

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»  
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Ә.Бүркітбаев атындағы энергетика және машина жасау институты

«Энергетика» кафедрасы

Әбу Сағи Шалқарұлы

" Жиназ өнеркәсібінің автоматтандырылған электр жетегін есептеу және жобалау "

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

6В07101 – «Энергетика» мамандығы

Алматы 2024

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ  
«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық  
емес акционерлік қоғамы

Ә.Бүркітбаев атындағы энергетика және машина жасау институты

«Энергетика» кафедрасы

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ  
НАО «КазНУТУ им.К.И.Сатпаева»  
Институт энергетики  
и машиностроения

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ  
«Энергетика» кафедрасының  
менгерушісі  
PhD, қауымдастырылған профессор  
Е.А.Сарсенбаев  
« 27 » 06 2024 ж.

### ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Жиһаз өнеркәсібінің автоматтандырылған электр жетегін есептеу және  
жобалау»

6B07101 – «Энергетика» мамандығы

Орындаған:

Әбу С.Ш.

Підпр. беруші  
Техника ғылымдарының докторы,  
профессор



М. А. Мустафин  
« 06 » 2024 ж.

Ғылыми жетекші техника  
ғылымдарының кандидаты  
аға оқытушы

Б.М. Бегентаев  
« 27 » 06 2024 ж.

Алматы 2024

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»  
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Ә.Бүркітбаев атындағы энергетика және машина жасау институты

«Энергетика» кафедрасы

6B07101 – «Энергетика» мамандығы

**БЕКІТЕМІН**

«Энергетика» кафедрасының  
меңгерушісі

қауымдастырылған профессор

Е.А.Сарсенбаев

«25» 01 2024 ж.

**Дипломдық жобаны орындауға  
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Әбу Сағи Шалқарұлы.

Тақырыбы: Жиһаз өнеркәсібінің автоматтандырылған электр жетегін есептеу және жобалау Университеттің академиялық мәселелер жөніндегі проректорының 04.12.2023 ж. № 548-П/Ө бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі \_\_\_\_\_.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: Жиһаз өнеркәсібінде қолданылатын станоктың электр жетегін есептеу.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі: Жиһаз өнеркәсібінде қолданылатын станоктың электр жетегін есептеу және зерттеу жүргізу. Зерттеу кезінде алынған мәннің дұрыстығын тексеру және электр жетегінің тәуелділік графиктерін тұрғызу

Сызба материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс)

Сызба материалдары слайдтарда көрсетілген



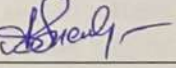
Ұсынылатын негізгі әдебиет 10 атау




Дипломдық жұмысты дайындау  
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге көрсету мерзімдері	Ескерту
Негізгі бөлім	05.02.24-20.03.24	—
Арнайы бөлім	07.05.24-22.05.24	—

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілердің аты-жөні, (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Негізгі бөлім	Б.М. Бегентаев, техника ғылымдарының кандидаты, аға оқытушы	3.06.2024	
Арнайы бөлім	Б.М.Бегентаев, техника ғылымдарының кандидаты, аға оқытушы	06.06.2024	
Норма бақылау	Ә.О.Бердібеков, магистр, аға оқытушы	14.06.2024	

Ғылыми жетекшісі \_\_\_\_\_

  
(қолы)

Б.М. Бегентаев

Тапсырманы орындауға алған студент \_\_\_\_\_

(қолы)

Әбу С:Ш.

Күні «25» 01 2024ж.

## АНДАТПА

Дипломдық жұмыста “Жиһаз өнеркәсібінде қолданылатын станоктың электр жетегін есептеу” қарастырылады. Жалпы өнеркәсіпте қолданылатын электр қозғалтқыштарын түсіндіру және қолданыстағы ерекшеліктері мен кемшіліктерін сараптау жүргізеді. Қозғалтқыштың мүмкін болатын ең дәл мәндерін анықтау есептеулерін жүргізумен қатар қозғалтқыштың параметрлерінің өзара тәуелділік графиктерін программалау тілдерінің көмегімен тұрғызу қарастырылады. Электр жетегін автоматтандыру жұмыстың негізгі бөлігінің бірі. Жұмыстың нәтижесінде, біз автоматтандырылған және дұрыс есептеулер жүргізілген электр жетегін аламыз.

## АННОТАЦИЯ

В дипломной работе рассматривается «Расчет и проектирование автоматизированного электропривода мебельной промышленности». Объясняет особенности и недостатки. Помимо проведения расчетов по определению максимально точных значений двигателя рассматривается построение графиков взаимозависимости параметров двигателя с использованием языков программирования. Автоматизация электропривода – одна из основных частей работы. В результате работы получаем автоматизированный и правильно рассчитанный электропривод.

## ANNOTATION

The thesis examines “Calculation and design of an automated electric drive for the furniture industry.” Explains electric motors used in general industry and reviews their features and disadvantages. In addition to carrying out calculations to determine the most accurate engine values, construction of graphs of the interdependence of engine parameters using programming languages is considered. Electric drive automation is one of the main parts of the work. As a result of the work, we obtain an automated and correctly calculated electric drive..

## МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	7
1	Жиһаз өнеркәсібінде қолданылатын электрлік қозғалтқыш түрлері	8
1.1	Қадамдық қозғалтқыштар: ерекшеліктері, қолдану салалары	8
1.2	Сервомоторлар: құрылғы, сипаттамалары, қолданылуы	9
1.3	Асинхрондық қозғалтқыш: жұмыс істеу принципі, артықшылығы мен кемшіліктері	10
1.3.1	Асинхронды қозғалтқыштың негізгі құрам бөліктері және жұмыс істеу принципі	10
1.3.2	Асинхронды қозғалтқышта айналу моментінің пайда болуы	11
1.3.3	Асинхронды қозғалтқыштағы ротордың сырғанауы	13
1.3.4	Ротордағы электрлік жиілік	14
1.3.5	Асинхронды қозғалтқыштың эквивалентті электрлік тізбегі	14
1.3.6	Роторлық тізбектің моделі	15
1.3.7	Асинхронды қозғалтқыштың эквивалентті тізбегінің соңғы түрі	18
1.3.8	Асинхронды қозғалтқыштардың қуаты мен моменті	19
2	MetalMaster OSA-400 N-2.2 абразивті кесу машинасы	23
3	Асинхронды қозғалтқыштың негізгі сипаттамаларын анықтау эксперименттік жолмен анықтау	24
4	Теориялық анализ	31
5	MetalMaster OSA-400 N-2.2 абразивті кесу машинасын автоматизациялау процесі	36
6	Асинхронды қозғалтқышты басқаратын тізбекті есептеу	40
	Қорытынды	44
	Қолданылған әдебиеттер тізімі	45

## КІРІСПЕ

Өнеркәсіптегі жиһаз өндірісінде электрлік қозғалтқыштарды қолдану және автоматтандыру тақырыбына арналған дипломдық жұмыс заманауи электрлік қозғалтқыштарды пайдалану арқылы өндірістік процестерді жетілдіру мәселесіне арналған. Атап айтқанда, бұл жұмыста BELMASH CBS-2000 айналмалы станогында асинхронды қозғалтқышты пайдалану анализі қарастырылады, бұл жиһаз өндірісінде кеңінен қолданылады.

