток тығыздығы щетка шеті астында коммутацияның басында үлкен болады. Сондай-ақ, ток ағынын тездетіп коммутациялау процесінің соңында, сондай-ақ щетканың сырғу шетінде ток тығыздығы шағын. Сондықтан мұндай жедел коммутация кезінде қысқа тұйықталған секция тізбегінің ажырауы шағын токты тізбектің ажырауы сияқты қолайлы жағдайларда жүзеге асырылады. Бұл жағдайда, ол бір-бірімен байланысады, ал бір-бірімен байланысады, ал бір-бірімен байланысады, ал бір-бірімен байланысады, ал бір-бірімен байланысады, ал бір-бірімен байланысады.



а)

б)

4.4 сурет қисық сызықты коммутация

Щеткаларды ұшқындау себептері

Сәйкес ГОСТ 183-74 сақинасының ұшқындау дәрежесі " коллекторда бағалануы тиіс шкаласы бойынша ұшқындау (сыныптары коммутация) - кестеде көрсетілген 4.1. Коллекторлық машиналардың ұшқындау дәрежесі стандарттарда машиналардың жекелеген түрлеріне, ал стандарттар болмаған кезде – осы машиналарға арналған техникалық шарттарда (ТШ) көрсетіледі. Егер машиналардың ұшқындау дәрежесі айтылмаса, онда ол машинаның қалыпты жұмыс режимінде 1½ жоғары болмауы тиіс.

Щеткаларды ұшқындаудың механикалық себептері коллектор бетінің тегіс еместігімен, коллектор пластиналары арасындағы Слюда оқшаулағыш төсемдердің шығуымен, щеткалы құрылғының дірілімен, щеткалардың дұрыс орналаспауымен және біркелкі емес қысымымен және т. б. байланысты.

Әлеуетті сипаттағы себептер. Сынаулар, егер коллекторлық пластиналар арасындағы кернеудің максималды мәні үлкен және орташа қуатты машиналар үшін 25÷35 В және аз қуатты машиналар үшін 50÷60 в болса, коммутация қалыпты түрде өтетінін көрсетті. Егер бұл кернеу көрсетілген шектерден асып кетсе, онда көршілес пластиналар арасында Ұшқын немесе тіпті доға пайда болады.

Щеткаларды ұшқындаудың механикалық себептері коллектор бетінің тегіс еместігімен, коллектор пластиналары арасындағы Слюда оқшаулағыш төсемдердің шығуымен, щеткалы құрылғының дірілімен, щеткалардың дұрыс орналаспауымен және біркелкі емес қысымымен және т. б. байланысты.

4.1 Кесте

Ұшқын дәрежесі	Ұшқындау дәрежесінің сипаттамасы	Коллектор мен щеткалардың жай-күйі
1	Ұшқынның болмауы	Коллекторда бүрікудің және щеткаларда күйген іздердің болмауы
1 ¼	Щетка жиегінің шағын бөлігінің астындағы әлсіз ұшқын	Коллектордың бетін бензинмен сүрту арқылы оңай жойылатын коллекторда бүрку іздерінің және щеткаларда күйдіру іздерінің пайда болуы
1 ½	Щетка жиегінің үлкен бөлігінің астындағы әлсіз ұшқын	Коллектордың бетін бензинмен сүрту арқылы жойылмайтын, коллекторда бүрку іздерінің және щеткаларда күйдіру іздерінің пайда болуы
2	Щетканың барлық шетінде ұшқын. Жүктемені қысқа мерзімді итеру және қайта тиеу кезінде ғана рұқсат етіледі	Коллектордың бетін бензинмен сүрту арқылы жойылмайтын, коллекторда бүрку іздерінің және щеткаларда күйдіру іздерінің пайда болуы
3	Ірі және ұшатын ұшқындардың пайда болуымен щетканың барлық шетінде айтарлықтай ұшқын. Егер бұл ретте коллектор мен щеткалар одан әрі жұмыс істеу үшін жарамды күйде қалатын болса, машиналарды тікелей қосу немесе реверсиялау сәттері үшін ғана жол беріледі	Коллектордың бетін бензинмен сүрту арқылы жойылмайтын коллекторда едәуір бүрку, сондай-ақ щеткаларды күйдіру және ішінара бұзу

Әлеуетті сипаттағы себептер. Сынаулар, егер коллекторлық пластиналар арасындағы кернеудің максималды мәні үлкен және орташа қуатты машиналар үшін 25÷35 В және аз қуатты машиналар үшін 50÷60 в болса, коммутация қалыпты түрде өтетінін көрсетті. Егер бұл кернеу көрсетілген шектерден асып кетсе, онда көршілес пластиналар арасында Ұшқын немесе тіпті доға пайда болады.

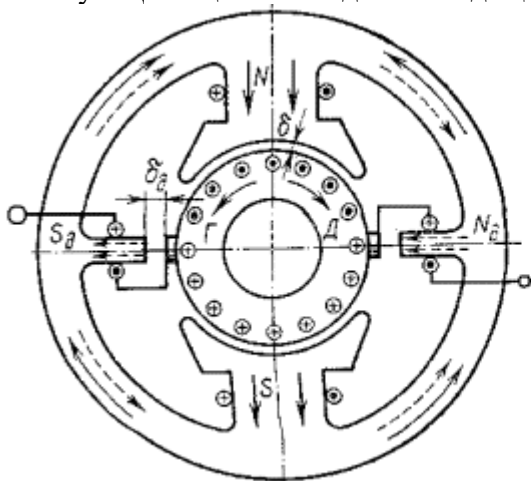
Электрмагниттік сипаттағы себептер коммутацияланатын секцияның 0,5LCi2 электрмагниттік энергия қорының шамасымен байланысты. Электрмагниттік энергия разряды және ұшқынның

себебі болып табылады. Осылайша, электромагнитті сипаттағы себептер реактивті э. д. с. еР және ол шақыратын іК коммутациясының қосымша тогының шамасына байланысты. Қатты ұшқын коллектордағы айналма отқа өтуі мүмкін, бұл машинаның щеткалы-коллекторлық құрылғысының зақымдануына әкеп соғады.

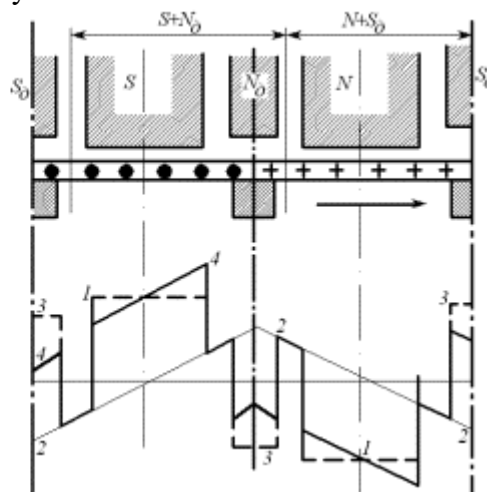
Коммутацияны жақсартудың негізгі құралдары

Тұрақты ток машиналарында қанағаттанғысыз коммутацияның негізгі себебі – коммутацияның қосымша тогы $= \Sigma e / \Sigma RK = (eP \pm eK) / \Sigma RK$, мұнда RK – ік коммутациясының қосымша тогына электрлік кедергілердің қосындысы. Сомаға щеткалардың, секциялардың, "петушкалардағы" дәнекерлеудің кедергілері және щетка мен коллектор арасындағы түйіспелі кедергі кіреді. Алайда, аталған кедергілерден ең үлкен шамада түйіспе кедергісі және щетка кедергісі болады. Азайту ток іК қол жеткізуге болады мынадай тәсілдермен: азаюымен реактивті эК еР; құрумен коммутирующей аймағында магнит өрісінің мұндай шамалар және мұндай қарама-қарсылық, экк, айналу еК скомпенсировала еді эК еР; өсуіне кедергі ΣRK . Реактивті ЭҚК еР таза конструктивті әдістермен азайтылуы мүмкін. Бұл үшін машинаны жобалау кезінде қысқартылған қадаммен және орамдардың саны аз секцияларды қарастыру, Зәкір айналу жиілігін және сызықтық жүктемесін азайту, щеткалардың, коллектор мен секциялардың тиісті өлшемдерін орнату қажет. Алайда, барлық осы шарттарды орындау машинаның көлемі мен тиісінше оның құнының ұлғаюына байланысты шектеулі дәрежеде ғана пайдаланылуы мүмкін.

Тұрақты ток машиналарында еК айналу үшін қосымша полюстер қолданылады (сурет 4.5). Қосымша полюстердің магнитті күші коммутация аймағында ВК магнитті индукциясын ЭҚК айналу ЭҚК тең болатындай шамада қамтамасыз етуі тиіс.



Сурет 4.5 - машина Г генераторымен және Д Қозғалтқышымен жұмыс істеген кезде қосымша Полюстердің полярлығы



Сурет 4.6 – қосымша полюсі бар күш генераторының магниттілігі

На сурет 4.6 қосымша полюстері бар генераторды көрсетеді. Бұдан басқа, қосымша полюстердің магниттік ағыны Зәкір реакциясының көлденең ағынына қарама-қарсы бағытталуы тиіс, яғни негізгі полюстердің арасындағы аймақта Зәкір көлденең реакциясының магниттеуші және бұрмалаушы әсерін өтеу керек. Сондықтан генератордағы қосымша полюстің полярлығы басты полюстің айналу бағыты бойынша келе жатқан сияқты, ал қозғалтқышта – алдыңғы басты полюсте сияқты болуы тиіс (4.5-сурет).

Зәкірдің көлденең реакциясы және реактивті э. д. с. еР Зәкір тогына пропорционал болғандықтан, олардың компенсациясы үшін н. с. қосымша полюс пен магнитті индукция ВК Зәкір тогына пропорционал болуы тиіс. Бұл жағдайды қанағаттандыру үшін қосымша полюстерді орауды Зәкір орамымен ретімен жалғайды, ал қосымша полюстерді машинаның номиналды жүктемесі кезінде қанықпаған орындайды. Ол үшін негізгі полюс астындағы саңылаумен салыстырғанда қосымша полюс астындағы саңылауды ұлғайтады, Болаттың қанығуы әсер етпеу үшін қосымша полюстің өзекшесінде индукцияны $0,8 \div 1$ Тл артық емес алады. Қосымша полюстердің саны әдетте негізгі полюстердің санына тең және тек қана аз қуатты машиналарда

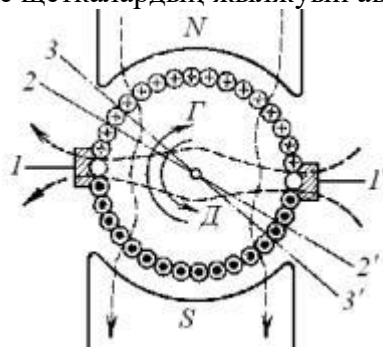
оларды кейде екі есе азайтады. Қосымша полюстер негізгі полюстердің арасында геометриялық нейтралдар сызықтары бойынша орналасады. Щеткаларды осы желілер бойынша орнатады және барлық жүктеме кезінде осы күйде қалдырады.

Қосымша полюстері жоқ машиналарда ЭҚК айналуының орнын толтыратын жасау үшін қажетті магнит өрісі геометриялық нейтралмен щеткалардың жылжуын алуға болады (сурет 4.7). Мысалы, машина генератормен жұмыс істейді және якорь сағат тіліне айналады. Егер щеткалар 1-1' геометриялық бейтарапта орнатылса, онда коммутация аймағында зәкірдің көлденең өрісі ғана болады. Осы өрісте коммутацияланатын секциялар айналғанда, онда секциялар коммутация аймағына кіргенге дейін бағытталғандай, бағытталған э. д. с. жүргізіледі.

Демек, ЭҚК зәкірдің көлденең өрісімен шартталған еК айналу ЭҚК еL және ЭҚ өзін-өзі индукция эқ сияқты бағытта әрекет етеді.

Егер щеткаларды 2-2' аймаққа жылжытса, онда якорь өрісі полюстер өрісімен толық өтелген (физикалық бейтарап), онда ЭҚК еК айналу коммутацияланатын секцияларда нөлге тең болар еді, алайда ЭҚК еL және еМ коммутация процесін баяулатады. Осы ЭҚК компенсациялау үшін щеткаларды одан әрі қарай – 3-3' күйге ауыстыру қажет, онда әуе саңылауында нәтиже беретін өріс бағыты бар, сол полюстер өрісінің кері бағыты, олардың астында секциялар коммутация басталғанға дейін болған. 4.7-суретте көрсетілгендей, коммутациялық өрісті құру үшін генераторлық режимде зәкірдің айналу бағыты бойынша және қозғалтқыш режиміндегі айналу бағытына қарсы геометриялық бейтарабы бар щеткаларды жылжыту қажет.

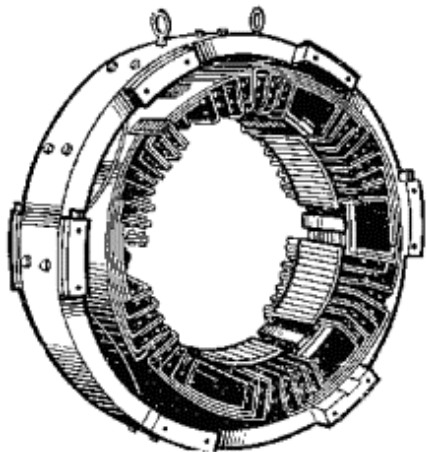
Егер щеткаларды 2-2' аймаққа жылжытса, онда якорь өрісі полюстер өрісімен толық өтелген (физикалық бейтарап), онда ЭҚК еК айналу коммутацияланатын секцияларда нөлге тең болар еді, алайда ЭҚК еL және еМ коммутация процесін баяулатады. Осы ЭҚК компенсациялау үшін щеткаларды одан әрі қарай – 3-3' күйге ауыстыру қажет, онда әуе саңылауында нәтиже беретін өріс бағыты бар, сол полюстер өрісінің кері бағыты, олардың астында секциялар коммутация басталғанға дейін болған. 4.7-суретте көрсетілгендей, коммутациялық өрісті құру үшін генераторлық режимде зәкірдің айналу бағыты бойынша және қозғалтқыш режиміндегі айналу бағытына қарсы геометриялық бейтарабы бар щеткаларды жылжыту қажет. Бұл әдіс – коммутациялық өріс Зәкір тогына автоматты түрде пропорционалды түрде өзгертілмейді және Зәкір өрісінің талап етілетін компенсациясы ЭҚК еL және емен машинаның белгілі бір жүктемесі кезінде ғана алынады. Басқа жүктемелер кезінде коммутация шарттары қолайлылығы аз болады. Жүктеме өзгерген кезде щеткалардың жылжуын автоматты түрде өзгерту мүмкін емес.



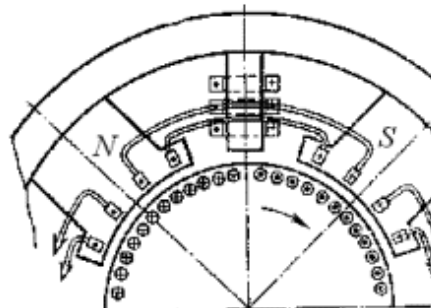
Сурет 4.7-коммутацияны жақсарту үшін щеткаларды ауыстыру

Коммутацияланатын секцияның тізбегінің кедергісін көтеру, жоғары кедергісі бар "петушкаларды" орындау есебінен мүмкін болады. Бірақ бұл машинаның азаюына, сондай-ақ щетканың лақтырылатын шетінде ток тығыздығының артуына әкеледі. Сонымен қатар, мұндай "петушки" жұмыста сенімсіз. Маңызды болып тиісті сипаттамалары бар щеткаларды іріктеу және коллектор бетінде оксидті пленканы сақтау табылады. Щетка маркасын таңдау кезінде жиі өзара қарама-қайшы талаптардың ымыралы шешімін табуға тура келеді. Мысалы, коммутацияны жақсарту тұрғысынан щеткалардың қатты сұрыптарын таңдау тиімді. Бірақ бұл коллектордың жоғары тозуына және щетканың осы сорттарының аз рұқсат етілген ток тығыздығының салдарынан барлық щеткалы аппарат пен коллектор өлшемдерінің ұлғаюына әкеледі. Қазіргі уақытта қарапайым орындау машиналарында графитті щеткалар, ауыр жұмыс режимі бар машиналарда – көмір графитті және электрографитті, төмен вольтты машиналарда – мыс немесе

кола графитті кең қолданылады. Щетка мен коллектор арасындағы түйіспелі кедергіге коллектор бетінің химиялық жағдайы үлкен әсер етеді. Қалыпты жұмыс кезінде коллектор беріктігі жоғары және электр кедергісі бар жұқа оксидті пленкамен жабылуы тиіс. Қосымша полюстер якорь реакциясының әрекетін тек полюс аралық кеңістікте (коммутация аймағында) өтейді. Негізгі полюстердің астында Зәкір реакциясы бөлінбеген болып қалады, бұл негізгі өрістің бұрмалануына және Зәкір орамының көрші секцияларына келтірілген э. д. с. арасындағы күрт айырмашылыққа әкеледі, соның салдарынан әлеуетті сипаттағы ұшқын пайда болады. Негізгі полюстер аймағында Зәкір реакциясының орнын толтыру үшін компенсациялық орама қолданылады (4.8 сурет).



Сурет 4.8 – компенсациялық орамасы бар
Тұрақта ток машинасының
Статорының сұлбасы



Сурет 4.9 – компенсациялық
орамадағы токтың бағыты

Полюсті ұштықтардың пазасына оқшауланған өткізгіштер салынады, олар ораманы геометриялық нейтральмен сәйкес келетін магнитті осьпен түзеді (4.9 сурет). Компенсациялық ораманы Зәкір орамымен ретімен қосады. Компенсациялық ораманың магниттеуші күші полюстік доғаның ұзындығы бойынша бөлінген, оның бағыты н. с бағытына қарама-қарсы. Компенсациялық ораманың болуы машина жұмысының сенімділігін арттырады, оның құны мен Зәкір тізбегіндегі ысыраптарды ұлғайтады, сондықтан оны ауыр жағдайларда жұмыс істейтін аз қуатты машиналарда (тартқыш электр қозғалтқыштары, крандық), сондай-ақ жүктеменің күрт ауытқуы бар үлкен қуатты машиналарда (илемдеу стандартының электр қозғалтқыштары) қолданады.

Өзін өзі бақылауға арналған сұрақтар

1. Баяу және жедел коммутация.
2. Щеткалардың ұшқындау себептері.
3. Қисық сызықты коммутация.
4. Тура сызықты коммутация.
5. Коммутацияны жақсартудың негізгі құралдары.

5 тақырып. Арнайы мақсаттағы тұрақты ток машиналары

Электр машиналы күшейткіштер

Қазіргі заманғы өндірістік электр қондырғыларында үздіксіз автоматты реттеу және басқару жүйелері кеңінен қолданылады. Бұл жүйенің негізгі элементтерінің бірі-қуатты күшейткіш. Күшейткіштердің әртүрлі түрлері бар: электрондық, электромагниттік және электр машиналық. Олар $\eta = \text{const}$ жетекті Электр қозғалтқыштарымен айналуға әкелетін электр машиналық генераторлардың арнайы түрі болып табылады. Бұл машиналар жетек қозғалтқышынан алынатын қуат есебінен өте үлкен қуатты шығуда басқару қуаты аз болған кезде алуға мүмкіндік береді. Электр машиналық күшейткіштердің негізгі сипаттамаларының бірі P_2 шығу электр қуатының ТҚ басқару қуатына қатынасына тең қуатты күшейту коэффициенті болып табылады

$$k_y = P_2 / P_1. \quad (5.1)$$

Реттеу жүйесіне қойылатын маңызды талап-басқару сигналын берудің ең аз уақыты, бірақ ЭМУ қозу ағынына негізделген электромагниттік Инерция бар. ЭМУ-дың жылдам әрекеті ораманың электромагниттік тұрақты уақытын анықтайды

$$T=L/R, \quad (5.2)$$

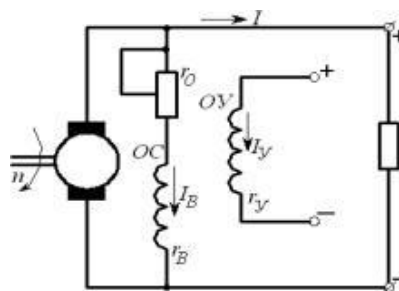
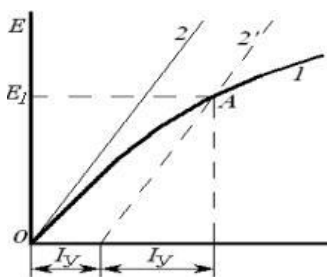
мұнда L және R – басқару орамдарының индуктивтілігі және белсенді кедергісі.

Күшейту коэффициентінің ұлғаюымен күшейткіштің тұрақты уақыты да өседі. Күшейткіштерді әртүрлі k_U және T -мен мейірімділік коэффициенті бойынша салыстырады

$$k_D=k_U/T \quad (5.3)$$

олар-біркатарлы. Көпсатылы күшейткіштерде қуатты дәйекті көпсатылы күшейту жүреді. Қозу тәсілі бойынша бойлық және көлденең ағынмен ЭМУ ажыратылады. Бойлық өрісті күшейткіштерде қозудың негізгі ағыны машинаның бойлық осі бойынша бағытталған.

Конструктивті одноступенчатый ЭМУ, бойлық ағыс (5.1-сурет, а) білдіреді генератор параллель қозу бар бір обмотку тәуелсіз қозу аталатын оралатын басқару (ОУ). Өзін-өзі тану орамасы бар ЭМУ өзін-өзі тану тізбегінің (ОС) күйге келтірілген күйде сыни тең немесе өзін-өзі тану процесінің пайда болу шарты бойынша одан біршама асып түсетін кедергісі болады. Бұл ретте күшейткіштің шығысындағы кернеу өздігінен іске қосылатын генератор ретінде нөлге тең, өйткені 2 вольтамперлік сипаттамасы координатаның басында 1 бос жүріс сипаттамасын кесіп өтеді (5.1, Б сурет). Егер ОУ басқару орамында I_U кейбір тогын өткізсе, онда оның әсерінен оның н.с. генератор тез өзін-өзі қозғайды. х. сипаттамасының а нүктесіне дейін.

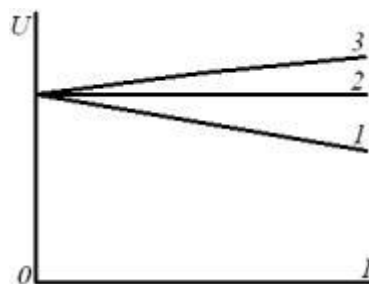
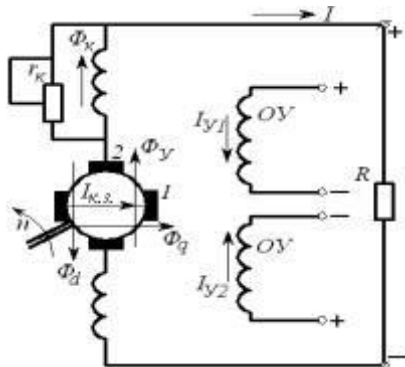


а)

б)

Сурет 5.1-бойлық өрісі бар электр машиналық күшейткіштің схемасы (а) және оның бос жүрісінің сипаттамасы (б)

Көлденең өрісі бар электр машиналық күшейткіштер ең кең таралған, олар әдетте $2p=2$ бар белгісіз полюстермен дайындалады. Тұрақты токтың қарапайым машинасында якорьдің көлденең реакциясы басты полюстер өрісін бұрмалайды және коммутацияны жиі бұзады, сондықтан якорьдің көлденең реакциясын әлсірету үшін шаралар қолданылады. Осы мақсат үшін коллекторда 2 тік щеткалардың қосымша жұбын орналастырады, олардың осі негізгі көлденең щеткалардың 1 осіне перпендикуляр болады(5.2-сурет).

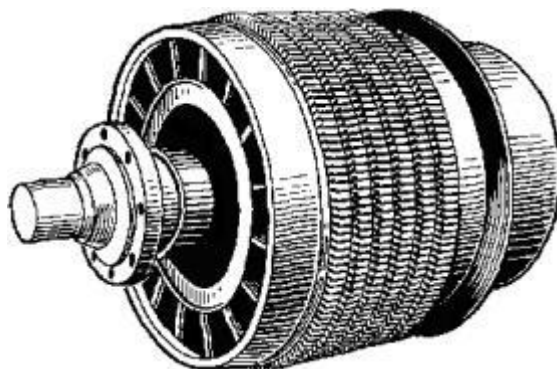


Осы орамдардың токтарын басқару орамына кіріс сигналдарын бергеннен кейін, н.с. және 1 қысқа тұйықталған щеткалардың осіне көлденең бағытта әрекет ететін ФУ ағынын жасайды. Бұл кезде Зәкір орамындағы аздаған ағынның қиылысуы кезінде Эқк индукцияланады, оның әсерінен ІКЗ тогы құрылады. Бұл күшейтудің бірінші сатысы болып табылады, бұл шын мәнінде кт режимінде жұмыс істейтін тәуелсіз қозу генераторы болып табылады. ІКЗ тогы көлденең фқ зәкірінің реакциясын жасайды, ол көлденең щеткалардың осі бойымен 1 және тік щеткалардың осіне перпендикуляр 2 бағытталған. Фқ ағынының әсерінен Зәкір орамында 2 щеткалары арасында салынған эқк келтіріледі. Егер бұл щеткаларға жүктеме қосылған болса, онда 1 тік щеткалардың тізбегінде жүктеме тогы пайда болады. Демек, ЭМУ күшейтудің екінші сатысы-көлденең және бойлық щеткалардың тізбектері. І жүктеме тогы бағыты 2 тік щеткалардың осімен сәйкес келетін ФҚ зәкірі реакциясының бойлық ағынын жасайды және басқару орамының ФУ ағысына қатысты қарама-қарсы болып табылады. Егер Фd ағынын өтеу бойынша шаралар қолданбаса, машина азайған және жұмысқа жарамсыз болып қалады. Сондықтан ЭМУ станинасына міндетті түрде Фс ағыны Фd ағынына қарсы бағытталған өтемдік ораманы салады. Компенсацияны дәл күйге келтіруді компенсациялық орамаға параллель қосылған МК реостаты жүзеге асырады. І жүктеме тогынан өтетін 2 тік щеткалардың үстінен коммутацияны жақсарту үшін қосымша полюстер орнатылады.

Күшейткіштің магниттік тізбегі қанықпаған болғандықтан, и кернеуі І жүктеме тогының сызықтық функциясы болып табылады, яғни ЭМУ сыртқы сипаттамасы түзу сызық болып табылады (сурет 5.3). Зәкір реакциясының толық емес компенсациясы кезінде жүктеме артқанда күшейткіштің кернеуі төмендейді (қисық 1). Толық компенсация кезінде ЭМУ кернеуі шамалы өзгереді, тек зәкірде кернеудің төмендеуі есебінен (қисық 2).(3-қисық) күшейткіштің өзін-өзі тудыруы мүмкін, яғни басқару орамындағы токтың тұрақтылығы кезінде кернеудің ерікті өсуі. Көлденең өрісі бар жалпы ЭМУ күшейту коэффициенті $2000 \div 10\ 000$ шегінде, бірақ кейде 100 000 жетеді.

Газсыз зәкірі бар тұрақты ток машиналары

Автоматты реттеудің қазіргі заманғы жүйелері тұрақты токтың атқарушы қозғалтқыштарына қатаң талаптар қояды: жылдам әрекет ету, айналу жиілігін реттеудің максималды дәлдігі, жоғары коммутациялық сенімділік. Соңғы уақытта Зәкір орамасы пазаларда емес, тікелей Зәкір өзекшесінде орналасқан қозғалтқыштар пайда болды. Тегіс зәкірі бар машиналар мынадай ерекшеліктерге ие: зәкірді орау паздарда орналасқан ораудан гөрі салыстырмалы түрде аз индуктивтілігі бар; тістердің болмауы ауа саңылауында магниттік индукцияны айтарлықтай арттыруға мүмкіндік береді. Азайту индуктивтілік орамдар төмендетеді реактивную э. д. с. жалғанатын секцияларда. Машинаның магнитті емес магнитті тізбегінің салыстырмалы үлкен бөлігінің болуы якорь реакциясын азайтады, сондықтан тегіс зәкірі бар қозғалтқыштардың айналу жиілігінің тура сызықты тұрақты сипаттамалары және үлкен жүктелімдер кезінде де якорь тогынан сәттің тура сызықты тәуелділігі болады. Сонымен қатар, қозғалтқышта тістердің болмауы салдарынан негізгі магнит ағынының пульсациясы іс жүзінде жоқ, бұл электр қозғалтқышты пайдалану кезінде өте маңызды. Тегіс зәкірді қолданудың орындылығы аз қуатты машиналарда олардың сипаттамаларын жақсартумен, ал үлкен қуатты машиналарда – жеткілікті коммутациялық сенімділігін қамтамасыз етумен және коллекторда потенциалдардың таралуын жақсартумен байланысты. Зәкір орамасы тікелей оқшауланған өзекшеге немесе пластмасса қабатқа бекітіледі.

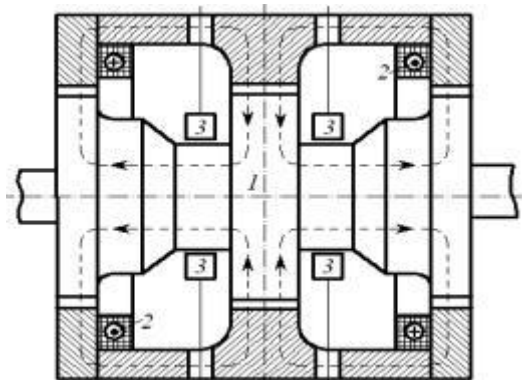


Бірінші жағдайда оқшауланған өзекшеге эпоксидті шайырмен сіңірілген Зәкір орамасының секциясын салады, оларды бандаж шыны таспасының көмегімен бекітеді. Екінші жағдайда зәкір өзекшесінің тегіс бетінде саңылауларына ораманы төсейтін пластмасса сегменттер орнатылады (5.4 сурет). Тегіс зәкірі бар машиналарды дайындау кезінде туындайтын басты мәселелердің бірі-үлкен н.с. шектеулі габариттермен қамтамасыз ететін қозу орамасын жасау. Мұндай қозғалтқыштарды айналу жиілігі мен жүктемені кең реттеумен жұмыс істейтін жетектерде қолданады (илектеу орнақтары, Көтеру-тасымалдау құрылғылары).

Униполярлы машиналар

Униполярлық генераторлар төмен кернеу кезінде (мысалы, электролизді қондырғыларда) үлкен тұрақты ток (500 000 А дейін) алуға мүмкіндік береді. 5.5 суретте униполярлы генератордың схемаларының бірі көрсетілген.

Үлкен болат ротор 1 магнит өрісіне айналады, ол 2 қозу орамасының қозғалмайтын сақиналы катушкаларымен жасалады. Машинаның орталық белсенді бөлігіндегі Φ негізгі магнит ағыны барлық шеңбері бірдей полярлыққа ие, осыдан машина атауы болады. Индуктируемая в стержнях ротор орамасының кезінде оның айналу магнит өрісі э. д. с. $E=V\omega$ сондай-ақ бүкіл шеңбер бірдей бағыт. Ротордан Ток қозғалмайтын 3 щеткасының көмегімен алынады. Бір полярлы генераторларды қолдану токтың бұрылу қиындығына байланысты шектелген, өйткені щетка аппараты үлкен болып шығады. Қазіргі уақытта ротордан сұйық металдардың (сынап, натрий) көмегімен ток ағады.



5.5 сурет-униполярлық генератор

Униполярлық индукция магнитогидродинамикалық (МГД) генераторларда да қолданылады. Бұл генераторларда қозғалыстағы өткізгіштің орнына "плазма" деп аталатын қызған иондалған газдар ағыны пайдаланылады.

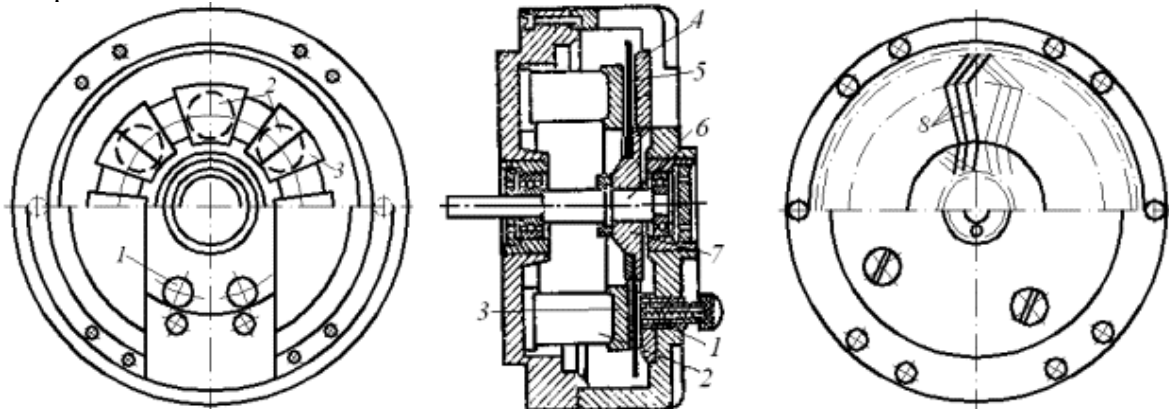
Атқарушы қозғалтқыштар

Атқарушы қозғалтқыштары деп атайды қозғалтқыштар қолданатын жүйелердегі автоматты басқару және реттеу әртүрлі автоматтандырылған қондырғылар және олар үшін арналған түрлендіру электр сигнал (кернеу) алатын болса, онда өлшеу органының немесе датчик, механикалық жылжыту (айналдыру) біліктің ықпал ету мақсатында тиісті реттеуші немесе басқарушы аппарат. Егер сигналдың кернеуі мен қуаты атқарушы қозғалтқышты басқару үшін аз болса, онда қуаттың аралық күшейткіштері (магниттік немесе электрондық) қолданылады. Атқарушы қозғалтқыштардың номиналды қуаты әдетте 500÷600 Вт дейін. Бұл қозғалтқыштарға жұмыстың дәлдігі мен жылдамдығы бойынша талаптар қойылады: М сәтінің және П айналу жиілігінің сигналдың (басқарудың) кернеуінен тәуелділігі мүмкіндігінше сызықтық болуы талап етіледі.

5.6-суретте зәкірдің баспа орамасы бар тұрақты токтың атқарушы қозғалтқышы көрсетілген. Осы қозғалтқыштың зәкірі магнитті емес материалдан (текстолит, шыны және т.б.) жасалған

жіңішке дискінің 5 түрі бар, оның екі жағында 8 Зәкір орамының өткізгіштері баспа тәсілімен түсірілген. Бұл қозғалтқыштың жұмыс істеу принципі цилиндрлік зәкірлі қозғалтқыштар сияқты. Қозғалтқышты желіге қосқан кезде Зәкір орамындағы ток қозғалтқыш статорында орналасқан және Зәкір пластмасса дискісінің бір жағына өзінің полюсті ұштарымен айналдырылған тұрақты магниттерді қозудың магниттік өрісімен өзара іс-қимыл жасайды.

Дискінің екінші жағында 4 ферромагнитті материал сақинасы орналасқан. Бұл сақина кәдімгі конструкцияның қозғалтқышындағы якорь өзекшесі сияқты функцияларды орындайды, яғни негізгі магниттік ағын тұйықталатын машинаның магниттік жүйесінің элементі. Қозғалтқыштың зәкірі 6 төлкемен 7 білікке бекітіледі.



Сурет 5.6-баспа орамасы бар тұрақты ток қозғалтқышының конструкциясы

Қозғалтқышты желіге қосу 1 щеткұстағышпен щеткалық байланыс арқылы жүзеге асырылады. Өйткені секция баспа орамасының одновитковые саны секция орамасындағы шектелген алаңы бетінің диск, онда қозғалтқыштар баспа оралатын орындайды әдетте төмен кернеу желісі.

Тахогенераторлар

Тахогенераторлар генераторлық режимде жұмыс істейтін және айналу жиілігін пропорционалды электр сигналға түрлендіру үшін қызмет ететін электрлік микромашиналар деп аталады. Бұл ретте түрлендірудің барабарлығы тахогенератордың Шығыс сипаттамасының түрімен анықталады, яғни кіріс шамасы (біліктің айналу жиілігі n) мен шығу (шығу орамындағы $UBYX$ кернеуімен) арасындағы тәуелділік. Тахогенераторлардың көпшілігі $I_b = \text{const}$ кезінде тәуелсіз қозуы бар немесе $\Phi = \text{const}$ тұрақты магниттері бар тұрақты ток машиналарының әдеттегі конструкциясына ие. Магнит ағынының тұрақтылығы кезінде

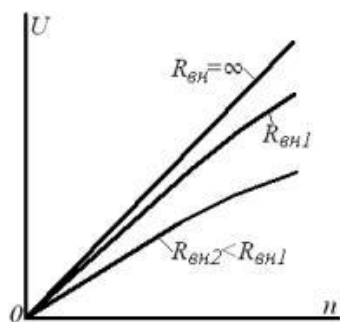
$$E_{\text{я}} = k_{\text{ЕН}} \Phi = k_{\text{ЕН}} n - \text{генератордың ЭКК,}$$

$E_{\text{я}} = U + I_{\text{я}} R_{\text{я}} = U(1 + R_{\text{я}}/R)$, где $I_{\text{я}} = U/R$ – генератордағы зәкір тогы; R – генератор қосылған сыртқы тізбектің кедергісі.

Осындай жолмен,

$U = E_{\text{я}}(1 + R_{\text{я}}/R) / k_{\text{ЕН}} / (1 + R_{\text{я}}/R)$, яғни, жүктеме кедергісі мен Зәкір тізбегінің тұрақтылығы кезінде генератордың кернеуі мен оның зәкірінің айналу жиілігі арасындағы тепе-теңдік сақталады.

І Зәкір тогының ұлғаюына қарай якорь реакциясының магнитті әсері байқала бастайды. І Зәкір тогының ұлғаюына қарай якорь реакциясының магнитті әсері байқала бастайды. Магнит ағынының шамасы азаяды және тахогенератордың сипаттамасы түзу сызықтан төмен ауытқиды. Үлкен ішкі кедергісі бар өлшеу құралдарын қолдану шығу сипаттамасының сызықтығын азайтады.



5.7 сурет – тахогенератордың сипаттамалары

Тахогенератордың маңызды көрсеткіші-шығу кернеуінің айналу жиілігінің өсуіне қатынасы болып табылатын шығыс сипаттамасының тіктігі $[B/(об/мин)]$: $e = \Delta U_{ВЫХ} / \Delta n$, мұнда $\Delta U_{ВЫХ}$ – Шығыс кернеуінің өсуі, B ; Δn – айналу жиілігінің өсуі. Тахогенераторлардың жұмыс процесінде шығу сипаттамасының тіктігі қоздыру орамасы температурасының әсерінен және щеткалы контактіде кернеудің ауыспалы құлауы әсерінен өзгеруі мүмкін.

Тарту электр қозғалтқыштары

Тартқыш электрқозғалтқыштар жылжымалы құрамды қозғалысқа әртүрлі көлік түрлерінде: қалалық, қала маңындағы және магистральды электр темір жолдарында, су, зауытшілік, кеніштік көлікте және т. б. әкеледі. Тұрақты типті машиналармен салыстырғанда тартқыш Электр қозғалтқыштарының жұмыс жағдайы едәуір ауыр, өйткені қозғалтқыш көлемі жетекші дөңгелектердің диаметрі мен жолтабан ені шектелген.

Қозғалтқыштың жұмысы жылжымалы құрамның Елеулі үдеулері кезінде жиі іске қосу жағдайында өтеді және қозғалтқыштың қысқыштарындағы кернеудің, токтың және айналу жиілігінің күрт өзгерістерімен сүйемелденеді.

Пульсирлеуші токтың тартқыш қозғалтқыштары.

Мұндай қозғалтқыштардың ерекшелігі, оларды кремний диодтарынан түзеткіш блок арқылы айнымалы ток желісінен қоректендіреді. Токтың пульсация шамасы пульсация коэффициентімен бағаланады

$$k_{ПУЛ} = (I_{МАКС} - I_{МИН}) / (I_{МАКС} + I_{МИН}).$$

Пульсирлеуші токтың электрқозғалтқышының елеулі кемшілігі-коллектордағы, онда айналмалы оттың пайда болуына ықпал ететін кернеулі әлеуетті жағдайлар.

Өзін өзі бақылауға арналған сұрақтар

1. Электр машиналы күшейткіштер
2. Газсыз зәкірі бар тұрақты ток машиналары
3. Униполярлы машиналар
4. Атқарушы қозғалтқыштар
5. Тахогенераторлар
6. Тарту электр қозғалтқыштары

2-Бөлім Трансформаторлар

6 тақырып. Трансформаторлар туралы негізгі мәліметтер. Трансформаторлардың құрылымы және жұмыс процесі

Трансформатор деп индуктивті байланысқан орамалардың екі немесе одан да көп саны бар және айнымалы токтың бір немесе бірнеше жүйелерінің электромагниттік индукциясы арқылы ауыспалы токтың бір немесе бірнеше басқа жүйелеріне түрлендіруге арналған статикалық электромагниттік құрылғы деп аталады.

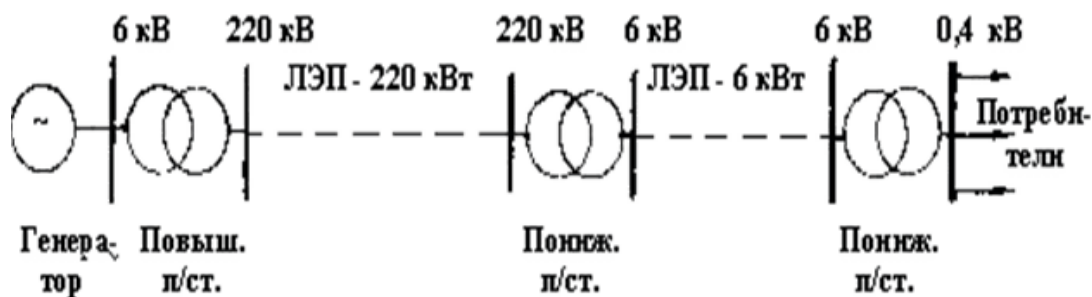


Рис. 1. Схема распределения электроэнергии

Электр энергиясын алыс қашықтыққа беру жоғары кернеуде (220, 400, 500 кВ және одан да көп) жүзеге асырылатыны белгілі, осының арқасында желідегі энергия шығыны айтарлықтай азаяды (сурет.1).

Мұндай жоғары кернеуді тікелей генераторда алу мүмкін емес, сондықтан электр беру желісінің басында жоғарылататын трансформаторлар орнатылады, ал желінің соңында төмендететін трансформаторлар орнатылады.

Осылайша, электр станциясынан тұтынушыға дейінгі жолда ауыспалы ток үш, ал кейде төрт рет трансформацияланады.

Трансформаторлар тағайындалуына байланысты Күштік және арнайы болып бөлінеді.

Трансформаторлардың көмегімен кернеу жоғарылайды немесе төмендейді, фазалар саны өзгереді, ал кейбір жағдайларда айнымалы ток жиілігі түрлендіріледі. Электр сигналдарын бір орамнан екінші орамға өзара индукция арқылы беру мүмкіндігін М. Фарадей 1831 жылы ашты; Болат магнитөткізгішке оралған орамалардың бірінде ток өзгергенде, екінші орамада индуцироваланды ЭҚК алайда бірінші іс жүзінде жұмыс істейтін трансформаторды белгілі өнертапқыш П. Н. құрды. 1876 жылы и. Ф. Усагинмен достастықта алмалар ашық магнитті өткізгішпен екі орамды трансформатор болды.

Одан әрі тұйықталған магнит өткізгіші бар бір фазалы трансформаторлардың бірнеше конструкциялары Венгр электротехниктері О. Блати, М. Дери және К. Циперноекиймен құрылды. Трансформаторлық құрылысты және жалпы электр машина жасауды дамыту үшін проф.А. Г. Столетовтың Болаттың магниттік қасиеттерін зерттеу және магниттік тізбектерді есептеу бойынша жұмыстары үлкен маңызға ие болды.

Электротехниканың дамуындағы маңызды рөл М. О. Доливо-Добровольскийге тиесілі. Ол көпфазалы және, атап айтқанда, үшфазалы айнымалы токтардың теориясының негіздерін әзірледі және алғашқы үшфазалы электр машиналары мен трансформаторларды құрды. Бір жазықтықта орналасқан параллель өзекшелері бар қазіргі заманғы формадағы үшфазалы трансформатор ол 1891 жылы ойлап тапты. Трансформаторлар теориясының негізгі ережелері Е. Арнольд пен М. Видмардың еңбектерінде әзірленген.

Трансформаторлар теориясын дамытуда және олардың конструкциясын жетілдіруде кеңестік ғалымдар в. В. Корицкийдің, Л. М. Пиотровскийдің, Г. Н. жұмыстарының маңызы зор болды. - Алматы: "Мектеп" баспасы, 2007.

Трансформаторлар келесі мақсаттар үшін кеңінен қолданылады.

1. Электр энергиясын беру және тарату үшін. Әдетте электр станцияларында ауыспалы ток генераторлары 6-24 кВ кернеуінде электр энергиясын өндіреді. Электр энергиясын алыс қашықтыққа беру үлкен кернеуде тиімді, сондықтан әрбір электр стансасында кернеуді арттыратын трансформаторлар орнатылады.

Екібастұз-Орталық, Екібастұз-Орал және басқа да айнымалы токтың 1150 кВ кернеуімен алыс электр беру желілерінің құрылысына байланысты біздің электр өнеркәсібі қуаты 667 МВ-А үш бір фазалы трансформаторлардан, ал тұрақты токтың 1500 В желілері үшін — жалпы қуаты 1500 МВ-А төрт орамалы трансформаторлардан тұратын он екі фазалы түрлендіргіш блоктарды құрды. Мұндай трансформаторлардың пәк 98 — 99% және одан жоғары.

Кернеуі 1800-2000 кВ айнымалы токтың және кернеуі 3000 кВ тұрақты токтың перспективалық электр беру желілері үшін бір фазаға қуаты 1320 МВ-А трансформаторларын әзірлейді.

Электр энергиясы өнеркәсіп кәсіпорындары мен елді мекендер арасында, қалалар мен ауылдық жерлерде, сондай-ақ өнеркәсіп кәсіпорындарының ішінде 220, 110, 35, 20, 10 және 6 кВ кернеудегі әуе және кабельдік желілер бойынша бөлінеді. Сондықтан, тарату желілерінің барлық тораптарында кернеуді төмендететін трансформаторлар орнатылуы тиіс. Сонымен қатар, төмендетуші трансформаторларды электр энергиясын тұтыну пункттерінде орнату керек, өйткені айнымалы токтың көптеген электрлік тұтынушылары 220, 380 және 660 в кернеуінде жұмыс істейді. Осылайша, электр станцияларынан тұтынушыларға беру кезінде электр энергиясы трансформаторларда бірнеше рет түрлендіруге (3-4 рет) ұшырайды. Осы мақсатта қолданылатын трансформаторлар бір және үш фазалы, екі және үш орамалы болуы мүмкін.

Түрлендіргіш құрылғыларда вентильдерді қосудың қажетті сұлбасын қамтамасыз ету және түрлендіргіштің кірісі мен шығысындағы кернеуді келісу үшін. Айнымалы токты түзететін немесе

оны тұрақты токтан айнымалы (инверторларға) түрлендіретін вентильді түрлендіргіштерде кіріс пен шығыстағы кернеудің қатынасы вентильдерді қосу схемасына байланысты болады. Сондықтан түрлендіргіштің кіруіне стандартты кернеу берілсе, шығыста стандартты емес болып шығады. Бұл кемшілікті жою үшін вентильді түрлендіргіштер, әдетте, вентильдерді қосудың қабылданған схемасы кезінде стандартты шығыс кернеуін қамтамасыз ететін трансформаторлармен жабдықталады. Сонымен қатар, вентильдерді қосу сұлбалары трансформаторды міндетті түрде қолдануды талап етеді. Осы мақсатта қолданылатын трансформаторлар түрлендіргіш деп аталады. Олардың қуаты мың киловольт-ампер, кернеуі 110 кВ жетеді; олар 50 Гц және одан жоғары жиілікте жұмыс істейді. Қарастырылып отырған трансформаторлар шығыстық кернеуді кең шектерде реттеумен және реттеусіз бір-, үш - және көп фазалы орындайды.

Соңғы уақытта қуатты турбо-және гидрогенераторларды, электр жетегін қоздыру үшін және басқа да мақсаттар үшін кернеуі 3 — 24 кВ және қуаты 133-6300 кВ-А табиғи ауамен салқындатылатын трансформаторларды кеңірек қолдана бастайды.

3. Әр түрлі технологиялық мақсаттар үшін: дәнекерлеу (дәнекерлеу трансформаторлары), электротермиялық қондырғылардың қоректенуі (электр пештік трансформаторлар) және т.б. олардың қуаты 10 кВ дейінгі кернеуде он мың киловольт-амперге жетеді; олар әдетте 50 Гц жиілігінде жұмыс істейді.

Радио және телевизиялық аппаратураның әртүрлі тізбектерін қоректендіру үшін; телемеханикадағы байланыс, автоматика құрылғылары, электр тұрмыстық аспаптар үшін; осы құрылғылардың әртүрлі элементтерінің электр тізбектерін бөлу үшін; кернеуді келісу үшін және т.б. осы құрылғыларда пайдаланылатын трансформаторлардың, әдетте, қуаты аз (бірнеше вольт-Амперден бірнеше киловольтамперге дейін), жоғары емес кернеу 50 Гц және одан да көп жиілік кезінде жұмыс істейді. Оларды екі -, үш - және көп орамды орындайды; оларға қойылатын талаптар мен жобалау принциптері өте ерекше.

Электр өлшеу аспаптары мен кейбір аппараттарды, мысалы релеге, жоғары кернеулі электр тізбектеріне немесе өлшеу шектерін кеңейту және электр қауіпсіздігін қамтамасыз ету мақсатында үлкен токтар өтетін шынжырларға қосу үшін. Осы мақсат үшін қолданылатын трансформаторлар өлшеуіш деп аталады. Олар электр өлшегіш аспаптармен, реле және т. б. тұтынылатын қуатпен анықталатын салыстырмалы түрде шағын қуаты бар.

1, 2, 3-тармақтарда және ішінара 4-тармақта санамаланған, энергия жүйелері мен электр энергиясын тұтынушылар желілерінде электр энергиясын түрлендіруге арналған трансформаторлар күштік деп аталады. Олардың жұмыс істеу режиміне айнымалы токтың өзгермейтін жиілігі және номиналды мәндерден бастапқы және екінші кернеулердің өте аз ауытқулары тән.

Отандық зауыттар шығаратын күштік трансформаторлар і-ден VIII-ге дейін бірнеше топқа (габариттерге) бөлінген. Мысалы, қуаты 100 кВ * А дейінгі трансформаторлар I габаритіне, 160 — тан 630 кВ • А — II габаритіне, 1000-тан 6300 кВ • А-III габаритіне және т. б. жатады.

Бұл тарауда негізінен күштік трансформаторлар теориясы қарастырылады; трансформаторлардың басқа түрлері жалпы теорияның негізінде қысқаша қарастырылған.

Трансформаторлардың жіктелуін бірнеше белгілер бойынша жүргізуге болады:

1. Трансформаторлар мақсаты бойынша жалпы және арнайы қолданылатын күшке бөлінеді. Жалпы қолданылатын күштік трансформаторлар электр энергиясын беру және тарату желілерінде қолданылады. Олардың жұмыс істеу режиміне 50 Гц айнымалы ток жиілігі және номиналды мәндерден бастапқы және екінші кернеулердің өте аз ауытқулары тән. Арнайы мақсаттағы трансформаторларға күштік арнайы (пеш, түзеткіш, дәнекерлеу, радиотрансформаторлар), өлшеу және сынау трансформаторлары, фазалар санын, ЭДС қисығының нысанын, жиілік және т. б. түрлендіруге арналған трансформаторлар жатады.

2. Суыту түрі бойынша-ауамен (құрғақ трансформаторлар) және майлы (майлы трансформаторлар) салқындатумен.

3. Бірінші жағында фазалар саны бойынша – бір фазалы және үш фазалы.

4. Магнит өткізгіш формасы бойынша-өзекті, броньды, тороидальды.

5. Фазаға орамалардың саны бойынша – екі орамалы, үш орамалы, көп орамалы (үш орамнан артық).

6. Орамдардың құрылымы бойынша – концентрикалық және кезектесетін (дискілі) орамалары бар.

Трансформаторлардың құрылымы.

Магниттік жүйе. Магниттік жүйенің конфигурациясына байланысты трансформаторлар өзекті, броньды және тороидальды болып бөлінеді. Өзек орамдар орналасқан магнит өткізгіштің бөлігі деп аталады. Орамасы жоқ магнит өткізгіштің бір бөлігі ярм деп аталады. Үлкен және орташа қуатты трансформаторлар әдетте өзекті болады. Олар ең жақсы салқындату шарттары және броньнан аз массасы бар.

Отандық өнеркәсіп броньды үлгідегі қуатты күш трансформаторлар шығармайды.

Бірақ айтарлықтай қуаттылықта (фазаға 80-100 МВ•А-дан астам) бронесержелі трансформаторларды жиі қолданады, оларда шеткі өзектері бүйір жармасы бар.. Бұл құрылым өзекті трансформаторлармен салыстырғанда жоғарғы және төменгі ярмалардың көлденең қимасын азайтуға мүмкіндік береді, нәтижесінде трансформатордың биіктігі азаяды және оны темір жолмен тасымалдау жеңілдетіледі. Қуаттың одан әрі жоғарылауы кезінде жоғарғы және төменгі ярманың биіктігін одан әрі азайту үшін көп тежеуішті конструкциялы трансформаторлар қолданылады. Бұл жағдайда әрбір фазаның " қуатын " екі немесе үш жеке өзекшелердің арасында ажыратады, яғни әрбір фазаның орамалары магниттік қатынаста параллель қосылған бірнеше өзекшелерде орналасады. Құрастыру тәсілі бойынша түйіспелі және шикіқұрамдалған магнит өткізгіштер ажыратылады.

Түйіскен магнит өткізгіштерде өзектер мен ярманы бөлек жинайды және бекітеді, содан кейін түйіскен жерге орнатады және өзара қосады. Түйісу орнында табақтардың тұйықталуын болдырмау үшін оқшаулау төсемдері орнатылады.

Шихталанған магнит өткізгіштерде ярма мен өзектерді түйіскен жерінде жекелеген қабаттарды өзара жаба отырып тұтас конструкция ретінде жинайды ("бұрку"). Әрбір қабат екі-үш парақтан тұрады. Магнит өткізгішті құрастыру кезінде екі жапсарлас қабаттағы табақтар әрбір келесі қабаттың табақтары алдыңғы қабаттың табақтарында түйіскен жерінде магниттік кедергіні айтарлықтай азайта отырып, түйіскен жерлерін жабады. Магнит өткізгішті құрастырғаннан кейін жоғарғы ярманың табақтары алынады, өзекшелерге катушкаларды орнатады және жапсырманы қайтадан орнына қояды. Шихталанған магнитөткізгіштер түйіскен магниттік кедергіге қарағанда едәуір аз болады; сондықтан соңғылары қазір тек микротрансформаторларда ғана қолданылады.

Аз қуатты трансформаторлар мен микротрансформаторлар жиі броньды болып тұрады, өйткені олар катушкалардың аз санына байланысты өзекті трансформаторлармен салыстырғанда төмен құны бар және құрастыру мен дайындауды оңайлату. Сондай-ақ бір немесе екі катушкалы стержендік типті аз қуатты трансформаторларды да қолданады. Тороидальды трансформаторлардың артықшылығы-магниттік жүйеде ауа саңылауларының болмауы, бұл магнит өткізгіштің магниттік кедергісін айтарлықтай азайтады.

Қуаты аз трансформаторларда магнит өткізгішті қалыпталған п-, Ш - және О-тәрізді пластиналардан жинайды. Ш - және П-тәрізді формадағы парақтарды пайдаланған кезде магнит өткізгіш "қиғаш" немесе "қиғаш"жинақталуы мүмкін. "Түйісу" пластиналарын құрастыру магнитөткізгішке ауа саңылауын енгізу қажет болған жағдайда қолданылады; бұл жағдайда түйісу орнында оқшаулағыш төсемдер орнатылады.

Орамасының. Қазіргі заманғы трансформаторларда бастапқы және екінші орамдар ең жақсы магниттік байланыс үшін бір-біріне жақын орналастыруға ұмтылады. Бұл ретте магнит өткізгіштің әрбір өзекшесінде екі орамды не концентрикалық — бір екіншісінің үстіне, не өзекшенің биіктігі бойынша кезектесетін бірнеше дискілі катушкалар түрінде орналастырады. Бірінші жағдайда орамдар концентрациялық деп аталады, екіншісінде-кезектеседі. Трансформаторларда әдетте қойыртпақты орамдар қолданылады, сонымен қатар өзекшелерге жақын жерде трансформатордың остігіне қатысты аз оқшаулауды талап ететін НН орамасы, ал сыртынан — ВН орамасы орналасады .

Кейбір жағдайларда орамдардың шашырауының индуктивті кедергісін азайту үшін екі жақты концентрациялы (ыдыратылған) орамдар қолданылады , онда НН орамалары бірдей орам санымен екі бөлікке бөлінеді. Сол сияқты ВН орамасын да орындауға болады. Кезектесетін орамалар кезінде барлық ораманы бір немесе бірнеше немерелердің катушкасынан тұратын және

олардың екі немесе бірнеше НН катушкаларының екі жағында орналасқан симметриялы топтарға бөлінеді. Ауыспалы орамдар сирек және негізінен арнайы трансформаторлар үшін қолданылады.

Трансформаторлардың орамалары мыс немесе алюминий сымдардан жасалады. Алюминийді пайдалану кезінде сымның көлденең қимасы алюминийді электр кедергісінен мыс қолданғанда қарағанда шамамен 70% артық алынады. Осыған байланысты алюминий орамдары бар трансформаторлардың габариттері мен салмағы мыс орамдары бар трансформаторларға қарағанда көп.

Конструкциясы бойынша концентрациялы орамалар цилиндрлік, үздіксіз және бұрандалы болып бөлінеді.

Тіктөртбұрыш сымынан жасалған цилиндрлік орамалар, әдетте бір өзекке (630 кВ•А дейін үш фазалы трансформатор үшін) және 6 кВ дейінгі кернеуде төменгі кернеу орамдары ретінде қолданылады. 10-16 кВ•А қуатында орам бір - екі қабатқа, ал үлкен қуатта — бірізді қосылған екі қабатқа оралады.

Бұрандалы бір және көп жүрісті орамдар әдетте қуаты 250 кВ•А жоғары трансформаторларда 15 кВ дейінгі кернеудегі және 300 А жоғары токтардағы мыс сымдары үшін және алюминий үшін 150-200 А жоғары кернеудегі өзекке арналған төмен кернеулі орам ретінде пайдаланылады. Бұрандалы орам бір-біріне радиалды бағытта жанасатын тікбұрышты қимадағы бірнеше параллель сымдардан тұратын бұрандалы сызық бойынша оралады. Бұранда сияқты, ол бір, екі және кейде көп жүрісті болуы мүмкін. Жеке орамдар мен параллель жүрістердің арасында салқындатқыш арналар орналасады.

Күштік трансформаторларды оқшаулау. Трансформаторларда орамдардың оқшауламасын басты бөлікке — оларды магнит өткізгіштен және өзара оқшаулауға (НН орамынан ВН) және бойлық — орамдар, қабаттар және әр орамның катушкалары арасындағы оқшаулауға бөлінеді. Сондай-ақ орамалардан, ауыстырып қосқыштардан және шықпалардан бұруларды оқшаулау бар. Трансформатордың орамдарын Жерге тұйықталған бөліктерден және бір-бірінен оқшаулау 50 Гц жиілігі кезіндегі негізгі электрлік беріктігімен анықталады. Ол май трансформаторларында бір уақытта салқындатқыш арналардың рөлін атқаратын оқшаулағыш аралықтардың шамасын тиісті таңдаумен қамтамасыз етіледі.

Кернеуі 35 кВ трансформаторларда атмосфералық асқын кернеуден қорғау үшін екі бастапқы және екі соңғы катушкалар жоғары кернеулі орама күшейтілген оқшаулаумен орындалады. Мұндай оқшаулама бастапқы және соңғы катушкалардың суыту жағдайын нашарлатады, сондықтан оларды үлкен көлденең қимадағы сымдардан орындайды.

Кернеуі 110 кВ және одан жоғары трансформаторларда жоғары кернеуді ораудың соңғы катушкаларындағы кернеуді азайту және орамның ұштарындағы электр өрісін теңестіру үшін электр экрандары қызмет ететін сыйымдылық орамдар мен сыйымдылық түріндегі сыйымдылық компенсацияны қолданады.

Трансформатордың кірмелері. Маймен немесе жанбайтын сұйық диэлектрикпен салқындатылатын трансформаторлардағы орамалардың ұштарын сыртқа шығару үшін бактың қақпағына немесе қабырғасына орналастырылатын өтпелі Фарфор оқшаулағыштары пайдаланылады. Өтпелі оқшаулағыш ток өткізгіш өзекпен және бекіту бөлшектерімен бірге енгізу деп аталады.

Үй-жайлардың ішінде Орнатылатын трансформаторлардың кірмелері тегіс сыртқы беті болады, ал сыртқы қондырғыға арналған трансформаторлардың кірмелері саны трансформатордың тиісті орамының кернеуіне байланысты болатын қабырғалармен жабдықталады.

Кезде қабырға артады арасындағы қашықтық кездейсоқ өзегі мен корпус бетіне изоляторға азаяды ықтималдығы беттік разрядты жауғанда тигенде изоляторына жапырақтар және т. б. Бекітуге енгізу - бак қақпағында және токоведущего өзектің изоляторда берік болуы тиіс, ал қолданылатын тығыздау — маслостойкими.

110 кВ жоғары кернеу кезінде енгізгіштер жиі құрамдық — екі Фарфор оқшаулағыштардан тұрады. Мұндай енгізу ішінде трансформатордың бағындағы маймен байланысы жоқ маймен толтырылады. Ток өткізуші кабель металл құбыр ішінде өтеді, ол кәбілдік қағазбен немесе қағаз-бакелитті цилиндрлермен оқшауланған, оларда фольгадан жасалған металл қаптамалары бар (электр өрісін тегістеу үшін).

Трансформаторларда үлкен токтарға есептелген үлкен магниттік ағын пайда болады, соның салдарынан бактың қақпағы мен бекіту фланецінде осы бөлшектерді жоғары температураға дейін қыздыратын айтарлықтай құйынды токтар пайда болады.

Үлкен токтарда бұған жол бермеу үшін болат немесе шойын фланецтердің орнына Жезді және қақпақта олар үшін жалпы тесік кесіледі. Бұл ретте барлық енгізулердің магнит ағындары тесік айналасында тұйықталады және бір және үш фазалы токтарда магнит қозғалатын күштердің өзара компенсациясына байланысты қатты азаяды. Трансформаторларда, салқындатқыштарда, орамалардың ұштары контактілі қысқыштарға жалғанады, олар трансформатордың ұшына нығайтады.

Трансформатордың әрекет принципі

Бірфазалы екі орамды трансформатордың электромагниттік сұлбасы ферромагнитті материалдан жасалған тұйық магнит өткізгіште орналастырылған екі орамнан тұрады. Ферромагнитті магнит өткізгішті қолдану орамдар арасындағы электромагнитті байланысты күшейтуге, яғни машинаның магниттік ағыны өтетін контурдың магниттік кедергісін азайтуға мүмкіндік береді. Бастапқы орама айнымалы ток көзіне — U_1 кернеуі бар электр желісіне қосылады. Екінші орамға ZH жүктеме кедергісі қосылады.

Жоғары кернеулі орама жоғары кернеулі орама деп аталады (ВН), ал төмен кернеулі орама — төмен кернеулі орама (НН). ВН орамасының басы мен ұштары А және Х әрпімен; НН орамалары — А және Х әрпімен белгіленеді.

Бірінші орамда желіге қосылған кезде магнит өткізгішпен тұйықталатын Φ айнымалы магнит ағынын жасайтын I_1 айнымалы тогы пайда болады. Осылайша, әрбір орамада индукцияланған ЭҚЖ мәндері,

$$e_1 = -w_1 d\Phi/dt; \quad e_2 = -w_2 d\Phi/dt.$$

Демек, орамдардағы лезде және әрекет ететін ЭҚЖ қатынасы өрнегімен анықталады

Егер U_1 және U_2 кернеулерінің номиналдық мәндерінен 3 — 5% аспайтын трансформатордың орамаларындағы кернеудің төмендеуін елемесек, және $E_1 \approx U_1$ және $E_2 \approx U_2$ деп санаса, онда аламыз

Демек, орамдардың орамдарының санын сәйкес таңдап, U_1 берілген кернеу кезінде қажетті U_2 кернеуін алуға болады. Егер екінші кернеуді арттыру қажет болса, онда W_2 орамдарының саны w_1 санынан көп алады; мұндай трансформаторды жоғарылатушы деп атайды. Егер U_2 кернеуін азайту қажет болса, онда W_2 орамдарының саны аз w_1 алады; мұндай трансформатор төмендетуші деп аталады,

Жоғары кернеулі ораманың ЭДС ЕНН төменгі кернеулі орамаға қатынасы (немесе олардың орам сандарының қатынасы) трансформация коэффициенті деп аталады

К коэффициенті әрқашан көп.

Энергия тарату және тарату жүйелерінде бірқатар жағдайларда үш орамды трансформаторлар, ал Радиоэлектроника және автоматика құрылғыларында көп орамалы трансформаторлар қолданылады. Мұндай трансформаторларда магнитөткізгіште бір-бірінен оқшауланған орамалардың үш немесе одан да көп саны орналастырылады, бұл орамдардың бірін қоректендірген кезде тұтынушылардың екі немесе одан да көп топтарын электрмен жабдықтау үшін әртүрлі кернеулердің (U_2, U_3, U_4 және т. б.) екі немесе одан да көп санын алуға мүмкіндік береді. Үш орамды күштік трансформаторларда жоғары, төмен және орта (СН) кернеулердің орамалары ажыратылады.

Трансформаторда тек кернеу мен токтар ғана түрлендіріледі. Қуат шамамен тұрақты болып қалады (трансформатордағы ішкі энергия шығындарынан біршама азаяды). Демек, Трансформатордың екіншілік кернеуін k есе арттырғанда, екіншілік орамдағы i_2 тогы тиісінше k есе азаяды.

Трансформатор тек айнымалы ток тізбектерінде жұмыс істей алады. Егер трансформатордың бастапқы орамасы тұрақты ток көзіне қосылса, онда оның магнит сымында шамасы мен бағыты бойынша тұрақты магнит ағыны пайда болады. Сондықтан бірінші және екінші орамдарда орнатылған режимде ЭҚЖ индукцияланбайды, демек, бастапқы тізбектен екінші тізбекке электр энергиясы берілмейді. Трансформатор үшін мұндай режим қауіпті, себебі ЭҚЖ-нің жоқ болуына байланысты $I_1 = U_1/R_1$ ток өте үлкен.

Автоматика және радиоэлектроника құрылғыларында қолданылатын трансформатордың маңызды қасиеті оның жүктеме кедергісін түрлендіру қабілеті болып табылады. Егер айнымалы ток көзіне трансформация коэффициенті k арқылы R кедергісін қосса, онда көз тізбегі үшін мұнда P_1 — айнымалы ток көзінен трансформатор тұтынатын қуат, Вт; $P_2 = I_2^2 R \approx P_1$ — трансформатордан R кедергісі тұтынылатын қуат. Осылайша, трансформатор R кедергі мәнін k^2 рет өзгертеді. Бұл сипат электр энергиясының ішкі кедергісімен жүктеме кедергілерін келісу үшін әртүрлі электр сұлбаларын әзірлеу кезінде кеңінен қолданылады.

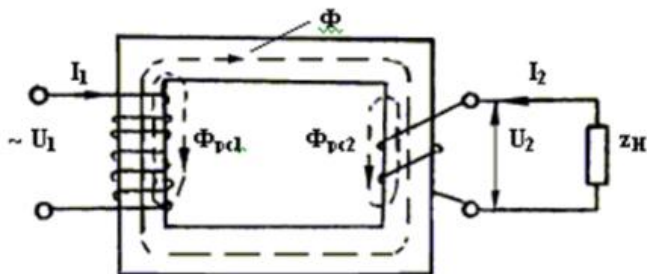


Рис. 4.2.1. Принципиальная схема трансформатора

Трансформатордың магнит сымында әрекет ететін Φ негізгі магнит ағыны орамдардың

орамдарымен түйіседі және оларға ЭДС әкеледі:

$$e_1 = -W_1 \frac{d\Phi}{dt}, \quad e_2 = -W_2 \frac{d\Phi}{dt}$$

Φ магнит ағыны синусоидалы функция, яғни. $\Phi = \Phi_{\max} \sin \omega \cdot t$

Бұл мағынаны ЭДС үшін өрнекте орнатамыз және дифференциалдау:

$$e_1 = -\omega \cdot W_1 \Phi_{\max} \cos \omega \cdot t = \omega \cdot W_1 \Phi_{\max} \sin(\omega \cdot t - \pi/2),$$

$$e_2 = -\omega \cdot W_2 \Phi_{\max} \cos \omega \cdot t = \omega \cdot W_2 \Phi_{\max} \sin(\omega \cdot t - \pi/2),$$

мұнда $\cos \omega \cdot t = -\sin(\omega \cdot t - \pi/2)$

Бұл жағдайда ЭҚК e_1 және e_2 фазасы бойынша Φ ағымынан бұрышқа $/2$ -ге артта қалады.

ЭДС максималды мәні:

$$E_{1\max} = \omega \cdot W_1 \Phi_{\max},$$

$$E_{2\max} = \omega \cdot W_2 \Phi_{\max}$$

Қолданыстағы мәндерге өту арқылы бізде

$$E_1 = \frac{E_{1\max}}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} W_1 f \Phi_{\max} = 4,44 W_1 f \Phi_{\max}$$

$$E_2 = \frac{E_{2\max}}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} W_2 f \Phi_{\max} = 4,44 W_2 f \Phi_{\max}$$

Егер Φ_{\max} максвеллде, ал E вольттарда көрсетілсе, онда

$$E_1 = 4,44 W_1 f \Phi_{\max} \cdot 10^{-8},$$

$$E_2 = 4,44 W_2 f \Phi_{\max} \cdot 10^{-8}$$

Жоғары кернеу орамасының ЭҚК-ге қатынасы төмен кернеу орамасының ЭҚК-ге трансформация коэффициенті деп аталады.

$$k = \frac{E_1}{E_2}$$

ЭҚК E_1 және E_2 орнына орналастыру:

$$k = \frac{E_1}{E_2} = \frac{4,44 W_1 f \Phi_{\max}}{4,44 W_2 f \Phi_{\max}} = \frac{W_1}{W_2} \approx \frac{U_1}{U_2}$$

Трансформатордың магнит өткізгішінде Болаттың магниттелуі салдарынан гистерезис пен құйынды токтардан энергия шығыны пайда болады. Бұл шығындардың қуаты I_{10} токтың белсенді құраушысына тең. Демек, тогы I_{10} қатар реактивті құраушысы $I_{\text{ор}}$ берілетін құру негізгі ағыны Φ , және белсенді құрамдас $I_{\text{оа}}$. Нәтижесінде:

$$I_0 = \sqrt{I_{0a}^2 + I_{0p}^2}$$

- Сур. 4.4.1 бос жүріс режимінде трансформатордың векторлық диаграммасы келтірілген.

Әдетте I_{0a} тогы I_0 тогынан 10% аспайды, сондықтан I_{10} шамасына шамалы әсер етеді. Ол әдетте (0,02 0,1) I_1 тең, сондықтан I_{10} жүктеме кезінде нөлге тең деп аламыз, сонда:

$$I_1 = I_2 w_2 / w_1, \text{ отжуда}$$

$$I_1 / I_2 = w_2 / w_1,$$

яғни, орамдардың орамдарының санына пропорционалды ток қатынасы.

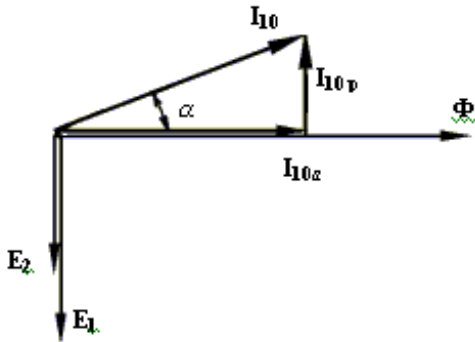


Рис. 4.4.1. Векторная диаграмма трансформатора

ЭҚК теңдеулерін және трансформатордың токтарын бірге жазамыз:

$$\underline{U}_2 = \underline{E}_2 - j\underline{I}_2 x_2 - \underline{I}_2 r_2 \quad \underline{U}_1 = (-\underline{E}_1) + j\underline{I}_1 x_1 + \underline{I}_1 r_1 \quad \underline{I}_1 = \underline{I}_0 + (-\underline{I}_2)$$

Бұл теңдеулер трансформатор теориясы мен айнымалы токтың электр машиналарының жалпы теориясы негізделген негізгі теңдеулердің атауын алды.

Өзін өзі бақылауға арналған сұрақтар

1. Трансформаторлардың тағайындалуы.
2. Трансформаторлардың жіктелуі.
3. Трансформаторлардың қолданылу саласы.
4. Трансформатордың әрекет принципі.

Тақырып 7. Трансформатордың жүктемемен және симметриялы емес жүктемемен жұмысы.

Трансформатордың жүктемемен жұмысы.

Егер трансформатордың бастапқы орамына U_1 кернеуін жалғаса, ал екінші орамды жүктемемен жалғаса берсе, орамда I_1 және I_2 токтары пайда болады. Бұл токтар бір-біріне қарама-қарсы бағытталған Φ_1 және Φ_2 магниттік ағындарын жасайды. Магнит өткізгіштегі жиынтық магнит ағыны азаяды. Нәтижесінде ЭҚК E_1 және E_2 индуктирленген жиынтық ағыны азаяды. U_1 кернеудің қолданыстағы мәні өзгеріссіз қалады. E_1 төмендеуі I_1 токтың ұлғаюын тудырады. I_1 тогы ұлғайған кезде Φ_1 ағыны Φ_2 ағынының магнитті әсерлерін жинақталатындай етіп артады.

Қосынды ағынның іс жүзінде бұрынғы мәніндегі тепе-теңдік қайта қалпына келтіріледі.

Негізгі магнит ағынынан басқа, жүктемеленген трансформаторда ауамен ішінара тұйықталатын Φ_{1S} және Φ_{2S} шашырату ағындары бар. Бұл ағындар ЭҚК шашырауының бастапқы және қайталама орамдарында индуктейді.

$$\dot{E}_{1S} = -jX_{1S} \cdot \dot{I}_1, \quad (1)$$

$$\dot{E}_{2S} = -jX_{2S} \cdot \dot{I}_2, \quad (2)$$

мұнда X_{2S} - екінші орамның шашырауының индуктивті кедергісі.

Бастапқы орау үшін теңдеуді жазуға болады

$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1 + R_1 \cdot \dot{I}_1 + jX_{1S} \cdot \dot{I}_1, \quad (3)$$

Екінші орау үшін

$$\dot{E}_2 = \dot{I}_2 \cdot R_2 + jX_{2S} \cdot \dot{I}_2 + \dot{I}_2 \cdot Z_H, \quad (4)$$

мұнда R_2 - екінші орамның белсенді кедергісі;

Z_H - жүктеме кедергісі.

Трансформатордың негізгі магнит ағыны бірінші және екінші орамдардың магнит қозғалғыш күштерінің бірлескен әрекетінің нәтижесі болып табылады.

$$\Phi_m = f(\dot{I}_1 \cdot W_1 + \dot{I}_2 \cdot W_2)$$

Негізгі магнит ағынына пропорционалды трансформаторлық ЭДС E_1, U_1 бастапқы катушкасындағы кернеуге шамамен тең. Кернеудің әрекет етуші мәні үнемі. Сондықтан трансформатордың негізгі магниттік ағыны жүктеме кедергісінің нөлден шексіздікке дейін өзгергенде өзгеріссіз қалады.

егер $\Phi_m = const$, трансформатордың магнитті қозғалатын күштерінің қосындысы

$$\dot{I}_1 \cdot W_1 + \dot{I}_2 \cdot W_2 = const = \dot{I}_{1X} \cdot W_1. \quad (5)$$

(5) теңдеуі магнит қозғалатын күштердің тепе-теңдік теңдеуі деп аталады.

Теңдеу (3), (4), (5) трансформатордың негізгі теңдеулері деп аталады.

(5) теңдеуден формуланы аламыз

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_{1X} - \dot{I}_2 \cdot \frac{W_2}{W_1} = \dot{I}_{1X} - \dot{I}_2 \cdot \frac{1}{K_T}. \quad (6)$$

(6) формулаға сәйкес, бастапқы орамдағы ток бос жүріс тогынан немесе магниттеуші токтан және екінші орамның магниттеуші әрекетін компенсациялайтын токтан құралады.

(4) теңдеудің сол және оң бөліктерін КТ трансформация коэффициентіне көбейтеміз

$$\dot{E}_2 \cdot K_T = \dot{E}_1 = K_T \cdot \dot{I}_2 \cdot R_2 + j \cdot K_T \cdot X_{2S} \cdot \dot{I}_2 + K_T \cdot \dot{I}_2 \cdot Z_H =$$

$$= K_T^2 \cdot R_2 \cdot \frac{\dot{I}_2}{K_T} + j K_T^2 \cdot X_{2S} \cdot \frac{\dot{I}_2}{K_T} + K_T^2 \cdot Z_H \cdot \frac{\dot{I}_2}{K_T} =$$

$$= R'_2 \cdot \frac{\dot{I}_2}{K_T} + j X'_{2S} \cdot \frac{\dot{I}_2}{K_T} + Z'_H \cdot \frac{\dot{I}_2}{K_T}, \quad (7)$$

мұнда $R'_2 = K_T^2 \cdot R_2$ - екінші орамның келтірілген белсенді кедергісі;

$X'_{2S} = K_T^2 \cdot X_{2S}$ - екінші орамның индуктивті кедергісі;

$U'_2 = K_T \cdot \dot{I}_2 \cdot Z_H = K_T \cdot \dot{U}_2$ - жүктемедегі келтірілген кернеу;

$Z'_H = K_T^2 \cdot Z_H$ - келтірілген жүктеме кедергісі.

Магнитті токтың шамасын елемеуге болады, себебі ол токпен салыстырғанда аз

$$\dot{I}_1 = -\frac{1}{K_T} \cdot \dot{I}_2$$

трансформатордың жүктеме режиміне бастапқы орамасының $\dot{I}_{1X} \approx 0$, онда

(7) теңдеуді (3) теңдеуге қоямыз.

Аламыз

$$\dot{U}_1 = -\frac{\dot{I}_2}{K_T} \cdot R'_2 - j \frac{\dot{I}_2}{K_T} \cdot X'_{2S} - \frac{\dot{I}_2}{K_T} \cdot Z'_H + \dot{I}_1 \cdot R_1 + jX_{1S} \cdot \dot{I}_1 =$$

$$= \dot{I}_1 \cdot R'_2 + j \dot{I}_1 \cdot X'_{2S} + \dot{U}'_2 + \dot{I}_1 \cdot R_1 + jX_{1S} \cdot \dot{I}_1 =$$

$$= \dot{I}_1 (R_1 + R'_2) + \dot{I}_1 j (X_{1S} + X'_{2S}) + \dot{U}'_2. \quad (8)$$

(8) теңдеуге сурет бейнеленген трансформаторды ауыстырудың оңайлатылған схемасы сәйкес келеді. 1.

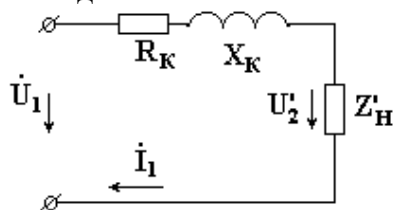


Рис. 1

$R_K = R_1 + R_2' = R_1 + R_2 \cdot K_T^2$ - трансформатордың қысқа тұйықталуының белсенді кедергісі,

$X_K = X_{1S} + X_{2S}' = X_{1S} + X_{2S} \cdot K_T^2$ - қысқа тұйықталу индуктивті кедергісі.

Ажыратудың оңайлатылған схемасының параметрлері қысқа тұйықталу тәжірибесінен анықталады. Ол үшін күріш схемасы жиналады. 2.

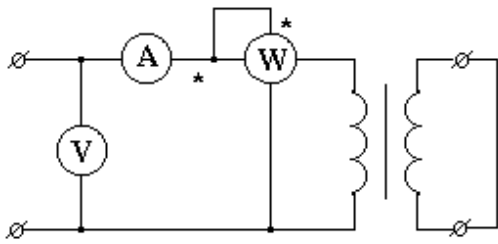
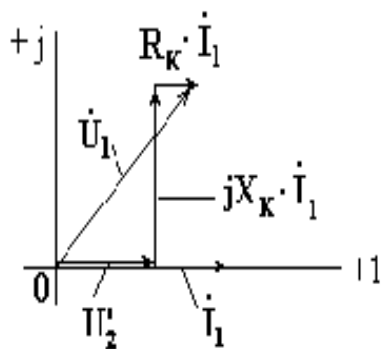


Рис. 2

Екінші ораманың қысқыштары қысқа тұйықталады. Кернеуді, токты және қуатты өлшейді: U_{1K}, I_{1K}, P_K .

Қысқа тұйықталу тәжірибесі бастапқы орамдағы төмен кернеу кезінде жүзеге асырылады.



3сурет

Содан кейін есептеледі

$$R_K = \frac{P_K}{I_{1K}^2}, \quad Z_K = \frac{U_{1K}}{I_{1K}}, \quad X_K = \sqrt{Z_K^2 - R_K^2},$$

мұнда Z_K - қысқа тұйықталудың толық кедергісі.

Сур. 3 трансформатордың векторлық диаграммасы көрсетілген. Трансформатордың жүктемесі RH белсенді кедергісі болып табылады.

Ток векторы кешенді жазықтықтың заттық осімен біріктірілген.

Жүктеме кедергісіндегі кернеу векторы бағыт бойынша ток векторымен сәйкес келеді. Индуктивті кедергідегі кернеу векторы перпендикуляр, ал кернеу векторы ток векторына параллель. Трансформатордың кірісіндегі кернеу векторы үш кернеу векторының жиынтығына тең.

Трансформаторлар бар тізбектерді есептеу үшін оңайлатылған схема қолданылады.

Трансформаторлардың симметриялық емес жүктемесі

1-фазалық қысқа тұйықталу кезінде немесе ЭБЖ фазаларының бірі үзілген кезде пайда болатын авариялық режимдер.

Трансформатордың екіншілік кернеулерінің симметриядануы тұтынушыларда да, трансформатордың өзінде де жағымсыз әсер етеді. Мысалы, айнымалы ток қозғалтқыштарында жүктеменің рұқсат етілген қуаты төмендейді, Жоғары кернеу кезінде қыздыру шамдарында қызмет ету мерзімі күрт азаяды, ал төмен кернеу кезінде жарық күші азаяды. Трансформаторда оның жеке фазаларының шамадан тыс жүктелуі, фазалық кернеулердің шамадан тыс жоғарылауы және магнит өткізгіштің қанығуы болады.

Үшфазалы төмендетуші трансформаторды қарау кезінде НН орамдарының симметриялы емес ток жүйесі үш симметриялы тік, кері және нөлдік тізбектегі жүйе түрінде берілуі мүмкін, бір-бірінен токтың максимум арқылы өту кезектілігімен ерекшеленетін болады.

$$\left. \begin{aligned} I_a &= I_{a1} + I_{a2} + I_{a0} \\ I_b &= I_{b1} + I_{b2} + I_{b0} \\ I_c &= I_{c1} + I_{c2} + I_{c0} \end{aligned} \right\}$$

Тура тізбектілік жүйесін құрайтын токтар А, В, С фазаларында тізбектелген максимумға жетеді. Кері кезектілік жүйесін құрайтын токтар А, В, С фазаларында дәйекті түрде максимумға жетеді. Барлық үш фазадағы нөлдік кезектілік токтары бір бағытқа ие (нөлдік ығысу).

Коэффициенттер теңдеуіне енгізілгеннен кейін олар келесі түрде жазылады

$$\left. \begin{aligned} \dot{I}_a &= \dot{I}_{a1} + \dot{I}_{a2} + \dot{I}_0 \\ \dot{I}_b &= a^2 \dot{I}_{a1} + a \dot{I}_{a2} + \dot{I}_0 \\ \dot{I}_c &= a \dot{I}_{a1} + a^2 \dot{I}_{a2} + \dot{I}_0 \end{aligned} \right\}$$

Кез келген векторды а коэффициентіне көбейту оның абсолюттік мәнін өзгертпейді, бірақ оның аргументін өзгертеді, яғни векторды векторлардың айналу жағына бұрады.

Тікелей, кері және нөлдік тізбектерден симметриялық емес арқылы алынуы мүмкін

$$\left. \begin{aligned} \dot{I}_{a1} &= \frac{1}{3}(\dot{I}_a + a \dot{I}_b + a^2 \dot{I}_c) \\ \dot{I}_{a2} &= \frac{1}{3}(\dot{I}_a + a^2 \dot{I}_b + a \dot{I}_c) \\ \dot{I}_{оп} &= \frac{1}{3}(\dot{I}_a + \dot{I}_b + \dot{I}_c) \end{aligned} \right\}$$

Соңғы теңдік негізінде нөлдік тізбектегі токтар болған кезде үш фазадағы токтардың сомасы нөлге тең болмайды.

Симметриялық құрамдастар әдісінің артықшылығы әрбір тізбектің симметриялық жүйесімен математикалық және графикалық талдаудың әдеттегі әдістерімен басқа тізбектер жүйелеріне қарамастан операция жасауға болады. Бірақ симметриялы құрамдастар әдісі сызықты жүйелер үшін ғана әділ салу принципін пайдалануды болжайды. Сондықтан трансформаторға қатысты магнит өткізгіштің электротехникалық болатының қанықтырылмауын немесе бос жүріс тогымен елемейін қабылдай отырып, рұқсат ету қажет.

Сонымен қатар, симметриялы емес жүктелген трансформатор бастапқы және қайталама орамдардың тең сандарымен қарастырылады, бұл келтіру рәсімін пайдаланбауға мүмкіндік береді.

$$\bar{I}_a, \bar{I}_b = a^2, \bar{I}_c = a \bar{I}_a$$

Трансформатордың токтары симметриялы жүйені құрайтын симметриялы жүктеме жағдайында.

Бұл мәндерді қойып, аламыз

$$\dot{I}_{a1} = \frac{1}{3}(\dot{I}_a + a^3 \dot{I}_a + a^3 \dot{I}_a) = \dot{I}_a;$$

$$\dot{I}_{a2} = \frac{1}{3}(\dot{I}_a + a^4 \dot{I}_a + a^2 \dot{I}_a) = 0;$$

$$\dot{I}_{оп} = \frac{1}{3}(\dot{I}_a + a^2 \dot{I}_a + a \dot{I}_a) = 0, \text{ т.к. } a^3 = 1; 1 + a + a^2 = 0.$$

Осылайша, симметриялық жүктеме жағдайында тек тура тізбектегі токтар бар. Сондықтан симметриялы жүктеме үшін бұрын қаралған барлық трансформатордың тікелей тізбектегі токтары бар жұмысына сәйкес келеді.

Егер симметриялы жүктемемен жұмыс істейтін трансформаторда Жоғары кернеу (мысалы, В және С) және төмен кернеу орамасының екі клеммасының орнын ауыстыратын болса, не болады. Трансформатор фазаларының ток векторларын кезектестіру кері өзгереді, яғни кері тізбектегі токтардың кезектесуіне сәйкес келеді. Трансформатордың және тұтынушылардың жұмыс режимі өзгермейді.

Осылайша, кері тізбектегі токтар бір орамнан екінші орамға тура тізбектегі токтар сияқты трансформацияланады. Трансформатордың тура және кері тізбектегі токтарға қатысты тәртібі бірдей. Бұрын қаралған алмастыру схемасы жарамды ретінде ток үшін тікелей, сондай-ақ ток үшін кері тізбектегі кедергісі, трансформатордың қатысты токам осы тізбектер де бірдей және тең кедергісіне қысқа тұйықталу Z_k .

"Жұлдыз" схемасы бойынша қосылған орамдардағы нөлдік тізбектегі токтар нөлдік сым болған кезде ғана пайда болуы мүмкін. Ал "Үшбұрыш" схемасы бойынша қосылған орамдарда нөлдік тізбектегі токтар тұйықталған контур бойынша айналатын токтарды құрайды және шектес фазалар токтарының айырмасы ретінде сызықтық токтар нөлдік тізбектегі токтардан тұрмайды. Сондықтан, "Үшбұрыш" схемасы бойынша жалғанған орамдағы нөлдік тізбектегі ток трансформатордың басқа орамымен индуктеу нәтижесінде ғана пайда болуы мүмкін.

Нөлдік тізбектегі ағындар нөлдік тізбектегі токтармен құрылады, сондықтан уақыт фазаға сәйкес келеді. Әр түрлі магнит сымдары бар трансформаторларда нөлдік кезектілік ағындарының болуы қалай әсер ететінін қарастырайық.

$$\vec{I}_{a0} = \vec{I}_{b0} = \vec{I}_{c0}$$

Үшфазалы трансформаторларда броньды, броньды тежеуішті магнит өткізгіштері және топтық трансформаторда ФОПН нөлдік тізбектегі ағындары магнит өткізгіштері бойынша тұйықталады. Сондықтан да, нөлдік тізбектегі шағын токтар ФОП үлкен ағындарын жасауға қабілетті. Егер ток трансформатордың бос жүріс тогына тең болса, онда трансформатордың номиналды жұмыс ағынына тең ФОП ағыны құрылады. Сол сияқты жатады ЭҚК, наведенной ағынымен университетіміздің ккф.

"Трехфазном трансформаторда-бабына өзекті магнитөткізгішпен ағыны нөлдік реттілік барлық фазалардың мәжбүр тұйықталып бір ярма басқа (мысалы, трансформатордағы бастап майлы суыту) арқылы май мен бак трансформатор. Бұл жағдайда ФОП ағыны үшін магнит кедергісі салыстырмалы үлкен, ал бактың қабырғаларында құйынды токтар индуктеледі және жоғалтулар пайда болады. Сондықтан ФОП ағыны және ол басқарған ЭҚК.

Симметриялы емес жүктеме кезінде трансформаторлар жұмысының физикалық шарттары

1 жағдай. Нөлдік тізбектегі токтар жоқ. Трансформатордың фазаларындағы кернеудің симметриялы емес жүктемесі кезінде әртүрлі болады. Егер жеке фазалардың токтары номиналды мәндерден аспаса, онда трансформатордың Z_k кедергісінің аз болуы салдарынан салыстырмалы аз.

Осылайша, трансформатордың симметриялы емес жүктемесі нөлдік тізбектегі токтар болмаған кезде екінші орамдағы клеммалардағы фазалық және сызықтық кернеулердің симметриясының Елеулі бұрмалануын тудырмайды.