Қазірге таңда жиһаз өнеркәсібінде әр түрлі электрлік қозғалтқыштар қолданылуда. Солардың негізгі түрлері: кадамдық қозғалтқыштар, сервомоторлар және асинхронды қозғалтқыштар. Электрлік қозғалтқыштың соңғы түрі асинхронды электрлік қозғалтқыштар өздерінің сенімділігі, тұрақтылығы және тиімділігіне байланысты ең көп таралған қозғалтқыш түрлерінің бірі болып табылады. Мұндай қозғалтқыштарды жиһаз өнеркәсібінде қолдану материалдарды өңдеудің сапасын арттырумен қатар, еңбек өнімділігін елеулі түрде жоғарылатуға мүмкіндік береді. Осы дипломдық жұмыста аталған станокта асинхронды қозғалтқышты пайдалану туралы толық анализ жүргізіледі, оның пайдалану сипаттамалары мен процестерді автоматтандыру мүмкіндіктері бағаланады.

Бұл жұмыстың мақсаты - асинхронды қозғалтқыштар негізінде модернизациялау және автоматтандыру арқылы жиһаз өндірісіндегі өндірістік процестерді қалай жақсартуға болатынын зерттеу. Жұмыс теориялық бөлімнен тұрады, онда асинхронды қозғалтқыштардың жұмыс принциптері мен ерекшеліктері қарастырылады, сондай-ақ практикалық бөлімде осы білімдер BELMASH CBS-2000 станогының нақты мысалында қолданылатыны көрсетіледі.

Зерттеу электрлік қозғалтқыштарды жиһаз өндірісінде қолдануды жақсарту және одан әрі автоматтандыруға бағытталған ұсыныстармен аяқталады, бұл бүкіл сала үшін тиімділікті арттыруға ықпал етуі мүмкін.

# **1 Жиһаз өнеркәсібінде қолданылатын электрлік қозғалтқыштар түрлері**

## **1.1 Қадамдық қозғалтқыштар: ерекшеліктері, қолдану салалары**

Қадамдық қозғалтқыштар – электрлік қозғалтқыштардың бір түрі. Электрлік қозғалтқыштың бұл түрін жоғары позициялау дәлдігін кеңінен қажет ететін салаларда қолданады. Олардың жұмыс істеу принципі электр және магнит заңдарына негізделген және олар дискретті қозғалысты белгіленген қадамдармен жасайды. Бұл ерекшелігі нақтылықты және жоғары дәлдікті қажет ететін салаларда осы электрлік қозғалтқышты қолдану пайдалы болып табылады [1,2].

*Қадамдық қозғалтқыштардың ерекшеліктері [1,2]:*

*Дәл позиция.* Қадамдық қозғалтқыштар дәл берілген айналу бұрышына ауыса алады. Бұл әсіресе қозғалысты жоғары дәлдікпен басқаруды қажет ететін қосымшаларда өте маңызды.

*Төмен жылдамдықтағы жоғары момент.* Бұл қозғалтқыштар қозғалыс бастамасында және төмен жылдамдықта айтарлықтай айналу моментін қамтамасыз етеді, бұл үдеусіз үлкен күш қажет ететін қолданбалар үшін өте қолайлы.

Қадамдық электрлік қозғалтқыштарда ротордың нақты орны жайында ақпаратты қажет етпейді.

*Жеңіл басқару қасиеті.* Қадамдық қозғалтқышты басқару сандық сигналдар арқылы жүзеге асырылады, бұл электронды құрылғылармен және микроконтроллерлермен интеграцияны жеңілдетеді.

Қадамдық қозғалтқыштар жиһаз өндірісінде үлкен танымалдылыққа ие. Оның себебі оның қолданылу аясының кеңдігінде. Төменде қадамдық қозғалтқыштардың жиһаз өндірісіндегі әр түрлі станоктарда қолданылу мысалдары көрсетілген:

Қадамдық қозғалтқыштар сандық басқарылатын машиналардағы құралдардың орналасуын бақылау үшін өте қолайлы. Олар берілген координаттар бойынша дәл қозғалуды қамтамасыз етеді, бұл жиһазға күрделі оюлар мен егжей-тегжейлі өрнектер жасау кезінде өте маңызды.

Гравюра машиналарында қадамдық қозғалтқыштар гравюра құралын дәл орналастыру үшін қолданылады. Бұл ағаш, металл немесе пластик беттерде жұқа және дәл өрнектер жасауға мүмкіндік береді.

Қадамдық қозғалтқыштар кесу құралдарының қозғалысын басқару үшін қолданылады. Бұл кесуді жоғары дәлдікпен орындауға мүмкіндік береді. Осының нәтижесінде жиһаздың күрделі компоненттерін өндіру жеңілдейді.

Қадамдық қозғалтқыштар жиһаз өндірісін автоматизациялау және роботтандыру кезінде маңызды компонентінің бірі болып табылады. Өйткені, құрал-жабдықтардың қайталанбалы қозғалысы мен кеңістіктегі орнын жоғары дәлдікпен анықтау мақсатында қолданылады.

## **1.2 Сервомоторлар: олардың ерекшеліктері мен қолданылу салалары**



Сервомоторлар – бұл әр түрлі автоматтандырылған жүйелерде басқарудың жоғары дәлдігін қамтамасыз етуге арналған қозғалтқыштардың мамандандырылған түрі. Бұл қозғалтқыштар біліктің орналасуы мен жылдамдығын үнемі реттейтін, осылайша дәл және тиімді басқаруды қамтамасыз ететін кері байланыс құрылғыларымен жабдықталған [3,4].

*Сервомоторлардың ерекшеліктері [3,4]:*

*Жоғарғы дәлдік.* Сервомоторлар позиция датчиктерінен кері байланысты пайдалану арқылы өте дәл орналасуды қамтамасыз етеді.

*Жылдам жауап.* Бұл қозғалтқыштар басқару командаларына тез жауап бере алады, бұл жылдам позицияны өзгертуді қажет ететін динамикалық қосымшаларда өте маңызды рөл атқарады.

*Төмен жылдамдықтағы жоғары момент.* Сервомоторлар төмен жылдамдықта да моментін сақтайды, бұл оларды төмен жылдамдықта айтарлықтай күшті қажет ететін қолданбалар үшін өте қолайлы етеді.

Сервомоторлар әдетте өлшемі жағынан қолайлы және сенімді болып келеді. Дамыған технологиялар мен орнатылған датчиктердің арқасында басқа қозғалтқыштармен салыстырғанда сервомоторлар өлшемші шағын және сенімді болып өндірісте шығарылуда.

Жиһаз өндірісінде сервомоторлар маңызды рөл атқарады. Төменде осы сервомоторлардың әр түрлі қондырғыларда қолданылу мысалдары көрсетілген:

Сервомоторлар CNC станоктарында кеңінен қолданылады. бұл станоктар берілген координаттар бойынша кескіштерді дәл басқару үшін сервомоторларды пайдаланады. Сервомоторлар станоктарға күрделі фигураларды кесу процессін жоғары дәлдікпен тиімді орындауға мүмкіндік береді.

Келесі мысал сервомоторлардың лазерлік кесу машиналарында қолданылуы болып табылады. Сервомоторлар лазер басының қозғалысын басқару үшін қолданылады, бұл ағаш, пластмасса және басқа материалдарды дәл және таза кесуге мүмкіндік береді.

Сервомоторлар әр түрлі материалдарды дәл және қайталанбалы қозғалысты қамтамасыз ете отырып бүгуге көмектеседі. Сонымен қатар, олар металл мен пластиктен жасалған материалдарды бүгуге немесе майыстыру мақсатында қолданылады.