Қарастырылып отырған жағдай үшін әрбір фазадағы тура тізбектегі алғашқы және екінші реттік токтар шамасы бойынша тең және белгі бойынша кері. Бұл кері тізбектегі токтар үшін де, яғни тура және кері тізбектегі токтардың сомасы үшін де әділ. Сондықтан бұрын қабылданған оңайлатулар (магнитті токпен елемеу) келесі жазбаны жасауға мүмкіндік береді:

Нәтижесінде бастапқы және екінші орамдардың магниттеуші күштері мен токтары әр фазада және әр магнитөткізгіш учаскесінде жеке теңестіріледі.

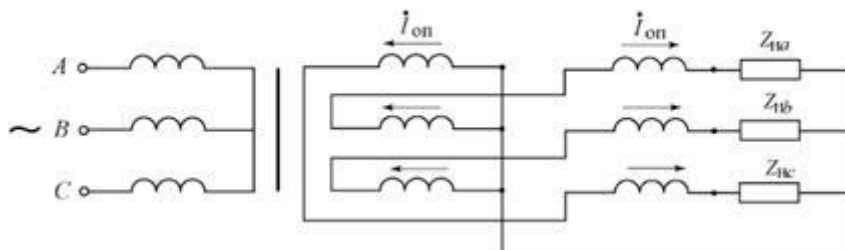
2 жағдай. Нөлдік тізбектегі токтар бар. А нұсқасы: нөлдік тізбектегі ток трансформатордың екі орамында да пайда болады. Бұл орамдарды қосумен трансформаторлар. Нөлдік тізбекті магнитті токпен елемеуге болады, себебі ол нөлдік тізбектің толық тогының аз бөлігін құрайды.

Осылайша, екі орамның нөлдік тізбектегі ток күші трансформатордың әрбір фазасында өзара теңестіріледі. Екіншілік кернеудің нөлдік құраушылары кернеудің салыстырмалы түрде аз түсуі есебінен ғана пайда болады. Сондықтан трансформаторларда симметриялы емес жүктеме кезінде орамдарды жалғау фазалық кернеу жүйесі салыстырмалы түрде әлсіз бұрмаланады.

Мысалы, броньды, броньды тежеуіш магнит өткізгіштері бар трансформаторларда және топтық трансформаторда нөлдік тізбектегі ток үшін магниттеуші тізбектің кедергісі тура тізбектегі ток үшін магниттеуші тізбектің кедергісіне тең. Сондықтан ЭҚК нөлдік реттілігі кезінде ЭҚК және фазалық ЭҚК және кернеу жүйесі қатты бұрмаланады, бұл бір фазалық тұтынушылар үшін қолайсыз және қауіпті. Вектордың бағыты нөлдік тізбектегі ток фазасына байланысты және жүктеме шарттарымен анықталады.

Сызықтық кернеудің шамасына ЭҚК нөлдік тізбектілікке әсер етпейді, өйткені фазалық кернеулердің айырмашылығы нөлдік құраушылар жоғалады.

Трансформаторларда орамдарды броньды, броньдұстағыш магнит өткізгіштермен және топтық трансформаторларда жалғау әдетте қолданылмайды, бірақ егер осындай жалғауда қажеттілік болса, онда әрбір фазада "Үшбұрыш" схемасы бойынша жалғанатын тағы да үшінші орам орындалады. Егер бұл орам тек нөлдік тізбектегі токтарды теңестіруге арналған болса, осы орамның клеммалары сыртқа шығарылмайды.



4 Сурет

Симметриялы емес жүктеме кезінде нөлдік тізбектегі токтар қарама-қарсы бағыттарда "зигзаг" схемасы бойынша қосылған екінші орамның екі бөлігі бойынша өтеді. Екінші орамның әр бөлігіндегі орамдар саны бірдей болған жағдайда, әрбір фазадағы нөлдік тізбектегі токтардан магниттейтін күштердің қосындысы нөлге тең. Нөлдік тізбектегі токтар тек шашырау өрісін жасайды. Магнит өткізгіштің әрбір өзекшесінде магниттік тепе-теңдік орын алады және фазалық кернеулердің бейтараптарының ығысуы болмашы болады.

Өзін өзі бақылауға арналған сұрақтар

1. Трансформатордың негізгі теңдеулері
2. Трансформация коэффициенті
3. Трансформатордың жүктемедегі жұмысы
4. Трансформатордың симметриялы емес режимдегі

жұмысы.

Тақырып 8. Автотрансформаторлар және үш орамды трансформаторлар.

Үш орамды трансформаторда әрбір трансформаторлық фазаға үш орам келеді. Мұндай трансформатордың номиналды қуаты үшін ең көп жүктелетін орамның номиналды қуаты қабылданады. Басқа орамалардың токтары, кернеуі және кедергілері осы, ең қуатты орамдардың орамдарының санына әкеледі. Үш орамды трансформатордың жұмыс істеу принципі қарапайым екі орамды трансформатордың жұмыс істеу принципінен айырмашылығы жоқ.

Бір бастапқы және екі екінші орамды үш орамды трансформаторлар және екі бастапқы және бір екінші орамды трансформаторлар бар.

Негізгі теңдеулерді, жұмыс ерекшеліктерін және кең таралған бір бастапқы ораммен үш орамды трансформатордың қолданылу саласын қарастырайық (сурет. 8.1, а). Бұл трансформатордың бастапқы (ең қуатты) орамасы магниттеу болып табылады және магнит өткізгіште екі екінші ораммен тіркелетін және оларға ЭҚК \dot{E}_2 и \dot{E}_3 - Екі орамалы трансформаторға ұқсас үш орамалы трансформаторға МДС теңдеуін жазыңыз:

$$\dot{I}_1 w_1 + \dot{I}_2 w_2 + \dot{I}_3 w_3 = \dot{I}_0 w_1 \quad (8.1)$$

(8.1) w_1 -ге бөлу, ток теңдеулерін аламыз:

$$\dot{I}_1 + \dot{I}'_2 + \dot{I}'_3 = \dot{I}_0 \quad (8.2)$$

$$\dot{I}'_2 = \dot{I}_2 / k_{12}; \dot{I}'_3 = \dot{I}_3 / k_{13} \quad (8.3)$$

мұнда $k_{12} = w_1/w_2$ — w_1 және w_2 орамдар арасындағы трансформация коэффициенті;

$k_{13} = w_1/w_3$ — w_1 және w_3 орамдарының арасындағы трансформация коэффициенті.

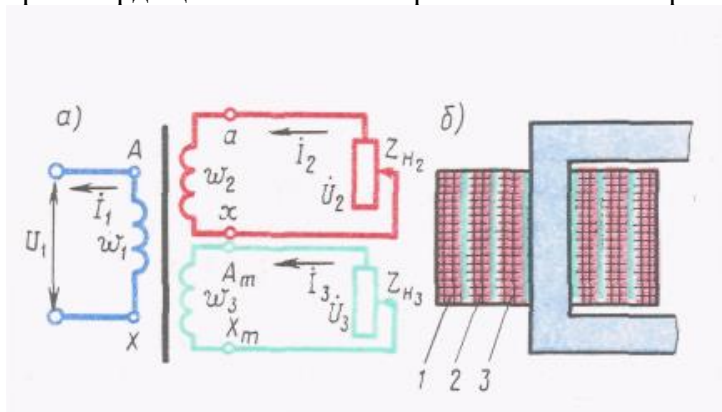
Токпен х. х. I_0 аламыз, жеңілдетілген теңдеу токтарына үш орамды трансформатор:

$$\dot{I}_1 \approx -(\dot{I}'_2 + \dot{I}'_3) \quad (8.4)$$

Экономикалық тұрғыдан қолдану трехобмоточных трансформаторлар түсіндіруге болады, өйткені, бұл (8.4), бастапқы ток трехобмоточного трансформатордың тең емес арифметикалық,

геометриялық сомасында келтірілген қайталама токтар. Бұл теңдікті ескере отырып, екінші орамдағы жүктеме бір уақытта номиналды мәнге жетпейтініне жетеді, үш орамалы трансформатордың бастапқы орамасы екі екінші орамның номиналды қуаттарының аз арифметикалық сомасына, қуаттылыққа есептеледі. Трансформаторлардың тағы бір артықшылығы, ол екі орамды ауыстырады.

Үш орамалы трансформатордың орамдары өзекшеде әдетте концентрациялы болады (сурет. 8.1, б), бұл ретте екінші орамалардың біріншіге қатысты екіжақты орналасуы орынды, онда бірінші орам 2, ал екінші орам — 1 және 3 орамдар болып табылады. Бұл жағдайда қайталама орамалардың өзара әсері айтарлықтай әлсірейді.



Сур. 8.1. Бір бастапқы және екі екінші орамалы үш орамалы трансформатор

Ірі электр станцияларында кейде екі бастапқы орамды үш орамды трансформаторлар қолданылады (олардың әрқайсысына генератор қосылады) және бір екінші орамды трансформаторлар қолданылады (одан электр беру желісі кетеді). Бұл қондырғылар үлкен қуатты, сондықтан трансформаторлық топқа қосылған бір фазалы үш орамалы трансформаторлар қолданылады.

Автотрансформаторлар

Автотрансформатор-бұл трансформатордың түрі, онда орамдар арасындағы магниттік байланыстан басқа электр байланысы да бар. Орамасының қарапайым трансформатордың қосуға болады схемасы бойынша автотрансформатор, ол үшін шығу Х орамасының w_{AX} қосылу шығарумен ал орамасының w_{ax} (сур.8.2). Егер AX қорытындысы желіге қосылса, ах шығыстарына ZH жүктемесін қосса, онда төмендететін автотрансформаторды аламыз. Егер ах шықпалары желіге қосылса, ал Ах шығыстарына ZH жүктемесін қосса, онда жоғарылататын автотрансформаторды аламыз.

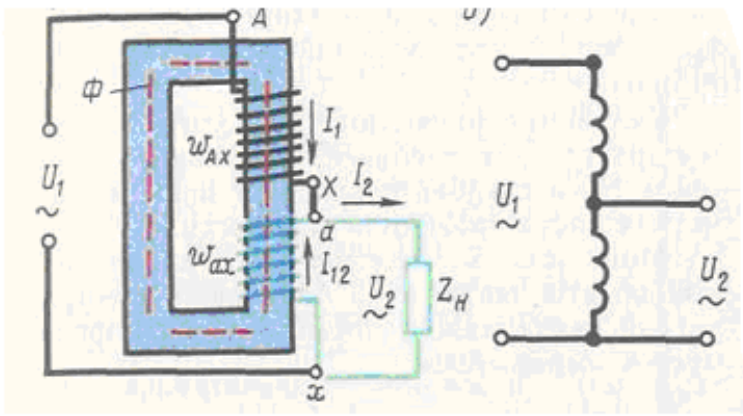
Төмендеткіш автотрансформатордың жұмысын қарастырайық. w_{ax} орамасы бір мезгілде бастапқы орамның бір бөлігі және екінші орам болып табылады. Бұл орамда I12 тогы өтеді. А нүктесі үшін ток теңдеуін жазыңыз:

$$I_2 = I_1 + I_{12} \quad (8.5)$$

или

$$I_{12} = I_2 - I_1 \quad (8.6)$$

I_0 және I_1 токтарының айырмасына тең I_{12} тогы өтеді. Егер автотрансформатордың трансформация коэффициенті $k_a = w_{Ax} / w_{ax}$ бірнеше бірліктен көп болса, онда I_1 және I_2 токтары бір-бірінен айырмашылығы аз, ал олардың айырмасы аз шаманы құрайды. Бұл аздаған қима сыммен тах орамдарын орындауға мүмкіндік береді.



Сур.8.2. Электромагниттік (а) және принциптік (б) схемалар бір фазалы төмендететін автотрансформатор.

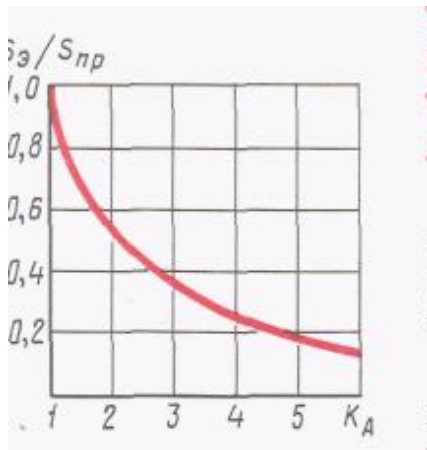
Енгізу жайында түсінік өту мен автотрансформаторлардың қуатын білдіретін барлық берілетін қуаты $S_{пр} = U_2 I_2$ бастапқы тізбектің екінші қайталама. Сонымен қатар, екінші реттік тізбектен магниттік өріспен берілетін қуат болып табылатын $S_{расч}$ есептік қуатын ажыратады. Есептік қуат деп аталады, себебі трансформатордың өлшемдері мен салмағы осы қуаттың шамасына байланысты. Трансформатордағы барлық өтпелі қуат есептік болып табылады, өйткені трансформатор орамдарының арасында тек магниттік байланыс бар. Автотрансформаторда бастапқы және қайталама тізбектер арасында магнитті байланыстан басқа электрлік де бар. Сондықтан есептік қуат өтпелі қуаттың бір бөлігін ғана құрайды, оның екінші бөлігі магнит өрісінің қатысуынсыз тізбектер арасында беріледі. Бұл ретте, электрэнергия мен электрэнергия тұтынушыларының электрэнергияға деген сұранысын қамтамасыз ету үшін, электрэнергия мен электрэнергия тұтынушыларының электрэнергияға деген сұранысын қамтамасыз ету қажет. Бұл өрнек үшін қолданамыз (8.5). Бұл өрнек өтпелі қуат формуласына қойып, аламыз

$$S_{пр} = U_2 I_2 = U_2 (I_1 + I_{12}) = U_2 I_1 + U_2 I_{12} = S_э + S_{расч} \quad (8.7)$$

мұнда $S_э = U_2 I_1$ — осы тізбектер арасындағы Электр байланысының арқасында автотрансформатордың бастапқы тізбегінен екінші реттік тізбекке берілетін қуат. Осылайша, автотрансформатордағы есептік қуат $S_{расч} = U_2 I_{12}$ тек өтпелі бөлік ғана құрайды. Бұл автотрансформаторды дайындау үшін трансформаторға тең қуатқа қарағанда аз қималы магнит өткізгішті пайдалануға мүмкіндік береді.

Орташа ұзындығы кезеңінің орамдары, сондай-ақ болады; демек, азаяды шығыны мысты орындау орамасының I автотрансформатор. Сонымен қатар магниттік және I электр шығындары азаяды, ал автотрансформатордың ПӘК-і артады. V осылайша автотрансформатор қуаты тең трансформатормен салыстырғанда мынадай артықшылықтарға ие: Белсенді материалдардың аз шығыны (мыс және электротехникалық болат), жоғары ПӘК ; аз мөлшері мен құны. Үлкен қуатты автотрансформаторларда кпд 99,7% - ды құрайды.

Аталған артықшылықтары мен автотрансформаторлардың сол значительнее, көп қуаты $S_э$, демек, аз есептік бөлігі шектік қуат.



Сур.8.3. $S_3/S_{пр}$ автотрансформатордың трансформация коэффициентінің тәуелділігі

Осы тізбектер арасындағы Электр байланысының арқасында бастапқы тізбектен екінші реттік тізбекке берілетін S_3 қуаты

$$S_3 = U_2 I_1 = U_2 I_2 / k_A = S_{пр} / k_A \quad (8.8)$$

яғни, k_A автотрансформаторының трансформация коэффициентіне пропорционалды S_3 қуатының мәні

Кестеден (сурет.8.3) көрініп тұр қолдану мен автотрансформаторлардың береді елеулі артықшылықтары салыстырғанда двухобмоточным трансформаторы бар кезде ғана шағын мәндері трансформация коэффициентін.

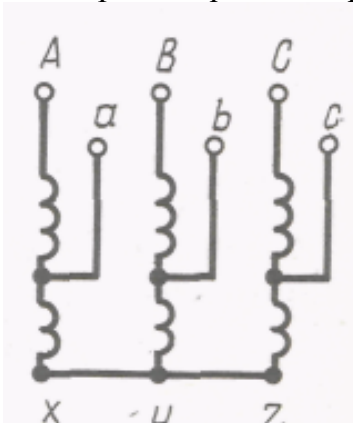
Мысалы, $k_A=1$ кезінде автотрансформатордың барлық қуаты тізбектер арасындағы электр байланысы есебінен екінші реттік тізбекке беріледі ($S_3/S_{пр} = 1$).

$k_A \leq 2$ трансформация коэффициенті бар автотрансформаторларды қолдану неғұрлым орынды.

Трансформация коэффициентінің үлкен мәні кезінде автотрансформатордың кемшіліктері басым мәнге ие::

1. Үлкен Тоқтар к. з. А және х нүктелерінің тұйықталуы кезінде U_1 кернеуі өте аз кедергіге ие A_a орамдарының шағын бөлігіне ғана жүргізіледі. Бұл жағдайда автотрансформаторлар өзін к. з. токтарын бұзатын әрекеттерден қорғай алмайды. сондықтан токи к. з. автотрансформатор тізбегіне қосылатын электр қондырғысының басқа элементтерінің кедергісімен шектелуі тиіс.

2. Бұл барлық орамның күшейтілген электрлік оқшаулануын талап етеді.



Сур.8.4. Үш фазалы автотрансформатор

3. Автотрансформаторларды пайдалану кезінде, кирхгофф және кернеуді төмендету сымдар арасындағы желісін НН және жерді туындайды кернеуі шамамен тең кернеу арасындағы сыммен және жерді жағында III.

4. Қызмет көрсететін персоналдың электр қауіпсіздігін қамтамасыз ету мақсатында ВН желілерінің кернеуін тікелей тұтынушыларға жеткізілетін НН мәндеріне дейін төмендету үшін автотрансформаторларды қолдануға болмайды.

Күштік автотрансформаторлар электр энергиясын тарату және тарату желілерінде аралас кернеу желілерінің байланысы үшін кеңінен қолданылады, мысалы 110 және 220, 220 және 500 кВ және т. б.

Мұндай автотрансформаторлар әдетте үлкен қуаттарға (500 МВ·А дейін және одан жоғары) орындайды. Үш фазалы автотрансформаторлардың орамалары әдетте жұлдызға қосылады (сурет. 13.3).

Автотрансформаторларды айнымалы токтың электр жетегінде едәуір қуатты қозғалтқыштардың іске қосу токтарын азайту үшін, сондай-ақ электрометаллургиялық пештердің жұмыс режимін реттеу үшін қолданады. Аз қуатты автотрансформаторлар радио, байланыс және автоматика құрылғыларында қолданылады. Трансформацияның айнымалы коэффициенті бар автотрансформаторлар кең таралған. Бұл жағдайда автотрансформатор w_aX орамдарының санын өзгерту жолымен қайталама кернеудің мәнін реттеуге мүмкіндік беретін құрылғымен жабдықталады - бұл не ауыстырып-қосқышпен немесе оқшаулаудан тазартылған орамалар бойынша тікелей ауыстырылатын жылжымалы контактінің (щеткиның) көмегімен жүзеге асырылады. Мұндай автотрансформаторлар бір фазалы және үш фазалы болуы мүмкін.

Өзін өзі бақылауға арналған сұрақтар

1. Үш орамды трансформаторлардың артықшылықтары қандай?
2. Автотрансформаторлардың артықшылықтары мен кемшіліктерін атаңыз.
3. Автотрансформатордың артықшылығы трансформация коэффициентіне байланысты ма?
4. Трансформацияның айнымалы коэффициенті бар автотрансформатор құрылғысын түсіндіріңіз.
5. Автотрансформатордың қуаты.
6. Автотрансформатордың трансформация коэффициенті.

Тақырып 9. Арнайы мақсаттағы трансформаторлар.

Үш орамалы трансформатор

Үш орамды трансформаторда бір - бірімен электр байланысы жоқ үш орам бар, олардың біреуі бастапқы, ал екеуі екіншілік болып табылады (сурет. 4.12.1).

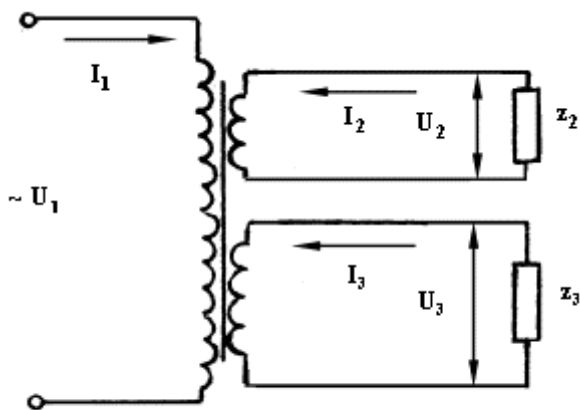


Рис. 4.12.1. Трех обмоточный трансформатор

Трансформатордың бастапқы орамасы магниттеуші болып табылады және магнит өткізгіште екі екінші орама өтетін және оларға ЭДС E_2 және E_3 әкелетін магниттік ағын жасайды.

Бос жүріс тогын елемей, үш орамды трансформатордың ток теңдеуін жазуға болады

$$I_1 = -(I_2' + I_3'),$$

бірінші ток келтірілген екіншілік токтардың геометриялық жиынтығына тең. Үш орамды трансформаторларды қолданудың мақсаттылығы бір үш орамды трансформатордың екі орамды трансформаторларын ауыстыруымен түсіндіріледі.

Номиналды қуаты үшін бастапқы орамның қуаты қабылданады. Осы принцип бойынша радиоқұрылғыларда, байланыста және автоматикада қолданылатын аз қуатты көп орамалы трансформаторлар құрылған.

Автотрансформатор

Автотрансформаторда (сурет. 4.12.2) в. Н. орамдағы орамдардың бөлігі. орам ретінде пайдаланылады. Н., яғни автотрансформаторда бір ғана орам бар, оның бір бөлігі (а X) бір уақытта в. Н. тараптарына тиесілі. және Н. Н.

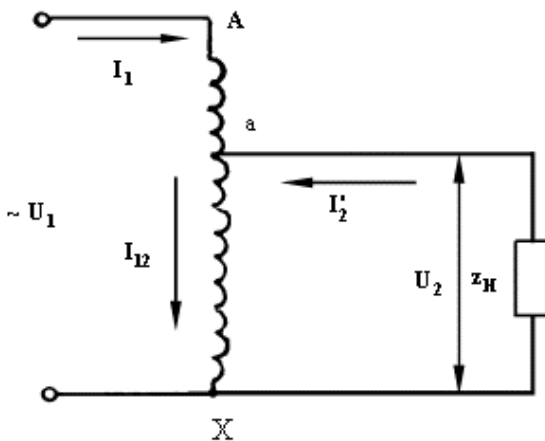


Рис. 4.12.2. Автотрансформатор

AX учаскесінде $i_{12} = i_2 - i_1$ ток ағады немесе I_1 және I_2 противофазада орналасқанын ескере отырып, қолданыстағы мәндерге ауыса отырып, жазуға болады

$$I_{12} = I_2 - I_1$$

Осылайша, орамдардың жалпы бөлігіндегі ток шамасы I_1 және I_2 токтарының айырмасына тең.

Егер трансформация коэффициенті бірлікке жақын болса, онда I_1 және I_2 бір-бірінен айырмашылығы аз, олардың арасындағы айырмашылық аз болады. Бұл AX орамасының бөлігін көлденең қимасы аз сыммен орындауға мүмкіндік береді.

Бастапқы ораммен автотрансформатордың екінші тізбегіне берілетін қуат тең болады:

$$S = I_2 U_2$$

Бұл $I_2 = I_1 + I_{12}$, оны жазуға болады:

$$S = U_2 (I_1 + I_{12}) = U_2 I_1 + U_2 I_{12} = S_3 + S_M$$

Мұнда $U_2 I_1 = S_3$, екінші реттік тізбекке электр жолымен түсетін қуат бар, $U_2 I_{12} = S_M$ - магниттік ағын арқылы екінші реттік тізбекке түсетін қуат.

Сондықтан, автотрансформаторда магнитті ағын арқылы тек қуат бөлігі ғана беріледі, бұл магнит өткізгіштің көлденең қимасын азайтуға мүмкіндік береді. Магниттік шығындар да азаяды.

Магнит өткізгіштің көлденең қимасы аз болған кезде орамның орамының орташа ұзындығы азаяды, демек, орама мысының шығыны қайта азаяды және электрлік шығындар төмендейді.

Осылайша, автотрансформатор трансформаторлардың алдында артықшылығы бар, ол аз салмақ, аз мөлшерде жоғары К. Д., аз құны және т. б.

Алайда бұл қасиеттер $K \leq 2$ трансформация коэффициенті кезінде ғана мәні бар

Трансформацияның үлкен коэффициенті кезінде келесі кемшіліктер орын алады.

Бұл: төмендететін автотрансформатор жағдайында қысқа тұйықталудың үлкен токтары (А және Х нүктелері тұйықталғанда u_1 кернеуі қысқа тұйықталудың аз кедергісі бар автотрансформатор орамдарының шағын бөлігінде болады); В жағындағы электр байланысы. н. тарабымен Н.; орама мен корпус арасындағы оқшаулауды күшейтуді талап ететін және В. Н. тию қаупі бар. н. жағына қарай Н.

Автотрансформаторлар жоғары және төмен, бір фазалы және үш фазалы болуы мүмкін. Автотрансформаторлар асинхронды және синхронды қозғалтқыштарды зертханалық практикада және сынау кезінде іске қосу үшін жоғары вольтты электр беру желілерінде қолданылады.

Кернеуді реттеу екінші тізбектегі орамдардың енгізілетін санын өзгертетін ауыстырып қосқыштармен де, ораманың орамдары бойынша тікелей қозғалатын жылжымалы байланыс арқылы да жүзеге асырылады.

Доғалы дәнекерлеуге арналған Трансформатор

Дәнекерлеу трансформаторы 60-65 В дейін желі кернеуін төмендететін бір фазалы трансформатор болып табылады (сурет. 4.12.3.1, а).

Трансформатор жұмыс режимінде қысқа тұйықталуға жақын. Үшін шамасы емес ток жоғарылайды тыс мәнінен бірте-бірте оған қосылады реактивті катушка ҚР раздвижным сердечником, нәтижесінде сипаттамасы трансформатор айналады круто құлау (сур. 4.12.3.1, б).

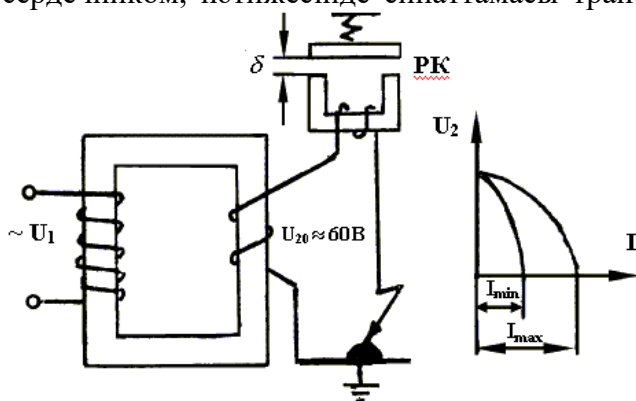


Рис. 4.12.3.1. Сварочный трансформатор

Д саңылауын өзгертіп, дәнекерлеу тогын бірқалыпты өзгертуге болады. Токтың максималды мәні I_{max} кезінде болады. Қауіпсіз қызмет көрсету үшін дәнекерлеу трансформаторының екінші орамасы жерге тұйықталады.

Ток пен кернеуді өлшеу трансформаторлары

Бұл трансформаторлар өлшеу шектерін кеңейту үшін өлшеуіш аспаптармен бірге қолданылады (сурет. 4.12.4.1).

Кернеу өлшеуіш трансформаторы $U_1 = u$ желі; $U_2 = 100$ В болатын W_1/w_2 орамдарының осындай қатынасы бар төмендетуші трансформаторды білдіреді.

Екінші реттік тізбекке вольтметрлер, жиілік өлшегіштер, ваттметрлердің, есептегіштер мен фазометрлердің кернеу орамалары қосылады. Бұл құралдардың электр кедергісі үлкен болғандықтан (шамамен 1000 Ом), кернеу трансформаторлары бос жүріске жақын режимде жұмыс істейді. Мұндай режим үлкен магнитті шығындармен байланысты, ал бұл өз кезегінде, магнит

өткізгіштің өлшемінің ұлғаюына және арнайы майлы суыту құрылғысына әкеледі.

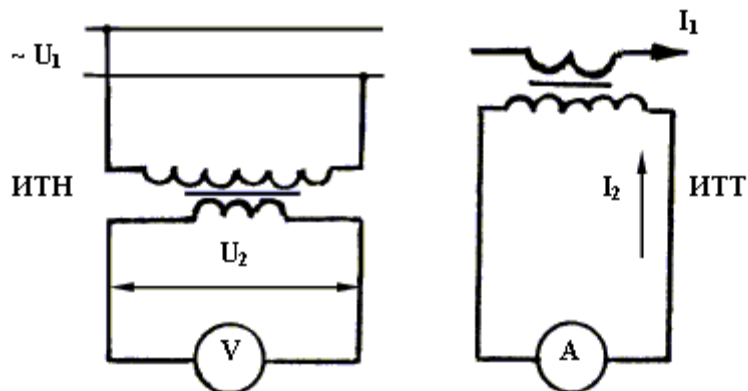


Рис. 4.12.4.1. Измерительные трансформаторы напряжения и тока.

Токтың өлшеу трансформаторлары (сурет. 4.12.4.1) желіге амперметрлерді, ваттметрлердің ток орамдарын, есептеуіштер мен фазометрлерді қосу үшін қолданылады.

Ток трансформаторының алғашқы орамасы үлкен көлденең қималы сымнан орындалады және тізбекке біртіндеп қосылады.

Екінші орам әрдайым $I_2 = 5\text{A}$ токқа орындалады. Ток трансформаторының жұмыс режимі қысқа тұйықталуға жақын, сондықтан магнит өткізгіштің өлшемдері кернеу трансформаторына қарағанда едәуір аз.

Тізбектегі кернеуді немесе токты анықтау үшін аспаптардың көрсеткіштерін өлшеу трансформаторларының трансформация коэффициентіне көбейту қажет.

Қауіпсіздік мақсатында, егер бастапқы желіге қосылған болса, ток трансформаторының екіншілік орамасын ажыратылған күйінде қалдыруға болмайды. Бұл режимде U_2 кернеуі бірнеше мың вольтқа дейін өседі.

Токтың өлшеуіш трансформаторының бір түрі ажыратқыш магнитөткізгіші бар ток өлшеуіш қысқыштар болып табылады, онда алғашқы орамның рөлін өлшенетін ток ағатын сым өзі орындайды.

Фазалар санын түрлендіруге арналған Трансформатор

Әр түрлі түзеткіштерді қоректендіру үшін немесе электр пештер үшін трансформатордың фазалық орамдарының санын көбейту қажеттілігі туындайды. Сонымен, арнайы трансформатордың көмегімен үш фазалы желі жүйесі алты фазалы немесе он екі фазалы болып түрлендірілуі мүмкін. - Сур. 4.12.5.1, ал алты фазалы түрлендіргіш сұлбасы келтірілген.

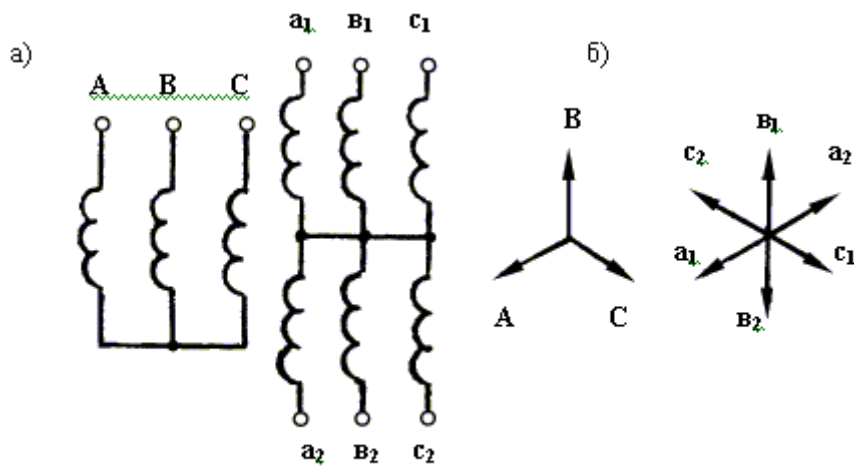


Рис. 4.12.5.1. Преобразователь числа фаз

Мұндай түрлендіргіштің бастапқы орамасы "жұлдызбен", ал екінші орамасы - "Қос жұлдызбен" қосылған. Түрлендіргіштің екінші орамының векторлық диаграммасы алты жұлдызды жұлдыз болып табылады (сурет. 4.12.5.1, б).

Кернеу тұрақтандырғышы

Қуаты аз (5 кВт дейін) құрылғылардағы кернеуді тұрақтандыру үшін электромагниттік тұрақтандырғыштар қолданылады:

- 1) ферромагнитті өзекшенің қанығуына негізделген құбылыстар пайдаланылатын ферромагнитті қаныққан типті (сыйымдылықсыз);
 - 2) жұмысы ток және кернеу резонанстарына негізделген феррорезонансты (сыйымдылығы бар).
- Феррорезонансты тұрақтандырғыштың жұмысын қарастырайық. Ол 1 реактивті катушкадан тұрады, оның өзегі U_1 кернеулердің берілген диапазонында магнитті қанығу жағдайында жұмыс істейді, с конденсаторы және 2 магнитөткізгішті қанықпаған автотрансформатордан тұрады (сурет. 4. 12.6.1).

Автотрансформатордың орамасы U_2 тұрақтандырғыштың шығысындағы кернеу айырмасына тең болатындай етіп қосылған

$$U_2 = U_2' - U_2''$$

мұнда U_2'' - автотрансформатор шығысындағы кернеу;

U_2' - реактивті катушканың шығысындағы кернеу.

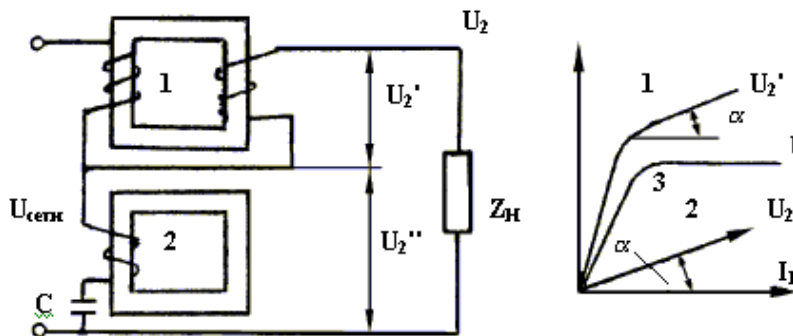


Рис. 4.12.6.1. Стабилизатор напряжения

Феррорезонанс құбылысының арқасында U_2' кернеуі I_1 тогына (қисық 1) күрт сызықты емес тәуелділікке ие. U_2 автотрансформаторының шығысындағы кернеу " оның магнит өткізгішінің қаныққан күйінен I_1 (қисық 2) тогына пропорционал болады.

Егер автотрансформатор мен реактивті катушканың параметрлері магниттік қанығу аймағында абсцисс осіне 1 қисық қисық қисық қисық қисық қисық қисық қисық қисық қисық қисық қисық қисыққа тең болса, онда $u_2' - U_2'' = \text{const}$.

Бұл жағдайда шығу кернеуі I_1 тогына (қисық 3) және U_1 кернеуіне байланысты емес.

Магнитті күшейткіш

Магнитті күшейткіш-автоматты реттеу схемаларында қолданылатын статикалық аппарат.

Магнитті күшейткіштің жұмысы магнитті өткізгіштің магниттелу сипаттамасының сызықсыз болуына негізделген (сурет. 4.12.7.1).

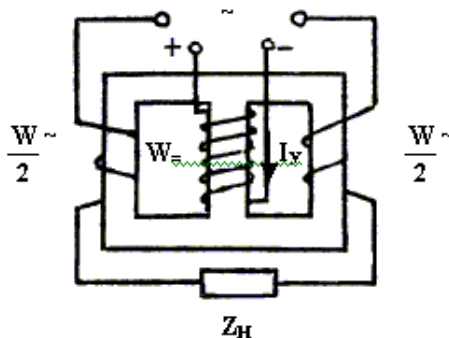


Рис. 4.12.7.1. Магнитный усилитель

Магнитті күшейткіштің шеткі өзекшелерінде жұмыс орамасы бар, ол екі катушкадан тұрады. Орташа өзекте орамдардың көп санынан басқару орамасы орналасады. Егер ток берілмесе, ал жұмыс орамасына U_1 кернеуі келтірілсе, онда W_1 орамдарының аз санынан магнитөткізгіш қанықпайды және желінің барлық кернеуі ZH жұмыс орамдарының кедергісіне түседі. Бұл жағдайда тұтынушыға аз қуат беріледі.

Егер ток I_1 орамасын өткізсе, онда оның аз мәні (үлкен W_1) болса, магнит өткізгіштің қанығуы пайда болады. Нәтижесінде жұмыс орамының кедергісі күрт азаяды, ал тізбектегі ток шамасы артады.

Осылайша, басқару орамындағы шағын сигналдар арқылы магнитті күшейткіштің жұмыс тізбегіндегі қуаттың едәуір мөлшерін басқаруға болады.

Жиілікті түрлендіруге арналған Трансформатор

Трансформаторлардың көмегімен екі еселеуіш немесе жиіліктің күшін салу оңай.

Утроитель жиілікті үш бір фазалы трансформаторлар, жұмыс істейтін кезде қатты насыщенном сердечнике (сур. 4.12.8.1).

Бастапқы орамдар "жұлдызбен" жалғанады, ал екінші орамдар - дәйекті. Белгілі болғандай, намагничивающий ток күрделі нысанды қисық және басқа негізгі гармоникалық құрамдас бөлік бар үшінші, өзгерген жиілігі $f_3 = 3f_1$.

Бірінші орамды "жұлдызбен" жалғаған кезде негізгі гармониканың токтары теңеседі-ілінеді, және үшінші гармониканың әсерінен магнит ағыны екінші орамда үш есе жиілікпен өзгертін кернеуді әкеледі.

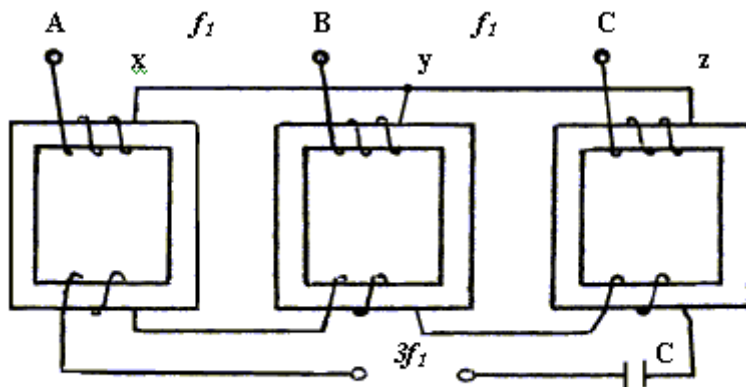


Рис. 4.12.8.1. Утроитель частоты.

Өзін өзі бақылауға арналған сұрақтар

1. Үш орамалы трансформатор
2. Автотрансформатор
3. Доғалы дәнекерлеуге арналған Трансформатор
4. Ток пен кернеуді өлшеу трансформаторлары
5. Фазалар санын түрлендіруге арналған Трансформатор
6. Кернеу тұрақтандырғышы
7. Магнитті күшейткіш
8. Жиілікті түрлендіруге арналған Трансформатор

3-бөлім айнымалы токтың вольтсыз машиналары теориясының жалпы сұрақтары

Тақырып 10. Кіріспе. Айнымалы токтың вольтсыз машиналары.

Айнымалы токтың барлық электр машиналарының әрекеті айналмалы магнит өрісінің принципіне негізделген, сондықтан олардың теориясы жалпы болып табылады. Практикада айнымалы токтың үш фазалы ($\tau=3$) машиналары қолданылады. Фазалардың басқа саны бар машиналар ($\tau=2;6$) арнайы мақсаттар үшін пайдаланылады.

Айнымалы токтың үш фазалы машиналары екі негізгі түрге бөлінеді: 1) синхронды және 2) асинхронды. Өз кезегінде асинхронды машиналар болып бөлінеді: а) шоғырландырылмаған және Б) коллекторлық.

P2 роторының айналу жиілігі желі жиілігіне қатаң тұрақты қатынаста болатын айнымалы токтың релессіз машинасы синхронды деп аталады

$$n_2 = \frac{f_1}{p} \text{ [об/с]}, \quad (1)$$

Мұнда p - машинаның жұп полюстер саны.

Басқа сөзбен айтқанда, синхронды машинада ротор (жылжымалы бөлік) статордың айналмалы магниттік өрісі сияқты бағытта да жылдамдықпен айналады.

Синхронды машиналарды қолдану өте кең және әр түрлі. Синхронды машина барлық электр машиналары де кері қайтады және генератор режимінде де, қозғалтқыш режимінде де жұмыс істей алады.

Синхронды генератор электр энергиясын өндіру үшін электр станциясында Орнатылатын ауыспалы ток генераторының негізгі түрі болып табылады.

Синхронды қозғалтқыштар бірқатар артықшылықтарға ие, олардың бастысы айнарудың тұрақты жиілігі және олардың қуат коэффициентін реттеу мүмкіндігі болып табылады. Сондықтан олар үлкен қуатты электр жетектерде кеңінен қолданылады. Шағын қуатты синхронды қозғалтқыштар автоматика жүйелерінде қолданылады.

Синхронды машиналар энергия жүйелерінің қуат коэффициентін жақсартуға мүмкіндік беретін синхронды компенсаторлар ретінде қолданылады.

Асинхронды машина деп айналу жиілігі f_1 желісінің жиілігіне ғана емес, сонымен қатар білікке түсетін жүктемелерге байланысты болатын, яғни асинхронды машинаның роторы статордың айналмалы магниттік өрісіне қатысты синхронды емес айналады. Іс жүзінде асинхронды машиналар негізінен қозғалтқыштар ретінде пайдаланылады. Басқа электр қозғалтқыштардан конструкцияның қарапайымдылығымен және жұмыс істеу сенімділігімен ерекшеленетін тиімді, асинхронды қозғалтқыш қазіргі уақытта электр қозғалтқышының негізгі түрі болып табылады.

Айнымалы токтың көп фазалы машиналары теориясының жалпы мәселелерін алдын ала айнымалы ток машиналарының негізгі түрлерінің әрекет ету принциптері мен құрылғыларының қысқаша сипаттамасын келтіре отырып, бірлесіп қарастыру қажет.

Өзін өзі бақылауға арналған сұрақтар

1. Асинхронды және синхронды машиналардың конструктивтік ұқсастығы неде?
2. Айнымалы ток машиналарының жіктелуі.
3. Электр машиналары үшін қайтымдылық ұғымы.

Тақырып 11 айнымалы токтың вольтсыз машиналарының жұмыс істеу принципі.

Құрылымдық жағынан синхронды машиналардың екі негізгі түрі ажыратылады: а) айқын полюсті, яғни айқын полюсті машиналар және Б) айқын полюсті, яғни айқын полюсті машиналар.

Тұрақты токпен қозғалатын Полюса ротор деп аталатын машинаның айналмалы бөлігінде орналасады, ал айнымалы ток орамасы статор деп аталатын машинаның қозғалмайтын бөлігінің паздарында салынады.

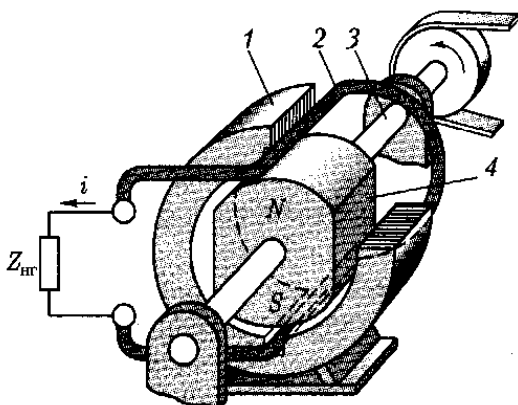


Рис. 6.1. Упрощенная модель синхронного генератора

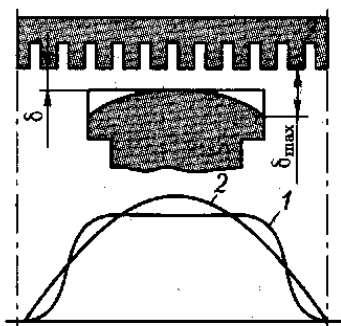


Рис. 6.2. Графики распределения магнитной индукции в воздушном зазоре синхронного генератора

f_1 желісінің берілген жиілігі кезінде ең үлкен айналу жиілігі $P = 1$ және $p = 2$ полюстерінің жұптары бар машиналар болады (тиісінше $n = 3000$ об/мин және $N = 1500$ об/мин). Мұндай машиналарда үлкен қуат жылдамдығы шеңбер ротор соншалықты үлкен, бұл тұрғысынан механикалық беріктігін нығайту және қоздыру орамасының оның бөлігі бойынша бөлу бетінің ротор, т. е. орындауға обмотку ретінде неявнополюсную.

Синхронды генераторлар бу және гидравликалық турбиналармен айналуға келтіріледі. Бірінші жағдайда синхронды генератор турбогенератор, ал екінші жағдайда - гидрогенератор деп аталады.

Бу турбиналары жылдам жүретін машиналар қатарына жатады, сондықтан турбогенераторлардың полюсті емес орындалуы болады. Гидрогенераторлардың айқын полюсті орындалуы бар, өйткені гидравликалық турбиналар тыныш жүретін машиналарға жатады.