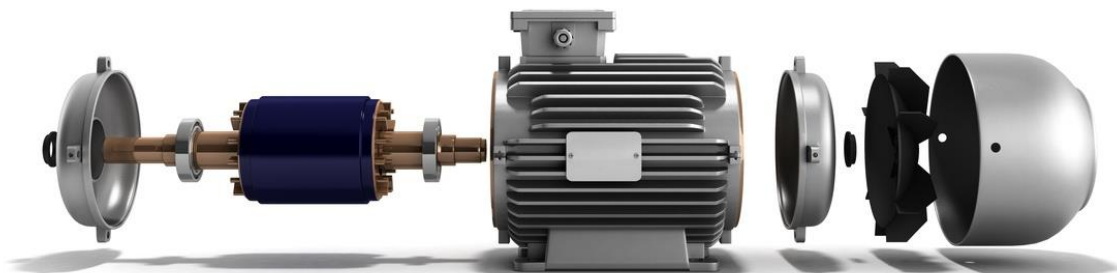
Престеу машиналарында сервомоторлар материалдарды сапалы түрде өңдеу үшін дәл қысым мен жылдамдықты қамтамасыз ете отырып жүзеге асырады.

Сервомоторлар автоматтандырылған желілерде дайындамалар мен дайын өнімдерді манипуляциялау және жылжыту жүйелерінде қолданылады.

### **1.3 Асинхронды қозғалтқыш**

### *1.3.1 Асинхронды қозғалтқыштың негізгі құрам бөліктері және жұмыс істеу принципі*

Асинхронды қозғалтқыш – бұл электр энергияны механикалық энергияға түрлендіретін электрлік қондырғы. Ол кеңінен өнеркәсіпте, тұрмыста және түрлі құрылғыларда қолданылады. Асинхронды қозғалтқыштың негізгі артықшылықтары көп. Олардың құрылымы қарапайым, сенімді және қалған қозғалтқыштармен салыстырғанда бағасының төменділігімен ерекшеленеді.



1.1 - сурет - Асинхронды қозғалтқыштың негізгі компоненттері.

Асинхронды қозғалтқыштың негізгі құрам бөліктері: статор, ротор, қаңқа және салқындату жүйесі. Асинхронды қозғалтқыштың жылжымайтын бөлігі – статор. Статордың орамдары үшфазалы айнымалы ток көзінен қоректенеді. Алайда, күнделікті тұрмыста және өнеркәсіпте бір фазалы ~220В айнымалы ток көзінен қоректенетін асинхронды қозғалтқыштар жеткілікті. Ал ротор қысқа тұйықталған орамдардан тұрады. Синхронды қозғалтқыштардың роторын тұрақты ток көзінен қоректенеді немесе тұрақты магнит көзінен тұрады.

Асинхронды қозғалтқыштардың жұмыс істеу принципі электромагниттік индукция заңына негізделген. Айнымалы ток көзінен қоректенетін статорда айнымалы магнит өрісі пайда болады. Пайда болған магнит өрісі роторда ЭДС және бір сөзбен айтқанда айнымалы ток тудырады. Ротордағы айнымалы ток өзінің айналасында айнымалы магнит өрісін тудырады. Ротордың және статордың магнит өрістері бір-бірімен әсерлесіп, нәтижесінде ротор сағат тілімен немесе сағат тіліне қарсы қозғала бастайды.

### *1.3.2 Асинхронды қозғалтқышта айналу моментінің пайда болуы*

Асинхронды қозғалтқыштың статорына 3 фазалы айнымалы ток көзі жалғанған. Статордағы айнымалы ток көздері 2а-сурет көрсетілгендей сағат тіліне қарсы айналатын  $B_s$  магнит өрісін тудырады.



1.2 - сурет - (а) айналмалы статордың магнит өрісі ротордың стерженьдерінде индукцияланған кернеу тудырады. (b) ротордағы кернеу роторда ток тудырады, ротордың индуктивтілігінің әсерінен ол ток кернеуден әрдайым қалып отырады. (с) ротордағы ток  $90^\circ$  қалып отыратын  $B_R$  магнит өрісін тудырады, және  $B_R$  мен  $B_{net}$  әсерлесуінің әсерінен сағат тіліне қарсы момент пайда болады [5].

Магнит өрісінің жылдамдығы төмендегі формуламен табылады:

$$n_{sync} = \frac{120 f_{se}}{P} \quad (1.1)$$

мұндағы  $f_{se}$  – айнымалы ток көзінің жиілігі (Гц),  
 $P$  – қозғалтқыштағы полюстер саны.

Ротордағы ЭҚК-тің мәні төмендегі белгілі формуламен табылады:

$$e_{ind} = (v \times B) \cdot l \quad (1.2)$$

Мұндағы  $v$  = ротордағы орамдардың жылдамдығы;  
 $B$  = магнит өрісінің индукция векторы;  
 $l$  = магнит өрісіндегі орналасқан ротордағы өткізгіштің ұзындығы;

Ротордың статордың магнит өрісімен салыстырғандағы салыстырмалы қозғалысы ротор стерженьдерінде индукцияланған кернеу тудырады. Ротордың

жоғарғы стерженьдерінің қозғалыс жылдамдығының векторы оңға бағытталған, сондықтан жоғарғы стерженьдердегі кернеу көрсетілген беттен бізге қарай бағытталған, ал төменгі стерженьдердегі кернеу бізден парақ бетіне қарай бағытталады. Бұл токтың жоғарғы стерженьдерінен төменгі стерженьдеріне қарай қозғалатын білдіреді. Бірақ, ротор индуктивті болуы себебінен пайда болған максималды ток максималды кернеуден қалып отырады (2b -сурет көрсетілген). Ротордағы ток  $B_R$  магнит өрісін тудырады.

Сонымен, біз асинхронды қозғалтқышта пайда болатын иінді/моментті төмендегі жолмен таба аламыз:

$$\tau_{ind} = k B_R \times B_S \quad (1.3)$$

Осы векторлық көбейту қолдансақ, пайда болған моменттің сағат тіліне қарсы бағытталаатынын байқаймыз. Моменттің сағат тіліне қарсы бағытталдығы себебінен ротор сағат тіліне қарсы қозғалады.

Бірақ, қозғалтқыштың жылдамдығының белгілі бір жоғарғы шегі бар. Егер ротор синхронды жылдамдықпен қозғалатын болса, ротордың стерженьдері статордың магнит өрісімен салыстырғанда тыныштықта болады, осының нәтижесінде индукцияланған кернеудің мәні нольге тең болады. Егер кернеудің мәні нольге тең болса, токтың мәні нольге тең, осының әсерінен магнит өрісі индукциясының мәні нольге тең болады. Осының нәтижесінде асинхронды қозғалтқыштың роторы синхронды жылдамдыққа дейін үдетілу мүмкін. Алайда ротордың айналу жылдамдығының мәні синхронды жылдамдыққа жетпейді.

### 1.3.3 Асинхронды қозғалтқыштағы ротордың сырғанауы

Асинхронды қозғалтқыштардың роторында пайда болатын кернеу ротордың магнит өрісімен салыстырғандағы жылдамдығы тәуелді. Асинхронды қозғалтқыштың негізге қасиеттері роторда пайда болған мен кернеу мен токқа байланысты болғандықтан, ротордың салыстырмалы жылдамдығын қарастыру мәселесі маңызды болып табылады. Екі маңызды термин ротор мен магнит өрістерінің салыстырмалы қозғалысын зерттеу барысында қолданылады. Оның біріншісі – сырғанау жылдамдығы. Ол синхрондық жылдамдық пен ротордың айналу жылдамдығының айырмасымен анықталады:

$$n_{slip} = n_{sync} - n_m \quad (1.4)$$

мұндағы  $n_{slip}$  = қозғалтқыштың сырғанау жылдамдығы;

$n_{sync}$  = синхрондық жылдамдық;

$n_m$  = ротордың айналу жылдамдығы.

Екінші маңызды термин – сырғанау. Ол төмендегі жолмен табылады:



$$s = \frac{n_{slip}}{n_{sync}} (\times 100\%) \quad (1.5)$$

$$s = \frac{n_{sync} - n_m}{n_{sync}} (\times 100\%) \quad (1.6)$$

Жоғарыда көрсетілген формулаларды бұрыштық жылдамдық арқылы жазса да болады. Ол мынадай:

$$s = \frac{\omega_{sync} - \omega_m}{\omega_{sync}} (\times 100\%) \quad (1.7)$$

Егер сырғанау  $s = 0$ , ротор синхронды жылдамдықпен айналады. Егер сырғанау  $s = 1$  тең болса ротордың жылдамдығы нольге тең.

#### 1.3.4 Ротордағы электрлік жиілік

Жоғарыда айтылғандай, асинхронды қозғалтқыштың роторындағы кернеу мен ток индукцияның нәтижесінде пайда болады. Сондықтан, кейде асинхронды қозғалтқышты айналмалы трансформатор деп атайды. Трансформатордағыдай ротордағы кернеу электромагниттік индукция нәтижесінде пайда болады, бірақ ротордағы кернеудің жиілігі трансформатордағыдай бірдей емес.

Ротордағы кернеудің жиілігі сырғанауды ескере отырып табылады. Ол жиілік статордағы электрлік жиілікпен байланысы төмендегі жол табылады:

$$f_{re} = s f_{se} \quad (1.8)$$

(1.8) формуланы жоғарыдағы көрсетілген формулаларды қолдана отырып, бірнеше түрде жазуға болады.

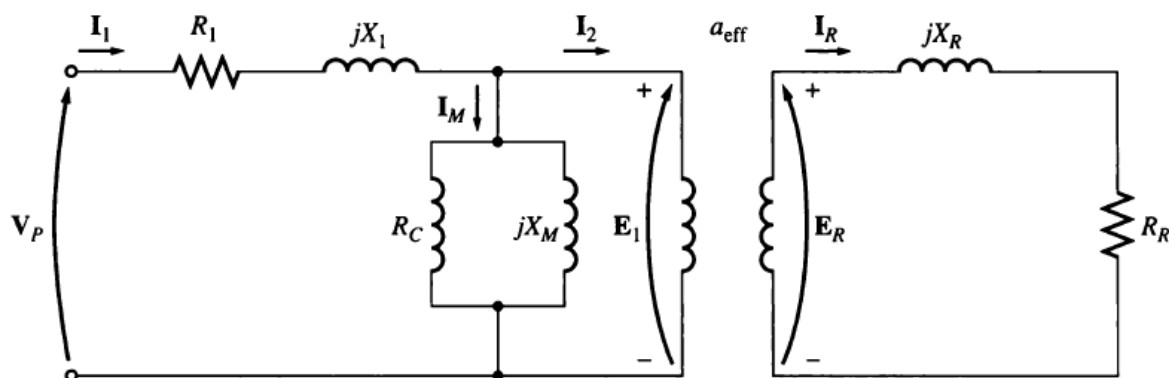
$$f_{re} = \frac{n_{sync} - n_m}{n_{sync}} f_{se} \quad (1.9)$$

$$f_{re} = (n_{sync} - n_m) \frac{P}{120} f_{se}$$

$$f_{re} = \frac{P}{120} (n_{sync} - n_m) \quad (1.10)$$

### 1.3.5 Асинхронды қозғалтқыштың эквивалентті электрлік тізбегі

Асинхронды қозғалтқыштың эквивалентті электрлік тізбегі трансформатордың эквивалентті электрлік тізбегіне өте ұқсас. Асинхронды қозғалтқыштың эквивалентті электрлік тізбегін алу үшін бастапқыда трансформатордың эквивалентті схемасын қолдануға болады. 3 - сурет асинхронды қозғалтқыштың трансформаторлық модельді пайдалана отырып табылған эквивалентті схемасы көрсетілген.



1.3 – сурет - Асинхронды қозғалтқыштың трансформаторлық моделі.  
Статор мен ротордағы орамдардың қатынасы  $a_{\text{eff}}$  – ге тең.

### 1.3.6 Роторлық тізбектің моделі

Жалпылама айтқанда, егер ротор мен статордың магнит өрістерінің салыстырмалы қозғалыстары көбейген сайын, пайда болатын ротордағы кернеу мен жиіліктің мәні артады.

Ең үлкен салыстырмалы қозғалыс ротор тыныштықта болған кезде пайда болады. Бұл күйді блокталған ротор немесе құлыптаған ротор деп атайды. Ең аз кернеу (0 В) және (0 Гц) электрлік жиілік ротор статордағы магнит өрісінің айналу жылдамдығына тең жылдамдықпен айналғанда пайда болады. Бұл жағдайда ротор мен статордың магнит өрісінің арасында салыстырмалы қозғалыс жоқ. Ротордағы пайда болған кернеу мен электрлік жиілік ротордың сырғанауынан тікелей тәуелді. Бастапқыда ротор тыныштықта тұрған сәттегі электрлік кернеу  $E_{R0}$ -ге тең. Кез-келген сырғанаудың мәніндегі электрлік кернеудің мәні:

$$E_R = sE_{R0} \quad (1.11)$$

ал пайда болған ротордағы электрлік жиілік төмендегі жолмен анықталады:

$$f_{re} = sf_{se} \quad (1.12)$$

Ротордың кедергісі  $R_R$  сырғанаудан тәуелсіз және оның мәні тұрақты. Ал ротордың реактивті кедергісінің мәніне сырғанау әсер етеді.

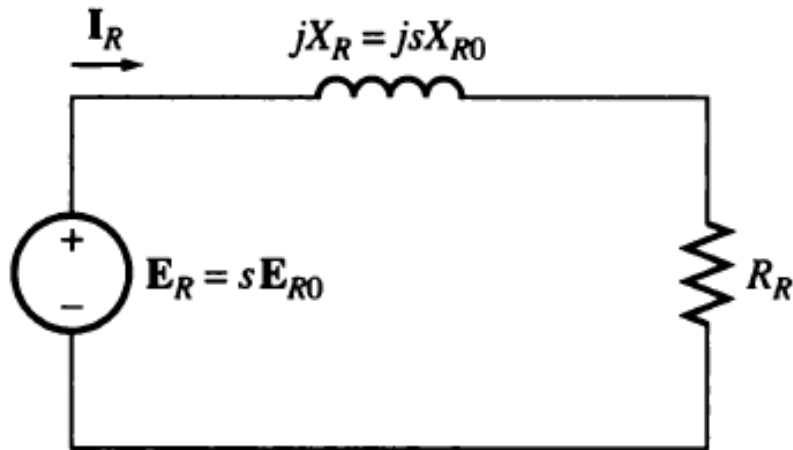
Ротордың реактивтілігі ротордың индуктивтілігінен, кернеу мен ротордағы ток күшінен тәуелді. Ротордың индуктивтілігі  $L_R$  және ротордың реактивті кедергісі :

$$X_R = \omega_{re} L_R = 2\pi f_{re} L_R$$

(1.8) формуланы қолдансақ,

$$X_R = 2\pi s f_{se} L_R = s(2\pi f_{se} L_R) = s X_{R0} \quad (1.13)$$

Мұндағы  $X_{R0}$  ротордың құлыптағалған кездегі реактивтілігі.