Гидрогенератормен бір білікке қосалқы машиналар орнатылады: генератордың қоздырғышы (тұрақты ток генераторы) және реттеуші генератор.

Гидрогенератордың желіден авариялық ажырауы кезінде оның айналу жиілігі өте артады, себебі турбинаға судың кіруін тез тоқтату мүмкін емес (гидравликалық соққыдан), ал желіге энергия

беру тоқтатылады (тежегіш электромагниттік сәт жойылады). Бұл ретте қол жеткізілетін ең жоғары (көмір) айналу жиілігі номиналдан екі және одан да көп есе артық болуы мүмкін, сондықтан генератордың механикалық беріктігі осы айналу жиілігіне есептеледі.

Гидрогенераторлар әдетте гидравликалық турбинамен тікелей қосылу үшін тігінен жасалады.

Жартылай полюсті синхронды машиналарда масса Болат соғудан жасалған цилиндрлік роторы бар, оның лездарында қозу орамасы салынған.

Турбогенераторлар жылу станцияларында жұмыс істейтін бу турбиналарымен тікелей қосылу үшін арналған, сондықтан олар көлденең орындалады.

Үлкен ортадан тепкіш күштерден механикалық беріктіктің шарты бойынша $\Pi = 3000$ айн/мин кезінде ротордың белсенді бөлігінің шекті диаметрі 1,2-1,3 м аспауы тиіс. Сонымен қатар, ротор ұзындығының ұлғаюы ротордың икемділігі мен иілуінің ұлғаю шегімен және осыған байланысты дірілдің ұлғаюымен шектеледі. Осылайша, турбогенераторлардың шекті өлшемдері қазіргі заманғы металлургия мүмкіндіктерімен шектелген. Шығарылатын турбогенераторлардың қуаты 1200 МВт жетеді.

Шекті қуаттардың ұлғаюы электромагниттік жүктемелердің (сызықтық жүктеме және орамдар тогының тығыздығы) ұлғаюымен және салқындату тәсілдерінің интенсификациясымен байланысты.

Қазіргі уақытта оларды сұйық гелиймен салқындату кезінде орамалардың аса өткізгіштігін пайдаланатын криогенді турбогенераторлар әзірленіп, қолданысқа енгізілуде. Болашақта бұл генератордың шекті қуатын желілік токтық жүктемені арттыру есебінен қолданыстағы габариттер кезінде 10 млн.кВт-қа дейін жеткізуге мүмкіндік береді.

Синхронды генератордың жұмыс істеу принципі электромагниттік индукция құбылысына негізделген және тұтынушыға берілетін механикалық энергияның түрленуіне негізделген.

Қозу орамасының тогымен жасалатын магнитті күш тұрақты магнит ағынын қозғайды. Бұл ағын генератордың роторымен бірге айнала отырып, статор орамаларын қиып өтеді және оларға электржылжымайтын күштердің үшфазалы жүйесін (ЭДС) келтіреді. Статор орамасын жүктеме арқылы тұйықтаған кезде ЭДС ток ағады.

Өзін өзі бақылауға арналған сұрақтар

1. Синхронды генератордағы контактілі сақиналар мен щеткалардың тағайындалуы қандай?
2. Асинхронды қозғалтқыштың роторы айналмалы өріспен синхронды айнала ала ма?
3. Синхронды генератордың жұмыс принципі.

4-бөлім асинхронды машиналар

Тақырып 12. Айнымалы токтың асинхронды машиналарының жұмыс принципі.

Асинхронды машинаның жұмыс режимі және құрылысы.

Асинхронды машина екі негізгі бөліктен тұрады - статор және жылжымалы бөлік - ротор. Статор мен ротор арасында ауа саңылауы бар. Ауа саңылауының ұлғаюы қуат коэффициентін (\cos) және қозғалтқыштың айналмалы сәтін күрт азайтады.

Статордың өзекшесін электротехникалық Болаттың табақтарынан сақиналар түрінде жинайды, олардың ішкі шеңберінде статор орамасын қалау үшін пазалар штампылайды. Орам оқшауланған мыс сымдардан жасалады. Болат табақтар құйынды токтардан шығындарды азайту үшін бір-бірінен лакпен оқшаулайды.

Статордың өзекшесін ораумен станинаға орналастырады, ол арқылы машина іргетасқа бекітіледі. Ротор сондай-ақ электротехникалық Болат табақтарынан жиналады және машинаның білігіне бекітіледі.

Ротордың түріне байланысты асинхронды қозғалтқыштар мыналарға бөлінеді: а) қысқа тұйықталған роторы бар қозғалтқыштар; Б) түйіспелі сақиналары бар қозғалтқыштар.

Асинхронды қозғалтқыштың жұмысы электромагниттік индукция принципіне негізделген.

Үш фазалы айнымалы тоқтың статорын орамаға берген кезде айналмалы магнит өрісі пайда болады, ол статор мен ротор арасында $p1$ айналу жиілігі бар әуе саңылауында қозғалады және өзінің айналуында ротор орамасының өткізгіштерін қиып өтеді, осы орамада ЭДС E_2 индуктивтендіреді.

Егер ротор орамасы құлыпталған болса, онда ЭҚК әсерінен ЭҚК бағыты бойынша сәйкес келетін ток пайда болады.

Нәтижесінде өзара іс-қимыл ток өткізгіштегі ротор орамасының бастап айналмалы магнитті өрісі статор туындайды күші f , ауыстырады жолсерік бағытында айқындайтын ережесіне "сол қол". Егер F Күшін ротор осінен өткізгішке дейінгі қашықтыққа көбейтсек, онда осы өткізгіштің тогымен дамытылатын $m=FR$ айналмалы моментін аламыз. Өйткені роторы орналастырылуы үлкен саны өткізгіштердің, онда туындының күштері, жұмыс істеп тұрған әрбір жолсерік, қашықтық осы өткізгіштердің осіне дейін өтеді ротордың анықтайды айналу моменті қозғалтқыштың. Айналмалы сәттің әсерінен қозғалтқыш роторы магнит өрісінің айналу бағытына айналады.

Айнымалы ток машиналары орамаларындағы электр қозғалатын күштер

Қажет индуктируемые орамаларындағы ЭҚК болды синусоидальными, яғни өгей жоғары гармоника туғызатын қосымша қыздыру және тежегіш моменттері. ЭҚК айналмалы магниттік ағындармен индукцияланғандықтан, ол үшін магниттік индукцияны ауа саңылауының бойымен бөлу синусоидалы болуы қажет. Ол үшін әртүрлі конструктивтік шаралар қолданылады. Мысалы, айқын полюсті синхронды генераторлардың қоздыру өрісінің қисығын жақсарту үшін олардың полюсті ұштықтары радиуста әуе саңылауының радиусына қарағанда аз радиуста орындалады, яғни. шеттік полюсті ұштықтың ортасында (δ) саңылаудан артық саңылауды (δm) жасайды. Жақсы нәтижелер $\delta m/\delta=1,5\div 2$ қатынасымен полюсті ұштықты береді.

Полюсті емес машиналарда магнит индукциясының синусоидалы таралу сипаты пазсыз ротор шеңберінің бөлігі мен қозу орамасы салынатын паздармен оның шеңберінің бөлігі арасындағы тиісті қатынасты таңдау арқылы құрылады. Әдетте бұл қатынас $2/3$ тең. Бірақ бұл жағдайларда магнит индукциясының қисығы синусоидқа жақындап келеді, сондықтан статор орамасының ЭДС синусоидалы емес болып қалады және негізгі гармоникамен қатар жоғары гармониктер болады. ЭҚК қисығының симметриясының күшімен абсцисс осіне қатысты статор орамасының ЭДС қисығында жұп гармоник болмайды.

1) электр энергиясын өндіру; 2) электр энергиясын өндіру; 3) электр энергиясын өндіру; 4) электр энергиясын өндіру; 5) электр энергиясын өндіру; 6) электр энергиясын өндіру; 7) электр энергиясын өндіру; 8) электр энергиясын өндіру; 9) электр энергиясын өндіру; 10) электр энергиясын өндіру.

а) өткізгіштің электр қозғаушы күші

Карбон және карбоназидтің магниттік өрісі

$$e_{np} = E_{m.np} \sin \omega t \quad (2)$$

амплитудасы

$$E_{m.np} = B_{\sigma} l_{\sigma} v = 2 f B_{\sigma} l_{\sigma} \tau \quad (3)$$

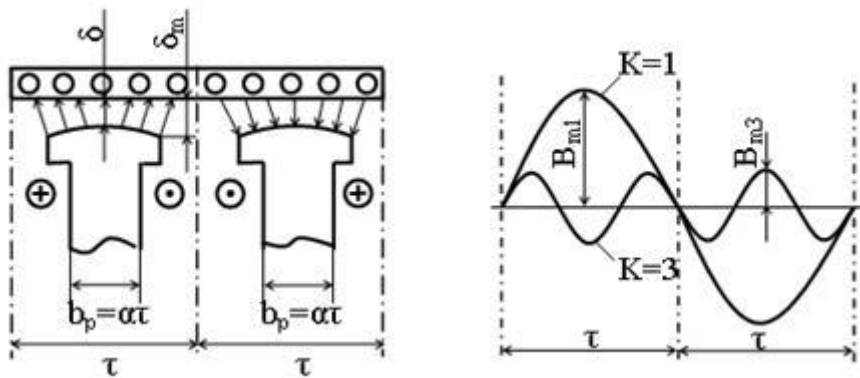
және қолданыстағы мәні

$$E_{np} = \sqrt{2} f B_{\sigma} l_{\sigma} \tau \quad (4)$$

$B_{\sigma}=B_{m1}$ - саңылаудағы өрістің негізгі гармоникасы индукциясының амплитудасы;

l_{σ} - есептік белсенді машина ұзындығы;

τ - полюсті бөлу.



Сурет 1-статор бетінің бойымен айқын полюсті синхронды машинаның козу өрісінің магниттік индукциясын тарату

Кейбір жағдайда статор орамасының ЭДС нысанын жақсарту үшін жүгіруші магнит өрісіне қатысты паздарды шабу жүзеге асырылады. Бұл ретте, синусоидалы таратылған магниттік өріспен өткізгіштің жекелеген учаскелерінде индукцияланатын ЭДС фазасы өткізгіштің бойымен үздіксіз өзгереді, және өткізгіштің екі ұшында индукцияланатын элементар ЭДС ΔE , фаза бойынша бұрышқа жылжиды

$$\gamma_c = \frac{\vartheta_c}{\tau} \pi, \quad (5)$$

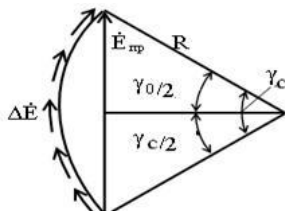
ϑ_c - скос шамасы.

Егер шексіз шағын учаскелерді қарастырсақ, $\Delta \rightarrow 0$ және ΔE векторларының геометриялық қосындысы доғамен бейнеленсе және ус орталық бұрышына тірелетін шеңбердің хордына тең болады.

Хорданың ұзындығы оның доғасына қатынасы

$$\kappa_c = \frac{2R \sin \gamma_c / 2}{R \gamma_c} = \frac{\sin \gamma_c / 2}{\gamma_c / 2} \quad (6)$$

қиғаш болған кезде ЭДС $E_{\text{пр}}$ кему дәрежесін анықтайды және орамның Паз коэффициенті деп аталады.



Сурет 2-паздарды қазу кезінде өткізгіштің ЭДС анықтамасы

U_s мәнін қойып, аламыз

$$\kappa_c = \frac{\sin\left(\frac{\vartheta_c \pi}{\tau 2}\right)}{\frac{\vartheta_c \pi}{\tau 2}}, \quad (7)$$

өйткені скос Үлкен емес, онда $\kappa_c \approx 1$. Мысалы, $\frac{\vartheta_c}{\tau} = \frac{1}{6}$

$$\kappa_c = \frac{\sin \frac{\pi}{6 \times 2}}{\frac{\pi}{6 \times 2}} = \frac{12}{\pi} \sin 15^\circ = 0,989 \quad (8)$$

яғни, ЭДС Епр 1,1 % азаяды. Жолсеріктің соңғы ЭҚК

$$E_{np} = \sqrt{2} f B_{\sigma} l_{\sigma} \tau \quad (9)$$

б) орам мен орауыштың электр қозғаушы күші

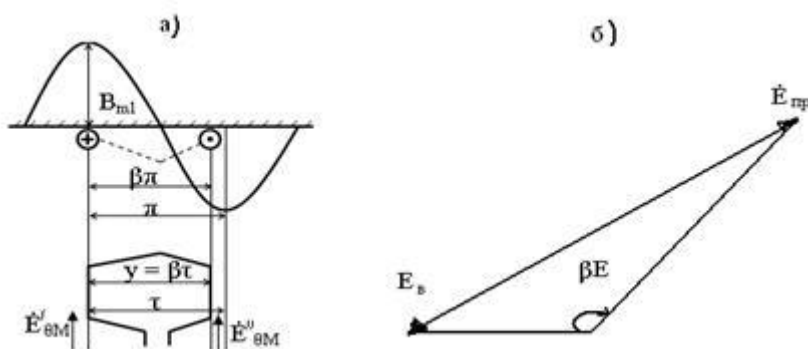
Айнымалы ток орамдарының орамалары мен орауыштың қадамы көбінесе полюстік бөлумен салыстырғанда біршама қысқарады, сондықтан салыстырмалы кадам әдетте бірліктен аз.

ЭҚК өткізгіштердің кезеңінің бірдей шамасын, бірақ шегерілген фаза бойынша бұрышқа $\beta\pi$, өйткені белсенді өткізгіштер кезеңінің шегерілген магнит өрісінде осындай бұрышы.

ЭҚК *vitka* 3-суретке сәйкес тең

$$E_e = 2E_{np} \sin \beta\pi/2 = 2\sqrt{2} f k_c k_y B_{\sigma} l_{\sigma} \tau \quad (10)$$

$k_y = \sin \beta\pi/2$ - орам қадамының қысқару коэффициенті. E_e максимална толық кадаммен ($\gamma = \pi$; $\beta = 1$), тоғда $k_y = 1$.



Сурет 3-ЭДС орам

Паз қабырғаларының жалпы Паз оқшауламасымен бірге тізбектелген орамдар тобы катушка деп аталады.

Егер катушкада ω_k орам болса, онда ЭҚК катушкалар

$$E_x = \omega_k E_e = 2\sqrt{2} f \omega_k k_y k_c B_{\sigma} l_{\sigma} \tau \quad (11)$$

Индукцияның синусоидальдық таралуы кезіндегі бір полюстің ағыны

$$\Phi = B_{\sigma} \tau_{\sigma} = 2 l \pi B_{\sigma} l_{\sigma} \tau \quad (12)$$

және мәннен кейін $B_{\sigma} l_{\sigma} \tau$ (11) біз түпкілікті аламыз

$$E_x = \pi \sqrt{2} f \omega_k k_y k_c \Phi = 4,44 f \omega_k k_y k_c \Phi \quad (13)$$

2) орам фазасының электр қозғаушы күші. Көп полюсті машинада ораманың әрбір фазасында әртүрлі полюстермен жатқан катушкалық топтар бар. Егер топтарда Q катушкаларының бірдей саны болса, онда олар α бірдей бұрыштарын алып, бір-біріне қатысты полюсті бөліністердің бүтін санына жылжиды. Бұл жағдайда катушкалық топтардың ЭДС шамасы бойынша тең және фаза бойынша 360° - ге (топтың жұп санына ауысуы кезінде τ) немесе 180° - ге (τ тақ санына ауысуы кезінде) жылжиды. Мұндай катушкалық топтарды ЭҚК топтары арифметикалық түрде қалыптасатын жолмен біріктіруге болады. Сонымен қатар, олардың параллель қосылуы мүмкін, барлық параллель тармақтардың ЭДС шамасы бойынша бірдей болады және фаза бойынша сәйкес келеді.

Егер әрбір тармақта катушкалық топтардың N ретімен қосылса, онда әрбір тармақтың ЭДС және орам фазасының қолданыстағы мәні тұтастай алғанда болады:

$$E = nEg,$$

немесе

$$E_x = \pi \sqrt{2} f \omega_k k_{обк} k_c \Phi = 4,44 f \omega_k k_{обк} k_c \Phi \quad (20)$$

$\omega = nq$, (ω_k - әрбір параллель тармақтардағы тізбектелген орамдардың саны және фаза орамдарының Саны деп аталады).

Егер m-фазалық орамда Z ПАЗ және α параллель бұтақтары болса, онда:

$$\omega = \frac{Z S_n}{2am} \quad (21)$$

S_n - пазадағы тиімді өткізгіштердің саны.

Үшфазалы орам барлық фазалардың ЭДС шамасы бойынша тең және фаза бойынша 120° жылжытатындай етіп құрастырылады. Мұндай орам симметриялы деп аталады. Машина кеңістігі машинаның барлық Z паздары ораммен бос болғанда ең үлкен дәрежеде қолданылады. Симметриялық орамада Z / m-бүтін сан.

Магнит өрісінің жоғарғы гармоникасынан ораманың электр қозғаушы күші

K-гармоникасының полюстік бөлінуі k есе кем τ және сондықтан егер негізгі гармоникаға ($k = 1$) қатысты орамның екі өткізгіштік фазаларының ығысуы β бұрышын құраса, онда k-гармоникаға қатысты бұл ығысу βk тең.

K-гармоника үшін қысқарту коэффициентін анықтау кезінде формуланы пайдаланады:

$$k_{pk} = \sin \frac{k\beta\pi}{2} \quad (22)$$

Топтың көршілес катушкаларының ЭДС фазаларының ығысуы да K есе көп болады, сондықтан тарату коэффициентін мына формула бойынша есептеу керек:

$$k_{pk} = \frac{\sin \alpha / 2}{q \sin k\alpha / 2q} = \frac{\sin k\pi / 2m}{q \sin k\pi / 2mq} \quad (23)$$

K - гармоника өрісіне қатысты жамбас скос бұрышы да есе көп болады, сондықтан скос коэффициенті үшін:

$$k_{ck} = \frac{\sin \frac{k_{ec} \pi}{\tau 2}}{\frac{k_{ec} \pi}{\tau 2}} \quad (24)$$

Гармоникаға арналған орау коэффициенті:

$$k_{обк} = k_{yk} k_{pk} \quad (25)$$

Өрістің жоғарғы гармоникасынан ЭҚК фазасы:

$$E_x = \pi \sqrt{2} f_k \omega k_{обк} k_{ck} \Phi_k = 4,44 f_k \omega k_{обк} k_{ck} \Phi_k \quad (26)$$

k - Ағын-гармониктер:

$$\Phi_k = \frac{2}{\pi} B_{\text{ак}} I_{\sigma} \tau_k = \frac{2}{k\pi} B_{\text{ак}} I_{\text{ак}} \tau \quad (27)$$

Толық ЭҚК-нің қолданыстағы мәні

$$E_{\Sigma} = \sqrt{E_1^2 + E_3^2 + E_5^2 + \dots + E_k^2} \quad (28)$$

Айнымалы ток қозғалтқышының орамалары

а) үш фазалы екі қабатты орамалар

Айнымалы токтың орамасы статор өзекшесінің пазаларында орнатылған сымдардың жүйесін білдіреді.

Статор орамасының элементі белсенді жақтарынан және алдыңғы бөлігінен тұратын катушка болып табылады. Белсенді Жақтар арасындағы қашықтық у орамының қадамы деп аталады.

Қадам Толық деп аталады, егер полюстік бөлікке тең болса $u = \tau$ және қысқартылған, егер ол полюстік бөлуден аз болса $\leq \tau$.

Қазіргі уақытта қолданылатын айнымалы ток орамдары мынадай түрде жіктеледі:

- а) фазалар саны бойынша-бір фазалы және үш фазалы;
- б) толық орама катушкаларының өлшеміне және қысқа қадаммен орауға байланысты;
- в) катушкаларды пазаға салу тәсілі бойынша - бір қабатты және екі қабатты.

Қазіргі айнымалы ток машиналарында екі қабатты орамдар қолданылады.

Екі қабатты орамада катушкалардың жақтары екі қабатты пазада жатыр және әрбір катушканың бір жағы жоғарғы жағында, ал екінші жағы төменгі қабатта жатыр. Бұл ретте барлық катушкалардың көлемі мен пішіні бірдей. Екі қабатты орамдардың артықшылықтары:

- 1) жоғары гармоникаларды басу және орау сымның шығынын азайту тұрғысынан тиімді тіс бөліністерінің кез келген бүтін санына орау қадамын қысқарту мүмкіндігі;
- 2) орамаларды дайындауды жеңілдететін катушкалардың бірдей өлшемдері мен пішіні;
- 3) катушкалардың алдыңғы бөліктерінің қарапайым нысаны, бұл орамаларды дайындауды жеңілдетеді.

Айнымалы токтың орамдары электромагниттік жағынан тең, ілмекті және толқынды болып бөлінеді.

Қарапайым үшфазалы орау үш катушкамен орындалады, осьтері статордың шеңбері бойынша 2Т Қос полюстік бөліністің 1/3-іне жылжиды. Әдетте фазалық орам бір ғана емес, әрбір полюсті бөлу шегінде q Паз алатын бірнеше катушкалардан тұрады. Осылайша, үшфазалы ораманың пайда болуы үшін статор өзекшесінің тіс қабатын әрбір полюсті бөлу шегінде әрқайсысында q Паз бойынша үш аймаққа бөлу қажет. Әрбір полюстің астында осындай аймақтарды кезектестіру тәртібі бірдей болуы тиіс. Катушкалар, уложенные "пазы бірдей аймақтарды құрайды фазныеобмотки.

Полюс пен фазадағы паздардың q-санының шамасын анықтау үшін формуланы пайдалану керек

$$q = \frac{z}{2pm} \quad (29)$$

m - паздар саны.

Көрші паздар арасындағы бұрыш

$$\alpha = \frac{360p}{z} \quad (30)$$

Паздарда көрсетілген көрші фазалар арасындағы ығысу

$$\lambda = \frac{120}{\alpha} \quad (31)$$

Мысал. Қысқа қадаммен үш фазалы екі қабатты ораманың ашық схемасын орындау, егер $Z=24$, $2p=4$, $Y=5$.

Берілген τ , $2p$ және z бойынша анықтаймыз:

а) полюске және фазаға Паз саны $q = z/2pm = 6$;

б) полюсті бөлу $\tau = z/2p = 6$;

в) көрші паздар арасындағы жылжу бұрышы $\beta = 360p/z - 30$ эл. град;

г) көрші фазалар арасындағы жылжу $\lambda = 120/a = 4$.

1 және 2 катушкалардың жоғарғы жақтарын олардың төменгі жақтарымен (6 және 7 пазалары) жалғаймыз және бірінші фазаның бірінші катушкалық тобын аламыз; 7 және 8 катушкалардың жоғарғы жақтарын олардың төменгі жақтарымен (12 және 13 пазалары) жалғаймыз және екінші катушкалық топты аламыз; 13 және 14 жоғарғы жақтарын олардың төменгі жақтарымен 9 18 және 19 пазалары) жалғаймыз және үшінші катушкалық топты аламыз және соңында 19 және 20 катушкалардың жоғарғы жақтарын төменгі жақтарымен (24 және 1 пазалары) жалғаймыз

Катушкалар топтарда, сондай-ақ катушкалық топтары-бірімен соединяем дәйекті (сурет б,в) аламыз фазную обмотку бірінші фазасы. Бірінші катушкалық топтың басы а қорытындысына қосылады, ал төртінші катушкалық топтың басы шығырға қосылады. Екінші және үшінші фазалардың катушкаларымен бірдей үрлеумен және катушкалық топтарды бірінші фазада жасалғандай біріктірумен екінші (В-У) және үшінші (С=Z) фазалардың фазалық орамаларын аламыз (б,в суретті қараңыз).

б) полюске және фазаға паздардың бүтін санымен толқынды орамалар

Айнымалы токтың қуатты машиналарында, атап айтқанда ірі турбогенераторларда үлкен магнитті ағынның және катушкалардың үлкен санының салдарынан статор орамасының қажетті кернеуі $q = 1$ катушкадағы орамдардың Саны кезінде жетеді. Бұл жағдайда екі қабатты ораманың әрбір қуысында үлкен қималы екі өзегі ғана болады, олардың ішінде алдыңғы бөліктерінде дәнекерлеу жолымен орамдар түзіледі.

Өзекті орамаларды ілмекті де, толқынды да орындауға болады. Бірақ көп жағдайда оларды толқынды етеді, себебі катушкалық топтар арасындағы азаю есебінен мысты үнемдеуге қол жеткізіледі және орамды дайындаудың еңбек сыйымдылығы азаяды.

6-суретте көрсетілгендей үшфазалы екі қабатты өзекті толқынды ораманың сұлбасы 7-суретте бейнеленген. Схеманы шолуға ыңғайлы болу үшін паздардың есебі сол жақ жиегінен шегініп басталады. А фазасының басы 2 жоғарғы қабатынан алынған. Бұл фазаны оның басынан айналып өткен кезде, 2-ші қабаттың жоғарғы жағында жатқан 2-ші орамның соңынан (19-ші қабаттың төменгі қабаты) статордың айналасына толық айналып өтуді аяқтаймыз. Бұл ретте (бұл жағдайда $p=2$) орамдар болады. Статордың айналасында екінші айналым 14 орамның шетін 1 орамның басталуымен біріктіруден басталады. Екінші айналымда тағы $q=2$ катушкадан (1 және 13) өтіп, 18 Паздың төменгі жағынан шығуды аяқтаймыз (7 суретті қараңыз). Бұл жағдайда, $q=2$ кезінде айналуның бірінші циклі аяқталады. Бұл цикл 3 және 4 айналымдардан тұрады, сонымен қатар орамдардың (катушкалардың) pq орамдары (бұл жағдайда $2 \cdot 2=4$ орам), яғни фазаның барлық $2pq$ орамдарының (катушкалардың) жартысы қолданылады.

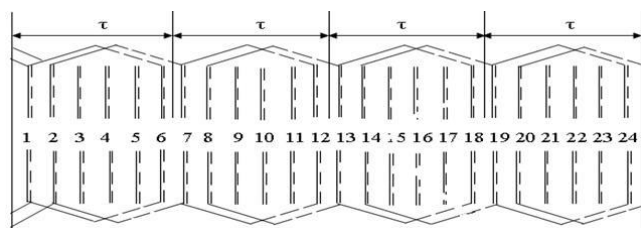
А фазасының айналуының екінші циклі 19 катушкасының төменгі жағынан басталды (төменгі жағы 24), бұл ретте фазаның барлық орамдары 1К-2Н далдалармен тізбектеледі. Айналуның екінші циклі қарама-қарсы бағытта жасалады, ал $q=2$ 20, 8, 19,7 катушкаларын ұстап, х фазасының соңымен аяқталады.

Осыған ұқсас В және С фазаларындағы қосылыстар орындалады, полюстердің санына қарамастан орамның әрбір фазада айналым циклдерін қосатын үш маңдайшалары болады.

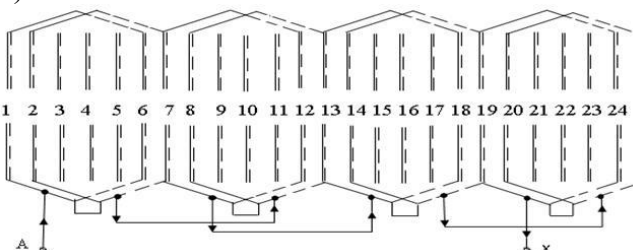
Осылайша, толқындық ораманың әрбір фазасы әрбір PQ катушкасынан екі жарым тұрады. Бұл жартыларды параллель қосуға болады және орамды $A=1$ параллель тармақтармен алуға болады.

8-суретте төрт катушкалық топтың бірізді қосылысы көрсетілген. Екінші және үшінші катушкалық топтар жоғарғы ұштары қосылған. Үшінші және төртінші катушкалық топтар - төменгі ұштары, ал фазалық орамның шығыстарына бірінші және төртінші катушкалық топтардың жоғарғы ұштары қосылған. Катушкалық топтарды тізбектеп жалғаған кезде полюстер санына қарамастан әрбір фазалық орамада бір параллель тармақ болады.

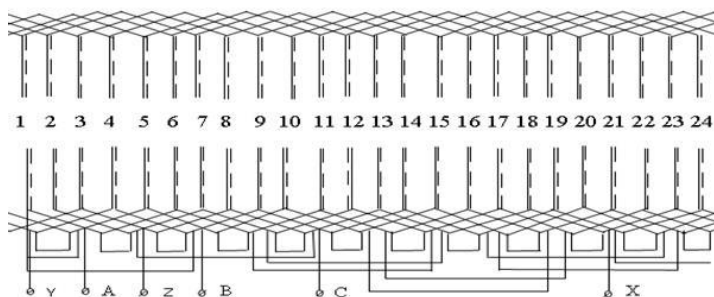
а)



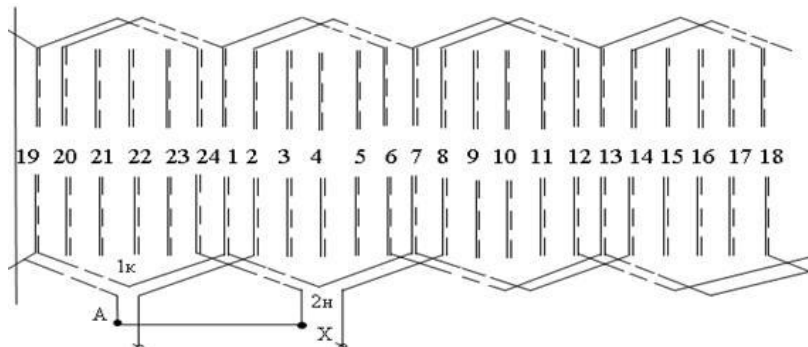
б)



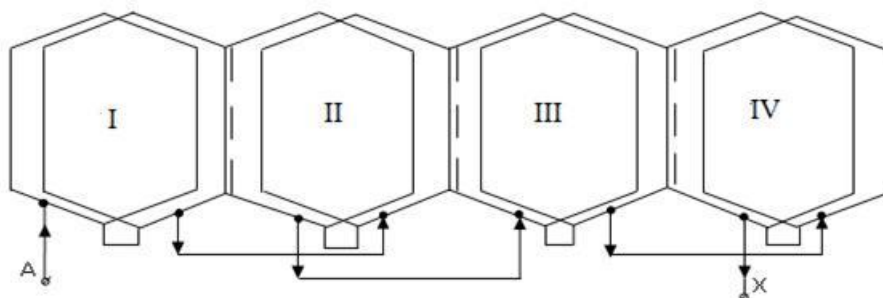
в)



Сурет 6-Үш фазалы екі қабатты ілмекті ораманы құру тәртібі қысқа қадам



Сурет 7-ораманың қысқартылған қадамымен екі қабатты толқынды ораманы құру тәртібі (а фазасы)



8-сурет-катушкалық топтарды біріктірудің дәйекті тәсілі

Әр фазада екі қабатты орамда $2r$ катушкалық топ бар, сондықтан барлық катушкалық топтарды параллель біріктіріп, $2r$ параллель тармақтардан тұратын орамды аламыз.

8-суретте төрт катушкалық топтың параллель қосылуы көрсетілген. Барлық катушкалық топтарды параллель жалғау үшін А орамасының бір шықпасына тақ катушкалық топтардың (I және III) жоғарғы ұштарын және жұп катушкалық топтардың (II және IV) төменгі ұштарын

қосу керек. Топтың қосылуының мұндай тәртібі мыналармен түсіндіріледі: ЭДС қатар жатқан катушкалық топтардың жанында бір-біріне қатысты 180° - ге фаза бойынша жылжиды, өйткені олар әртүрлі полюстердің астында орналасқан. Сондықтан ЭҚК-нің жанында жатқан фазалық ораманың катушкалық топтарының фазасы бойынша сәйкес келуі үшін ұштарын өзгертіп, оларды қосуға тура келеді.

Өзін өзі бақылауға арналған сұрақтар

1. Асинхронды машинаның құрылғысы
2. Айнымалы ток машиналары орамаларындағы электр қозғалатын күштер
3. Магнит өрісінің жоғарғы гармоникасынан ораманың электр қозғаушы күші
4. Асинхронды машинаның жұмыс істеу принципі
5. Асинхронды машинаның жұмыс режимдері.

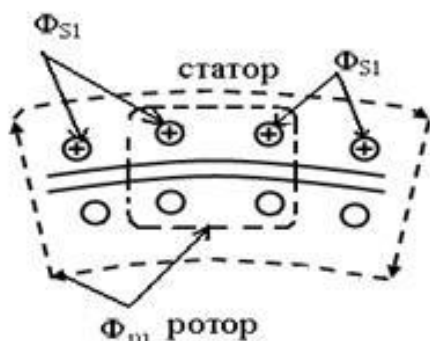
Тақырып 13. Үшфазалы асинхронды қозғалтқыштың жұмыс процесі.

Асинхронды қозғалтқыштың бос жүріс кезінде қозғалыссыз роторы

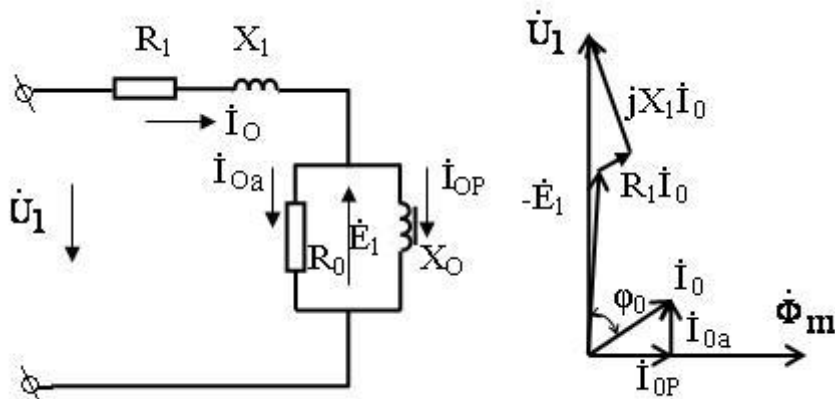
Болжаймыз, не ротор асинхронды қозғалтқыштың (АҚ) разомкнут және неподвижен, ал статор енгізілген электр желісі кернеуі U_1 мен жиілігі f_1 . Статорға жататын барлық шамалар бастапқы деп аталады және "1" индексімен белгіленеді, ал роторға жататын барлық шамалар қайталама деп аталады және "2" индексімен белгіленеді.

Статор орамасы бойынша U_1 кернеуінің әсерінен I_0 бос жүріс тогы өтеді. Осы токпен түзілетін магнитті қозғалғыш күш (МДС) магниттік ағынын жасайды, оның бір бөлігі ФТ машинаның екі бөлігінің орамдарымен тіркелген, ал екінші бөлігі Φ_{s1} - статор орамымен ғана. Бірінші ағын негізгі, екіншісі-шашырау ағыны. Егер Р-АҚ полюстерінің жұбы саны болса, онда айналу жиілігі 1 МДС f_1 және тиісінше магниттік ағынның

$$n_1 = \frac{f_1}{p} \text{ об/с.} \quad (32)$$



9-сурет-ротор ажыратылған кезде статор ағындары



10-сурет-бос жүріс режимінде асинхронды қозғалтқыштың эквивалентті схемасы (а) және векторлық диаграммасы (б)

Негізгі ағын статор мен ротор орамдарында ЭҚК E_1 және E_2 құрады, ол формулалармен анықталады:

$$\begin{aligned} E_1 &= \pi \sqrt{2} f_1 \omega_1 k_{\sigma\phi 1} \Phi_m = 4,44 f_1 \omega_1 k_{\sigma\phi 1} \Phi_m; \\ E_2 &= \pi \sqrt{2} f_1 \omega_2 k_{\sigma\phi 2} \Phi_m = 4,44 f_1 \omega_2 k_{\sigma\phi 2} \Phi_m; \end{aligned} \quad (33)$$

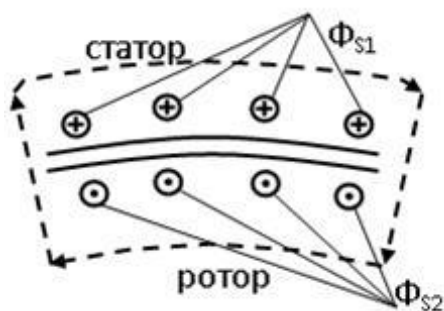
ω_1, ω_2 – статор мен ротор орамаларының орамдарының саны;
 $k_{\sigma\phi 1}, k_{\sigma\phi 2}$ – орамалардың орау коэффициенттері.

$$k_e = \frac{E_1}{E_2} = \frac{\pi \sqrt{2} f_1 \omega_1 k_{\sigma\phi 1} \Phi_m}{\pi \sqrt{2} f_1 \omega_2 k_{\sigma\phi 2} \Phi_m} = \frac{\omega_1 k_{\sigma\phi 1}}{\omega_2 k_{\sigma\phi 2}}. \quad (34)$$

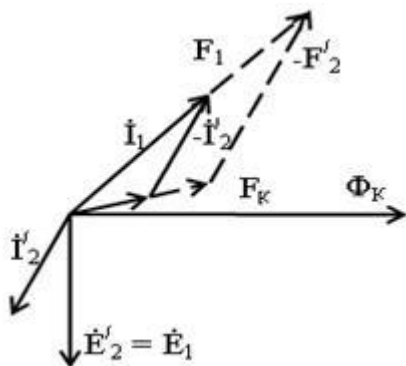
Осы теңдеуге сәйкес эквивалентті схема және АД векторлық диаграммасы 10-суретте көрсетілген. ІО тогы магнит өрісін қоздыру үшін тұтынылатын реактивті құрауышы және статор мен ротор өзекшесі болаттағы шығындарды жабу үшін қажетті Іоа белсенді құрауышы бар.

Асинхронды қозғалтқыштың қысқа тұйықталуы

Ақ қысқа тұйықталу режимі тежелген ротор кезінде туындайды. Қысқа тұйықталу кезінде статор мен ротор орамаларындағы токтар шектеулі болуы үшін, олардың қозғалтқышқа келтірілетін кернеудің номиналдық мәндері U_k мәніне дейін, яғни U_1 ном номиналдық кернеуден 10-20% - ға төмендеуі керек.



Сурет 11-қысқа тұйықталу кезіндегі Ақ ағындары



Сурет 12-қысқа тұйықталу кезіндегі ақ векторлық диаграммасы

II бастапқы тогы екі құрауыштың сомасы ретінде ұсынылуы мүмкін, олардың біреуі () МДС FK құрады, ал екіншісі (-I2) МДС - F2 құрады, ол МДС F2 екінші токтың I2 орнын толтыратын МДС-F2 құрайды. Осылайша, бізде:

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_k + \left(-\dot{I}_2 \right) \quad \text{немесе} \quad \dot{I}_k = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 \quad (38)$$

тиісті

$$\dot{F}_1 = \dot{F}_k + \left(-\dot{F}_2 \right) \quad \text{немесе} \quad \dot{F}_1 = \dot{F}_k + \left(\dot{F}_2 \right) \quad (39)$$

Статор мен ротордың ЭДС тепе-тендік жағдайынан аламыз:

$$m_1 \omega_1 k_{\sigma 1} I_2' = m_2 \omega_2 k_{\sigma 2} I_2, \quad (40)$$

m_1 және m_2 - статор және ротор фазаларының саны.

Ток трансформация коэффициенті болады:

$$k_i = \frac{I_2}{I_2'} = \frac{m_1 \omega_1 k_{\sigma 1}}{m_2 \omega_2 k_{\sigma 2}} \quad (41)$$

Демек, ротордың келтірілген тогы

$$I_2' = \frac{I_2}{k_i} \quad (42)$$

ЭҚК және токтардың трансформация коэффициенттерін пайдалана отырып, R2' және x2' роторының активті және индуктивті кедергісінің келтірілген мәндерін анықтаймыз.

R2' келтірілген кезде ротор орамындағы шығындар өзгеріссіз қалуы тиіс, яғни

$$m_2 r_2 I_2'^2 = m_1 r_2' I_2'^2,$$

$$r_2' = \frac{m_2 I_2'^2}{m_1 I_2'^2} r_2 = \frac{m_2 (m_1 \omega_1 k_{\sigma 1})^2}{m_1 (m_2 \omega_2 k_{\sigma 2})^2} r_2 = \frac{\omega_1 k_{\sigma 1}}{\omega_2 k_{\sigma 2}} \cdot \frac{m_1 \omega_1 k_{\sigma 1}}{m_2 \omega_2 k_{\sigma 2}} r_2 = k r_2 \quad (43)$$

$k = k_e k_i$ - шашыраудың индуктивті кедергісін келтіруде кедергіні келтіру коэффициенті ЭДС E2 мен I2 тогы арасындағы ψ_2 бұрышы өзгеріссіз қалуы тиіс.

Демек,

$$\operatorname{tg} \psi_2 = \frac{x_2}{r_2} = \frac{x_2'}{r_2'},$$

$$x_2' = x_2 \frac{r_2'}{r_2} = k x_2 \quad (44)$$

Қысқа тұйықталу кезіндегі бастапқы және екінші ЭҚК теңдеулері

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_{1k} &= -\dot{E}_{1k} + \dot{I}_1 Z_1 \\ 0 &= \dot{E}_{2k} - \dot{I}_2 Z_2' \end{aligned} \right\}, \quad (45)$$

$r_1 + jx_1 = Z_1$ и $r_1' + jx_2' = Z_2'$ - статор мен ротор орамаларының толық кедергісі.

Токқа қатысты теңдеуді (45) бірге шеше отырып, біз:

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{U}_{1к}}{Z_1 + Z_2'} \quad (46)$$

Өзін өзі бақылауға арналған сұрақтар

1. Асинхронды қозғалтқыштың бос жүріс кезінде қозғалыссыз роторы
2. Асинхронды қозғалтқыштың қысқа тұйықталуы
3. Айналмалы ротор кезіндегі асинхронды қозғалтқыш

Тақырып 14. Үшфазалы асинхронды қозғалтқыштардың электромагниттік моменті және жұмыс сипаттамалары.

Асинхронды қозғалтқыштың айналмалы сәттері мен қуаты

а) асинхронды қозғалтқыштың энергетикалық диаграммасы

Қозғалтқыш желіден тұтынатын белсенді қуат тең

$$P_1 = m_1 U_1 I_1 \cos \varphi_1 = m_1 E_1 I_1 \cos \Psi_1 + m_1 I_1^2 r_1 \quad (64)$$

Векторлық диаграммадан (16 сурет):

$$U_1 \cos \varphi_1 = E_1 \cos \Psi_1 + I_1 r_1 \quad (65)$$

$$I_1 \cos \Psi_1 = I_0 \sin \delta + I_2' \cos \Psi_2$$

Статорға келтірілетін белсенді қуат үшін соңғы өрнек

$$P_1 = m_1 I_1^2 r_1 + m_1 E_1 I_0 \sin \delta + m_1 E_1 I_2 \cos \Psi_2 = P_{м1} + P_{c1} + P_{эм} \quad (66)$$

P_{M1} - статор орамындағы электр шығындары;

P_{c1} - статор өзекшесіндегі магниттік шығындар;

$P_{эм}$ - ротор тізбегіне айналатын магнит өрісімен берілетін электромагниттік қуат.

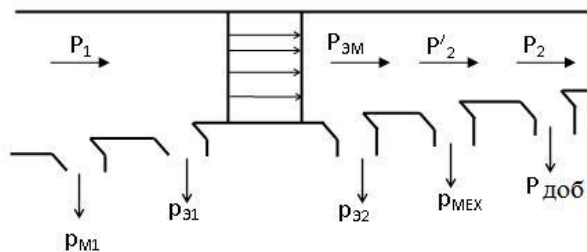
Қозғалтқышпен тұтынылатын реактивті қуат үшін:

$$Q_1 = m_1 U_1 I_1 \sin \varphi_1 = m_1 E_1 I_1 \sin \Psi_1 + m_1 I_1^2 x_1 \quad (67)$$

Аналитикалық қайта құрудан кейін біз аламыз:

$$Q_1 = m_1 E_1 I_2' \sin \Psi_2 + m_1 I_1^2 x_1 + m_1 E_1 I_0 \cos \delta \quad (68)$$

яғни реактивті қуат, тұтынылатын қозғалтқышты желіден, кейін қайта құру магнит өрісінің шашырау статор орамасының, магниттеу өзекшелерді статор және ротор және беруді реактивті қуатты ротору құру үшін өріс шашырау ротор орамасының.



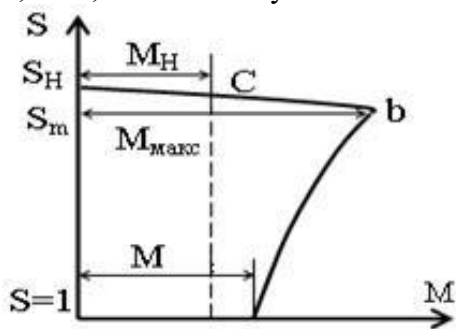
Сур.17.асинхронды қозғалтқышта энергияны түрлендіру және жоғалтулар.

$P_{мех}$ - ротордағы механикалық шығындар;

$P_{м2}$ - ротор орамындағы электр шығындары;

$P_{доб}$ - басқа қосымша шығындар.

Тұра қозғалтқыш параметрлері r_1, x_1 және x_2 және задаваясь түрлі мәндерімен сырғанау $S = 1, S=0$, аламыз салу механикалық сипаттамасы қозғалтқыштың $M=f(S)$, показанную-суретте 19.



19 сурет-асинхронды қозғалтқыштың механикалық сипаттамасы

Қозғалтқышты іске қосу кезінде $s=1$ кезінде іске қосу сәті (А нүктесі) дамиды, $S=SM$ кезінде ең жоғары сәтте (В нүктесі) өтеді.