1.4 - сурет - Асинхронды қозғалтқыштың ротордың тізбелік моделі.

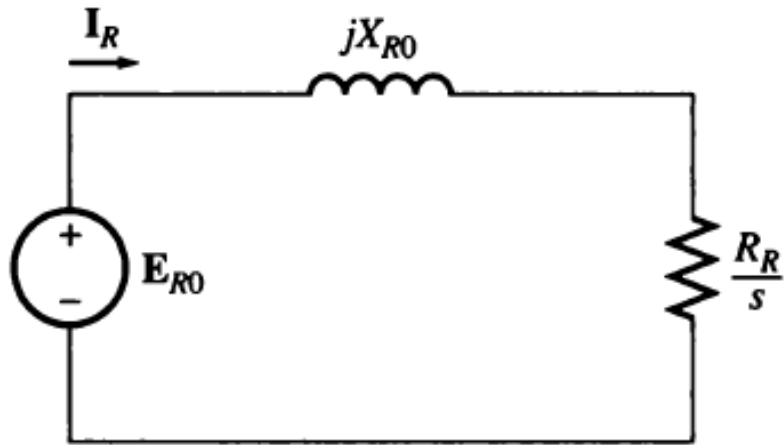
1.4 - сурет ротордың эквивалентті схемасын қолдана отырып, ротордағы токты табуға болады.

$$I_R = \frac{E_R}{R_R + j X_R}$$

$$I_R = \frac{E_R}{R_R + j s X_{R0}} \quad (1.14)$$

немесе

$$I_R = \frac{E_{R0}}{\frac{R_R}{s} + j X_{R0}} \quad (1.15)$$



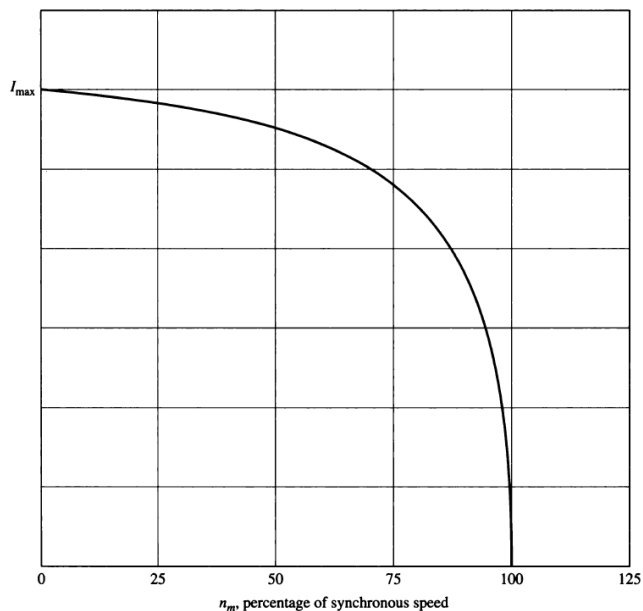
1.5 - сурет - Ротордың эквивалентті тізбегі. Мұндағы тізбекте сырғанау  $R_R$  бөлігінде көрсетілген.

(1.15)-ші формуланы қолдана отырып 1.5 - суретте көрсетілген тізбекті салуға болады.

Ротордың эквивалентті толық кедергісі төмендегідей анықталады:

$$Z_{R,eq} = \frac{R_R}{s} + jX_{R0} \quad (1.16)$$

Ротордағы ток күшінің ротордың айналу жылдамдығынан тәуелді графигі 1.6 – суретте көрсетілген.



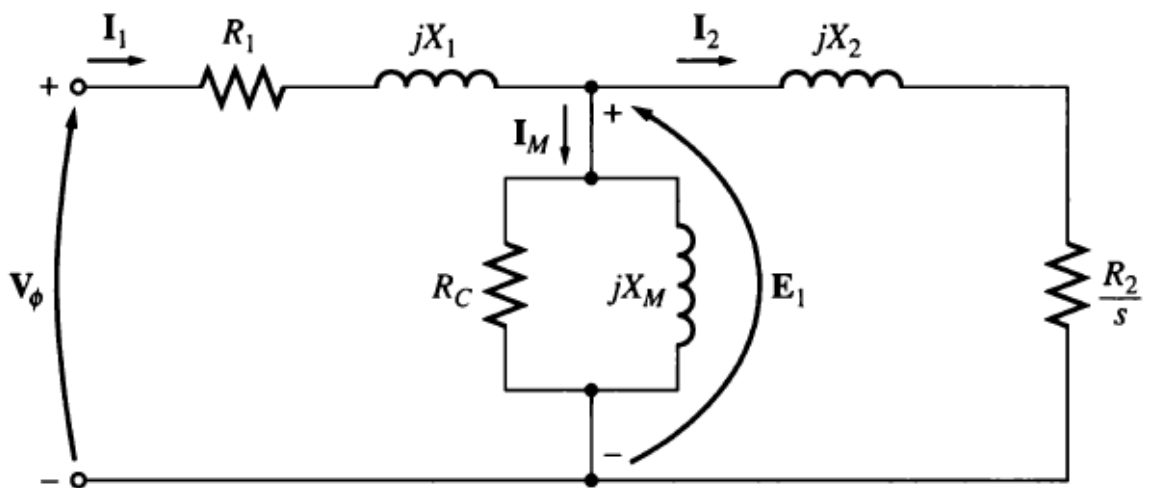
1.6 – сурет - Ротордағы ток күшінің ротордың айналу жылдамдығынан тәуелділігі.



1.6 - сурет ротордағы индукцияланған ток күші мен оның ротордың айналу жылдамдығынан тәуелділігі көрсетілген. Ол суреттен байқағанымыздай, ротордың айналу жылдамдығы нольге тең мезетінде ротордағы ток күші максималды мәнді қабылдайды. Ротордың жылдамдығы синхронды жылдамдыққа тең мезетінде ротордағы ток күшінің мәні нольге тең екендігіне көз жеткіземіз.

### 1.3.7. Асинхронды қозғалтқыштың эквивалентті тізбегінің соңғы түрі

Жоғарыда асинхронды қозғалтқыштың бастапқы эквивалентті схемасы көрсетілген еді. Сонымен қатар, ротордың эквивалентті тізбегінде біз жазып, талқылап кеттік. Ал енді асинхронды қозғалтқыштың эквивалентті тізбегі 1.7 - суретте соңғы түрі көрсетілген.



1.7 – сурет - Асинхронды қозғалтқыштың бір фазалы эквивалентті тізбегі.

Суретте көрсетілген параметрлерді төмендегі формулалар тізімімен тапсақ болады:

$$E_1 = E'_R = a_{eff} E_{R0} \quad (1.17)$$

$$I_2 = \frac{I_R}{a_{eff}} \quad (1.18)$$

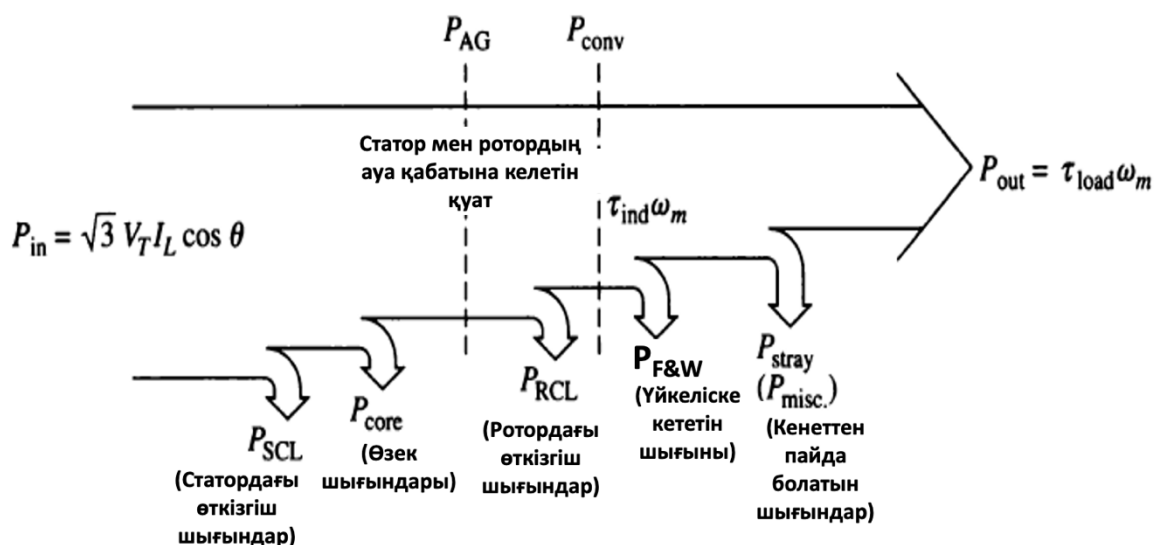
$$Z_2 = a_{eff}^2 \left( \frac{R_R}{s} + j X_{R0} \right) \quad (1.19)$$

$$R_2 = a_{eff}^2 R_R \quad (1.20)$$

$$X_2 = a_{eff}^2 X_{R0} \quad (1.21)$$

### 1.3.8 Асинхронды қозғалтқыштардың қуаты мен моменті

Асинхронды қозғалтқыштың статорына келетін қуаттың  $P_{in}$  барлығы пайдалы механикалық энергияға жұмсалмайды. Қозғалтқышқа кіретін қуаттың ең бірінші бөлігі статордың орамдарында жұмсалады. Оны статорлық шығындар (ағылшын тілінде *the stator copper losses*  $P_{SCL}$ ) деп аталады. Оның пайда болу себебі статордағы орамдардың кедергісімен байланысты. Келесі қуаттың бөлігі гистерезис және эдди токтарына байланысты жоғалады. Олардың статордың өзектегінде жоғалытындықтан оларды ағылшынша *core losses*  $P_{core}$  деп атайды. Осыдан кейін қалған қуат немесе энергия статор мен ротордың арасындағы ауа қабаты арқылы роторға жетеді. Бұл қуатты ауа қабатының қуаты (ағылшынша бұл қуат *air-gap power*  $P_{AG}$ ) деп атайды. Роторға жеткен қуаттың бір бөлігі ротордың орамдарының кедергісінің нәтижесінде жоғалады (олардың ағылшын тіліндегі атауы – *rotor copper loss*  $P_{RCL}$ ). Ал қалған бөлігі электрлік түрден механикалық түрге ауысады. Бірақ, мұнда үйкеліспен және басқа себептерге байланысты қуат жоғалады (олардың ағылшынша атаулары – *friction and windage losses*  $P_{F\&W}$  және *stray losses*  $P_{misc}$ ). Осы барлық жоғалған қуаттарды бастапқы қуаттан алатын болсақ біз пайдалы қуатты аламыз. Оны төмендегі 1.8 – суретте көрсетілгендей  $P_{out} = \tau_{load}\omega_m$  белгіленген.



1.8 – сурет - Асинхронды қозғалтқыштың қуат ағынының диаграммасы.

1.7 – сурет асинхронды қозғалтқыштың эквивалентті тізбегінің көмегімен қуат пен момент үшін теңдеулерді шығарып алуға болады.

Қозғалтқыштың бір фазасының кірісіндегі ток күші кірісті кернеуді эквиваленттік тізбектің толық кедергісіне қатынасына тең:

$$I_1 = \frac{V_\phi}{Z_{eq}} \quad (1.22)$$

мұндағы 
$$Z_{eq} = R_1 + jX_1 + \frac{1}{G_C - jB_M + \frac{1}{\frac{R_2}{s} + jX_2}} \quad (1.23)$$

Статордағы орамдарымен байланысты шығындар яғни *stator copper losses* төмендегідей табылады:

$$P_{SCL} = 3I_1^2 R_1 \quad (1.24)$$

Статордың өзегіндегі шығындар (*core losses*)

$$P_{core} = 3 E_1^2 G_C \quad (1.25)$$

Статор мен ротордың арасындағы ауа қабатына жететін қуатты жоғарыдағы формулаларды қолдана отырып жеңіл есептесе болады. Оның мәні

$$P_{AG} = P_{in} - P_{SCL} - P_{core} \quad (1.26)$$

Егер асинхронды қозғалтқыштың эквивалентті схемасына көз салып қарайтын болсақ, ауа қабатына келетін қуатты тізбектегі  $\frac{R_2}{s}$  резисторымен қолданылатын байқауға болады. Ауа қабатына келетін қуаттың тағы бір формуласы (*air-gap power*):

$$P_{AG} = 3 I_2^2 \frac{R_2}{s} \quad (1.27)$$

Ротордың кедергісінің нәтижесіндегі резисторлық шығындар

$$P_{RCL} = 3I_R^2 R_R \quad (1.28)$$

Жоғарыдағы қуаттық шығынды тағы төмендегідей формада жазуға болады

$$P_{RCL} = 3I_2^2 R_2 \quad (1.29)$$

Статордың кірісіндегі қуаттан статордағы шығындарды және ротордың орамдарымен байланысты шығындарды алып тастасақ, біз механикалық түрге түрленетін электрлік қуатты табамыз.

$$P_{conv} = P_{AG} - P_{RCL} = 3I_2^2 \frac{R_2}{s} - 3I_2^2 R_2 = 3I_2^2 R_2 \left( \frac{1}{s} - 1 \right)$$

$$P_{conv} = 3I_2^2 R_2 \left( \frac{1-s}{s} \right) \quad (1.30)$$

Егер (28) бен (30) өрнектерді байланыстыратын болсақ, төмендегі жаңаша түрдегі өрнекті таба аламыз:

$$P_{conv} = sP_{AG} \quad (1.31)$$

$$P_{conv} = P_{AG} - P_{RCL} = P_{AG} - sP_{AG} \quad (1.32)$$

Егер үйкелістің әсерінен және тағы басқа кездейсоқ пайда болатын шығындар белгілі болса, сыртқа шығатын пайдалы қуатты таба аламыз:

$$P_{out} = P_{conv} - P_{F\&W} - P_{misc} \quad (1.33)$$

Жоғарыдағы формуланы пайдалана отырып, пайда болатын күш моментін/инді табу қиынға соқпайды. Барлығыза белгілі күш моментімен қуаттың арасында белгілі бір байланыс бар. Ол төмендегідей:

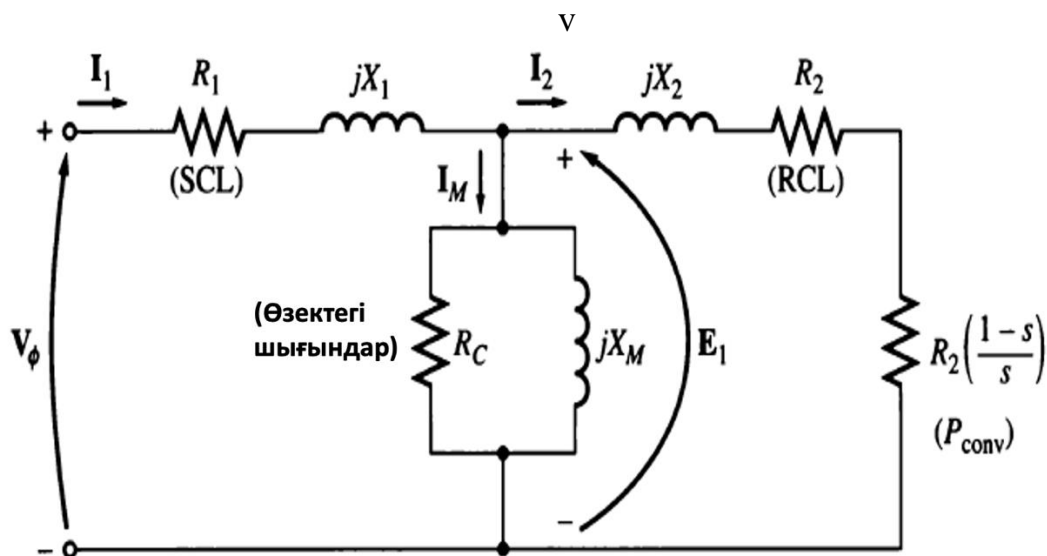
$$\tau_{ind} = \frac{P_{conv}}{\omega_m} \quad (34)$$

Егер де жоғарыдағы көрсетілген механикалық қуатқа түрленген қуаттың өрнегі бұрыштық жылдамдықтың синхронды бұрыштық жылдамдығымен байланысын өрнегін (34) формулаға қоятын болсақ, төмендегі байланысты аламыз:

$$\tau_{ind} = \frac{P_{AG}}{\omega_{sync}} \quad (35)$$

Ротордың өткізгіш орамдарынан себебінен туындайтын шығындарды механикалық түрге түрленетін қуаттан бөліп қарастыруға мүмкіндік беретін асинхронды қозғалтқыштың эквивалентті схемасын алуға болады. Оның түрі төмендегі 1.9 – суретте көрсетілген.





1.9 – сурет - Статордың өзегі мен ротордың өткізгішінің шығындары бөлінген.

Жоғарыдағы тізбектерде  $R_2/s$  кедергіде ротордың өткізгішінің кедергісінің нәтижесінде пайда болатын шығында және механикалық қуатқа түрленетін қуат та отырған еді. Ал енді жоғарыдағы Сурет – 9 -да көрсетілген тізбекте ол екеуі бөлінген.

$$R_{conv} = \frac{R_2}{s} - R_2 = R_2 \left( \frac{1}{s} - 1 \right)$$

$$R_{conv} = R_2 \left( \frac{1-s}{s} \right) \quad (1.36)$$

$R_{conv}$  – дің мәнін біле отырып, біз механикалық қуатты оңай таба аламыз.

## 2. MetalMaster OSA-400 N-2.2 абразивті кесу машинасы

Бұл дипломдық жұмыста жиһаз өнеркәсібінде қолданатын МеталлМастер компаниясымен ұсынылған MetalMaster OSA-400 N -2.2 абразивті кесу машинасының асинхронды қозғалтқышын қарастыратын боламыз. Бұл кесу машинасы жиһаз өнеркәсібінде темірден жасалған бұйымдарды керекті өлшемде кесу үшін қолданады. Сурет – 10 -да MetalMaster OSA-400 N -2.2 абразивті кесу машинасының түрі көрсетілген.



2.1 - MetalMaster OSA-400 N -2.2 абразивті кесу машинасы [6].

MetalMaster OSA-400 N -2.2 абразивті кесу машинасының негізгі бөлігі-асинхронды қозғалтқыш болып табылады. Асинхронды қозғалтқыштың қуаты – 2,2 кВт, 380 В кернеу көзінен қоректенеді [6]. Электр желісінің жиілігі– 50 Гц болуы қажет. Кесуші дискінің айналу жылдамдығы – 3000 айналым/мин. MetalMaster OSA-400 N -2.2 абразивті кесу машинасының толық массасы 82 кг [6].

### 3. Асинхронды қозғалтқыштың негізгі сипаттамаларын анықтау эксперименттік жолмен анықтау

Асинхронды қозғалтқышты теориялық зерттеу жүргізу үшін бізге оның негізгі сипаттамаларын эксперименттік түрде тауып алу қажет. Негізгі сипаттамаларын анықтау мақсатында 3 түрлі сынақ өткізеді. Олар :

DC сынақ (*DC Test*)

Құлыпталған роторды сынау (*Blocked Rotor Test*)

Жүктемесіз сынақ (*No Load Test*)

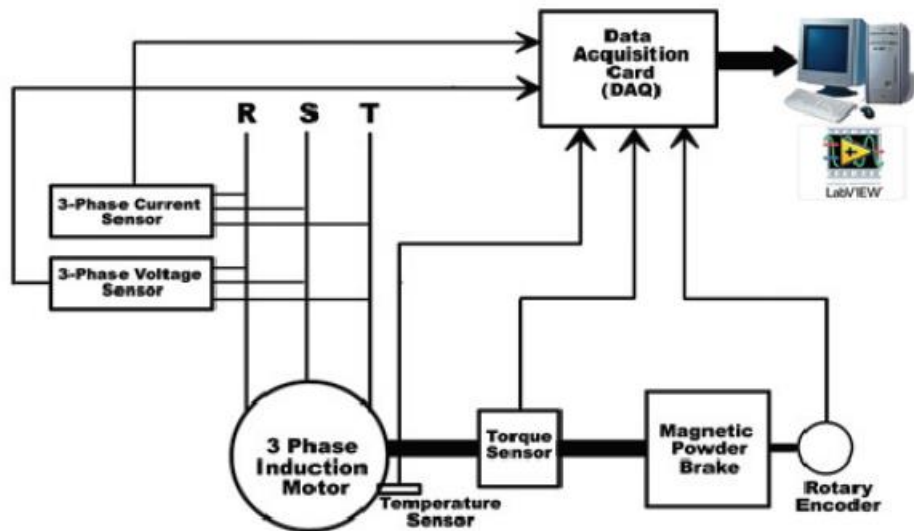
Хакан Чалыш пен Эюп Чакыдың жұмысында осы асинхронды қозғалтқыштың негізгі сипаттамаларын табу үшін эксперименттік қондырғы жинаған [7]. Қондырғының көрінісі төмендегі Сурет-11-де көрсетілген.



3.1 – сурет - Асинхронды қозғалтқыштың негізгі сипаттамаларын алуға көмектесетін қондырғының үлгісі [8].