Қозғалтқыш моменті $M=MC$ (С нүктесі) кедергі моментіне тең болған кезде қозғалтқыштың айналмалы моменті мен жетек механизмі жағынан білікке кедергі моментінің арасындағы тепе-теңдік туындайды.

в) асинхронды іске қосу, максималды және номиналды моменттері қозғалтқыш

1) іске қосу сәті. Мпуск оның маңызды пайдалану сипаттамаларының бірін құрайды. Іске қосу моментінің мәні $s = 1$ кезіндегі жалпы мәннен алынады

$$M_{\text{пуск}} = \frac{m_1 P}{2\pi f_1} \frac{u_1^2 r_2^1}{[(r_1 + r_2')^2 + (x_1 + x_2')^2]} = \frac{m_1 P}{2\pi f_1} \frac{u_1^2 r_2'}{r_k^2 + x_k^2} \quad (79)$$

(79) формуласынан іске қосу сәті көрінеді:

- берілген F1 жиілігі және қозғалтқыш параметрлері кезінде U_{21} статорының кернеу квадратына тура пропорционал;;

- ротордың белсенді кедергісі шашыраудың индуктивті кедергісіне тең болған жағдайда максимумға жетеді

$$r_2' + r_{\text{доб}}' = x_1 + x_2' \quad (80)$$

Асинхронды қозғалтқыштың жұмысы $s > s_m$ сырғу кезінде тұрақсыз болады. Егер қозғалтқыш моменті максималға тең болса, ал сырғу $s \sim s_m$ болса, онда жүктеме моментінің ұлғаюы s ұлғаюын, а демек айналмалы моменттің азаюын тудырады. Бұл s сырғуы бірлікке тең болғанға дейін сырғудың одан әрі ұлғаюына әкеледі, яғни қозғалтқыш роторы тоқтағанша (қозғалтқыштың аударылуы).

Осылайша, айналмалы сәтке ең жоғары мәнге жеткенде асинхронды қозғалтқыш жұмысының тұрақты режимінің шегі келеді. Демек, қозғалтқыштың тұрақты жұмысы үшін айналмалы сәт барынша аз болуы қажет. Бұл жағдайда қозғалтқыш номиналды жүктеме кезінде ғана емес, сондай-ақ қозғалтқыштың электр жетегіндегі сенімді жұмысы үшін қажет шамадан тыс жүктемелерге де төзімді болады. Басқаша айтқанда, қозғалтқыш ең жоғарғы сәттің номиналды сәтке қатынасымен анықталатын қайта тиеу қабілетіне ие болуы тиіс (артық жүктеме коэффициенті):

$$k_M = \frac{M_{\text{MAX}}}{M_{\text{НОМ}}} = 1,7 \div 2,5 \quad (84)$$

3) асинхронды қозғалтқыштың номиналды сәті номиналды сырғу кезінде S_H , қозғалтқыштың білігіне жүктеме қозғалтқыш есептелген номиналға тең болғанда орын алады. Қозғалтқыштың номиналды сәті мынадай формула бойынша анықталады:

$$M_H = 9,55 \frac{P_H}{n_{2ж}}, [\text{Н} \cdot \text{м}], \quad (85)$$

P_n - қозғалтқыштың номиналды қуаты, Вт,
 $n_{2к}$ - ротордың номиналды айналу жиілігі

$$n = \frac{60 \cdot f_1 (1 - S_H)}{p}, \text{ [об./мин].} \quad (86)$$

Өзін өзі бақылауға арналған сұрақтар

1. Асинхронды қозғалтқыштың айналмалы сәті
2. Асинхронды қозғалтқыштың іске қосу, ең жоғары және номиналды сәттері
3. Асинхронды қозғалтқыштың жұмыс сипаттамалары

Тақырып 15. Үш фазалы асинхронды қозғалтқыштардың айналу жиілігін қосу және реттеу.

Асинхронды қозғалтқыштардың іске қосу сипаттамалары олардың конструкциясымен тығыз байланысты. Қозғалтқыштар фазалық оралатын ротордың бар салыстырғанда қозғалтқыштармен бірге короткозамкнутой оралатын ротордың ең үздік іске қосу сипаттамалары, өйткені қосумен ротор тізбегіне іске қосу реостаттың азайтуға болады пусковой ток I_p және бір мезгілде арттыруға жіберу моменті M_p . Бірақ ротордың қысқа тұйықталған орамасы бар қозғалтқыштар арзанырақ, жұмыс істеу сенімді және жақсы жұмыс сипаттамалары бар. Қозғалтқыштардың екі түрінің артықшылықтарын бір конструктивтік нысанда үйлестірудің көптеген әрекеттері олардың кемшіліктерін болдырмай немесе оларды минимумға дейін жеткізе отырып, бұл міндетті әзірге шешілген деп санауға болмайтынын көрсетті. Арнайы орындалатын ротордың қысқа тұйықталған орамасы бар қозғалтқыштарды қолдана отырып, ең жақсы нәтижелерге жетті. Тарату желілерінің өткізу қабілетінің өсуіне байланысты мұндай қозғалтқыштар қазіргі уақытта шамамен мың киловатт қуатына орындалады.

Асинхронды қозғалтқыштарды іске қосудың басты тәсілдері мыналар болып табылады: а) ротордың фазалық орамасы бар қозғалтқыш роторының тізбегіне енгізілетін реостаттың көмегімен іске қосу; б) ротордың қысқа тұйықталған орамасы бар қозғалтқыштарды желіге қосу $U_n = U_M$ (тура қосу) кезінде; в) сонымен бірге $U_n < U_H$ кезінде.

а) ротордың фазалық орамасы бар қозғалтқыштарды іске қосу.

Кедергісі g_d іске қосу реостаттың (сурет 22) таңдалады тұрғысынан шектеулер іске қосу тогы. Әдетте іске қосу тогының шамасы M_p іске қосу моментінің бастапқы мәні M_t ең жоғары сәтіне тең болған кезде g_d кедергісінде рұқсат етілген болады. Сонда $S_M = 1$ және формула бойынша

$$S_M = \pm \frac{r_2}{x_1 + x_2'} = \frac{r_2'}{x_k}, \quad (88)$$

$$r_d' = x_k - r_2'. \quad (89)$$

Қозғалтқышты іске қосудың бірқалыпты болуына бірнеше кедергі сатыларының реостатындағы құрылғымен қол жеткізіледі. 23-суретте а келтірілген қозғалтқыштың механикалық сипаттары үшін бес мәндерін кедергі g_d , ал 23-суретте б - тиісті қарай ток жылдамдығы ротордың айналу.

Іске қосу уақытын азайту үшін кедергінің жекелеген сатыларын ажыратуды 23-суретте көрсетілгендей, ротор тізбегінің қалған кедергісі үшін қозғалтқыштың M_t ең үлкен айналу сәтіне сәйкес келетін айналу жылдамдығы кезінде жүргізген жөн.

I_p іске қосу тогының бір мезгілде азаюы және M_p сәтінің артуы $R'd$ қосымша кедергі роторының тізбегіне қосылғанда ЭҚК мен А тогы арасындағы бұрыш (ротор тогының белсенді құрамдас бөлігі ұлғаю) және M_p айналмалы сәті ұлғаюымен түсіндіріледі. $R'l + r' 2 > x_k$ ротор тізбегінің кедергісі кезінде токтың белсенді құраушысы азаяды, ал бұл айналмалы моментті төмендетеді.

Ротордың ашық орамасы бар қозғалтқышты желіге қосу жүктелмеген трансформаторды қосқан кезде орын алатындай маңызды ток шоғырын тудыруы мүмкін. Сондықтан реостаттың үш фазасының бірінші қарсыласу сатысының басы жалпы нүктеге қосылады. Тұйықталған қайталама тізбектің болуы, сондай-ақ қозғалтқышты сөндіру кезінде статор мен ротор орамаларындағы асқын кернеулерден сақтайды.

Аз және орташа қуатты қозғалтқыштарды іске қосу үшін көбінесе майлы салқындатумен металл реостаттар, үлкен қуатты қозғалтқыштар үшін - жылжымалы электродтар бар су реостаттары қолданылады.

Санын азайту үшін, контактілер және арзандату іске қосу реостаттың кейде қосымша кедергілер енгізеді тек екі фаза ротор орамасының (сурет 24) туғызады асимметрию ток ротордың асимметрию жүйесіне токтың жалпы жағдайда болады таратуға үш симметриялы жүйесін әртүрлі жүру тәртібіне фазалардың. Бұл жағдайда токтың нөлдік реттілігі жүйесі жоқ, себебі реостаттың және ротор орамасының орташа нүктелері жалғанбайды. Фазалардың тура жүру жүйесі және фазалардың кері жүру жүйесі бірдей жылдамдықпен роторға қатысты айналады

$$n_2 = 60 f_2 / p = n_1 s, \quad (90)$$

бірақ қарама-қарсы.

$n = n_1(1 - s)$ Ротор жылдамдықпен айналады. Демек, статорға қатысты тікелей өрістің айналу жылдамдығы

$$n + n_2 = n_1(1 - s) + n_1 s = n_1, \quad (91)$$

кері өрістің айналу жылдамдығы

$$n_2 - n = n_1(1 - s) - n_1 s = n_1(1 - 2s). \quad (92)$$

Осылайша, тікелей өріс статор өрісімен синхронды айналады, олардың өзара әрекеттесуі машина валында айналмалы моментті құрады (26-суреттегі 1 сызық).

Ротордың кері өрісі ауыспалы жылдамдықпен кеңістікке айналады, сонымен қатар сырғанау $s = 1$ -ден $s = 0,5$ -ке дейін өзгерген кезде. Кері өріс ротордың айналуына қарсы айналады; $S = 0,5$ кезінде кері өрістің жылдамдығы $n_1(1-2s)=0$, ал сырғанау $S = 0,5$ бастап нөлге дейін өзгерген кезде кері өрістің айналу бағыты ротордың айналу бағытына сәйкес келеді.

Үшін кері айналмалы өрістің роторы деп санауға болады обмотку статор тұйық накоротко, өйткені желінің өте аз. Сондықтан ротордың айналу жылдамдығы $N < n_1/2$ кезінде статордың қысқа тұйықталған орамымен ротордың кері өрісінің өзара іс-қимылы қозғалтқыштың айналмалы сәтінің ұлғаюына жетектеледі, ал $N > n_1/2$ кезінде кері өріспен құрылатын сәт 26-суретте көрсетілгендей тежегіш болып табылады. Нәтиже сәті 3 сызығымен ұсынылған. Айналмалы сәттің күрт төмендеуі $p \approx 0, 5n_1$ кезінде байқалады және егер МТ жүктеме моменті $M_{мин}$ айналу моменті көп болса, онда қозғалтқыш ол үшін қалыпты айналу жылдамдығына жетпейтін, ал механикалық сипаттаманың А нүктесінде тұрақты жұмыс істейтін болады.

Осы құбылыс ротор тізбегіндегі түйіспелердің бұзылуы кезінде ротор орамының ток асимметриясының салдарынан байқалады.

Автоматтандыру процесін іске қосу кейбір жағдайларда ротор тізбегіне кіреді белсенді кедергісі g_d және дәйекті немесе параллель онымен индуктивті кедергісі x_d .

Кесте бойынша (25 сурет, а) $s = 1$ және $f_2=f$, индуктивті кедергі үлкен және негізінен іске қосу тоғын шектейді. Ротордың айналу жылдамдығының ұлғаюына қарай $F_2 = fs$ жиілігі азаяды, соған сәйкес Э.д. с. ротордың E_2s және индуктивті кедергісі $X_d s = X_d$. Нәтижесінде ротор тізбегіндегі ток тек ГД кедергісінің болуына қарағанда баяу түседі, яғни іске қосу операциясы баяу жүреді.

Схема бойынша (қараңыз 25-сурет, б) басында іске қосу, қашан жиілігі f_2 тағы да зор, ауқымды және индуктивті кедергісі x_d , сондықтан негізгі бөлігі ток ротор арқылы белсенді кедергісі, осылайша ол айқындайды және іске қосу тоғы және айналу моменті. Ротордың айналу жылдамдығының ұлғаюына қарай индуктивті кедергі $F_2=fs$ жиілігіне пропорционал азаяды және іске қосу соңына қарай ротордың барлық дерлік тоғы индуктивті кедергі бойынша ағады. Ротор тізбегіндегі токтың мұндай қайта бөлінуі іске қосу кезінде айналмалы моменттің және токтың тұрақты мәндеріне ие болуға мүмкіндік береді.

б) асинхронды қозғалтқышты желіге тікелей қосу

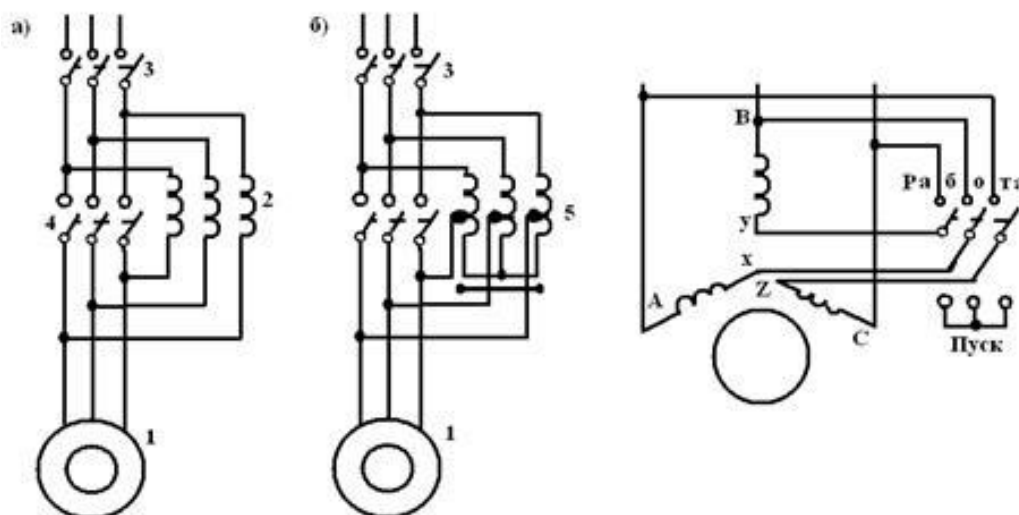
Бұл ретте ротордың қысқа тұйықталған орамасы бар қозғалтқышты қосудың бірінші сәтінде орны бар құбылыстар қысқа тұйықталған трансформатордағы сияқты. Қысқа тұйықталу тогының екі құраушысы бар-қысқа тұйықталудың белгіленген тогына сәйкес келетін мерзімді және аperiодикалық, бірінші құраушыға және уақыт бойынша өшетін. Асинхронды қозғалтқыштарда қысқа тұйықталу тогының екінші құраушысының өшуі өте тез жүреді. Сондықтан, ІІІ қозғалтқышының іске қосу тогы деп тек қысқа тұйықталудың қалыптасқан тогы ғана түсініледі.

Іске қосу тогының бастапқы мәнінің шамасы, әдетте, оның номиналды токқа қатынасымен анықталады және іске қосу тогының еселігі деп аталады. Қазіргі заманғы қозғалтқыштар үшін іске қосу тогының еселігі $I_{II}/I_{II} = 4 \div 7$ шегінде болады, сондықтан сақтандырғыштар мен жылу релесі қысқа мерзімді маңызды токтарға төзуі тиіс.

Электрқозғалтқышты желіге тікелей қосу мүмкіндігі іске қосу тогына және желі мен трансформатордың толық кедергісіне байланысты кернеудің төмендеуімен анықталады. Қазіргі уақытта тарату жүйелері қуаттарының өсуіне байланысты қуаты бірнеше жүз және тіпті мың киловатт болатын қозғалтқыштарды желіге тікелей қосуға жол беріледі.

Автотрансформатормен кернеудің төмендеуі

Индуктивті кедергінің орнына автотрансформаторды қолдануға болады (27, б суретті қараңыз). Автотрансформаторды қолдану желінің бірдей токтары кезінде индуктивті кедергі жағдайына қарағанда іске қосу моментінің үлкен шамасын алуға мүмкіндік береді. Егер $I_{II}/I_{II} = 2 \div 2,5$ бұрынғы мәнін сақтаса, онда автотрансформатордағы кернеудің тек 1,5-2 есе төмендеуі талап етіледі, ал бұл іске қосу сәтінің 2-4 есе азаюына әкеледі.



28-сурет - қозғалтқышты үшбұрыштан жұлдызға ауыстыру

а-индуктивті кедергімен;

б-автотрансформатормен.

27 сурет-кернеудің төмендеуі іске қосу кезінде

Қосудың екі тәсілінің де кемшілігі іске қосу аппаратурасының едәуір құны болып табылады. Ауыстырып қосу, үшбұрыш - жұлдыз

Бұл жағдайда іске қосу мынадай түрде жүзеге асырылады (28-суретті қараңыз). Ауыстырып қосқыш "іске қосу" күйіне қойылады және статор орамасы желіге қосылады. Кезде айналу жылдамдығына жақын, номиналды перебрасывают ауыстырып қосқыш ереже "жұмыс", ол аяқталады іске қосу операциясы.

Статор орамасының қосқышын қосу жағдайында жұлдызбен, жұмыс жағдайында - үшбұрышпен жалғанады.

Өзін өзі бақылауға арналған сұрақтар

1. Ротордың фазалық орамасы бар қозғалтқыштарды іске қосу.
2. асинхронды қозғалтқышты желіге тікелей қосу
3. Ауыстырып қосу, үшбұрыш - жұлдыз
4. Асинхронды қозғалтқыштардың айналу жылдамдығын реттеу
5. Сырғанауды өзгерту
6. Полюстер жұптарының санын өзгерту
7. Қоректендіру желісінің жиілігін өзгерту

Тақырып 16. Арнайы мақсаттағы асинхронды машиналар.

Сельсиндер қуаты бірнеше ватт-дан бірнеше жүз ватт-қа дейін (киловаттан аз) ауыспалы ток электр машиналарының ерекше түрі болып табылады. Бұрылыстың механикалық бұрышын өзара механикалық байланысы жоқ құрылғылар арасында электр жолымен Дистанционды беру үшін сельсин қызмет етеді.

Әр сельсиннің статоры мен роторы бар, онда айнымалы ток орамалары орналасқан. Статордағы біркатушалық орамасы бар және ротордағы үшкатушалық орамасы бар сельсиндер бар, керісінше статордағы үшкатушалық орамасы бар және ротордағы біркатушалық орамасы бар, және ақырында статордағы үшкатушалық орамасы бар және ротордағы бірдей орамасы бар.

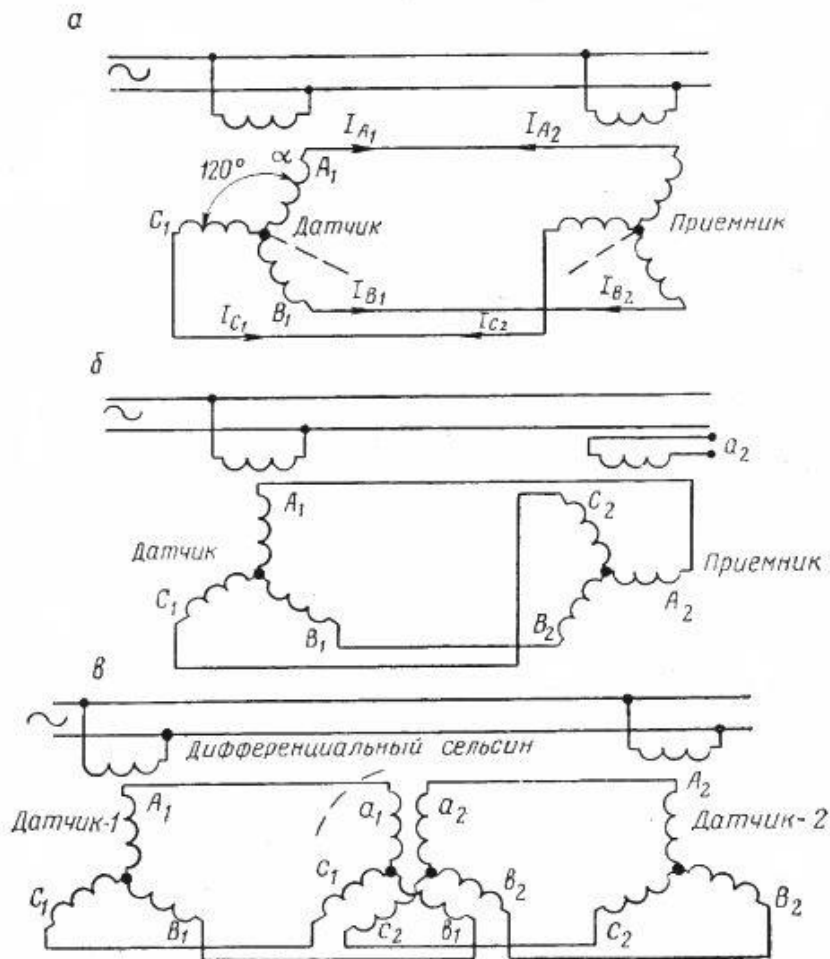
Өзінің мақсаты бойынша сельсиндерді автореттеу схемаларында:

- * сельсин-датчиктер,
- * сельсин-қабылдағыштар
- * дифференциалдық.

Сельсиннің жұмысын анықтау үшін күріш қарастырайық. 1, а.

Сельсин-датчик және сельсин-қабылдағыш өзінің статор біркатушкалы орамдарымен айнымалы токтың бір желісіне қосылған, ал ротордың үшкатушкалы орамалары өзара қосылған. Егер Енді датчиктің роторын еркін бұрса, онда осындай бұрышқа қабылдағыш роторы бұрылады. Егер датчик роторы үздіксіз еркін жылдамдықпен айналса, онда қабылдағыш роторы да осындай жылдамдықпен айналатын болады.

Сельсиндік байланыстың әсері электромагниттік индукция принципіне негізделген, ол келесіден тұрады. Статордың біркүштік орамасының айнымалы тогы ротордың үшкүштік орамасында индуктенеді, олардың шамасы ротор орамдарының және статордың салыстырмалы орналасуына байланысты.



Сур. 1. Сельсиндерді қосу схемалары: а-жүйе бойынша датчик-Қабылдағыш; Б-сельсин-қабылдағыш трансформаторлық режимде; в-дифференциалдық

Егер екі сельсиндердің роторлары өзінің статорларына қатысты бірдей орналасқан болса, онда роторлардың қосқыш сымдарындағы токтар тең және өзара қарама-қарсы, сондықтан әрбір катушкадағы ток нөлге тең. Нәтижесінде, бір және басқа сельсиндердің білігіндегі айналмалы момент нөлге тең.

Егер Енді сельсин-датчиктің роторын белгілі бір бұрышқа қолмен немесе өзге тәсілмен бұрса, онда роторлар арасындағы токтардың тепе-теңдігі бұзылады және сельсин-қабылдағыш білігінің айналмалы сәті пайда болады, соның арқасында оның роторы тепе-теңсіздік, ток жоғалғанша бұрылады, яғни бұл ротор сельсин-датчиг сияқты жағдайды қабылдамайынша.

Автореттеу жүйелерінде сельсин-қабылдағыш трансформаторлық режимде жұмыс істейді (сурет. 1, б). Бұл жағдайда қабылдағыштың роторы қозғалыссыз бекітіледі, ал оның статорының орамасы желіден ажыратылады. Бұл орамда э. д. с. ротор жағынан индукцияланады, оның орамдары бойынша сельсин-датчигінің роторы жағдайына байланысты ток өтеді. Бұл дегеніміз, Э. д. с. шамасы қабылдағыш роторының қысқыштарында датчиктің бұрылу бұрышына пропорционалды.



Бастапқы жағдайда роторлар бір-біріне қатысты 90° ығыстырылған және бұл жағдайда э. д. с. датчигінің роторында индуктирленетін нөлге тең. Енді ротор-датчик бұрылысында қабылдағыш роторында э. д. с. Епр, роторлардың келісілу бұрышына пропорционалды индукцияланады

$$E_{пр} = E_{макс} \times \sin$$

Дифференциалды сельсин екі осьтің бұрылу бұрышының әртүрлілігін бақылау қажет болған жағдайларда қолданылады, яғни олардың келісілуі. Бұл жағдайда екі сельсин-датчик екі білікте болады, олардың жылдамдығы өзара салыстырылады. Бұл сельсиндердің роторлары дифференциалды болып табылатын үшінші сельсин роторының статоры мен роторының үшқатушалық орамдарымен жалғанған (сурет. 1, в). Дифференциалды сельсин роторының бұрылу бұрышы сельсин-датчиктердің бұрылу бұрыштарының әртүрлілігіне тең.

Асинхронды қозғалтқыштардың іске қосылуының сипаттамасын жақсартуға ұмтылу ротордың ерекше конструкциясы бар асинхронды қозғалтқыштардың құрылуына әкелді.

Ротордағы терең пазасы бар қозғалтқыш.

Бұл қозғалтқыш қарапайым асинхронды қозғалтқыштан ротор пазалары тар металл жолақтарды білдіретін ротор орамдарының өзекшелері салынған терең саңылаулар түрінде жасалған. Екі жағынан бұл өзектер тұйықталған сақиналарға дәнекерленген. Іске қосу сәтінде қозғалтқыштың кезде ротор неподвижен мен ток жиілігі ротордың орамасындағы ең көп мәні ($f_2=f_1$), индуктивті кедергі төменгі бөлігінде әрбір өзек айтарлықтай көп жоғары, себебі ол сцеплена үлкен санымен магниттік күш сызықтары өріс шашырау.

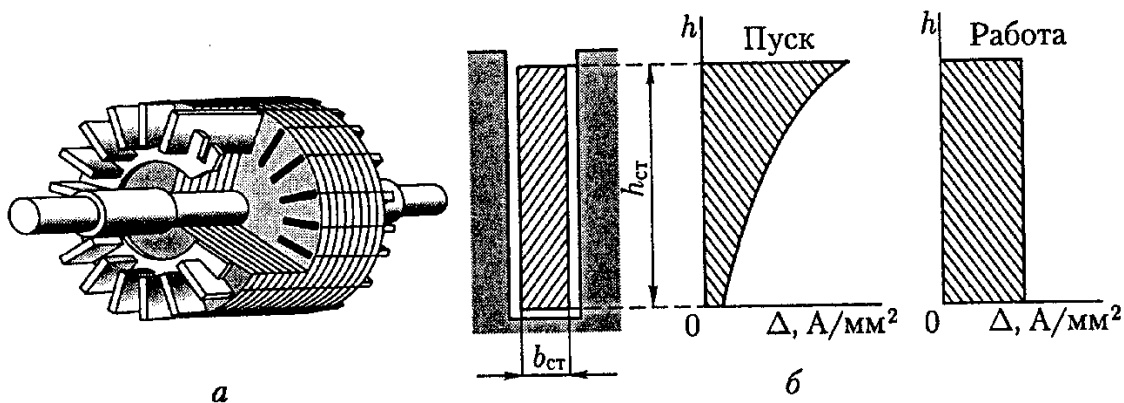


Рис. 15.6. Ротор с глубокими пазами:

a — устройство; *б* — распределение плотности тока ротора по высоте стержня при пуске и при работе двигателя

- Сур. ротор өзекшесінің биіктігі бойынша іске қосу тогының тығыздығын бөлу кестесі көрсетілген. Ротордың барлық тогы өзектің жоғарғы жағынан өтеді. Т. к. Қимасы барлығы өзектің айтарлықтай көп қимасы, ол арқылы ток ағады, мұндай конструкциясы болады равносильна ұлғайту белсенді қарсыласу өзегінің, ротор, бұл өсуіне ықпал етеді іске қосу сәтінен қозғалтқыштың және кейбір шектеу іске қосу тогы.

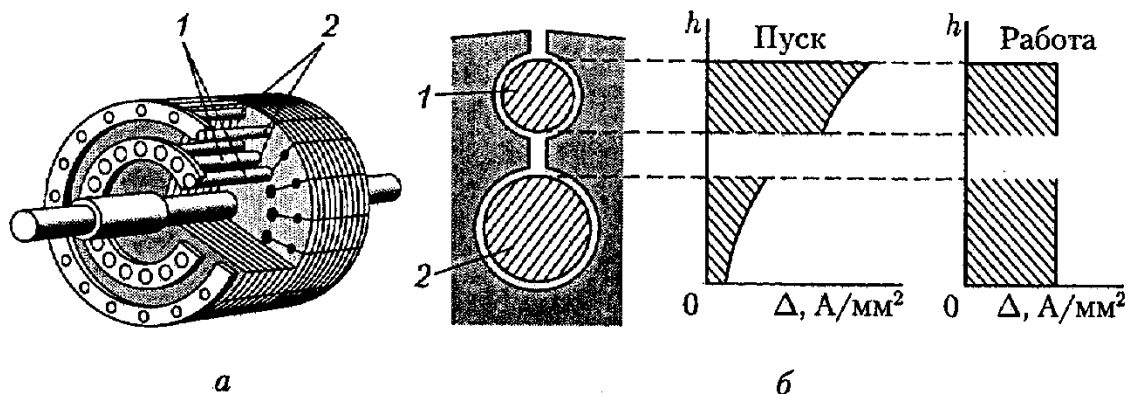


Рис. 15.8. Двуклеточный ротор:

a – устройство; *б* – распределение плотности тока в рабочей и пусковой клетках при пуске и работе двигателя

Ротордағы екі торлы қозғалтқыш. Қарапайым асинхронды қозғалтқышқа қарағанда анағұрлым жақсы іске қосу сипаттамалары бар. - Сур. бейнеленген: 1 – жұмыс клетка, 2 – іске қосу клетка. Іске қосу торының өзектері әдетте жезден немесе қоладан – мыстан белсенді кедергіге қарағанда анағұрлым жоғары материалдардан жасалады. Іске қосу торының шашырауының индуктивті кедергісі Үлкен емес, өйткені ол ауа саңылауына жақын орналасқан. Мыстан жасалған жұмыс торының аз белсенді кедергісі бар. Қозғалтқыштың іске қосылуы кезінде ротор тогы негізінен индуктивті кедергіге ие жоғарғы (іске қосу) тор бойынша өтеді. Бұл жасушаның жоғары белсенді кедергісі төмен іске қосу тогы кезінде елеулі іске қосу сәтiмен қамтамасыз етеді. Ротордың айналу жиілігінің ұлғаюына қарай ротордағы ток жиілігі азаяды, бұл ретте жасушаның индуктивті кедергісі азаяды, ток іске қосу торының аймағынан жұмыс торының аумағына қайта бөлінеді. Осылайша, осы ақ іске қосу кезінде торлар арасында іске қосу сәтiн біртіндеп қайта бөлу жүреді.

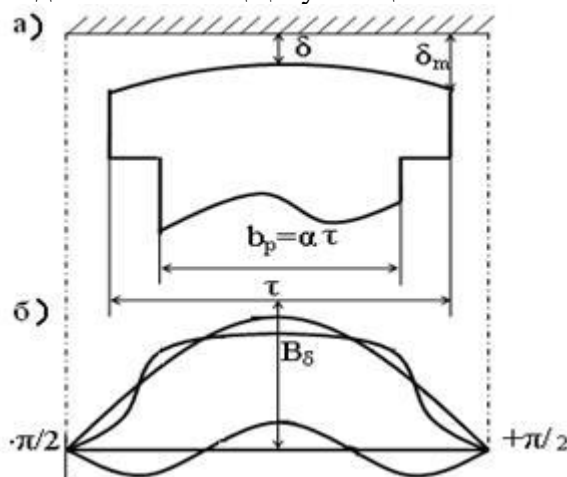
Өзін өзі бақылауға арналған сұрақтар

1. Сельсиннің мақсаты, құрылысы, жұмыс істеу принципі.
2. Ротордағы терең пазалы қозғалтқыштың мақсаты, құрылысы, жұмыс істеу принципі.
3. Ротордағы екі торлы қозғалтқыштың мақсаты, құрылысы, жұмыс істеу принципі.

5-бөлім синхронды машиналар

Тақырып 17. Синхронды машиналардың құрылғысы.

Қоздыру орамасы якорь (статор) орамымен Тіркелетін және онда ЭҚИндукциялайтын синхронды машинаның қозуының магниттік ағынын жасайды.



33-сурет-айқын полюсті машинаның қозу орамасының магниттік өрісі

33 суретте I қисығы якорь бетінде қозу өрісінің магниттік индукциясының таралуы болып табылады. Қисық-в негізгі және жоғары гармоникаларға бөлінеді, олар негізгі және жоғары гармоникалар экк.. Сондықтан якорь ЭДС негізгі гармоникасы ғана есепке алынады, және сәйкесінше индуктор (ротор) мен якорем арасындағы өзара индукция ағыны қозу өрісінің негізгі гармоникасы болып саналады. Қисық өріс нысанының коэффициенті

$$k_{\phi} = \frac{B_{em1}}{B_{em}} \quad (104)$$

Магнитті қозғалатын күш (МДС) қозу орамасы бір полюске

$$F_B = \frac{\omega_B I_B}{2p} \quad (105)$$

ω_B - қозу орамасының орамдарының саны;

I_B – қоздыру тогы.

Қозу өрісінің негізгі гармоникасының амплитудасы

$$B_{em1} = k_{\phi} B_{em} = \frac{\mu_0 \cdot F_B k_{\phi}}{k_{\delta} k_{\mu d} \delta \cdot p} = \frac{\mu_0 \cdot \omega_B I_B}{k_{\delta} k_{\mu d} \delta \cdot p} \quad (106)$$

k_{δ} - Саңылау коэффициенті;

$k_{\mu d}$ - бойлық ось бойынша қанығу коэффициенті (полюстер осі).

Саңылау өзгергендіктен, шаманы орташа есептік саңылау үшін есептеу қабылданды

$$\delta_p = \delta + 1/3(\delta_m + \delta) \quad (107)$$

Қозу өрісінің негізгі гармоникасының ағыны

$$\Phi_{e1} = \frac{2}{\pi} B_{em1} \tau \cdot l_{\delta} = \frac{\mu_0 \cdot \tau \cdot l_{\delta} W_e I_e}{\pi \cdot k_{\delta} k_{\mu d} \delta \cdot p} \quad (108)$$

Осы фазаның осі синхронды машина полюстерінің осіне сәйкес келген кезде зәкірдің фазалық орамасымен ағытпа

$$\Psi_{eadt} = W \Phi_{e1} K_{об1} \quad (109)$$

Ротор бұрылғанда қозу өрісінің негізгі гармоникасының ағынын ағыту заң бойынша өзгереді

$$\Psi_{eadt} = \Psi_{ead} \cos \omega_1 t = M_{ad} I_e \cos \omega_1 t \quad (110)$$

онда өзараиндуктивтілік тең

$$M_{ad} = \frac{\Psi_{ead}}{I_e} = \frac{\mu_0 \cdot \tau \cdot l_{\delta} \omega_e \cdot \omega \cdot K_{об1}}{k_{\delta} k_{\mu d} \delta \cdot p} \quad (111)$$

Магнит өрісі Зәкір орамының параметрлері. Зәкірдің бойлық және көлденең реакциялары.

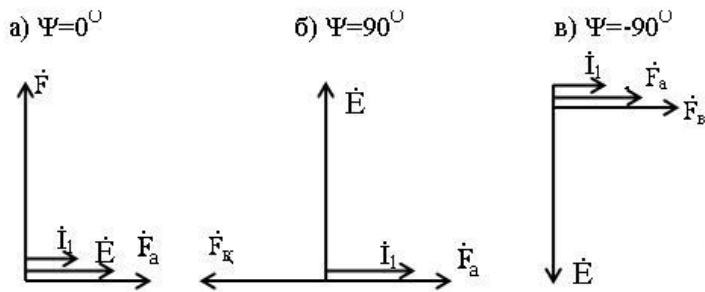
Генератордың жүктемесі кезінде, якорь орамасы бойынша ток өтетін кезде, орау якорь реакциясының өрісі деп аталатын өзінің магниттік өрісін жасайды. Синхронды машинаның зәкірінің реакциясы белгіленген және ауыспалы жұмыс режимдерінде машинаның мінез-құлқына және сипаттамаларына елеулі әсер етеді.

Айқын полюсті синхронды машина роторының симметриялы емес құрылғысына байланысты якорь реакция әрекетін жеке бойлық және көлденең осьтер бойынша қарастыру қажеттілігі туындайды. Мұндай қарау әдісі қою әдісі немесе екі реакция теориясы деп аталады. Екі реакция әдісі көлденең ось бойынша әрекет ететін магниттік ағындар бойлық ось бойынша әрекет ететін ағындар шамасына және керісінше әсер етпейді деп болжанатын салу принципіне негізделген.

Зәкір орамасының МДС векторлық диаграммалары

Белсенді жүктеме (). 34 суретте екі полюсті генератордың статоры мен роторы көрсетілген. Ротор сағат тіліне қарсы бұрыштық жиілігі бар және А фазасының ЭДС роторының көрсетілген жағдайы кезінде максимал айналады. Себебі ток кезіндегі белсенді жүктемеге сәйкес келеді фаза бойынша ЭҚК-і бар болса, онда ол максимален $i_A = I_m$.

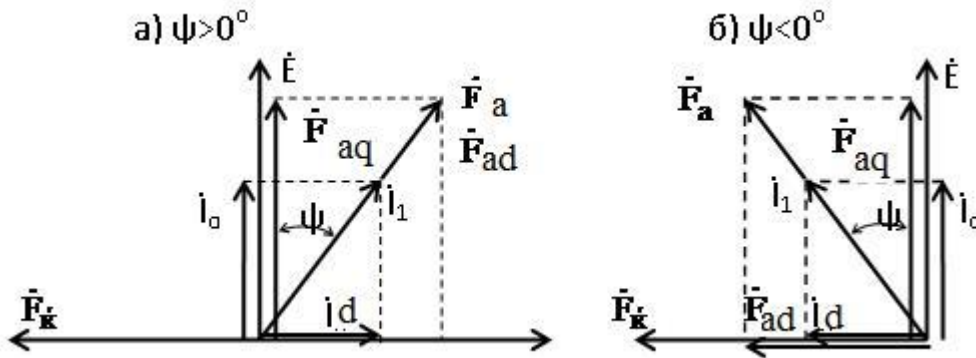
Қозу орамасы өрісінің магнит индукциясының және Зәкір орамасы өрісінің магнит индукциясының жасалған желілері бойынша f_a Зәкір орамасы МДС f_b қозу орамасы МДС перпендикуляр бағытталғанын көруге болады. Бұл қорытынды осы жағдай үшін құрылған векторлық диаграммамен расталады (34 суретті қараңыз). Зәкір орамындағы қозу өрісімен түзілген ЭДС векторы II Зәкір орамындағы активті жүктемені қосу кезінде МДС $F_{епри}$ -дан 90° - ға артта қалып, фаза бойынша ЭҚК Е-мен сәйкес келеді, сондықтан осы ток арқылы түзілетін МДС F_a векторы f_b векторына қатысты 90° - ға кеңістікте жылжытылады.



34 - сурет-синхронды генератордың активті (а), индуктивті (б) және сыйымдылық (в) жүктемелері кезіндегі векторлық диаграммалар

Зәкір реакциясы өрісінің мұндай сипаты (кезінде) ротордың кез келген жағдайында сақталады, өйткені Зәкір реакциясының роторы мен өрісі синхронды түрде айналады.

Зәкірдің көлденең реакциясы ауа саңылауындағы қисық өрістің бұрмалануын тудырады және Зәкір реакциясының айналмалы өрісі Зәкір орамындағы ЭДС индуктейді.



- а) белсенді-индуктивті жүктеме;
- б) белсенді-сыйымдылық жүктеме.

35 сурет - аралас жүктеме кезіндегі векторлық диаграммалар

Магниттік өрістер, ЭҚК және Зәкір бойлық және көлденең реакциясының параметрлері

Зәкір реакциясының МДС-ның бойлық құрамы

$$F_{ad} = \frac{m\sqrt{2}\omega k_{\text{сөл}}}{\pi \cdot p} I_d \quad (118)$$

Зәкір реакциясының МДС көлденең құрамдас бөлігі

$$F_{aq} = \frac{m\sqrt{2}\omega k_{\text{сөл}}}{\pi \cdot p} I_q \quad (119)$$

Өзін өзі бақылауға арналған сұрақтар

1. Қозғалу орамасының магнитті қозғалатын күші (МДС).
2. Магнит өрісі Зәкір орамының параметрлері.
3. Зәкірдің бойлық және көлденең реакциялары.
4. Магниттік өрістер, ЭҚК және Зәкір бойлық және көлденең реакциясының параметрлері

Тақырып 18. Магнит өрісі және синхронды генераторлардың сипаттамалары.

Генераторды параллель жұмысқа қосу

Электр станцияларында әдетте ортақ электр желісіне параллель қосылатын бірнеше синхронды генераторлар орнатылады. Бұл тұтынушыларды энергиямен жабдықтау сенімділігін арттырады және электр жабдыктарына қызмет көрсетуді жақсы ұйымдастыруға мүмкіндік

береді. Электр станциялары, өз кезегінде, қатарлас жұмыс үшін қуатты энергожүйеге біріктіреді. Осылайша, синхронды генератор үлкен қуатты желіге жұмыс істейді, онымен салыстырғанда генератордың өз қуаты өте аз. Бұл жағдайда генератор шексіз үлкен қуат желісімен параллель жұмыс істейді. е. Ус желісінің кернеуі және оның жиілігі осы генератордың жүктемесіне тәуелді емес тұрақты болып табылады.

Генераторды параллельді жұмысқа қосқан кезде токтың аз лақтырылуын қамтамасыз ету қажет, өйткені олай болмаған жағдайда релелік қорғаныс іске қосылады және генератордың немесе бастапқы қозғалтқыштың сынуы мүмкін.

Генераторды желіге қосу сәтіндегі Ток, егер генератор мен желі кернеулерінің жылдам мәндерінің теңдігін қамтамасыз ете алатын болса, нөлге тең болады:

$$U_{cm} \sin(\omega_c t - \alpha_c) = U_{rm} \sin(\omega_r t - \alpha_r) \quad (143)$$

(140) шартты орындау үшін келесі шарттарды орындау қажет: желіге қосу сәтінде генератордың кернеуі желінің кернеуіне тең болуы тиіс ($U_r = U_c$); генератордың жиілігі - желі жиілігіне тең болуы тиіс ; генератордың шықпаларындағы фазалардың жүру тәртібі генератордың қысқыштарындағы сияқты болуы тиіс.

Генераторды желіге қосу кезінде жүргізілетін операциялар жиынтығы синхрондау деп аталады. Синхрондау кезінде алдымен ротордың номиналды айналу жиілігін тоқтатады, яғни теңдікті қамтамасыз етеді, содан кейін қозу тоғын реттей отырып, $U_r = U_c$ теңдігіне жетеді. Желінің және генератордың () кернеу векторларының фазасы бойынша сәйкес келуі арнайы аспаптармен - шамдық және бағыттамалық синхроскоптармен бақыланады.

Үлкен қуатты генераторлар айналмалы магнит өрісі принципі бойынша жұмыс істейтін бағыттамалық синхроскоптардың көмегімен синхрондалады. Бағыттама кезінде нөлге орнатылады. Осы сәтте Генераторды қосу керек. Электр станцияларында қызмет көрсетуші персоналдың қатысуынсыз генераторларды синхрондаудың автоматты жүйелері қолданылады.

Ол кезде генератор роторда қозу болмаған кезде желіге қосылады (асқын кернеуді болдырмау үшін қозу орамасы, белсенді кедергіге тұйықталады). Ротор бастапқы қозғалтқыштың көмегімен 2-3% - дан аспайтын синхронды айналу ерекшеленетін айналу жиілігіне дейін айналуға әкеледі, содан кейін статорлық ораманы желіге қосады.

Қоздыру орамасына қосылғаннан кейін тұрақты ток береді, бұл роторды синхронизмге тартуға әкеледі. Сол қосу генератор желісіне ЭҚК-і нөлге тең болады (генератор невозбужден), онда әсерінен кернеу желісінің статор орамасын байқалады күрт тоғы және ротор білігіндегі механикалық күштер пайда болады. Токтың шығуы 3,5 аспауы тиіс, бұл әрқашан орын алады.

Өзін-өзі синхрондау әдісі жиі қосылғанда өте ыңғайлы, өйткені аз уақытты талап етеді және оңай автоматтандырылады.

Белсенді қуатты реттеу

Генераторды желіге қосқаннан кейін синхрондаудың барлық шарттарын сақтай отырып, оның кернеуі желінің кернеуіне тең фаза бойынша, сыртқы жүктемеге қатысты және противофаза болады, яғни $U_r = - U_c$ "генератор - желі" контурына дейін. Генератор Ток нөлге тең, яғни генератор жүктемесіз жұмыс істейді

$$\dot{I} = \frac{\dot{E} - \dot{U}}{jXd} = -j \frac{\dot{E} - \dot{U}}{Xd} \quad (144)$$

Механикалық қуаты жетекті қозғалтқыштың (турбина дизель қозғалтқышты және т. б.) бұл жағдайда жұмсалады шығындарды жабуға бос жүріс:

$$P_1 = P_{мех} + P_{м1} + P_{\epsilon} + P_{добр} \quad (145)$$

Жетекті қозғалтқыштың айналмалы сәтін ұлғайту кезінде ротор жылдамдыққа ие болады және бастапқы жағдайға қатысты айналу бағытындағы бұрышқа сыйысады. Осы бұрышқа бос жүріс режиміне сәйкес келетін өзінің жағдайына қатысты генератордың ЭДС векторы жылжиды (45, а суретті қараңыз). Нәтижесінде ротор тізбегінде нәтижелік ЭДС пайда болады (45, б суретті қараңыз) ол статор орамасының тізбегінде ток жасайды

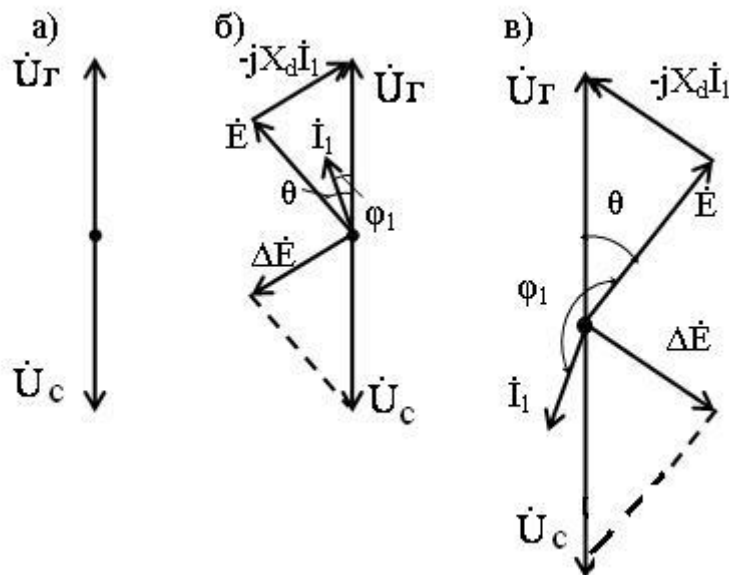
$$\Delta \dot{E} = \dot{E} - \dot{U}_r = \dot{E} + \dot{U}_r = jXd \dot{I}_1 \quad (146)$$

Ротордың магниттелген полюстері мен статордың айналмалы өрісінің айқын көрінген полюстерінің арасында қалыпты F_n және тангенциалды F_1 құраушылары бар F_m магнитті тарту күші пайда болады. Ротордың барлық полюстеріндегі тангенциалды құрамдастардың жиынтығы жетек қозғалтқышының қарсы бағытталған электромагниттік сәт жасайды

$$M = F_c \frac{2PD}{2} = F_m P D \sin \theta \quad (147)$$

D - ротор диаметрі.

Қарастырылып отырған режимде жұмыс істеу кезінде генератор желіге белсенді қуат береді. Генератор білігіне қосылған сыртқы сәт неғұрлым бұрыштық, демек, генератор желіге беретін ток пен қуат соғұрлым көп болады.



а) жүктемесіз жұмыс кезінде;

б) генератор режимінде жұмыс істегенде;

в) қозғалтқыш режиміндегі жұмыс кезінде.

45 сурет - синхронды машинаның векторлық диаграммалары

Егер ротор білігіне сыртқы тежеу сәті қосылған болса, онда вектор кернеу векторынан бұрышқа артта қалады (45 суретті қараңыз). Бұл жағдайда ЭҚК және векторы 90° вектордан қалған ток пайда болады.

Себебі енді бұрышы >0 , онда белсенді құрамдас противофазе кернеуі генератордың және, демек, қаралып отырған режимде белсенді қуаты забирается желісі, және машина қозғалтқышпен жұмыс істейді жасай отырып, электромагниттік айналу моменті, ол уравнивает сыртқы тежеу сәті; ротордың айналу жиілігі кезінде қайтадан өзгеріссіз қалады.

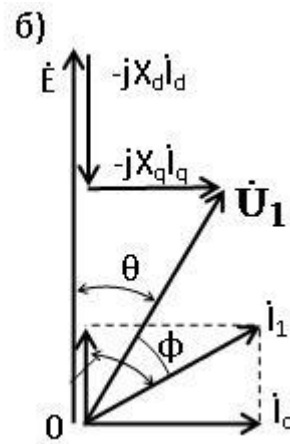
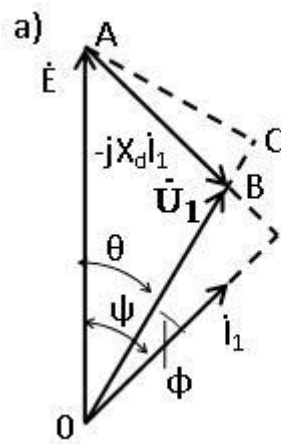
Синхронды генератордың қуаты, электромагниттік моменті және бұрыштық сипаттамалары

Синхронды генератордың активті қуатының жүктеме бұрышына тәуелділігі кезінде құрылған оңайлатылған векторлық диаграмманы қарастырудан аламыз. 46-суретте келтірілген диаграммадан, ал полюсті емес машина үшін, тиісті векторлардың модульдерін ескере отырып немесе жағы орнатамыз.

Демек, синхронды машинаның белсенді қуаты

$$P = m_1 U_1 \cos \varphi_1 = \frac{m_1 E U_1}{X_d} \sin \theta \quad (148)$$

L_d және $1Q$ токтарын анықтау үшін кернеу векторлары модульдерінің проекциясын алыңыз, кернеудің төмендеуі $-jX_d \dot{I}_d$ и $-jX_d \dot{I}_q$ координаттық оське (46, б суретті қараңыз).



46 сурет-анық полюсті және анық полюсті синхронды машиналардың оңайлатылған векторлық диаграммалары

$$E = U_1 \cos \theta + I_d X_d$$

$$U_1 \sin \theta = I_d X_d, \quad I_d = \frac{E - U_1 \cos \theta}{X_d} \quad (150)$$

Мәндерді және в (146) қойып, аламыз:

$$P = m_1 U_1 \left(\frac{E - U_1 \cos \theta}{X_d} \sin \vartheta + \frac{U_1 \sin \theta}{X_d} \cos \theta \right) \quad (151)$$

Немесе формуланы қолданамын

$$P = \frac{m_1 U_1}{X_d} \sin \vartheta - \frac{m_1 U_1^2}{2} \left(\frac{1}{X_d} - \frac{1}{X_q} \right) \sin 2\theta \quad (152)$$

Егер статор орамындағы жоғалтуларды елемесеңіз, онда СКМ машинасының электромагниттік қуаты Белсенді қуатқа тең деп санауға болады.

Сондықтан полюсті емес және анық полюсті машиналар үшін электромагнитті сәт тиісінше

$$M_{эм} = \frac{P_{эм}}{\omega_n} = \frac{m_1 U_1^2 E}{\omega_1 X_d} \sin \theta \quad (153)$$

$$(71) \quad (154)$$

$$M_{эм} = \frac{P_{эм}}{\omega_n} = \frac{m_1 U_1^2 E}{\omega_1 X_d} \sin \vartheta + \frac{m_1 U_1}{2} \left(\frac{1}{X_d} - \frac{1}{X_q} \right) \sin 2\theta$$

Өзін өзі бақылауға арналған сұрақтар

1. Генераторды параллель жұмысқа қосу
2. Белсенді қуатты реттеу
3. Синхронды генератордың қуаты, электромагниттік моменті және бұрыштық сипаттамалары

Тақырып 19. Синхронды қозғалтқыштардың және синхронды компенсаторлардың негізгі параметрлері.

Синхронды қозғалтқыш

Синхронды машина генератор режимінде де, қозғалтқыш режимінде де жұмыс істей алады, яғни электр энергиясын желіден тұтынады және оны механикалық түрге айналдырады. Егер синхронды машинаны электр желісіне қосқаннан кейін оның білігіне тежегіш сәті, яғни ротордың айналуына қарсы бағытталған жүктеме сәті қоса қойылса, онда ЭДС векторы бос жүріс режимінде оның жағдайына қатысты бұрышқа артта қалу жағына қарай жылжиды. Бұл ретте статор тізбегінде статор орамасында ЭҚК фазасы бойынша 90° бұрышқа озатын ток жасайтын қорытынды ЭДС

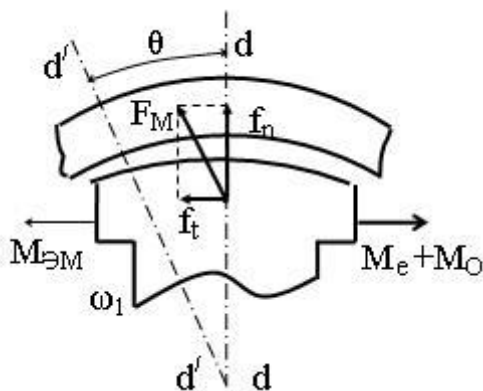
пайда болады. II тогы ротормен синхронды айналатын магнит өрісін жасайды, осі D' - d' ротор полюстерінің бойлық осіне қатысты D - d бұрышқа ығыстырылады.

Бұл ретте пайда болған магниттік өзара әрекеттесу күштерінің тангенциалды құраушылары $f_t = F_m \sin$ қозғалтқыштың роторында статордың айналмалы магниттік өрісіне сәйкес бағытталған және синхронды жиіліктегі роторды айналдыруға әкелетін айналмалы электромагниттік моментті м құрады . Бұл жағдайда синхронды машина желіден электр энергиясын тұтынады және оны механикалық айналу Энергиясына түрлендіреді. Айналмалы электромагниттік момент бос жүріс моментін еңсереді және өндірістік механизмнің айналуына әкелетін әсермен M_c пайдалы моментін жасайды:

Синхронды қозғалтқыштың электромагниттік сәті айқын полюсті емес және (138) айқын полюсті қозғалтқыш үшін (137) өрнегімен анықталады. Синхронды қозғалтқыштың бұрыштық сипаттамалары олардың координаттар осінің үшінші квадрантында орналасуымен ғана ерекшеленеді, яғни бұрыштар мен моменттердің теріс мәндерімен анықталады.

Максималды сәттің номиналға қатынасы синхронды қозғалтқыштың артық тиеу қабілетін анықтайды

$$\lambda = \frac{M_{max}}{M_{ном}} \quad (166)$$



51-сурет-синхронды машинаның қозғалыс режиміндегі жұмысы

Әдетте , қозғалтқыштың номиналды жүктемесі эл-ге сәйкес келетін шамадан тыс жүктеу қабілеті.град.

Синхронды қозғалтқыштың U-тәрізді және жұмыс сипаттамалары

Тұрақты кернеу кезінде синхронды қозғалтқыштың магнит өрісі тұрақты. Сондықтан фа статорының МДС қозудың FB өзгеруі кезінде (Iв қозу тогының өзгеруі) фа статорының МДС олардың бірлескен әрекеті өзгеріссіз қалатындай етіп өзгереді, яғни синхронды қозғалтқыштың ауыспалы магнитті өрісі өзгеріссіз қалады. Бұл өзгеріс МДС Фа статор тогының мәні мен фазасының өзгеруі есебінен , яғни статораId тогының реактивті құраушысының өзгеруі есебінен болуы мүмкін.

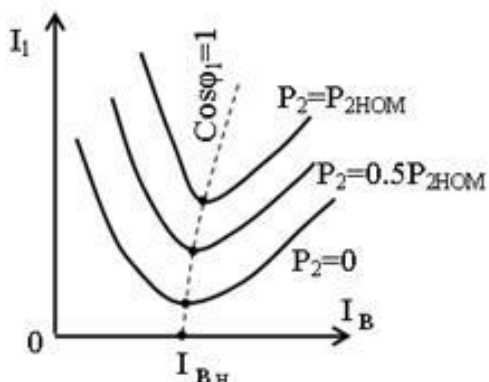
Мысалы, қозу тогы Iв=0-ден ұлғайған кезде, ротордың МДС өседі және магнитті жүйеге магнитті әсер ететін статор тогының индуктивті (желі кернеуіне қатысты) азаю есебінен статордың МДС азаяды.

Бұл ретте II =Ia +Id статорының толық тогы азаяды, ал қозғалтқыш қуатының коэффициенті артады. I B қозу тогының кейбір мәні статор тогының индуктивті құраушысы нөлге дейін азаяды. Статор тогы таза белсенді, ал қуат коэффициенті болады .

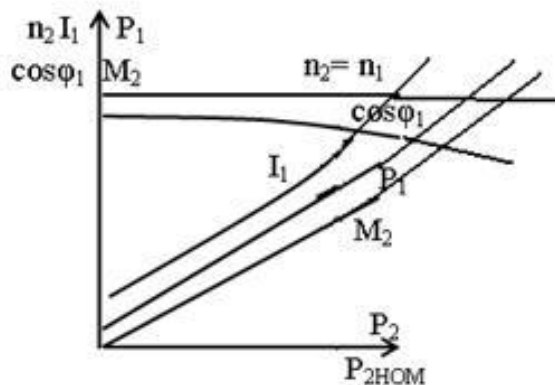
II тогының сыйымдылық құраушысы енді II токтың сыйымдылық құраушысы артады. Осылайша, толық емес қозу кезінде (Iв < Iв/) синхронды қозғалтқыш тұндырғышпен жұмыс істейді, ал озыңқы токпен тасымалдау кезінде (Iв > Iв/). Статор тогының синхронды қозғалтқыш үшін қоздыру тогынан тәуелділігі U - тәрізді сипаттамалармен берілген (52 суретті қараңыз). Синхронды қозғалтқыш реактивті токтың генераторы болып табылады: толық емес қозу кезінде желінің

қатынасы бойынша индуктивті және тасымалдау кезінде сыйымдылық тогы. Синхронды қозғалтқыштардың көрсетілген қабілеті Электр қондырғыларының қуат коэффициентін арттыру үшін пайдаланылатын олардың бағалы сапасы болып табылады.

Синхронды қозғалтқыштың жұмыс сипаттамалары P_2 айналу жиілігінің, P_1 тұтынылатын қуаттың, пайдалы моменттің M_2 , P_1 статор қуаты мен тогының коэффициентінің P_2 қозғалтқышының пайдалы қуатына тәуелділігін білдіреді (53-сурет).



52 - сурет-синхронды қозғалтқыштың бейнелі сипаттамалары



53 - сурет-синхронды қозғалтқыштың жұмыс сипаттамалары

Ротордың айналу жиілігі $n_2 = \text{const}$, сондықтан абсцисс осінің тура параллельдік сипаттамасы. Синхронды қозғалтқыш білігінің пайдалы сәті . Жұмыс сипаттамасы $f_1 = \text{const}$ шартымен алынып тасталатындықтан, кесте координатаның басынан шығатын тікелей түрі болады.

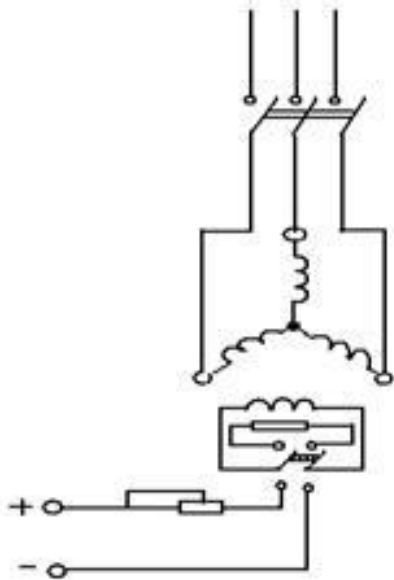
Қуат тұтынылатын желіден, $P_1 = P_2 + \Delta P$, ал өсуімен жүктеме білігіндегі өсуде және қуат шығындары ΔP , онда характеристика $P_1 = f(P_2)$ бірнеше қисық желілі сипаты.

Сипаттама бос жүріс кезінде қозғалтқыштың қозу сипатына байланысты. Егер $\cos\phi = 1$ болса, онда жүктеме ұлғайған кезде ол азаяды.

Синхронды қозғалтқыштарды іске қосу

Синхронды қозғалтқышты іске қосу үшін мәні роторды синхронды айналу жиілігіне жақын айналуға алдын ала келтіруден тұратын, статор мен ротор арасында тұрақты магниттік байланыс орнатылған арнайы тәсілдерді қолдануға тура келеді.

Қазіргі уақытта бұл мақсат үшін асинхронды жіберу әдісі қолданылады. Бұл әдіс бойынша синхронды қозғалтқышты асинхронды ретінде іске қосады, ол үшін "Аққала" типі бойынша орындалған іске қосу қысқа тұйықталған ораммен жабдықтайды, өзек кедергісін арттыру үшін торшаны жезден дайындайды. Асинхронды жіберу сұлбасы 54-суретте келтірілген. Статордың үшфазалы орамасын желіге қосқан кезде I э. д. с іске қосу орамасының өзекшелерінде қозғаушы магнит өрісі түзіледі, олар I_n токтарын жасайды. Бұл токтардың айналмалы өріспен өзара әрекеттесуі электромагниттік күштер жасайды, олардың әсерінен ротор айналуға әкеледі. Ротордың айналу жиілігіне дейін екпіндегеннен кейін синхронды ($n_2=0$) жақын.2 қозу орамасы тұрақты ток көзіне қосылады. Бұл ретте түзілетін синхронды сәт қозғалтқыш роторын синхронизмге тартады.



54 сурет-асинхронды іске қосу схемасы

Асинхронды іске қосу кезінде қозу орамасын ашық қалдыруға болмайды, себебі ротордың үдеуі кезінде онда айналмалы магнит өрісімен ЭДС E_2 индукцияланады.

$$E_2 = 4,44 f_2 \omega_2 \Phi_m - 4,44 f_1 s \omega_s \Phi_m. \quad (167)$$

$S=1$ кезінде іске қосудың бастапқы сәтінде ЭВ қоздыру орамасы орамдарының үлкен санына байланысты үлкен мәнге қол жеткізуі және қоздыру орамасын оқшаулаудың сынамасымен тудыруы мүмкін. Осы қозу орамасын болдырмау үшін екпін кезеңінде 3 сөндіргіш резисторға тұйықтайды, оның кедергісі қозу орамасының белсенді кедергісінен 5-10 есе артық.

Өзін өзі бақылауға арналған сұрақтар

1. Синхронды қозғалтқыштың параметрлері.
2. Синхронды қозғалтқыштарды іске қосу.
3. Синхронды компенсатордың параметрлері.

Тақырып 20. Арнайы мақсаттағы синхронды машиналар

Тұрақты магнитті қозғалтқыштар.

Тұрақты магнитті синхронды қозғалтқыштар конструкциясы бойынша өте қарапайым, жұмыста сенімді және айтарлықтай тұрақтылыққа ие.

Тұрақты магнитті машиналардағы электромагниттік процестер электромагниттік қозу генераторларындағы сияқты жүреді. Бірақ іске қосу кезінде немесе қысқа тұйықталу кезінде зәкірдің Елеулі реакциясы тұрақты магниттердің қайтымсыз үнсізденуін тудыруы мүмкін, соның нәтижесінде тұрақты магниттің магнитсіз әсер ету шешімі алынғаннан кейін қасиеттері толық қалпына келтірілмейді. Зәкірдің тұрақты магниттерге реакциясының әсерін азайту үшін көрші полюстердің полюсті ұштарының арасындағы қашықтық электромагнитті қоздыру машиналарына қарағанда едәуір аз болады (сурет. 5.10). Бұл жағдайда фвв Зәкір реакциясының ағымы тұрақты магниттерді жұмсартып алмастан полюсті ұштықтар арқылы тұйықталады.

Полюсті ұштарда іске қосу мүмкіндігі үшін "ақшыл клетканың" типі бойынша орындалған іске қосу қысқа тұйықталған орамасы орналасады. Бұл жағдай ағыны қозғалтқыш тұрақты магниттермен болмайды реттеуге, айтарлықтай маңызы жоқ кезінде синхронды айналуы, бірақ іске қосуды көрсетеді әсері. Тұрақты магниттер ағыны үдегенде Зәкір Э. д. орамында индуктенеді, ол $F = f_1(1-s)$ айналу жиілігіне ие. Осы Э. д. с. ток желі арқылы тұйықталады және роторға шығарылатын P_t механикалық қуаты есебінен жабылатын шығындарды құрайды. Нәтижесінде роторға қозғалтқышты іске қосу кезінде тежегіш сәт әрекет етеді

$$M_T = \frac{P_T}{\omega_1 (1-s)},$$

оның шамасы s сырғуына байланысты (сурет. 5.25). M_T тежегіш сәті әдетте сырғу кезінде максимумға ие $s = 0,9 \div 0,6$.

Қозғалтқыштың M_n пайдалы іске қосу сәті M_T тежеу M_0 сәтінің асинхронды сәтінің әртүрлілігіне тең. Тежеуіш моментінің әрекеті салдарынан МТК іске қосу моментінің жетегі мпимодальды (сурет. 5.25).

Дұрыс таңдалған кезде іске қосылатын ораманың минималды результирующий іске қосу сәтінде $M_{n\text{мин}}$ получается көп номиналды M_n .

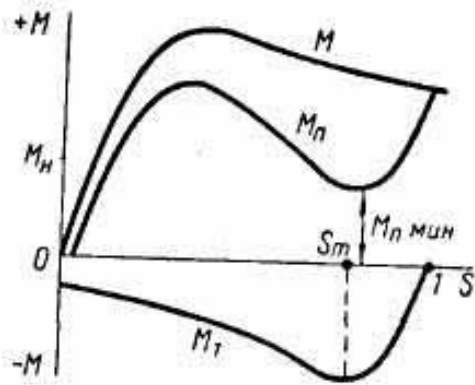
Зәкір реакциясы қозғалтқышты іске қосу кезінде тұрақты магнит түсіреді. Барынша размагничивание орын алған кезде "кері қосылу" ротор кезіндегі асинхронды айналу жылдамдығы жақын синхронды, ереже, онда бұрышы $\theta = 180^\circ$. Осы сәтте Іп зәкірінің магнитті тогы Э. д. с. айналу желісінің кернеуінің сомасымен анықталады.

$$E_0, \text{ т. е. } I_n = \frac{U + E_0}{x_d}.$$

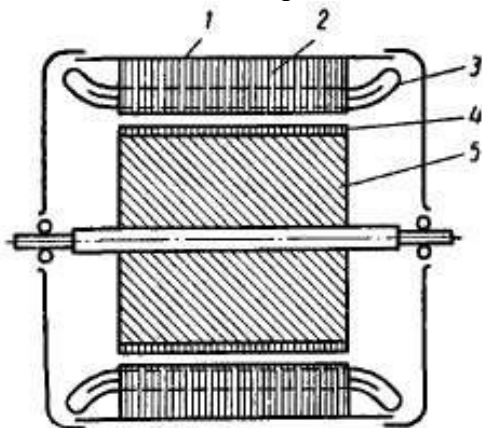
E_0 тек қалдықты магниттеу арқылы анықталады және бірнеше пайыздан аспайтын шамаға ие. Сондықтан

тұрақты магнитті қозғалтқышта Іп тогы едәуір үлкен шамаға ие.

Сонымен қатар, машиналарда тұрақты магниттермен $x_d < x_q$, реактивті құраушысы сәттен Θ д азайтады айналу моменті Мдвигателя кезінде $0 < \theta < 90^\circ$ арттырады кезде $90 < \theta < 180^\circ$. Жұмыс кезінде синхронды машиналар, әдетте, бұрышы $\theta < 90^\circ$, сондықтан машиналарда тұрақты магниттермен қосымша реактивті момент Мд азайтады толық сәтте Мсинхронной машиналар.



Сур. 5.25. Тұрақты магнитті синхронды қозғалтқышты іске қосу кезіндегі іске қосу және тежеу моментінің қисықтары



Сур. 5.26. Цилиндрлік роторы бар гистерезистік қозғалтқыштың конструкциясы: 1 — корпус; 2 — статор пакеті; 3 — статорды орау; 4 — магнитті қатты материалдан жасалған цилиндр; 5—өзекше немесе төлке

Тұрақты магнитті қозғалтқыштардың жұмыс сипаттамалары сипаттамалардан аз айырмашылығы бар (сурет. 5.24) қозу орамасы бар қозғалтқыштар.

Тұрақты магниттері бар қозғалтқыштардың жетіспеушілігі салыстырмалы төмен қуат коэффициенті және роторды дайындау күрделілігі болып табылады.

Гистерезистік қозғалтқыштар. Соңғы уақытта автоматика схемаларында гистерезистік қозғалтқыштар кең таралған, олардың роторы Болат цилиндрі бар (сурет. 5.26), магнитті қатты материалдан жасалған (мысалы, викаллодан). Қымбат магнитті қатты материалды үнемдеу мақсатында роторлар әдетте құрастырады. Олар 5 төлкеден және 4 магнитті қатты материалдан жасалған сыртқы массивті немесе шикікұрамдалған цилиндрден тұрады. Статор мен ротор арасындағы саңылау барлық шеңбер бойынша біркелкі. Гистерезистік қозғалтқыштардағы Статор басқа синхронды және асинхронды қозғалтқыштардағы сияқты. Гистерезистік қозғалтқыштардың сыртқы түрі массивті Болат роторы бар асинхронды қозғалтқыштардың сыртқы түрінен айырмашылығы жоқ.

Зәкір орамасының магнитті қозғалғыш күші ротордың Болат цилиндрін магниттейді, нәтижесінде синхронды айналғанда ол тұрақты магнитке айналады. Іске қосу кезінде және асинхронды жүрісте роторға қатысты айналатын Зәкір ағыны Болат цилиндрді магниттейді. Бұл ретте цилиндр полярлығы Зәкір өрісінен кейін бұрылады. Егер ротор магнитті жұмсақ материалдан жасалған болса, онда ротор цилиндріндегі ағынның бағытын анықтайтын вектор зәкірдің айналмалы ағынының векторымен дәл сәйкес келеді. Салдарынан қатты білдірілген гистерезис орын ығысу векторларының бұрышқа θ туындаған, молекулярным трением. Бұрышы θ отставания ағынының роторда байланысты емес жиілік перемагничивания, ол ғана анықталады магниттік қасиеттері бар материал цилиндр. Сондықтан қозғалтқышта пайда болатын МГГ гистерезистік электромагниттік сәті қозғалтқыштың айналу жылдамдығына байланысты емес (қисық 2, сурет. 5.27).

Роторды іске қосу және асинхронды айналдыру кезінде цилиндр массивінде құйынды токтар пайда болады. Олардың машина ағынымен өзара әрекеттесуі нәтижесінде асинхронды сәт құрылады. Гистерезис қозғалтқышы роторының белсенді кедергісі үлкен, сондықтан критикалық сырғу бірліктен көп және асинхронды моменттің ең үлкен мәні іске қосу кезінде болады. Синхронды айналдыру кезінде ол нөлге тең (қисық 3, сурет. 5.27). Осылайша, іске қосу кезінде гистерезистік мезеттен басқа асинхронды пайда болады, соның салдарынан $s > 0$ кезінде қозғалтқыштың жиынтық сәті өседі (қисық 1).

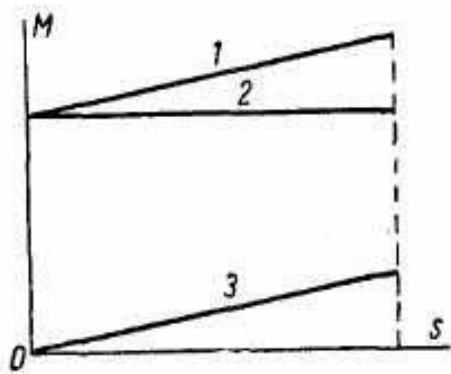
Магнитті қатты материалдан жасалған шикталған цилиндрі бар қозғалтқыштарда асинхронды сәт іс жүзінде жоқ. Массивті цилиндрлі қозғалтқыштар синхронды және асинхронды режимде жұмыс істей алады. Соңғы жағдайда олардың сәті артады. Алайда, асинхронды режимде перемагничивание сақина, орындалған бірі магнитотвердого материалды байланысты үлкен шығындармен, сондықтан гистерезисные қозғалтқыштар әдетте жұмыс істейді синхронды немесе асинхронды кезінде шағын скольжении ротордың. Массивті цилиндрі бар қозғалтқыштардағы тіс гармоникаларының шығынын азайту үшін статорда жабық ойықтар болуы қажет.

Синхронды айналу кезінде қозғалтқыш сәті φ бұрышымен анықталады. Өзгеруіне жүктеме бұрышы θ өзгереді, бірақ мүмкін емес асуы бұрышы θ анықталатын магниттік қасиеттері бар материал. Бірінші жақындағанда φ көмірінде гистерезис моменті деп есептеуге болады

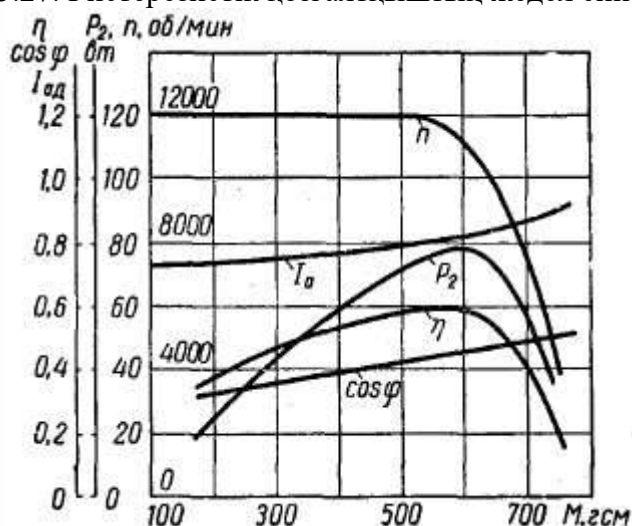
$$M = M_r \sin\left(\frac{\theta}{\theta_r} - \frac{\pi}{2}\right).$$

Егер қозғалтқыш білігіне сәйкес келетін қозғалтқыштың бұрышы IG-дан асинхронды режимге ауысса, онда қозғалтқыш асинхронды режимге ауысады.

Желіден гистерезис қозғалтқышы тұтынатын Ток екпіндегенде салыстырмалы түрде аз өзгереді. Сондықтан бір конденсаторды пайдаланған жағдайда іске қосу және синхронды айналдыру кезінде айналмалы өрісті құру үшін қолайлы жағдайлар жасалады.



Сур. 5.27. Гистерезистік қозғалтқыштың жедел сипаттамасы



Сур. 5.28. Гистерезистік қозғалтқыштың жұмыс сипаттамалары: $U_n=127b$; $f_l=400$ гц; $n=12000$ айн/мин; $m=3$

Барлық басқа синхронды қозғалтқыштармен салыстырғанда гистерезистік қозғалтқыштардың артықшылығы статор орамасын полюстердің әр түрлі санына ауыстырып қосумен оларды көп жылдамдықты орындау мүмкіндігі болып табылады.

Гистерезистік қозғалтқыштардың кемшіліктеріне ротордың тербеліске бейімділігін жатқызуға болады. Әсіресе, магнитті қатты материалдан жасалған цилиндр шикіқұрамды орындалған кезде орын алады, себебі ротор болатындағы токтар аз болады және олардың демпфирлеу әсері елеусіз. Гистерезистік қозғалтқыштардың кемшілігі-әдетте 0,5 аспайтын шағын COSS. Асинхронды режимде қуат коэффициенті төмен салдарынан аз магнитті өтімділік ротор, ал синхронды — салыстырмалы аз. м. д. с. цилиндр ротордың.

Өзін өзі бақылауға арналған сұрақтар

1. Тұрақты магнитті қозғалтқыштар.
2. Гистерезистік қозғалтқыштар.
3. Реактивті қозғалтқыштар
4. Статордың көпфазалы орамасы бар редукторды реактивті қозғалтқыш.
5. Бір фазалы редукторды реактивті қозғалтқыш.
6. Қадамдық қозғалтқыштар.
7. Жоғары жиілікті индуктивті генераторлар.

Практикалық жұмыстар

№ 1 практикалық жұмыс тұрақты ток машинасының магниттік параметрлерін есептеу.

Сабақтың мақсаты: машина полюстерінің жұбындағы магнит ағынының шамасын, ауа саңылауындағы магнит индукциясын және магнит тізбегінің қанығу коэффициентін есептеу.

Бастапқы деректер: тұрақты ток машинасының магнит тізбегінің схемасы (1.1 сурет), қозу орамасының МДС, учаскелердің өлшемдері мен материалдары (1.2 және 1.3 кестелер))

Тапсырманы орындау барысында келтіру қажет:

- тапсырмалардың сандық деректері;
- қажетті түсініктемелері бар магниттік тізбекті есептеу.

Масштабта орындалған тұрақты ток машинасының (МПТ) магниттік тізбегінің эскизін бейнелеу.

Салу:

- магниттік тізбектің жекелеген учаскелерінің берілген материалдарын ыңғайлы масштабта магниттеу қисықтары (1.3-кестенің деректері бойынша);
- машинаның магнит тізбегін магниттеу қисығы.

Бастапқы деректерде тұрақты ток кеме машинасының тармақталған симметриялы магнитті тізбегі берілген (1.1 сурет).

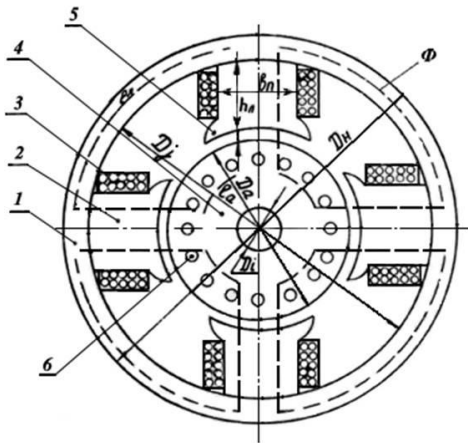
МПТ қабырғасы болаттан немесе шойыннан жасалған тұтас құйма болып табылады, ал 2 полюстердің өзекшелері және 4 Зәкір өзекшесі қалыңдығы 0,35—0,5 мм арнайы электр техникалық Болаттың жеке табақтарынан алынған. Магнит өрісі полюстердің өзекшелерінде орналасқан 3 қозу орамасымен құрылады. 5 полюсті ұштығының конфигурациясы әуе саңылауында магнит өрісінің біркелкі таралуын қамтамасыз етеді. Қозу орамымен түзілетін өрістің және Зәкір өткізгіштерінің токпен өзара әрекеттесуі нәтижесінде зәкірді МПТ жұмысының қозғалтқыш режимінде айналдыруға әкелетін айналмалы момент пайда болады. Полюстердің осіне қатысты МПТ магнит өткізгішінің симметриясын ескере отырып, барлық тармақталған тізбекті төрт бірдей тармақталмаған магниттік тізбектен тұратын ұсынуға және олардың бірін біртекті емес магниттік тізбектерді есептеу ережелері бойынша есептеуге болады. 1 суретте магнит ағынының орташа сызықтары төрт симметриялы учаскелердің әрқайсысына көрсетілген.

Бұл магнитті тізбек төрт біртекті бөлікке бөлінуі мүмкін[1]: 1я - статордың ярмо; 2hp - полюс өзекшесінің екі биіктігі; 2 — екі ауа саңылауы: 1а— якорь өзекшесі.

Әрбір біртекті учаске үшін орташа магнит сызығының ұзындығы масштабта орындалған МПТ сызбасы бойынша анықталады. Әрбір біртекті учаскенің қимасы учаске енінің (немесе оның биіктігінің) 1 машина ұзындығына тең (сызбада машинаның ұзындығы көрсетілмеген).

Қозу орамдарының деректері және МПТ негізгі геометриялық өлшемдері 1.2-кестеде " П " сериялы нақты кемелік МПТ-ға қатысты келтірілген. Машина сериясының шартты белгілеудегі сандар анықтайды: біріншісі-статордың сыртқы диаметрінің шартты шамасы D_n , екіншісі-машина ұзындығының шартты шамасы l . Нұсқа нөмірі оқытушының журналындағы студенттің нөмірі бойынша таңдалады. Магнит өткізгіштің әр түрлі бөліктерінің материалдары және ауа саңылауының шамасы 1.3-кестеде берілген. 1.3-кестедегі әрбір баған барлық топқа арналған тапсырманың нұсқасын анықтайды. Топ үшін баған нөмірін оқытушы тағайындайды.

Магниттік тізбекті есептеу. МПТ магнит тізбегін есептеудің негізгі міндеті әдетте магнит тізбегінің тұйық контурында белгілі бір магнит ағынын немесе магниттік индукцияның белгілі бір шамасын B әуе саңылауында жасау үшін қажетті қоздыру орамасының МДС анықтау болып табылады.



Сурет 1.1-Тұрақты ток машинасының магниттік тізбегі

Бұл жағдайда кері есепті шешу қажет, яғни берілген МДС қоздыру орамасы бойынша МПТ магнит тізбегіндегі магнит ағынының шамасын және әуе саңылауындағы магниттік индукцияны анықтау қажет. Есептеу зәкірдің тогы нөлге тең ($I_a = 0$) МПТ бос жүрісі үшін жүргізіледі.

Бұл міндетті шешуді магниттік тізбекті есептеу әдістемесіне сәйкес келесі ретпен жүргізу қажет.

1. Қарастырылатын магниттік тізбек үшін толық ток заңы

$$F_o = 2I_e W_e = H_\delta \cdot 2\delta + H_\delta l_\delta + H_n 2h_n + H_a l_a, \quad (1.1)$$

$F_o = 2I_e W_e$ — МДС екі полюсті қоздыру орамасы;

$H_\delta \cdot 2\delta = F_\delta$ — Ауа саңылауы арқылы ағын жүргізу үшін қажетті МДС;

$H_\delta l_\delta = F_\delta$ — сол сияқты, статордың ярмасы үшін;

$H_n 2h_n = F_n$ — сол сияқты, полюстер үшін;

$H_a l_a = F_a$ — Зәкір өзекшесі үшін бірдей.

2. Магниттік ағынның әрбір мәні үшін МПТ магниттік тізбегін есептеу нәтижелері кесте түрінде ұсынылады.

Кесте 1.1-Тұрақты ток машинасының магниттік тізбегін есептеу нәтижелері

Учаске параметрі	Ұзындығы, м	Қимасы, м ²	Ағын, Вб	Индукция, Тл	Кернеулігі, А/м	Магнитті күш
Зәкір саңылауы Ярмо Полюсі	$2\delta \quad l_a \quad l_\delta \quad 2h_n$	$S_\delta \quad S_a \quad S_\delta \quad S_n$	$\Phi \quad \Phi/2 \quad \Phi/2 \quad \Phi$	$B_\delta \quad B_a \quad B_\delta \quad B_n$	$H_\delta \quad H_a \quad H_\delta \quad H_n$	$H_\delta \cdot 2\delta \quad H_a l_a \quad H_\delta l_\delta \quad H_n 2h_n$
						S=

Кесте 1.2-тапсырма нұсқалары

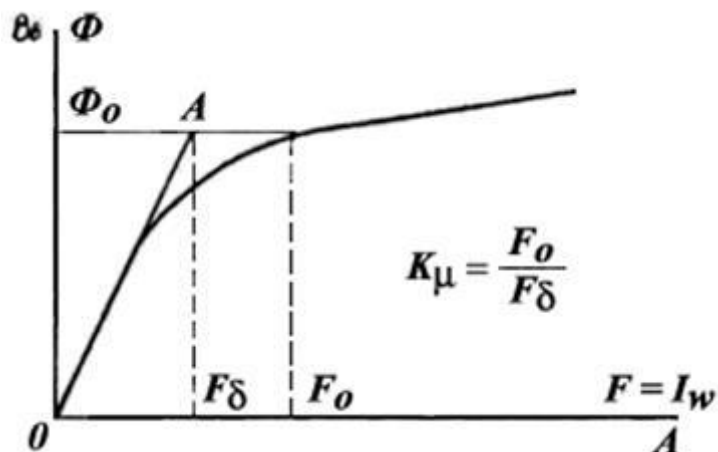
МПТ түрі	Қуаты, кВт	МДС жұп полюстар $2I_e W_e$, Ав	Магниттік тізбек учаскелерінің өлшемдері							
			D_n , м	D_j , м	D_a , м	D_i , м	L, м	b_n , м		
1 П71	14,5				0.495	0.440	0.245	0.060	0.120	0.080
2 П92	30,0				0.680	0.590	0.340	0.085	0.190	0.110
3 П71	8,0				0.428	0.380	0.210	0.065	0.125	0.060
4 П71	19,0				0.428	0.380	0.210	0.065	0.125	0.060
5 П71	32,0				0.428	0.380	0.210	0.065	0.125	0.060
6 П72	10,0				0.428	0.380	0.210	0.065	0.165	0.060
7 П72	12,5				0.428	0.380	0.210	0.065	0.165	0.060
8 П72	10,0				0.428	0.380	0.210	0.065	0.165	0.060
9 П81	14,0				0.510	0.465	0.245	0.085	0.165	0.080

10 П82	19,0		0.510	0.465	0.245	0.085	0.182	0.080
11 П82	25,0		0.510	0.465	0.245	0.085	0.182	0.080
12 П82	25,0		0.510	0.465	0.245	0.085	0.182	0.080
13 П91	32,0		0.592	0.530	0.294	0.085	0.150	0.100
14 П91	25,0		0.592	0.530	0.294	0.085	0.156	0.100
15 П91	32,0		0.592	0.530	0.294	0.085	0.160	0.100
16 П91	50,0		0.592	0.530	0.294	0.085	0.165	0.100
17 П91	25,0		0.592	0.530	0.294	0.085	0.130	0.100
18 П91	30,0		0.592	0.530	0.294	0.085	0.140	0.100
19 П92	13,0		0.592	0.530	0.294	0.085	0.100	0.100
20 П92	75,0		0.592	0.530	0.294	0.085	0.170	0.100
21 П101	32,0		0.655	0.575	0.327	0.100	0.170	0.120
22 П101	70,0		0.655	0.575	0.327	0.100	0.190	0.120
23 П101	55,0		0.655	0.575	0.327	0.100	0.175	0.120
24 П101	90,0		0.655	0.575	0.327	0.100	0.180	0.120
25 П101	90,0		0.655	0.575	0.327	0.100	0.190	0.120
26 П101	125,0		0.655	0.575	0.327	0.100	0.210	0.120
27 П111	55,0		0.722	0.630	0.368	0.115	0.250	0.145
28 П111	36,0		0.722	0.630	0.368	0.115	0.270	0.145
29 П111	85,0		0.722	0.630	0.368	0.115	0.290	0.145
30 П111	190,0		0.722	0.630	0.368	0.115	0.310	0.145

* Барлық машиналар үшін $2p=4$ полюстер жұптарының санын қабылдау.

Барлық машиналар үшін электротехникалық Болат табағының қалыңдығы 0,5 мм тең деп қабылданады.

8. Нәтижелері бойынша сериялы есептеу магниттік тізбек салу оңай қисық магниттеу магнитөткізгіштер ТТМ $\Phi=f(IW)$ және графикалық түрде табуға шамасы магнит ағынының Φ_0 , тиісті берілген мәні. ғ. к. с. $2I\omega W$ (суретте көрсетілгендей 1.2).



Сурет 1.2-МПТ магниттендірудің сипаттамасы

9. МПТ магниттеу қисығы бойынша $\Phi = f(IW)$ МПТ магнит тізбегінің қанығу дәрежесі туралы қорытынды жасауға болады. Бұл үшін магнит өткізгіштің магниттену қисығының графигінде қосымша тұрғызу қажет- Φ_0 магнит ағынының мәніне сәйкес келетін сызықпен қиылысқанға дейін магниттеудің қисығының бастапқы тік сызықты бөлігін жалғастыру қажет (1.2 сурет). Бұл сызықтардың қиылысу нүктесі ауалық саңылау арқылы Φ_0 магнит ағынын жүргізу үшін қажетті н.с. F шамасын анықтайды.

$$K_{\mu} = \frac{F_0}{F_{\delta}} \quad (1.19)$$

магниттік тізбектің қанығу коэффициенті деп аталады.

K_{μ} коэффициенті магнит өткізгіштің қанығу дәрежесін сипаттайды және электр машиналарының жұмыс сипаттамаларына айтарлықтай әсер етеді. K_{μ} шамасы 1,25-1,75 шегінде болады.

№2 практикалық жұмыс жүктеме режимінде тұрақты ток машинасының магниттік параметрлерін есептеу

Сабақтың мақсаты: тұрақты ток машинасының негізгі магниттік параметрлерін есептеу.

1-міндет

220 В номиналды кернеуі бар параллель қозудың тұрақты тогының қозғалтқышында R_n номиналды қуаты, n_n номиналды айналу жиілігі, η_n номиналды пәк және Зәкір орамдарының кедергісі, қозу - R_v (кесте. 7.6).

7.6-кесте

Вариант	Қозғалтқыш түрі	P_n , кВт	n_n , об/мин	η_n , %	$R_{я}$, Ом	R_v , Ом
1	П71	32	3000	86,5	0,0335	100
2	П61	6	1000	83,5	0,34	153
3	П112	70	600	88	0,0179	24
4	П82	25	1000	86	0,0626	46,8
5	П92	75	1500	89,5	0,0122	48,4
6	П81	19	1000	83,5	0,1045	61,8
7	П101	42	750	86	0,0358	37,8
8	П62	14	1500	86,5	0,0875	100
9	П72	11	750	79	0,264	87,3

10	П91	55	1500	87	0,0204	44
----	-----	----	------	----	--------	----

Қозғалтқыштың электр сызбасын сызу. Үшін номиналды жұмыс режимін анықтау қуаты $P_{1н}$ және тогы $I_{н}$, қозғалтқышпен тұтынылатын желіден ток қоздыру номинал тогы $I_{вн}$, ток зәкір $I_{ян}$, зәкір ЭҚК-і $E_{н}$ және номиналды моменті $M_{н}$. По идеалды бос жүрістің айналу жиілігін анықтау және табиғи механикалық сипаттаманы құру. 2-яң дейінгі іске қосу тогын шектеу үшін $R_{п}$ іске қосу реостатының кедергісін есептеу, тиісті реостатты механикалық сипаттаманы құру. Резисторды қоздыру тізбегіне 0,7 Фн дейін енгізу есебінен өріс әлсіреген кезде қозғалтқыштың механикалық сипаттамасын есептеу және құру. Нұсқаға сәйкес тапсырмаға қосымша сұраққа жауап беру.

2-міндет

Параллель қозудың тұрақты тогының қозғалтқышы 110 В желіге қосылған және $P_{н}$ номиналды қуаты, $p_{н}$ номиналды айналу жиілігі, $I_{н}$ номиналды тогы, $I_{вн}$ қозу тізбегінің номиналды тогы, R Зәкір орамасының кедергісі (кесте. 7.7). Қозғалтқышты оның зәкірінің тізбегіне қосу үшін қозғалтқыштың екпініне қарай оларды дәйекті түрде қысқартумен R_1 , R_2 іске қосу реостатының екі секциясы қосылады.

7.7-кесте

Вариант	Қозғалтқыш түрі	$P_{н}$, кВт	$p_{н}$, об/мин	$I_{н}$, А	$I_{вн}$, А	$R_{я}$, Ом
1	П42	1,5	750	18,8	1,26	0,47
2	П31	3,2	3000	35	0,96	0,126
3	П71	8	750	96	4,4	0,101
4	П32	4,5	3000	48,5	1,07	0,066
5	П51	2,2	750	27	2,2	0,34
6	П61	4,2	750	48,9	1,72	0,149
7	П62	5,7	750	64,3	2,03	0,088
8	П22	1	1500	12	0,63	0,725
9	П41	6	3000	68,3	2,34	0,043
10	П11	0,7	3000	4,3	0,16	3,56

Қозғалтқыштың электр сызбасын сызу. Номиналды режим үшін $I_{ян}$ және ЭДС $E_{н}$ якорь тогы және айналмалы моментін есептеу; идеалды бос жүрістің айналу жиілігін анықтау по. Екі сатылы іске қосу кезінде қозғалтқыштың іске қосу диаграммасын есептеу және құру (сурет. 7.3), $\beta = 2$ қабылдап. Табиғи және реостатты механикалық сипаттамалардың теңдеуін жазу. Нұсқаға сәйкес тапсырмаға қосымша сұраққа жауап беру.

3-міндет

Параллель қозудың тұрақты тогының қозғалтқышында номиналды кернеу $U_{н}$, номиналды ток $I_{н}$, номиналды айналу жиілігі $p_{н}$, қозу орамасының кедергісі $R_{в}$ және Зәкір орамасының кедергісі бар; бос жүріс режимінде қозғалтқышпен тұтынатын ток I_0 тең (кесте.7.8). Қозғалтқыштың электр сызбасын сызу. Қозғалтқыш жұмысының номиналды режимі үшін ол желіден тұтынатын $p_{1н}$ қуатын, ДРян зәкірінің орамындағы және ДРвн қоздыру тізбегіндегі ысыраптардың қуатын, ДРмех+ДРмаг қозғалтқышындағы механикалық және магниттік ысыраптардың қуатын және оның $p_{н}$ білігіндегі номиналды қуатын анықтау. Идеалды бос жүрістің айналу жиілігін есептеу, теңдеуді жазу және табиғи механикалық сипаттама құру. 2. қосу тоқтарын шектеу шарттарынан 2,5 $I_{ян}$ мәніне дейін іске қосу реостатының кедергісін есептеу, теңдеу жазу және тиісті реостаттық

сипаттаманы құру. КҚК-нің білікке тәуелділігін есептеу және құру $\rho=f(P2)$, онда номиналды режимге сәйкес нүктені белгілеп. Нұсқаға сәйкес тапсырмаға қосымша сұраққа жауап беру.

7.8 Кесте

Вариант	$U_n,$ В	$I_n,$ А	$n_n,$ об/мин	$I_0,$ А	$R_B,$ Ом	$R_y,$ Ом
1	220	62	1000	8,2	100	0,237
2	220	9	3000	1,7	636	1,25
3	110	11,5	1000	1,6	140	0,653
4	220	12,5	3000	2,1	484	0,71
5	110	37,3	750	5,7	43	0,198
6	110	5,6	750	1	242	2,05
7	220	18,3	1000	2,7	171	0,72
8	110	18	3000	3,5	170	0,304
9	110	8,6	1000	1,5	160	1,13
10	220	78	1000	9,3	87	0,171

1, 2, 3-міндеттерге қосымша сұрақтар

1. Рекуперативті генераторлық тежеу дегеніміз не? Бұл режим қалай алынады (механикалық сипаттамаларды көрсетіңіз)?
- 2.2. Тұрақты ток қозғалтқышының реверсі қалай жүзеге асырылады? Математикалық және механикалық сипаттамаларға түсініктеме беріңіз.
3. Қарсы қосудың тежелуі дегеніміз не? Механикалық сипаттамаларға түсіндіріңіз, осы режимде қозғалтқыш зәкірінің тізбегі үшін теңдеуді жазыңыз.
4. Оның қозу тогы ұлғайған кезде білікке тұрақты жүктемемен жұмыс істейтін қозғалтқыш зәкірінің тогы қалай өзгередетінін қарастыру.
5. Реостаттық сипаттамада жұмыс істейтін қозғалтқыштың зәкірі түсірілетін жүктің әсерінен оның айналмалы сәтінің бағытына қарсы айналады. Бұл режимді механикалық сипаттамада көрсету, якорь тізбегі үшін теңдеуді жазу және осы режимде қозғалтқышта энергетикалық процестерді қарастыру.

6. Резисторды Зәкір тізбегіне енгізу кезінде білікке тұрақты жүктемемен жұмыс істейтін қозғалтқыштың ЭҚК-ге қарсы қалай өзгереді? Қажетті математикалық қатынастарды келтіру.

7. Параллель қозудың аз жүктелген қозғалтқышы үшін оның қозу орамасының тізбегінде үзілу қауіпті екенін түсіндіру.

8. Динамикалық тежеу дегеніміз не? Механикалық сипаттамаларға және математикалық қатынастарға түсіндіріңіз.

9. Оның білігіне жүктемені арттыру кезінде қозғалтқыш зәкірінің тогы қалай және неге өзгереді?

10. Қозғалтқыштың қозу тогы ұлғайған кезде рекуперативті тежеу режиміне өту мүмкіндігін қарастыру (механикалық сипаттамаларда және Зәкір тізбегі үшін теңдеулерде көрсету).

№3 практикалық жұмыс параметрлерін есептеу және Зәкір орамасының толық сұлбасын орындау.

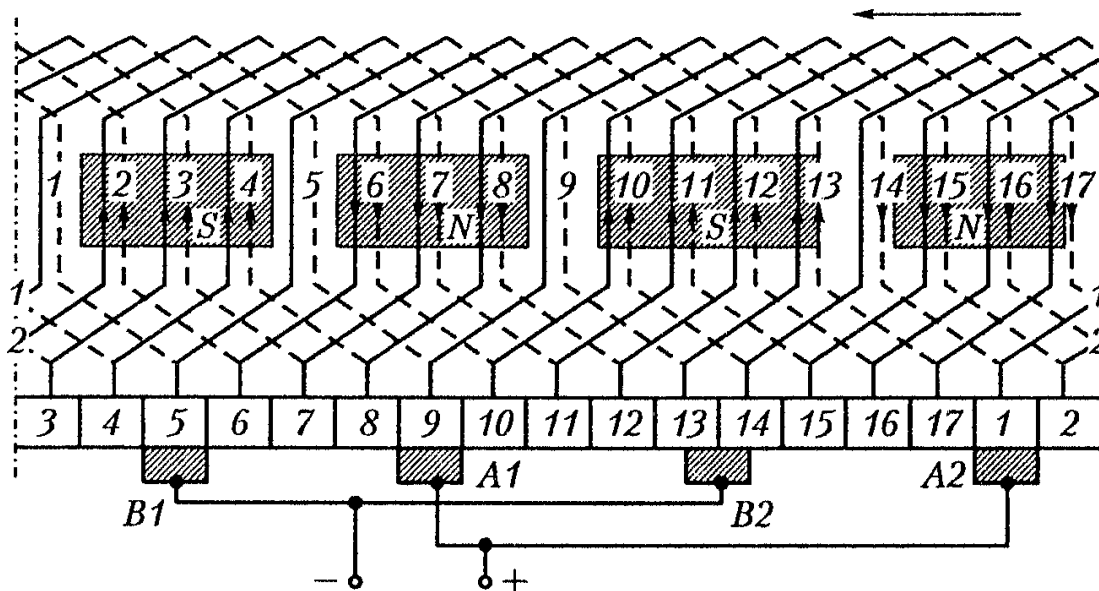
Жұмыс мақсаты: якорь орамасының параметрлерін есептеу және толық сұлбасын орындау

Тапсырма: тұрақты ток машинасының зәкірін орау 2р полюстерінің Саны кезінде Элементарлық Паз =17 болады. Қарапайым толқынды (ПВ) немесе Зәкір орамасының қарапайым ілмекті (ПП) толық сұлбасын есептеу және сызу. Схемада полюстерді белгілеу, щеткаларды қою

және зәкірдің айналу бағытын қойып, машина жұмысының генераторлық режимінде щеткалардың полярлығын анықтау. Зәкір орамының параллельді тармағының сұлбасын орындау және оның жалпы кедергісін анықтау, бұл ретте бір секцияның кедергісін есептеу $= 0,02$ Ом (Бір тізбекті секциялар) тең.

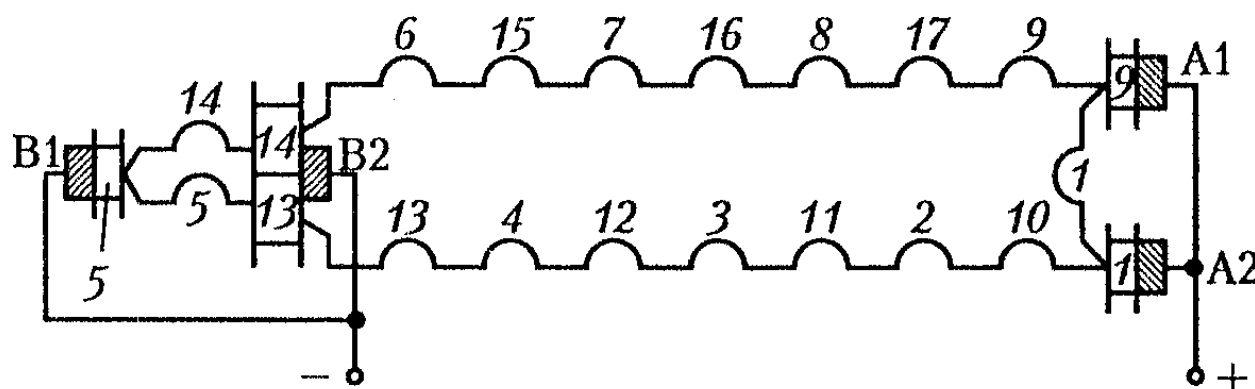
Әдістемелік нұсқаулар

1. Коллектор бойынша орау қадамы (левоходная орау)
 $y_k = y = (K - 1) / p = (17 - 1) / 2 = 8$ делений
 2. Орамның бірінші қадамы
 3. $y_1 = (Z_p / 2p) \pm \varepsilon = (17 / 4) - 0,25 = 4$ паза
3. Орамның кеңейтілген схемасы 6.1-суретте көрсетілген.



Сурет 6.1 қарапайым толқынды ораманың кеңейтілген схемасы
 $2p=4$; $Z=17$; $y_1=4$ паз

Параллель тармақтардың сызбасын орындаймыз 6.2 сурет



Сурет 6.2 қарапайым толқынды орамның параллель тармақтарының схемасы

№4 практикалық жұмыс трансформатордың параметрлерін есептеу

Мақсаты: трансформатордың параметрлерін және оның жұмыс режимін есептеуді үйрену.

Трансформатор бір кернеудің айнымалы тогын сол жиіліктегі басқа кернеудің айнымалы тогына түрлендіруге арналған статикалық электромагниттік құрылғы болып табылады.

Трансформатордың және ПӘК жұмыс режимдері.

Трансформатордың бірінші және екінші орамдарында орамдардың біркелкі емес саны (яғни), бастапқы және екінші кернеу, Токтар мен кедергілердің әр түрлі тәртібі бар. Демек, магнит байланысын шешу және трансформатордың жұмысын сипаттайтын теңдеулерді бірлесіп шешу мүмкіндігі үшін екінші орамның параметрлері бастапқы орамаға келтірілуі тиіс. Бұл үшін қайталама кернеу мен ЭДС трансформация коэффициентіне көбейту керек, екінші токты трансформация коэффициентіне бөлу керек, ал екінші кедергіні трансформация коэффициентінің квадратына көбейту керек:

$$E'_2 = k \cdot E_2 = E_1, \quad U'_2 = k \cdot U_2, \quad I'_2 = I_2 / k, \quad R'_2 = k^2 \cdot R_2, \quad X'_2 = k^2 \cdot X_2. \quad (7.1)$$

Трансформатордың берілген алмастыру сұлбасы келесі теңдеулермен сипатталады:

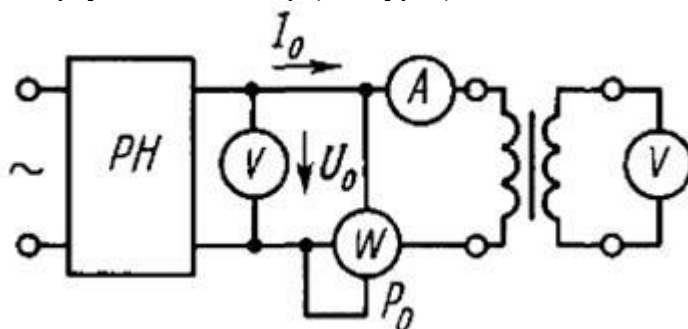
$$\begin{cases} \dot{U}_1 = R_1 \cdot \dot{I}_1 + j \cdot X_1 \cdot \dot{I}_1 + Z_M \cdot \dot{I}_M; \\ -\dot{U}'_2 = R'_2 \cdot \dot{I}'_2 + j \cdot X'_2 \cdot \dot{I}'_2 + Z_M \cdot \dot{I}_M; \\ \dot{I}_M = \dot{I}_1 + \dot{I}'_2. \end{cases} \quad (7.2)$$

$Z_M \dot{I}_M = -\dot{E}_1$, теңдеулер жүйесі қабылдайды түрі:

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = R_1 \cdot \dot{I}_1 + j \cdot X_1 \cdot \dot{I}_1 - \dot{E}_1; \\ \dot{U}'_2 = \dot{E}_1 - R'_2 \cdot \dot{I}'_2 - j \cdot X'_2 \cdot \dot{I}'_2; \\ \dot{I}_M = \dot{I}_1 + \dot{I}'_2. \end{cases} \quad (7.3)$$

Трансформатордың орналасу сұлбасының параметрлерін бос жүріс және қысқа тұйықталу тәжірибесі бойынша анықтауға болады.

Бос жүріс тәжірибесі кезінде бастапқы орауға кернеу реттеуішінің (РН) көмегімен номиналды кернеуді, ал екінші орауға – вольтметр (7.2 сурет) әкеледі.



Сурет 7.2-бос жүріс режимінде трансформаторды зерттеу схемасы

Бос жүріс тогы мен қуатын өлшеу арқылы кедергіні есептеуге болады:

$$Z_0 = \frac{U_0}{I_0}, \quad R_0 = \frac{P_0}{I_0^2}, \quad X_0 = \sqrt{Z_0^2 - R_0^2}, \quad (7.4)$$

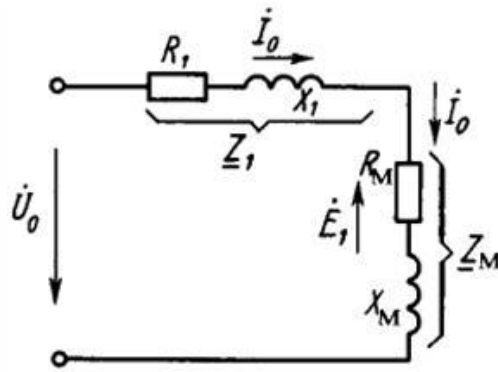
сондай-ақ трансформация коэффициенті

$$k = \frac{U_{10}}{U_{20}} \quad (7.5)$$

және бос жүріс қуатының коэффициенті

$$\cos \varphi_0 = \frac{P_0}{U_0 \cdot I_0}. \quad (7.6)$$

Трансформатордың орналасу схемасы (7.1 сурет) бос жүріс режимінде 7.3 суретте көрсетілген түрге келтіріледі.



Сурет 7.3-бос жүріс режимінде трансформаторды алмастыру схемасы

Бос жүрісте келесі қатынастар әділ:

$$Z_0 = Z_1 + Z_M; R_0 = R_1 + R_M; X_0 = X_1 + X_M. \quad (7.7)$$

Тапсырмаларды шешу мысалдары

Үшін үш фазалы трансформатордың қуаты = 100 кВА, орамаларды оның Y-Y-0, белгілі: $U_{1ном} = 6000$ В, $U_{20} = 400$ В, $ик = 5,5\%$, $K_p = 2400$ Вт, $P_0 = 600$ Вт, $T_0 = 0,07I_{1ном}$ Вт. Анықтау:

- 1) R_1, X_1, R_2, X_2 трансформаторы орамдарының кедергісі;
- 2) z_0 эквивалентті кедергісі және оның R_0, X_0 құраушылары;
- 3) 60% және $\cos\phi_H = 0,87$ жүктеу кезіндегі пайдалы әсер коэффициенті.

Шешімі.

Бастапқы орамның номиналды тогы:

$$I_{1ном} = \frac{S_{1ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{1ном}} = \frac{100000}{\sqrt{3} \cdot 6000} = 9,6 \text{ А.}$$

Бос жүріс тогы:

$$I_0 = 0,7 \cdot I_{1ном} = 0,7 \cdot 9,6 = 0,67 \text{ А.}$$

Қысқа тұйықталу кедергісі:

$$z_K = U_{K\Phi} / I_{K\Phi} = u_K \cdot U_{1ном\Phi} / I_{1ном} = 0,055 \cdot 6000 / \sqrt{3} \cdot 9,6 = 19,6 \text{ Ом.}$$

Бұл бөлімде көбейткіш пайда болады, себебі анықтамалық деректерде сызықтық мән көрсетіледі, яғни Y-Y-0, онда $= /$.

ЖМ. (Бөлімінде 3 көбейткіш пайда болады, себебі анықтамалық деректерде үш фаза үшін жиынтық мән көрсетіледі, ал кедергілер бір фаза үшін есептеледі.)

$$x_K = \sqrt{z_K^2 - r_K^2} = \sqrt{19,6^2 - 8,7^2} = 17,9 \text{ Ом.}$$

Бастапқы орамның кедергісі:

$$r_1 = r_2 = 0,5 \cdot r_K = 0,5 \cdot 8,7 = 4,35 \text{ Ом.}$$

$$x_1 = x_2 = 0,5 \cdot x_K = 0,5 \cdot 17,9 = 8,95 \text{ Ом.}$$

Екінші орамның кедергісін келтіру коэффициентін ескере отырып анықтаймыз:

$$k = \frac{U_{10}}{U_{20}} = \frac{U_{1ном}}{U_{20}} = \frac{6000}{400} = 15$$

$$r_2 = r_2' / k^2 = 4,35 / 225 = 0,0193 \text{ Ом.}$$

$$x_2 = x_2' / k^2 = 8,95 / 225 = 0,0398 \text{ Ом.}$$

Магниттейтін бұтақтың кедергісі:

$$z_0 = U_0 / I_0 = 6000 / \sqrt{3} \cdot 0,67 = 5180 \text{ Ом.}$$

$$r_0 = P_0 / I_0^2 = 600 / 3 \cdot 0,67^2 = 447 \text{ Ом.}$$

$$x_0 = \sqrt{5180^2 - 447^2} = 5160 \text{ Ом.}$$

Пайдалы әсер коэффициенті

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} 100\% = \frac{k_3 \cdot S_{1\text{ном}} \cdot \cos\varphi_H}{k_3 \cdot S_{1\text{ном}} \cdot \cos\varphi_H + P_0 + k_3^2 \cdot P_K} 100\% =$$

$$= \frac{0,6 \cdot 100000 \cdot 0,87}{0,6 \cdot 100000 \cdot 0,87 + 600 + 0,6^2 \cdot 2400} 100\% = 97,3\%.$$

Бақылау сұрақтары

1. Трансформатор дегеніміз не?
2. Трансформатордың жұмыс режимдері қандай?
3. Бос жүріс және қысқа тұйықталу тәжірибелерінің мәні неде?
4. Бос жүріс және қысқа тұйықталу тәжірибелерінде қандай шығындар анықталады?

№5 практикалық жұмыс трансформатордың алмастыру сұлбасының параметрлерін есептеу

Жұмыс мақсаты: қысқа тұйықталу және бос жүріс тәжірибесі мен номиналды режим үшін Токтар мен кернеулерді есептеу.

- ток және кернеу

$$I_{1H} = \frac{S_H}{U_{1H}}, \quad I_{2H} = I_{1H} \cdot k;$$

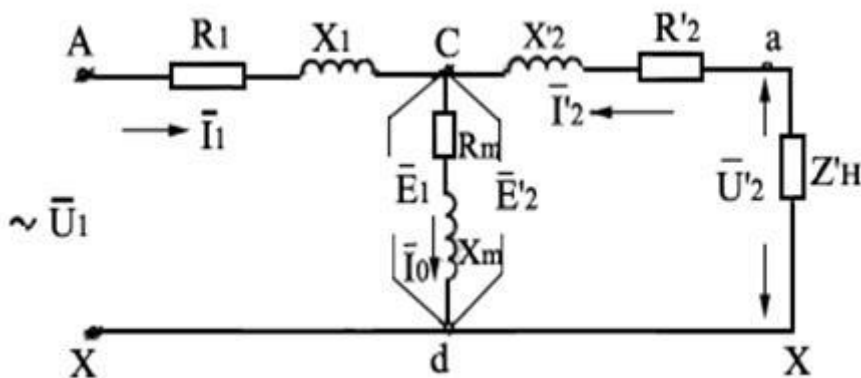
$$U_{20} = \frac{U_{1H}}{k};$$

$$U_{1k} = \frac{U_{1H}}{100} \cdot u_{1k} \%, \quad u_{ka} \% = u_{1k} \% \cdot \cos\varphi_k; \quad u_{kp} \% = u_{1k} \% \sin\varphi_k$$

$$\cos\varphi_k = \frac{r_k}{Z_k}.$$

2. Алмастыру схемасының параметрлері

- толық Т-бейнелі алмастыру схемасы



2.1 сурет-алмастыру толық электрлік схемасы

келтірілген трансформатордың

- алмастыру схемасының параметрлері

$$Z_m = \frac{U_{1H}}{I_0}; \quad \cos \varphi_0 = \frac{P_0}{I_0 U_{1H}}; \quad (2.1)$$

$$r_m = \frac{P_0}{I_0^2}; \quad x_m = \sqrt{Z_m^2 - r_m^2}; \quad (2.2)$$

$$Z_k = \frac{U_{1k}}{I_{1H}}; \quad r_k = \frac{P_k}{I_{1H}^2}; \quad x_k = \sqrt{Z_k^2 - r_k^2}; \quad (2.3)$$

$$r_1 \approx r'_2 = \frac{r_k}{2}; \quad x_1 \approx x'_2 = \frac{x_k}{2}; \quad (2.4)$$

$$r_2 = \frac{r'_2}{k^2}; \quad x_2 = \frac{x'_2}{k^2}; \quad (2.5)$$

3. 2.1 сурет-алмастыру толық электрлік схемасы

жетекті трансформатор

- алмастыру схемасының параметрлері

$$\underline{Z}_H = Z_H e^{j\varphi_2}; \quad Z_H = \frac{U_{20}}{I_{2H}}; \quad r_H = Z_H \cos \varphi_2; \quad x_H = Z_H \sin \varphi_2; \quad (2.6)$$

$$r'_H = r_H k^2; \quad x'_H = x_H k^2; \quad (2.7)$$

- екінші тізбектің кедергісі

$$Z'_H = \sqrt{(r'_2 + r'_H)^2 + (x'_2 + x'_H)^2}; \quad (2.8)$$

$$\underline{Z}'_H = Z'_H e^{j\psi}; \quad (2.9)$$

$$\psi_2 = \arctg \frac{x'_2 + x'_H}{r'_2 + r'_H}; \quad (2.10)$$

- екінші тізбектің және магниттеу тармағының жалпы кедергісі

$$\underline{Z}_{cd} = \frac{\underline{Z}_m \cdot \underline{Z}'_H}{\underline{Z}_m + \underline{Z}'_H}; \quad \underline{Z}_m = r_m + jx_m; \quad (2.11)$$

- алмастыру схемасының жалпы кедергісі

$$\underline{Z}_H = \underline{Z}_1 + \underline{Z}_{cd}; \quad \underline{Z}_1 = r_1 + jx_1; \quad (2.12)$$

- Бастапқы орау тогы

$$\underline{I}_{1H} = \frac{U_1}{\underline{Z}_H} = I_{1H} e^{j\varphi_1}; \quad (2.13)$$

- Орамадағы ЭДС

$$\dot{E}_1 = \dot{E}'_2 = U_{1H} - \dot{I}_{1H} \underline{Z}_1; \quad (2.14)$$

- екінші орамның келтірілген тогы

$$\dot{I}'_{2H} = \frac{\dot{E}'_2}{\underline{Z}'_H}; \quad (2.15)$$

- жүктемедегі келтірілген және нақты кернеу

$$\dot{U}'_{2H} = \dot{I}'_{2H} Z'_H = U'_{2H} e^{j\varphi_2} ; (2.16)$$

$$U_{2H} = \frac{U'_{2H}}{k} ; (2.17)$$

- номиналды режимде трансформатордың жұмысы кезінде кернеудің төмендеуі

$$\Delta U\% = \frac{U_{20} - U_{2H}}{U_{20}} 100\% . (2.18)$$

4. Толық векторлық диаграмманы құру (2.2 сурет)

4.1. Еркін бағытта, мысалы, "0" нүктесінен оңға магнит ағынының векторы қалдырылады .

2.1 Кесте- Тапсырмалардың варианты

№ п/п	Ном. қуат S, кВА	U _{1н} , кВ	К	u _{1к} , %	I ₀ , %	P ₀ , кВт	P _к , кВт	Бұрыштық жүктеме φ ₂ ⁰
1				8,0	3,3	29,5	81,5	45 ⁰ ,0, -45 ⁰
2				9,0	2,8	29,5	81,5	45 ⁰ ,0, -45 ⁰
3				10,0	2,5	29,5	81,5	45 ⁰ ,0, -45 ⁰
4				8,0	3,3	29,5	81,5	45 ⁰ ,0, -45 ⁰
5				9,0	2,8	29,5	81,5	45 ⁰ ,0, -45 ⁰
6				10,0	2,5	29,5	81,5	45 ⁰ ,0, -45 ⁰
7				8,0	3,3	47,0	81,5	45 ⁰ ,0, -45 ⁰
8				9,0	2,8	47,0	81,5	45 ⁰ ,0, -45 ⁰
9				10,0	2,5	47,0	81,5	45 ⁰ ,0, -45 ⁰
10				8,0	3,3	47,0	81,5	45 ⁰ ,0, -45 ⁰
11				9,0	2,8	47,0	81,5	45 ⁰ ,0, -45 ⁰
12				10,0	2,5	47,0	81,5	45 ⁰ ,0, -45 ⁰
13				8,0	3,3	47,0	81,5	45 ⁰ ,0, -45 ⁰
14				9,0	2,8	47,0	81,5	45 ⁰ ,0, -45 ⁰
15				10,0	2,5	47,0	81,5	45 ⁰ ,0, -45 ⁰
16				8,0	3,3	47,0	81,5	45 ⁰ ,0, -45 ⁰
17				9,0	2,8	47,0	81,5	45 ⁰ ,0, -45 ⁰
18				10,0	2,5	47,0	81,5	45 ⁰ ,0, -45 ⁰

Бақылау сұрақтары

1. Қысқа тұйықталу тәжірибесі бойынша бастапқы және екінші орамның кедергісін қалай есептеу керек?
2. Бос жүріс тәжірибесі бойынша магниттеу тармағының кедергісін қалай есептеуге болады?
3. Трансформация коэффициенті дегеніміз не? трансформаторды жүктеу коэффициенті?
4. Екінші орамның параметрлері не үшін бастапқы орамаға әкеледі?
5. Трансформатордың ПӘК-ін қалай есептеуге болады?

№6 практикалық жұмыс айнымалы ток машинасының статоры орамасының параметрлерін есептеу

Мақсаты: үшфазалы асинхронды қозғалтқыштар жұмысының негізгі параметрлерін анықтауды үйрену

Тапсырма:

Үш фазалы асинхронды қозғалтқыш қосулы желіге желілік кернеуі $U_{л} = 380$ В, жиілігі статордың ток $f = 50$ Гц, пайдалы әрекет коэффициенті асинхронды қозғалтқыштың тең η , қуат коэффициенті тең $\cos \varphi$. Асинхронды қозғалтқыш білігінің пайдалы қуаты $P_{2н}$ тең, ротордың айналу жылдамдығы $n_{2н}$ тең.

4.3 кесте

Вариант	$P_{2н}$, кВт	$n_{2н}$, об/мин	η , %	$\cos \varphi$
1.	1,3		87,5	0,84
2.	1,1		87,5	0,74
3.	1,5		87,5	0,9
4.	7,5		87,5	0,86
5.	1,8		87,5	0,79
6.	1,6		89,5	0,86
7.	5,5		89,5	0,80
8.	18,5		89,5	0,88
9.	1,9		89,5	0,76
10.	1,5		89,5	0,83
11.	2,3		89,5	0,84
12.	2,2		89,5	0,74
13.	3,3		89,5	0,9
14.	2,1		87,5	0,86
15.	1,2		87,5	0,79

16.	1,5		87,5	0,86
17.	3,5		87,5	0,80
18.	3,6		89,5	0,88
19.	3,4		89,5	0,76
20.	3,1		89,5	0,83
21.	2,6		89,5	0,84
22.	3,3		89,5	0,74
Вариант	P_{2H} , кВт	n_{2H} , об/мин	η , %	$\cos \varphi$
23.	20,5		87,5	0,9
24.	22,5		87,5	0,86
25.	23,1		87,5	0,79
26.	22,8		87,5	0,86
27.	16,5		87,5	0,80
28.	55,5		89,5	0,88
29.	8,6		87,5	0,76
30.	4,5		87,5	0,83

Бақылау сұрақтары:

1. Асинхронды қозғалтқышқа анықтама беріңіз
2. Үшфазалы асинхронды қозғалтқыштың статоры қандай конструкцияға ие?
3. Үшфазалы асинхронды қозғалтқыштың қысқа тұйықталған роторы қандай конструкцияға ие?
4. Фазалық ротор қысқа тұйықталған ротордан немен ерекшеленеді?
5. Асинхронды қозғалтқыш статорының үшфазалы орамасын қандай магнит өрісі жасайды?

№7 практикалық жұмыс айнымалы ток машинасының статоры орамасының толық сызбасын орындау

Жұмыс мақсаты: асинхронды машинаның орамаларын құруда дағдыларды меңгеру.

Асинхронды машина статорын орауға қойылатын негізгі талаптар:

1. Орау сымының ең аз шығыны (мыс);
2. Дайындау технологиялылығы (ең аз шығындар);
3. ЭҚК қисығы синусоидалы.

Статордың көпфазалы орамасы m_1 фазалы орамнан тұрады ($M_1 = 3$ үшфазалы орама) олардың әрқайсысы Z_1/m_1 Паз алады (Z_1 – статор өзекшесі ойықтарының жалпы саны). Әрбір фазалық орам өткізгіштердің ажыратылған жүйесін білдіреді. Орамның элементі-катушка (бір немесе бірнеше орамнан). катушканың элементтері пазаларда (Паз жақтары) және паздардан тыс

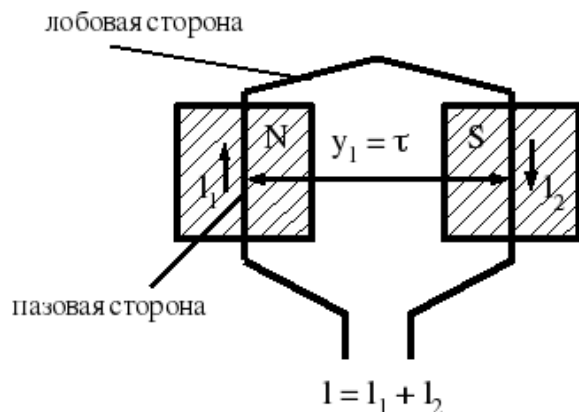
(алдыңғы жақтары) орналасады. Статордың ішкі өсімдігінің доғасының бір полюске келетін бөлігі – полюсті бөлініске келеді.

$$\tau = \frac{\pi \cdot D_1}{2p}$$

Статор өсімдігінің ішкі беті бойынша өлшенген катушканың жамбас жақтары арасындағы қашықтық-паздар бойынша орау қадамы.

$$y_1 = \frac{Z_1}{2p}$$

Толық қадам $y_1 = \tau$



ЭҚК қисығының нысаны, барлық қалауымен синусоидалы емес және жоғарғы гармониктер (3,5,7,9 және т.б.) бар.

Гармоника нөмірінің өсуімен оның шамасы $\sqrt{2}$ есе азаяды (гармоника нөмірі). Сондықтан іс жүзінде гармониктер жетінші орында емес.

ЭҚК синусоидалдылығына қарсы күрестің негізгі құралы (y_1) орау қадамының қысқаруы болып табылады, бұл тек жоғарғы гармоникалардың жойылуына ғана емес, сонымен қатар ЭҚК бірінші гармоникасының азаюына (болмашы) әкеледі, бұл ораманың қысқару коэффициентімен ескеріледі:

$$\beta = \frac{y_1}{\tau} - \text{орамның салыстырмалы қадамы.}$$

Орама қадамын Паз бойынша қысқарту тек екі қабатты орамдарда ғана мүмкін болады, бір қабатты диаметральды қадаммен орындалады және сондықтан сирек қолданылады.

Бастапқы деректер:

Дан асинхронды үш фазалы қозғалтқыш бекемделген екі қабатты оралатын статор катушкалар W_k - одновитковые, қосылған дәйекті және енгізілген схемасы бойынша жұлдыз желі жиілігі 50 Гц, саңылаулардың саны $Z_1=60$, полюстерінің саны $2p=4$, гармоника $\gamma=7$.

Задание:

Статордың үшфазалы екі қабатты орамасының толық қадамымен Паз саны - 24, полюстер саны - 4 болған кезде өрістетілген сұлбасын құру және параметрлерін есептеу.

Таңдау орам қадамының қысқаруын таңдау 5MARMONIC жою үшін ЭДС орамасында таңдалған қысқартуларға сәйкес барлық ЭДС түзетіңіз.

Есептік бөлім:

полюске және фазаға статор паздарының саны:

$$q_1 = \frac{Z_1}{2pm_1} = \frac{24}{4 \cdot 3} = 2$$

Паз бұрышы:

$$\gamma = \frac{360p}{Z_1} = \frac{360 \cdot 2}{24} = 30$$

Фазалар осьтерінің арасындағы жылжу – пазада) - а, в, С орамаларының бастаулары арасындағы жылжу:

$$\lambda = \frac{120}{\gamma} = \frac{120}{30} = 4 \text{паза}$$

Орамның толық қадамы:

$$y_1 = \frac{Z_1}{2p} = \frac{24}{4} = 6 \text{пазов}$$

Орамның кеңейтілген схемасын құру жазықтықтағы белгілеуден басталады. $Z_1 = 24$ пазалар мен $2p = 4$ полюсті бөлулерді бастаймыз, содан кейін барлық фазалар үшін $q_1 = 2$ Паз бойынша белгіленеміз, бұл ретте бір полюсті бөлудегі қандай да бір фазаның аймағы мен осы фазаның аймағы арасындағы қашықтық басқа полюсті бөлудегі $y_1 = 6$ Паз орамасының қадамына (диаметральды) тең болуы тиіс.

Бұдан әрі өтеміз арасындағы қашықтық началами (үштары) фазалық орамдарының = 4 паза. Сызбаның қарапайымдылығы үшін А фазасының барлық катушкаларының орамасын ғана бейнелейміз.

**Диагностикалық-
бақылаушы блок**
Бақылау-өлшеу
материалдары
Тест материалы
1 нұсқа

1. Трансформатордың екі орамдары тізбектей қосылған. АВ жалпы кернеу қандай болады?

- A. 48 В
- B. 12 В
- C. 24 В
- D. 18 В
- E. 0 В

2. Май трансформаторларында май не үшін қолданылады? Орамаларды қысқа тұйықталудан қорғау үшін Орамаларды салқындату үшін Тоттанудан қорғау үшін C D орамдарды оқшаулау үшін E орамаларды қысқа тұйықталудан қорғау және оқшаулау үшін

3. Неге ток трансформаторының екінші орамын ажыратылған күйінде қалдыруға болмайды? Ал жанады Қр болады қысқа тұйықталу C үлкен қарсылық бар D қайта жүктеу болады E онда персоналға және орамды оқшаулауға қауіпті Жоғары кернеу бар

4. Дәнекерлеу трансформаторының жұмысы қандай жұмыс режиміне сәйкес келеді? Ал бос жүрісте Жұмыс режимінде Қысқа тұйықталу режимі D бос жүріс және жұмыс режимі E жұмыс режимі мен

5. Дәнекерлеу үшін электрод не үшін сылақпен жабылады?

Ал доға болмас үшін Қысқа тұйықталудан C кедергіні азайту үшін D доғаның тұрақты жануы үшін E дәнекерлеу тогын арттыру үшін

6. Дәнекерлеу агрегатында қалам бар. Ол не үшін қажет?

A кернеуді реттеу үшін B кедергіні реттеу үшін C дәнекерлеу тогын реттеу үшін D сыйымдылықты реттеу үшін Кернеуді реттеу үшін және кедергіні реттеу үшін

7. Ток трансформаторлары не үшін қолданылады?

Кернеуді азайту үшін B айнымалы токты өлшеу шегін кеңейту үшін C кернеуді арттыру үшін D айнымалы кернеуді реттеу үшін E дәнекерлеу агрегаты үшін

8. Бос жүрісте трансформаторда энергия шығыны қайда пайда болады? Мыста B Болат C болат және мыс D еш жерде пайда болмайды E магнит өрісінде

9. Жұмыс режимінде трансформаторда энергия шығыны қай жерде пайда болады? Мыста B Болат C болат және мыс D еш жерде пайда болмайды

10. Неге төмендететін трансформатордың екінші орамасы үлкен қимаға ие? Ал онда аз кернеу Онда үлкен ток Онда аз ток D онда үлкен қарсылық E онда үлкен кернеу

11. Трансформатордың екі орамдары тізбектей қосылған. АВ кернеу қандай болады? A 48 В 12 В 24 В БАСТАП D 0 В E 18 В

E магнит өрісінде

12. Автотрансформатор үшін қолданылады: Ал тұрақты кернеуді арттыру Тұрақты кернеудің төмендеуі Вольтметрдің өлшеу шегінің кеңеюінен D кернеуді қалыпты реттеу E амперметрдің өлшеу шегінің кеңеюі

13. Трансформаторда орамдардың санын арттырумен екінші орамдағы кернеу: Және өзгермейді B азаяды C артады D өсуі және азаяуы мүмкін E шамалы азаяды

14. Күштік трансформатор үшін $K=10$ трансформация коэффициенті дегеніміз не? A Кернеу 10 есе төмендейді B Кернеу 10 есе артады C Ток күші 10 есе төмендейді D екінші орамдағы кернеу

15. Трансформаторда орамдардың санын арттырумен екінші орамдағы кернеу: Және өзгермейді B азаяды C артады D өсуі және азаяуы мүмкін E шамалы азаяды

16. Трансформаторда орамдардың санын арттырумен екінші орамдағы кернеу: Және өзгермейді B азаяды C артады D өсуі және азаяуы мүмкін E шамалы азаяды

17. Трансформаторда орамдардың санын арттырумен екінші орамдағы кернеу: Және өзгермейді B азаяды C артады D өсуі және азаяуы мүмкін E шамалы азаяды

18. Трансформаторда орамдардың санын арттырумен екінші орамдағы кернеу: Және өзгермейді B азаяды C артады D өсуі және азаяуы мүмкін E шамалы азаяды

19. Трансформаторда орамдардың санын арттырумен екінші орамдағы кернеу: Және өзгермейді B азаяды C артады D өсуі және азаяуы мүмкін E шамалы азаяды

20. Трансформаторда орамдардың санын арттырумен екінші орамдағы кернеу: Және өзгермейді B азаяды C артады D өсуі және азаяуы мүмкін E шамалы азаяды

21. Трансформаторда орамдардың санын арттырумен екінші орамдағы кернеу: Және өзгермейді B азаяды C артады D өсуі және азаяуы мүмкін E шамалы азаяды

22. Трансформаторда орамдардың санын арттырумен екінші орамдағы кернеу: Және өзгермейді B азаяды C артады D өсуі және азаяуы мүмкін E шамалы азаяды

23. Трансформаторда орамдардың санын арттырумен екінші орамдағы кернеу: Және өзгермейді B азаяды C артады D өсуі және азаяуы мүмкін E шамалы азаяды

24. Трансформаторда орамдардың санын арттырумен екінші орамдағы кернеу: Және өзгермейді B азаяды C артады D өсуі және азаяуы мүмкін E шамалы азаяды

25. Трансформаторда орамдардың санын арттырумен екінші орамдағы кернеу: Және өзгермейді B азаяды C артады D өсуі және азаяуы мүмкін E шамалы азаяды

26. Трансформаторда орамдардың санын арттырумен екінші орамдағы кернеу: Және өзгермейді B азаяды C артады D өсуі және азаяуы мүмкін E шамалы азаяды

27. Трансформаторда орамдардың санын арттырумен екінші орамдағы кернеу: Және өзгермейді B азаяды C артады D өсуі және азаяуы мүмкін E шамалы азаяды

28. Трансформаторда орамдардың санын арттырумен екінші орамдағы кернеу: Және өзгермейді B азаяды C артады D өсуі және азаяуы мүмкін E шамалы азаяды

29. Трансформаторда орамдардың санын арттырумен екінші орамдағы кернеу: Және өзгермейді B азаяды C артады D өсуі және азаяуы мүмкін E шамалы азаяды

30. Трансформаторда орамдардың санын арттырумен екінші орамдағы кернеу: Және өзгермейді B азаяды C артады D өсуі және азаяуы мүмкін E шамалы азаяды

31. Трансформаторда орамдардың санын арттырумен екінші орамдағы кернеу: Және өзгермейді B азаяды C артады D өсуі және азаяуы мүмкін E шамалы азаяды

32. Трансформаторда орамдардың санын арттырумен екінші орамдағы кернеу: Және өзгермейді B азаяды C артады D өсуі және азаяуы мүмкін E шамалы азаяды

33. Трансформаторда орамдардың санын арттырумен екінші орамдағы кернеу: Және өзгермейді B азаяды C артады D өсуі және азаяуы мүмкін E шамалы азаяды

34. Трансформаторда орамдардың санын арттырумен екінші орамдағы кернеу: Және өзгермейді B азаяды C артады D өсуі және азаяуы мүмкін E шамалы азаяды

35. Трансформаторда орамдардың санын арттырумен екінші орамдағы кернеу: Және өзгермейді B азаяды C артады D өсуі және азаяуы мүмкін E шамалы азаяды

36. Трансформаторда орамдардың санын арттырумен екінші орамдағы кернеу: Және өзгермейді B азаяды C артады D өсуі және азаяуы мүмкін E шамалы азаяды

37. Трансформаторда орамдардың санын арттырумен екінші орамдағы кернеу: Және өзгермейді B азаяды C артады D өсуі және азаяуы мүмкін E шамалы азаяды

38. Трансформаторда орамдардың санын арттырумен екінші орамдағы кернеу: Және өзгермейді B азаяды C артады D өсуі және азаяуы мүмкін E шамалы азаяды

39. Трансформаторда орамдардың санын арттырумен екінші орамдағы кернеу: Және өзгермейді B азаяды C артады D өсуі және азаяуы мүмкін E шамалы азаяды

40. Трансформаторда орамдардың санын арттырумен екінші орамдағы кернеу: Және өзгермейді B азаяды C артады D өсуі және азаяуы мүмкін E шамалы азаяды

41. Трансформаторда орамдардың санын арттырумен екінші орамдағы кернеу: Және өзгермейді B азаяды C артады D өсуі және азаяуы мүмкін E шамалы азаяды

Е екінші орамдағы ток күші

15. Дәнекерлеу агрегатын жарықтандыру желісіне қосуға бола ма?

- А Болады
- В автомат арқылы болады
- С сақтандырғыш арқылы болады
- Д мүмкін емес
- Е УЗО арқылы болады

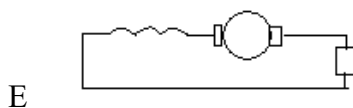
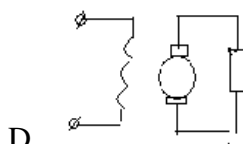
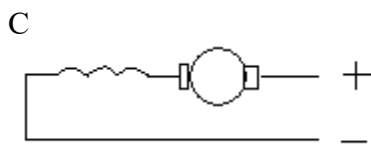
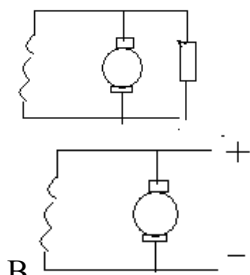
16. Тұрақты ток машиналарында Болат полюса қажет:

- А. статор орамаларын бекіту үшін
- В. қыздыруды азайту үшін
- С. жақсы өткізу үшін
- Д. құйынды токтарды азайту үшін
- Е. магнит өрісін күшейту үшін

17. Тұрақты ток қозғалтқышын реверсиялау үшін сізге қажет

- А. өзгерту щеткалар
- В. айнымалы ток беру
- С. статор немесе Зәкір орамасының ұшынан
- Д. Желіге қосылу полярлығын өзгерту
- Е. статор мен Зәкір орамасының ұштарын өзгерту

18. Параллель қоздырылатын Генераторды қосу схемасын таңдауА



19. Тұрақты ток машинасы тұрады

- А. статор, Зәкір, коллектор және щетка
- В. статор, ротордың қысқа тұйықталған орамасы
- С. статор, ротор, коллектор, щетка
- Д. статор, Зәкір, коллектор, щетка
- Е. статор, якорь

20. Тұрақты ток генераторларында коллекторлық пластиналар санын не үшін арттырады?

- А. жақсы ток алу үшін
- В. ток пульсациясын азайту үшін
- С. токты күшейту үшін
- Д. кернеуді арттыру үшін
- Е. жақсы байланыс үшін

21. Ол сақина мен щеткалар бар болса, қандай ток генератор шығарады?

- А. айнымалы
- В. Тұрақты
- С. Пульсирующий
- Д. айнымалы және тұрақты
- Е. айнымалы және пульсирующий

22. Электр машиналарының щеткаларын қандай материалдан жасайды?

- А. Алюминий

- В. Темір
- Нихром А.
- Д. Кремний
- Е. Графит

23. Зәкір орамасы жасалады:

- А. қысқа тұйықталған мыс
- В. түрі " беличьё дөңгелегі»
- С. мыс секциялар түрінде
- Д. Құйылған
- Е. Болат

24. Тұрақты ток электр қозғалтқыштары қажет жерде қолданылады:

- А. Реверсиялау Энергияны үнемді тұтынуға
- С. орамдарды үшбұрышпен қосу
- Д. жылдамдықты бір қалыпты реттеу
- Е. орамдарды жұлдызбен қосу

25. Зәкір лактармен оқшауланған бөлек Болат пластиналардан не үшін алынады?

- А. қыздыруды азайту үшін
- В. магнит өрісін күшейту үшін
- С. Зәкір беріктігі үшін
- Д. Зәкір орамасын Пазға орналастыру үшін
- Е. конструкцияның қарапайымдылығы үшін

2 нұсқа

1. Жүктеме қуатының өзгеруі кезіндегі асинхронды қозғалтқыш роторының айналу жылдамдығы:

- А. өзгермейді
- В. азаяды
- С. ұлғаяды
- Д. нөлге дейін азаяды
- Е. секіріс тәрізді өзгереді

2. Асинхронды қозғалтқыштың

электромагниттік өрісінің айналу жылдамдығы:

A. $S = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$

B. $E = BIV$

C. $n_2 = \frac{60f}{p(1-S)}$

D. $V = mc^2/2$

E. $n_1 = \frac{60f}{p}$

3. Машина генератор және қозғалтқыш режимдерінде жұмыс істеу қабілеті деп аталады:

- A. инерттілік
- B. Тәуелсіздік
- C. қоздырғыштығы
- D. кері қайту
- E. тұрақтылық

4. 50 Гц жиілігі кезінде ротордың айналу жылдамдығы 4 полюстермен:

- A. 1000 об / мин
- B. 500 об / мин
- C. 1500 об / мин
- D. 3000 айн / мин
- E. 750 об / мин

5. Үш фазалы асинхронды қозғалтқышты қашықтықтан басқару:

- A. пакеттік ажыратқышпен
- B. магнитті іске қосқыш
- C. контроллер
- D. шабу
- E. реостат

6. Электр машиналарын жөндеу алдындағы тексерудің мақсаты:

- A. күрделі жөндеу жүргізуді қамтамасыз ету
- B. жөндеуді орындаудың жоғары сапасын растау
- C. машиналардың тораптары мен бөліктерінің ақауларын

анықтау, жұмыс көлемін анықтау

- D. орташа жөндеу жүргізуді қамтамасыз ету
 - E. ағымдағы жөндеу жүргізуді қамтамасыз ету
7. С ток жиілігін арттыру асинхронды қозғалтқыш роторының айналу жылдамдығы:

- A. азаяды
 - B. өзгермейді
 - C. нөлге дейін құлайды
 - D. өседі
 - E. өседі, содан кейін азаяды
8. Тұрақты ток генераторында түрлендіру жүреді...

- A. электр энергиясына механикалық энергия;
- B. электр энергиясын жылу энергиясына;
- C. электр энергиясына жылу энергиясы;
- D. механикалық энергияға электр энергиясын;
- E. химиялық энергияға электр энергиясын.

8. ЭҚК е және I ток в бағыты бойынша сәйкес келеді ...

- A. коллектор;
- B. трансформатор;
- C. тұрақты ток қозғалтқышы;
- D. тұрақты ток генераторы;
- E. автотрансформатор

9. Тұрақты ток машинасының зәкірі деп аталады...

- A. тұрақты ток машинасының өзгермейтін бөлігі;
- B. тұрақты ток машинасының қозғалмайтын бөлігі;
- C. айнымалы ток машинасының қозғалмайтын бөлігі;

D. айнымалы ток машинасының айналмалы бөлігі;

E. тұрақты ток машинасының айналмалы бөлігі;

8. Айнымалы токтың түзетуін қамтамасыз ететін тұрақты ток генераторының бөлігі ...

- A. шығу ұштары.
- B. коллектор;
- C. станин;
- D. подшипниктер;
- E. қозу орамасы.

9. Басты полюстердің өзекшелері жеке парақтардан алынады,

- A. бір-бірінен оқшаулама қабатымен оқшауланған қалыңдығы 0,35-0,5 мм электр техникалық Болат
- A. индукциялық токтарға шығындарды арттыру;
- B. құйынды токтарға шығындарды азайту;
- C. электр энергиясының шығынын азайту;
- D. электр энергиясын механикалық;
- E. электр энергиясының шығынын арттыру.

10. Зәкір бетіне қараған басты полюстің бір бөлігі кеңірек орындалады және деп аталады ...

- A. полюсті ұштығы;
- B. қосымша полюспен;
- C. қозу орамасымен;
- D. коллектор;
- E. щеткұстаушы.

11. Тұрақты ток машинасының зәкірін орау...

- A. оқшауланған мыс сымнан немесе мыс шинасынан;
- B. оқшауланбаған болат сымнан немесе болат шинадан.

С. коллекторлық пластиналардан.
D. оқшауланған болат сымнан;

8. Коллектор мен щеткалардың жұмыс жағдайын жақсартатын компенсациялық ораманы орналастырады ...

A. тұрақты ток машинасының коллекторында
B. щеткұстағыштарда;
C. Қосымша полюстерде;
D. тұрақты ток машинасының зәкірінде;
E. . басты полюстердің полюсті ұштарында;

9. Тұрақты ток қозғалтқыштарындағы коллектордың мақсаты
A. магниттеуден және құйынды токтардан қуат шығынын азайту үшін
B. айнымалы токты түзету үшін
C. токқа өтуге рұқсат ету және сымдардың шатасуы проблемасын болдырмау үшін

D. тұрақты токты жұмыс орамына жеткізу
E. тұрақты токты түзету үшін

10. Неге тұрақты ток машинасының зәкірінің өзекшесін өзара оқшауланған электротехникалық Болат парақтарынан алады?
A. конструктивті пікірден.
B. қозу ағынының магниттік кедергісін азайту үшін.
Азайту үшін қуат шығынын жылғы перемагничивания және құйынды токтар.
A. шуды азайту үшін
B. шығындарды ұлғайту үшін

8. Аралас қозудың тұрақты ток генераторы бұл генератор:

A. қозудың параллель және тізбекті орамалары.
B. қозудың параллель орамасы.
C. қозудың тізбекті орамасы.
D. қозудың ерекше орамасы бар.
E. магниттеу орамасы бар

9. Тұрақты ток қозғалтқышының қоздыру орамасы тізбегінде реостаттың тағайындалуы қандай?

A. қысқыштардағы кернеуді реттеу.
B. іске қосу сәтін ұлғайту.
C. іске қосу тогын шектеу.
D. айналу жылдамдығын реттеу.
E. іске қосу сәтін азайту.

10. Тұрақты ток қозғалтқышының іске қосу тогы номиналды токтан асып түседі.:

A. іске қосу кезінде бэдс-ке қарсы болмауы.
B. якорь орамасының аз кедергісі.
C. қозу орамасының үлкен қарсылығы.
D. қозу орамасының аз кедергісі.
E. Зәкір орамының үлкен кедергісі.

11. Параллель қозудың тұрақты тогы генераторы бұл генератор: параллельді қозу орамасы.

A. қозудың тізбекті орамасы.
B. қозудың параллель және дәйекті орамалары.
C. қозудың ерекше орамасы бар.
D. қосымша орамалары бар.

8. Тұрақты ток қозғалтқышы $P_1 = 1,5$ кВт желісінен тұтынатын қуат.

Қозғалтқыштың жүктемеге берілетін пайдалы қуаты, $P_2 = 1,125$ кВт.
Қозғалтқыштың ПӘК-ін % - да анықтау..

A. 80%.
B. 85%.
C. 75%.
D. 90%.
E. 100%.

9. Айнымалы токтың түзетуін қамтамасыз ететін тұрақты ток генераторының бөлігі ...

A. қабырға;
B. мойынтіректер;
C. коллектор;
D. қозу орамасы;
E. шығу ұштары.

10. Зәкір бетіне қараған басты полюстің бір бөлігі кеңірек орындалады және деп аталады ...

A. қосымша полюспен;
B. қоздыру орамасымен;
C. коллектормен;
D. полюсті ұштығы;
E. щеткұстаушы.

11. Коллектор мен щеткалардың жұмыс жағдайын жақсартатын компенсациялық ораманы орналастырады ...

A. басты полюстердің полюсті ұштарында;
B. щеткұстағыштарда;
C. Қосымша полюстерде;
D. тұрақты ток машинасының зәкірінде;
E. тұрақты ток машинасының коллекторында.

3 нұсқа

1. Асинхронды қозғалтқыш статорында орау?

A. болат сым
B. қысқа тұйықталған

алюминий

С. қысқа тұйықталған
Болат

Д. мыс сым

Е. алюминий сым

2. Статор мен ротор
бөлек Болат
пластиналардан не үшін
алынады?

А. құйынды токтарды
азайту үшін

В.. Магнит өрісін
күшейту үшін

С. орамдар арасындағы
ең жақсы магниттік
байланыс үшін

Д. беріктікке арналған

Е. айналғанда үзілмеу
үшін

3. 3 - фазалы
асинхронды
қозғалтқышпен не болады,
егер іске қосқаннан кейін
бір фазаны өшірсе?

А. біраз уақыттан кейін
тоқтайды

В. орама жанады

С. Ротор тоқтамайды

Д. қысқа тұйықталу
болады

Е. Ротор тоқтайды

4. Қалай біріктіруге
статор орамасының, егер
қозғалтқыш төлқұжатында
көрсетілген ? Қозғалтқыш
кернеуі 380 В желіге
қосылады.

А. Үшбұрыш

В. үшбұрыш немесе
жұлдыз болуы мүмкін

С. Параллель

Д. Жұлдыз

Е. Дәйекті

5. Қозғалтқыш тұрақты
токта жұмыс істей ме?

А. Болады

В. орама жанады

С. қысқа болады

Д. тұрақты және
айнымалы токта жұмыс
істейді

Е. Жоқ

7. Қозғалтқыштың
паспортында жазба бар .
Ол нені білдіреді?

А. қуат коэффициенті

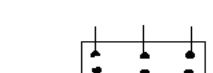
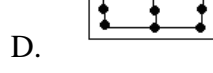
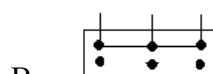
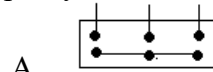
В. Қателік

С. қозғалтқыштың
сырғуы

Д. пайдалы әсер
коэффициенті

Е. фазалардың жылжу
бұрышы

8. Үшбұрышпен статор
орамдарын қосу схемасын
көрсету



E.

9. 3 фазалы
қозғалтқышта нөлдік сым
қайда қосылады?

А. статор орамасының
орта нүктесіне

В. ешқайда қосылмайды

С. сақтандырғышқа

Д. қозғалтқыш
корпусына

Е. жерге

10. 3 фазалық
асинхронды қозғалтқышты
кім ойлап тапты?

А. Доливо-
Добровольский

В. Лодыгин

Якоби Ауылы

Д. Алма

Е. Петров

11. Қозғалтқыш
асинхронды деп аталады,

себебі:

А. бір жаққа айналдыру

В. ротор жылдамдығы
статордың магнит өрісінің
жылдамдығынан артық

С. Ротор кез келген
жаққа айналуы мүмкін

Д. ротордың
жылдамдығы статордың
магнит өрісінің
жылдамдығынан аз

Е. ротордың
жылдамдығы статордың
магнит өрісінің
жылдамдығына тең

12. Асинхронды
қозғалтқыш қалай
құрылған?

А. Статор, ротор,
коллектор, щеткалар

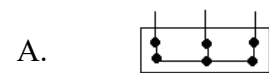
В. Статор, Зәкір,
коллектор, щеткалар

С. Статор, якорь

Д. Статор, Зәкір,
сақиналар, щеткалар

Е. Статор, ротор.
Коллектор мен щетка жоқ

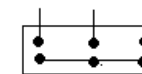
13. Статор орамаларын
жұлдызбен қосу схемасын
көрсету



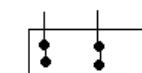
A.



B.



C.



D.



E.

14. Қозғалтқышты
реверсиялау дегеніміз не?

А. айналу бағытын
өзгерту

В. ротордың айналу
жылдамдығын өзгерту

С. орамдарды қосу полярлығының өзгеруі

Д. ротордың айналу жылдамдығын бірқалыпты өзгерту

Е. қозғалтқыштың Электрлік тежелуі

15. Қозғалтқышты бір фазасыз іске қосу бола ма?

А.. Болады.

В. қозғалтқыш жанады

С. іске қосылады және тоқтатылады.

Д. қозғалтқыш іске қосылмаған

Е. болады, бірақ бірден емес

16. Фазалық роторы бар қозғалтқышта:

А. ротор орамасы сым және оның коллекторы және 3 щеткасы бар

В. ротор орау сым және ол 3 сақина және 3 щеткасы бар

С. роторды сақинасыз және щеткасыз қысқа тұйықталған орау

Д. ротор орамасы сым және ол коллектор және 2 щеткасы бар

Е. роторды сақиналармен және щеткалармен қысқа тұйықталған орау

17. Асинхронды 3 фазалы қозғалтқышты іске қосу тогы кезінде

Ал қозғалтқыштың номиналды тогынан 5 -7 есе артық

Қозғалтқыштың номиналды тогынан 10-20 есе артық

С номиналды токқа тең

Д қозғалтқыштың номиналды тогы 5-7 есе аз

Е нөлге тең

18. Асинхронды қозғалтқыш роторының

айналу жылдамдығын өзгертуге болады:

Ал желідегі кернеуді өзгерту

Трансформаторда

Желідегі ток жиілігін өзгерту

Д. желідегі ток жиілігін және қозғалтқыш

полюстерінің жұп санын өзгерте отырып

Е жылдамдықты өзгертуге болмайды

19. Қозғалтқышты іске қосу схемасындағы шартты белгі дегеніміз не?

Жылу релесінің жылыту элементі

Жылу релесінде

Магнитті іске қосқыш

Д іске қосқыштың контактісі

Е бұғаттау байланысы

20. Осы сұлбада іске қосқыш катушкасы қандай кернеуге есептелген?

А 220 В

380 В

220 және 380 В - ға

Д 127 в

Е қандай кернеуге маңызды емес

21. Шартты белгіні қандай элементке көрсетеді?

Жылу релесінің жылыту элементі

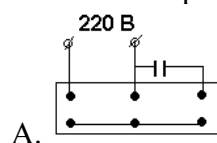
Жылу релесінде

Магнитті іске қосқыш

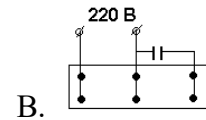
Д іске қосқыштың контактісі

Е бұғаттау байланысы

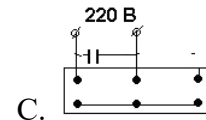
22. Бір фазалы тізбекке 3 фазалы қозғалтқышты қосу схемасын көрсету



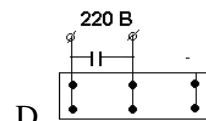
А.



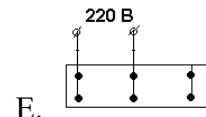
В.



С.

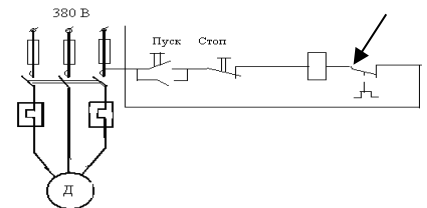


Д.



Е.

23. 3 фазалы қозғалтқышты жүктемесіз бір фазалы тізбекке қосу үшін конденсатор сыйымдылығын қозғалтқыштың қуатын ескере отырып алу керек



А. 1000 вт - ға-10 мкф

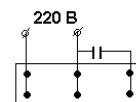
В. 100 т - 100 мкф

С. 10 Вт -100 мкф

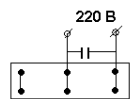
Д. 100 вт - ға-10 мкф

Е. 10 Вт-10 мкф

24. Бір фазалы тізбекке қосылған қозғалтқышты реверсирлеуді қалай орындауға болады?



А.



В.

С. фаза мен нөлдік сымдарды өзгерту

Д. аз кернеу беру

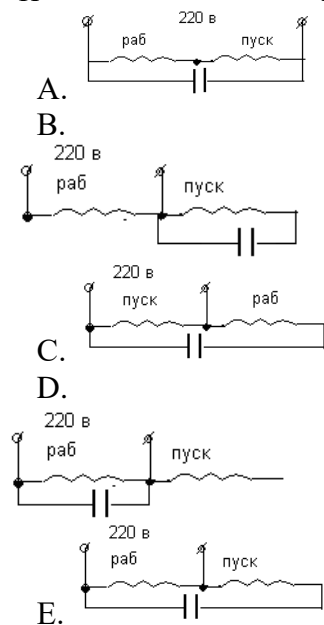
Е. үлкен кернеу беру

25. 3 фазалы қозғалтқышты бір фазалы тізбекке қосу кезінде ол қуатын жоғалтады

- A. 5 рет
- B. қуатын жоғалтпайды
- C. 3 есе
- D. 1,5 есе
- E. 10 рет

4 нұсқа

1. Бір фазалы қозғалтқышты қосудың дұрыс схемасын көрсету



2. Бір фазалы қозғалтқышта жұмыс және іске қосу орамдары:

- A. B1 және B2 жұмыс, C1 және C2-іске қосу
- B. C1 және B1-жұмыс, C2 және B2-іске қосу
- C. C1 және C2-жұмыс, B1 және B2-іске қосу
- D. A1 және A2 жұмыс, B1 және B2 іске қосу
- E. C1 және B2 жұмыс, C2 және B1 іске қосу

3. Бір фазалы қозғалтқышты реверсиялау үшін сізге қажет:

A. жұмыс орнын қосу орамымен ауыстыру

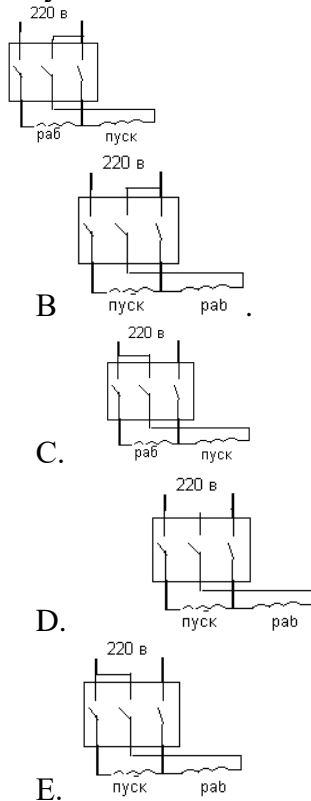
B. конденсатордың Клемма орындарын өзгерту

C. жұмыс немесе іске қосу орамдарының ұштарын өзгерту

D. жұмыс және іске қосу орамдарының ұштарын өзгерту

E. фазаны нөлдік сыммен ауыстыру

4. Түйме арқылы бір фазалы қозғалтқышты іске қосу схемасын УкачьА.



5. Бір фазалы асинхронды қозғалтқышта конденсатор не үшін қызмет етеді?

- A. қозғалтқышты іске қосу үшін. Фазаларды Ток бойынша ығыстыру.
- B. радиоаппаратураға кедергілерді азайту үшін
- C. стробоскопиялық әсерді жою үшін
- D. кері қимылдау үшін
- E. орамнан зарядты алу үшін

6. Егер бір фазалы қозғалтқышты іске

қосқаннан кейін конденсатор ажыратылса, онда:

- A. біраз уақыттан кейін тоқтайды.
- B. қысқа тұйықталу болады.
- C. Ротор кері қарай қозғалатын болады.
- D. Ротор тоқтамайды
- E. Ротор тоқтайды

7. Неге синхронды генераторларда кернеу ротор орамынан емес, статор орамынан алынады? Щеткалар тез жуылады Тұрақты кернеу алу үшін С коллекторда үйкелуді азайту үшін D щеткалар жанады, себебі кернеу 6 кВ жетеді E айнымалы кернеу алу үшін

8. Фазалық роторы бар қозғалтқыш:

- A. Ал статор, қысқа тұйықталған ротор
- B. Статорға, 3 сақинаға және 3 щеткаға, мыс орамасы бар роторға
- C. Статордан, қысқа тұйықталған ротордан, коллектордан және щеткадан
- D. статор, қысқа тұйықталған ротор, 3 сақиналар және 3 щетка
- E. сақиналармен және онсыз болуы мүмкін

9. Ыдыратылған полюсі бар қозғалтқышта іске қосу жүреді:

- A. Конденсатормен
- B. Іске қосу және жұмыс орамдарының тұйықталуы
- C. статор полюстеріндегі мыс сақиналарының есебінен
- D. электролиттік конденсаторлармен
- E. дұрыс А және В

10. Синхронды машиналарда Ал ротор жылдамдығы < статор өрісінің жылдамдығы Ротор жылдамдығы > статор өрісінің жылдамдығы С статикалық магнит өрісінің жылдамдығы > ротор жылдамдығы D ротор жылдамдығы мен статордың магнит өрісі тең E статор магнит өрісінің жылдамдығы < ротор жылдамдығы

11. Айнымалы токтың коллекторлық машиналары қолданылады: Ал станоктарда Жоғары айналу жылдамдығы қажет шаңсорғыштарда, тігін машиналарында, жарты жылдықта Магнитофондардағы С D тоңазытқыштарда E станоктарда және магнитофондарда

12. Трансформатордың бастапқы орамындағы кернеуді анықтау, егер екінші орамда 36 в болса, бірінші орамдағы орамдар саны $W_1 = 1000$, екінші орамда $W_2 = 94$
 A. 220 В
 B. 127 В
 C. 1000 В
 D. 660 В
 E. 380 В

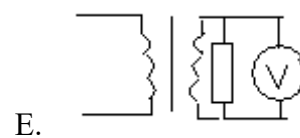
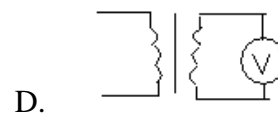
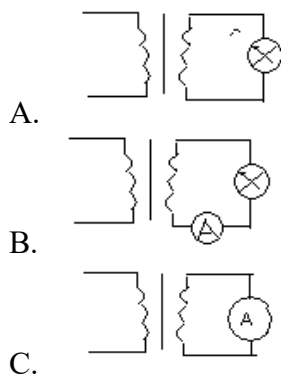
13. Трансформатордың магнит өткізгіші басқа материалдан емес, электртехникалық болаттан не үшін орындалады?
 A. жақсы салқындату үшін
 B. құйынды токтарды азайту үшін

C. трансформатордың құнын азайту үшін
 D. орамдар арасындағы ең жақсы магниттік байланыс үшін
 E. беріктілік үшін

14. Электр энергиясын беру кезінде кернеу үлкен шамаға дейін не үшін жоғарылайды (мысалы 35 000 В)?
 A. желідегі токты азайту үшін
 B. барлық тұтынушыларға жету үшін
 C. қуат коэффициентін арттыру үшін
 D. сызықтың кедергісін арттыру үшін
 E. сызықтың кедергісін азайту үшін

15. Трансформатор-бұл:
 A. айнымалы токты тұрақты токқа түрлендіретін құрылғы
 B. тұрақты токты айнымалы токқа түрлендіретін құрылғы
 C. айнымалы кернеуді көтеру немесе төмендету үшін құрылғы
 D. тұрақты кернеуді арттыруға немесе төмендетуге арналған құрылғы
 E. айнымалы токты түзету үшін құрылғы

16. Трансформатордың қысқа тұйықталу режиміне қандай схема сәйкес келеді?



17. Бір фазалы трансформатордың бастапқы орамасы 1000 орамға ие және 220 В тұрақты кернеу желісіне қосылған. Екінші орамдағы кернеуді анықтау.
 A. 22 В
 B. 12 В
 C. 2,2 В
 D. 36 В
 E. 0 В

18. Трансформатордың магнит өткізгіші бір-бірінен лакпен оқшауланған жеке парақтардан не үшін жасалған?
 A. құрастыру қарапайымдылығы үшін
 B. орамдар арасындағы ең жақсы магниттік байланыс үшін
 C. құйынды токтарды азайту үшін.
 D. трансформатор гудел болмауы үшін
 E. материалды үнемдеу үшін

19. Трансформаторлар қандай ток тізбектерінде қолданылады?
 A. Тұрақты
 B. тұрақты және айнымалы ток Пульсирующенного
 D. айнымалы ток
 E. кернеуі 220 В тұрақты

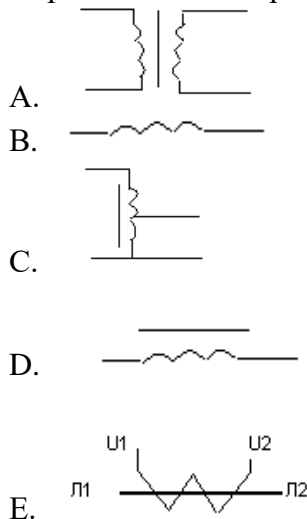
20. Схемадағы шартты белгі дегеніміз не?
 A. Трансформатор

В. үшфазалы трансформатор .
Ток трансформаторы ауылы
D. кернеу трансформаторы
E. Автотрансформатор

21. Неге төмендететін трансформатордың екінші орамының бастапқы қимасына қарағанда үлкен қимасы бар?

- A. онда көп ток
- B. онда аз қарсылық
- C. онда аз ток
- D онда үлкен қарсылық
- E. онда аз кернеу

22. Ток трансформаторының шартты белгісін көрсету..



23. 50/5 ток трансформаторының коэффициенті дегеніміз не ?

- A. қанша рет өседі
- B. 50-бастапқы 5-екінші кернеу
- C. 50-екінші орамдағы ток, 5-ток бастапқы орамдағы ток
- D. 50-бастапқы орамның кедергісі кернеу, 5-екінші орамның кедергісі
- E. 50-бастапқы орамдағы номиналды ток, екінші орамдағы номиналды ток

24. Егер $K_t = 50/5$ болса, ток күшін анықтау. 20 А амперметр көрсеткіші

- A. 20 А
- B. 100 А
- C. 2000 А
- D. 200 А
- E. 2 А

25. Дәнекерлеу трансформаторының екінші орамындағы кернеу қандай болуы тиіс?

- A. 65-70 В
- B. 36-40 В
- C. 12-15 В
- D. 380 В
- E. 220 В

5 нұсқасы

1. Асинхронды қозғалтқыш статорында орау?

- A. болат сым
- B. қысқа тұйықталған алюминий
- C. қысқа тұйықталған Болат
- D. мыс сым
- E. алюминий сым

2. Статор мен ротор бөлек Болат пластиналардан не үшін алынады?

- A. құйынды токтарды азайту үшін
- B. Магнит өрісін күшейту үшін
- C. орамдар арасындағы ең жақсы магниттік байланыс үшін
- D. беріктікке арналған
- E. айналғанда үзілмеу үшін

3. 3 - фазалы асинхронды қозғалтқышпен не болады, егер іске қосқаннан кейін бір фазаны өшірсе?

- A. біраз уақыттан кейін тоқтайды
- B. орама жанады
- C. Ротор тоқтамайды
- D. қысқа тұйықталу болады

E. Ротор тоқтайды

4. Қалай біріктіруге статор орамасының, егер қозғалтқыш төлқұжатында көрсетілген ? Қозғалтқыш кернеуі 380 В желіге қосылады.

- A. Үшбұрыш
- B. үшбұрыш немесе жұлдыз болуы мүмкін
- C. Параллель
- D. Жұлдыз
- E. Дәйекті

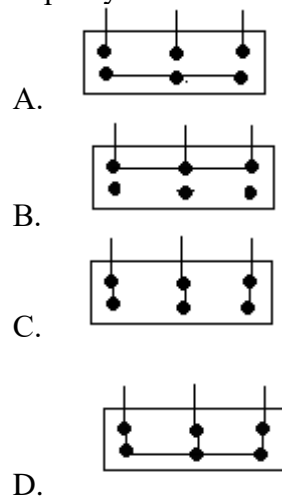
5. Қозғалтқыш тұрақты токта жұмыс істей ме?

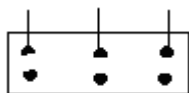
- A. Болады
- B. орама жанады
- C. орамалардың қысқа тұйықталуы болады
- D. тұрақты және айнымалы токта жұмыс істейді
- E. Жоқ

7. Қозғалтқыштың паспортында жазба бар . Ол нені білдіреді?

- A. қуат коэффициенті
- B. Қателік
- C. қозғалтқыштың сырғуы
- D. пайдалы әсер коэффициенті
- E. фазалардың жылжу бұрышы

8. Үшбұрышпен статор орамдарын қосу схемасын көрсету





Е.

9. 3 фазалы қозғалтқышта нөлдік сым қайда қосылады?

- А. статор орамасының орта нүктесіне
- В. ешқайда қосылмайды
- С. сақтандырғышқа
- Д. қозғалтқыш корпусына
- Е. жерге

10. 3 фазалық асинхронды қозғалтқышты кім ойлап тапты?

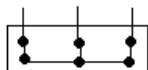
- А. Доливо-Добровольский
- В. Лодыгин
- Якоби Ауылы
- Д. Алма
- Е. Петров

11. Қозғалтқыш асинхронды деп аталады, себебі:

- А. бір жаққа айналдыру
- В. ротор жылдамдығы статордың магнит өрісінің жылдамдығынан артық
- С. Ротор кез келген жаққа айналуы мүмкін
- Д. ротордың жылдамдығы статордың магнит өрісінің жылдамдығынан аз
- Е. ротордың жылдамдығы статордың магнит өрісінің жылдамдығына тең

12. Асинхронды қозғалтқыш қалай құрылған?

- А. Статор, ротор, коллектор, щеткалар
- В. Статор, Зәкір, коллектор, щеткалар
- С. Статор, якорь
- Д. Статор, Зәкір, сақиналар, щеткалар
- Е. Статор, ротор. Коллектор мен щетка жоқ



13. Статор

орамаларын жұлдызбен қосу схемасын көрсету

А.



В.



С.



Д.



Е.

14. Қозғалтқышты реверсиялау дегеніміз не?

- А. айналу бағытын өзгерту
- В. ротордың айналу жылдамдығын өзгерту
- С. орамдарды қосу полярлығының өзгеруі
- Д. ротордың айналу жылдамдығын бірқалыпты өзгерту
- Е. қозғалтқыштың Электрлік тежелуі

15. Қозғалтқышты бір фазасыз іске қосу бола ма?

- А.. Болады.
- В. қозғалтқыш жанады
- С. іске қосылады және тоқтатылады.
- Д. қозғалтқыш іске қосылмаған
- Е. болады, бірақ бірден емес

16. Фазалық роторы бар қозғалтқышта:

- А. ротор орамасы сым және оның коллекторы және 3 щеткасы бар
- В. ротор орау сым және ол 3 сақина және 3 щеткасы бар
- С. роторды сақинасыз және щеткасыз қысқа тұйықталған орау
- Д. ротор орамасы сым

және ол коллектор және 2 щеткасы бар

Е. роторды сақиналармен және щеткалармен қысқа тұйықталған орау

17. Асинхронды 3 фазалы қозғалтқышты іске қосу тогы кезінде

А қозғалтқыштың номиналды тогынан 5 -7 есе артық

Қозғалтқыштың номиналды тогынан 10-20 есе артық

С номиналды токқа тең

Д қозғалтқыштың номиналды тогы 5-7 есе аз

Е нөлге тең

18. Асинхронды қозғалтқыш роторының айналу жылдамдығын өзгертуге болады:

Ал желідегі кернеуді өзгерту

Трансформаторда

Желідегі ток жиілігін өзгерту

Д. желідегі ток жиілігін және қозғалтқыш полюстерінің жұп санын өзгерте отырып

Е жылдамдықты өзгертуге болмайды

19. Қозғалтқышты іске қосу схемасындағы шартты белгі дегеніміз не?

Жылу релесінің жылыту элементі

Жылу релесінде

Магнитті іске қосқыш

Д іске қосқыштың контактісі

Е бұғаттау байланысы

20. Тұрақты ток қозғалтқышында не болады?

А. электр энергиясы

магнит ағынындағы өткізгіштерге

электромагниттік

күштердің әсер етуі

арқылы механикалық

жолмен түрлендіріледі.

ЭҚК-і индуктеледі

- А. механикалық энергия
Зәкір орамындағы ЭҚК
және тоқты индуктілеу
арқылы электрлік жолмен
түрлендіріледі.
- В. электромагниттік күш
пайда болады.
- С. ЭҚК индукцияланады және
электромагниттік күш
пайда болады.
20. Тұрақты токтың қандай
коллекторлық генераторы
қысқа тұйықталудан
қорқады?
- А. тізбекті қозумен.
В. тәуелсіз қозу.
С. параллель қозумен.
D. аралас қозумен.
20. Электромагниттік
қозуы бар тұрақты ток
қозғалтқышының айналу
бағытын қалай өзгертеді?
- А. Өзгеріс полярлығы және
қоректендіруші кернеу.
В. қозу және Зәкір
орамдарындағы ток
бағытын өзгерту.
С. якорь орамындағы
қоректендіруші кернеудің
полярлығының және Ток
бағытының өзгеруі.
D. қозу орамындағы
немесе Зәкір орамындағы
ток бағытын өзгерту.
E. қозу орамындағы
қоректендіруші кернеудің
полярлығының және Ток
бағытының өзгеруі.
20. Жүктеме кезінде
тұрақты ток
генераторының зәкірінде
не болады?
- А. ЭДС индукцияланады.
В. электр энергиясы
магнитті ағында болатын

- электромагниттік күштердің
өткізгіштерге ағынмен әсер
ету жолымен механикалық
жолмен өзгертіледі.
- С. механикалық энергия
Зәкір орамындағы ЭҚК
және тоқты индуктілеу
арқылы электр
энергиясына
түрлендіріледі.
- D. электромагниттік күш
пайда болады.
- E. ЭҚК индукцияланады
және электромагниттік
күш пайда болады.
21. Тұрақты токтың
коллекторлық машинасы
қандай негізгі бөліктерден
тұрады?
- А. Индуктор, Зәкір,
коллектор, щеткалы түйін.
В. Станин, ярмо, қозу
орамасы, болттар,
коллектор, щеткалар.
С. қозу орамасы, Зәкір
орамасы, щеткалар.
D. полюстер, ярмо, болттар,
коллекторлық
пластиналар, щеткалар.
Тұрақты ток
генераторындағы
коллекторлық-щетка
торабы не үшін қызмет
етеді?
- А. айнымалы токты Зәкір
орамының желімен тұрақты
және электрлік жалғануына
механикалық түзету үшін.
В. Зәкір орамасының
желімен электрлік
қосылуы үшін.
С. айнымалы токты
тұрақты түрде
механикалық түзету үшін.
D. якорь орамының
өткізгіштерінде тұрақты
токты айнымалы токқа
түрлендіру үшін.
E. якорь және электрлік
орама өткізгіштерінде
тұрақты токты айнымалы
токқа түрлендіру үшін

Рефераттар мен баяндамалардың тақырыптары. Тематика рефератов и докладов.

1. Синхронды генератор зәкірінің аралас реакциясы.
2. Жүктеме кезіндегі синхронды генератордың жұмысы.
3. Автономды жұмыс кезіндегі синхронды генератордың жұмыс сипаттамалары.
4. Синхронды генератордың сыртқы сипаттамасы.
5. Синхронды генератордың реттеу сипаттамасы.
6. Синхронды машиналардың параллель жұмысы. Параллельді жұмысқа қосу шарттары.
7. Синхронды машинаның параллельдік жұмысының ерекшеліктері. Реактивті жүктемені өзгерту.
8. Синхронды машинаның параллельдік жұмысының ерекшеліктері. Белсенді жүктеменің өзгеруі.
9. Синхронды машинаның бұрыштық сипаттамалары.
10. Еркін айқын полюсті машина.
11. Машинаның статикалық тұрақтылығы.
12. Статикалық шамадан тыс жүктеу.
13. Синхронды қозғалтқыштар. Артықшылықтары мен кемшіліктері. Әрекет принципі
14. Синхронды қозғалтқыштарды іске қосу тәсілдері.
15. Синхронды компенсаторлар.
16. Тұрақты ток машиналары. Қозу тәсілдері.
17. Тұрақты ток машиналары зәкірінің реакциялары.
18. Тәуелсіз қозудың тұрақты тогының генераторы. Сипаттамалары.
19. Параллель қозудың тұрақты тогының генераторы.
20. Тізбектей қозудың тұрақты тогының генераторы.
21. Аралас қозудың тұрақты тогының генераторы.
22. Параллель қозудың тұрақты тогының қозғалтқышы.
23. Тізбектей қозудың тұрақты тогының қозғалтқышы.
24. Аралас қозудың тұрақты тогының қозғалтқышы.
25. Параллель қозудың тұрақты тогы қозғалтқышының айналу жылдамдығын реттеу.

Қорытынды бақылауға арналған сұрақтар

Вопросы для итогового контроля

1. Трансформаторлар. Конструкция және әрекет ету принципі.
2. Трансформаторлардың магнит өткізгіштерінің түрлері.
3. Кешенді түрдегі трансформаторлардың теңдеуі.
4. Келтірілген трансформатор.
5. Трансформаторлардың алмастыру сұлбалары.
6. Трансформатордың векторлық диаграммасы.
7. Трансформатордың бос жүріс тәжірибесі
8. Трансформатордың қысқа тұйықталу тәжірибесі
9. Трансформаторлардың салыстырмалы бірліктерінің жүйесі.
10. Трансформатордың параметрлерін тәжірибелі анықтау
11. Трансформатордың шығынын анықтау.
12. Үшбұрыш к. з. трансформатордың
13. Трансформатордың жүктеме режимі. Физикалық мағынасы
14. Трансформатор кернеуінің өзгеруі.
15. К. П. Д. трансформатордың.
16. Трансформаторлар топтары.
17. Трансформатордың параллель жұмысы. Шарттар мен талаптар
18. Трансформация коэффициенттерінің теңсіздігі кезіндегі трансформатордың параллель жұмысы. Бос жүріс режимі
19. Трансформация коэффициенттерінің теңсіздігі кезіндегі трансформатордың параллель жұмысы. Жүктеме режимі
20. Қысқа тұйықталу кернеулерінің теңсіздігі кезіндегі трансформатордың параллель жұмысы
21. Трансформаторлар тобының теңсіздігі кезіндегі трансформатордың параллель жұмысы
22. Асинхронды машиналар. Конструкция әрекет принципі
23. Қозғалмайтын ротор кезіндегі асинхронды қозғалтқыштың теңдеуі.
24. Айналмалы ротор кезіндегі асинхронды қозғалтқыштың теңдеуі.
25. Асинхронды машиналардың қозғалу режиміндегі алмастыру сұлбасы және векторлық диаграмма.
26. Асинхронды машиналар генераторының режимі.
27. Асинхронды машиналардың электромагниттік тежегіш режимі.
28. Асинхронды машинаның қуаты және энергетикалық диаграммасы.
29. Электрмагниттік моменттің ротордың активті құраушысынан тәуелділігі.
30. Электрмагниттік моменттің асинхронды машинаның сырғуынан тәуелділігі.
31. Ақ бастапқы, номиналды және іске қосу сәттері. Сәттердің еселігі
32. Асинхронды қозғалтқыштың тұрақты жұмысының шарты. Тиеу қабілеті.
33. Асинхронды қозғалтқышты іске қосу.
34. Асинхронды машинаның айналу жылдамдығын реттеу.
35. Ротор тогын ығыстыру әсері бар асинхронды қозғалтқыштар. Терең газ қозғалтқыштары.
36. Ротор тогын ығыстыру әсері бар асинхронды қозғалтқыштар. Екі клеткалы қозғалтқыштар.
37. Синхронды машиналар.
38. Blondel Теоремасы
39. Синхронды генератор зәкірінің көлденең реакциясы.
40. Синхронды генератор зәкірінің бойлық реакциясы.
41. Синхронды генератор зәкірінің аралас реакциясы.
42. Синхронды машиналардың якорь реакциясының индуктивті кедергілері.
43. Диаграмма ағындары және Э. Д. С. синхронды машиналар.
44. Жүктеме кезіндегі синхронды генератордың жұмысы. Теңдеулер және векторлық диаграммалар.
45. Rl жүктемесі кезіндегі айқын полюсті синхронды машинаның векторлық диаграммасы.
46. RL жүктеме кезіндегі полюсті емес синхронды машинаның векторлық диаграммасы.

47. РС жүктеме кезінде полюсті емес синхронды машинаның векторлық диаграммасы.
48. Rс жүктеме кезіндегі айқын полюсті синхронды машинаның векторлық диаграммасы.
49. Жүктеме бұрышының түсінігі.
50. Автономды жұмыс кезіндегі синхронды генератордың жұмыс сипаттамалары.
51. X, X_с және K_с з. сипаттамасы. синхронды генератор.
52. Синхронды генератордың қысқа тұйықталуының қатынасы.
53. Синхронды генератордың сыртқы сипаттамасы.
54. Синхронды генератордың реттеу сипаттамасы.
55. Ағын диаграммасы (қанықтандыруды есепке ала отырып диаграмма).
56. Синхронды машиналардың параллель жұмысы. Параллельді жұмысқа қосу шарттары.
57. Дәл синхрондау әдісі.
58. Қатты синхрондау әдісі (өздігінен синхрондау әдісі).
59. Синхронды машинаның параллельдік жұмысының ерекшеліктері. Реактивті жүктемені өзгерту.
60. Синхронды машинаның параллельдік жұмысының ерекшеліктері. Белсенді жүктемені өзгеруі.
61. Синхронды машинаның бұрыштық сипаттамалары.
62. Еркін айқын полюсті машина.
63. Машинаның статикалық тұрақтылығы.
64. Статикалық шамадан тыс жүктеу.
65. Синхронды генератордың U-бейнелі сипаттамалары.
66. Синхронды қозғалтқыштар. Артықшылықтары мен кемшіліктері. Әрекет принципі
67. Синхронды қозғалтқыштарды іске қосу тәсілдері.
68. Синхронды компенсаторлар.
69. Тұрақты ток машиналары. Қозу тәсілдері.
70. Тұрақты ток машиналары зәкірінің реакциялары.
71. Тәуелсіз қозудың тұрақты тогының генераторы. Сипаттамалары.
72. МПТ қайтымдылық принципі.
73. Самовозбуждение ГПТ.
74. Параллель қозудың тұрақты тогының генераторы. Сипаттамалары.
75. Тізбектей қозудың тұрақты тогының генераторы. Сипаттамалары.
76. Аралас қозудың тұрақты тогының генераторы. Сипаттамалары.
77. Параллель қозудың тұрақты тогының қозғалтқышы. Сипаттамалары
78. Тізбектей қозудың тұрақты тогының қозғалтқышы. Сипаттамалары.
79. Аралас қозудың тұрақты тогының қозғалтқышы. Сипаттамалары.
80. Параллель қозудың тұрақты тогы қозғалтқышының айналу жылдамдығын реттеу.
81. Тізбектей қозудың тұрақты тогы қозғалтқышының айналу жылдамдығын реттеу.

Әдебиеттер / Литература

Негізгі

Основная:

1. Кацман М. М. Электрические машины. М., 2007
2. Арменский Е. В., Фальк Г. Б. Электрические микромашины. М., 2005.
3. Специальные электрические машины/А. И. Бертинов, Д. А Бут, С. Р. Мизюрин и др. М., 2005.
4. Брускин Д. Э., Зорохович А. Е., Хвостов В. С. Электрические машины и микромашины. М., 2009.
5. Важное А. И. Электрические машины. Л., 2006.
6. Вольдек А. И. Электрические машины. Л., 2003.
7. Виноградов Н. В., Горяинов Ф. А., Сергеев П. с. Проектирование электрических машин. М., 2007.
8. Гольдберг О. Д., Гурин Я. С, Сеириденко И. С. Проектирование электрических машин. М., 2007.
9. Ермолин Н. П. Электрические машины малой мощности. М., 1993.
10. Иванов-Смоленский А. В. Электрические машины. М., 2001.
11. Испытание электрических микромашин/ Н. В. Астахов, Б. Л. Крайз, Е. М. Лопухина и др. М., 2009.
12. Кацман М. М., Юферов Ф. М. Электрические машины автоматических устройств. М., 2008.
13. Алексеев А. Е. Конструкция электрических машин. М., 2001.
14. Проектирование электрических машин /И. П. Копылов, Ф. М. Горяинов, Б. К. Клоков и др. М., 2005.
15. Копылов И. П. Электромеханическое преобразование энергии М., 2011.
16. Кононенко Е. В., Сипайлов Г. А., Хорьков К. А. Электрические машины. М., 2010.
17. Костенко М. П., Пиотровский Л. М. Электрические машины ч. II П. Л., 2002.

Қосымша

Дополнительная:

1. Электротехнический справочник В 3-х томах, том 2
2. Электротехнические изделия и устройства, под общей редакцией профессоров МЭИ (главный редактор И.Н.Орлов) Энергоатомиздат, 2005г.
3. Рабинович И. Н., Шубов Н. Г. Проектирование машин постоянного тока. Л., 2007.