Осы көрсетілген қондырғының жұмыс істеу блок диаграммасы 3.2 – суретте көрсетілген. Бұл қондырғыда байқалып тұрғандай, бірнеше сенсорлар мен өлшегіш құралдар орнатылған. Айта кетерлік жайт, асинхронды қозғалтқыштың роторында пайда болатын иінді өлшеу үшін ротордың білігіне моментті өлшегіш сенсор орнатылған. Осы авторлардың жасаған жұмысында басқа эксперименттік жұмыстардан ерекшелігі әрбір сенсордан алынған мәліметтер компьютерге орнатылған арнайы LabView программасымен бақылауға мүмкіндік береді.

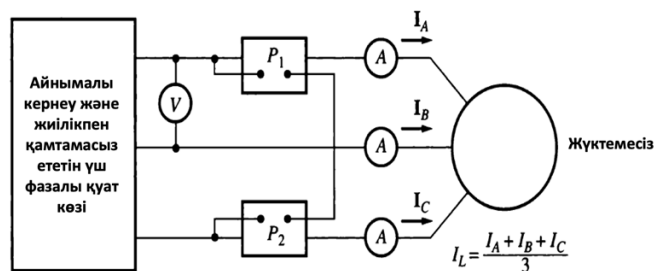
Жоғарыда аталған жұмыста қуаты 2,2 кВт, 940 айн/мин, 380В Y-жалғанған, 5.4 А,  $\cos \Phi = 0.76$ , 50 Гц болатын асинхронды қозғалтқыштың негізгі сипаттамалары эксперименттік жолмен алынған. Осы дипломдық жұмыста да осы тектес асинхронды қозғалтқыш зерттеліп отыр. Осы жұмысқа аталып өткен эксперименттік жұмыстың нәтижелерін қолданса болады деген қорытынды жасауға болады.



3.2 – сурет- Эксперименттік қондырғының жұмыс істеу блок диаграммасы [8].

### Жүктемесіз сынақ (No Load Test)

Асинхронды қозғалтқышты жүктемесіз сынау қозғалтқыштың айналу шығындарын өлшейді және оның магниттелу тогы туралы ақпарат береді. Осы сынақтың негізгі электрлік тізбегі төмендегі суретте келтірілген. Ваттметр, вольтметр және үш амперметр еркін айнала алатын асинхронды қозғалтқышқа қосылған. Қозғалтқышқа түсетін жалғыз жүктеме - бұл үйкеліс және орама шығындары, сондықтан осы қозғалтқыштағы барлық  $P_{\text{conv}}$  механикалық шығындарға жұмсалады, ал қозғалтқыштың сырғуы өте аз (мүмкін, 0,001 немесе одан да аз).

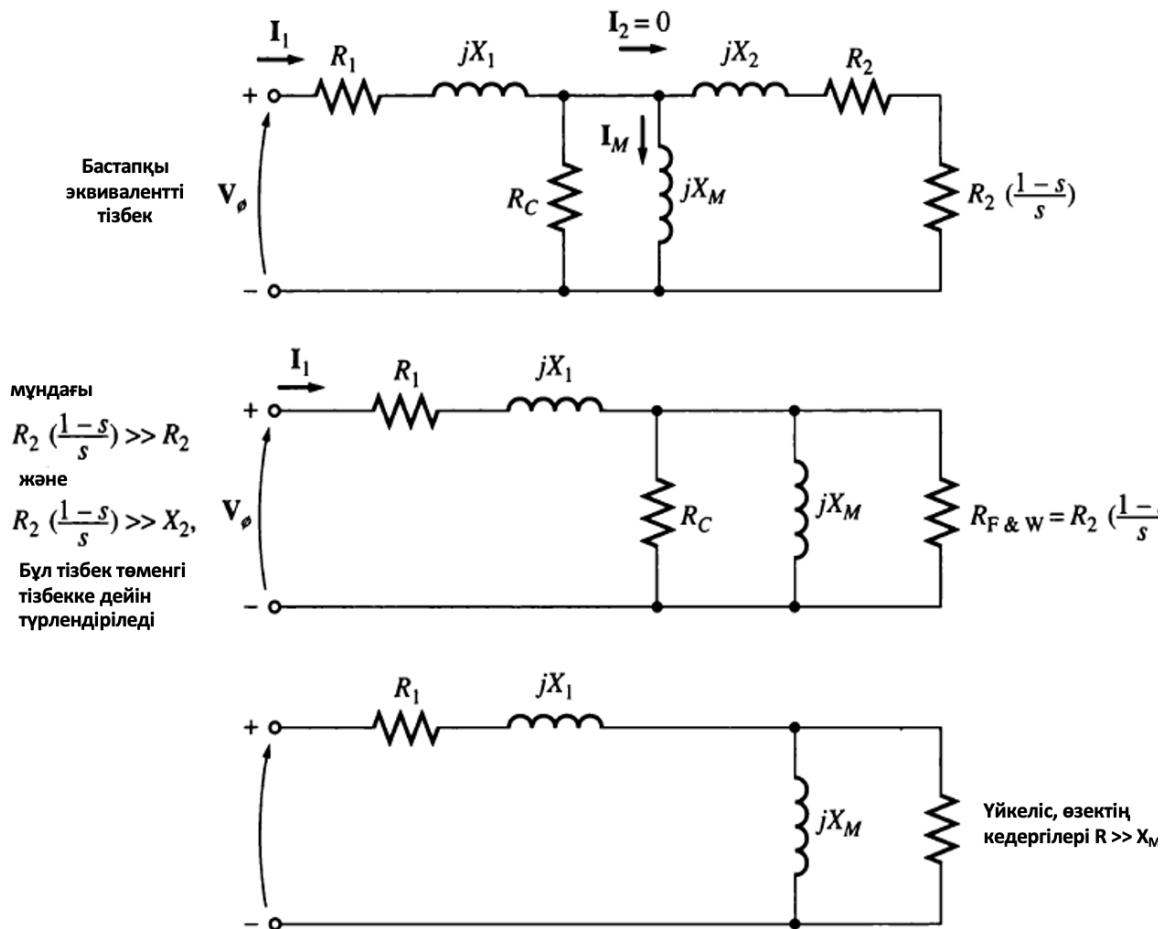


3.3 – сурет - Асинхронды қозғалтқышты жүктемесіз сынау үлгісінің электрлік тізбегі [5].

Жүктемесіз сынақтың эквивалентті электрлік тізбегі төмендегі 3.4 - суретте көрсетілген. Өте аз сырғудың мәнінде, оның қуат түрлендіргішіне сәйкес келетін кедергі,  $R_2(1 - s)/s$ , ротордың мыс шығындарына сәйкес келетін  $R_2$  кедергісінен әлдеқайда үлкен және ротордың реактивті кедергісі  $X_2$ -ден де



әлдеқайда үлкен. Осының арқасында эквивалентті электрлік тізбек ретінде 3.4 - суретте көрсетілген ең соңғы тізбекті қарастыруға болады. Мұнда, шығыс резисторы магнетизация реактивлігі  $X_M$  және өзек шығындары  $R_C$  параллель орналасқан.



3.4 – сурет - Жүктемесіз сынақтың эквивалентті электрлік тізбегі [5].

Жүктемесіз күй жағдайында бұл қозғалтқышта, өлшегіш құралдармен тіркелген кірістегі қуат шығындарға тең болады. Ротордағы мыс шығындары елемеуге болады, өйткені  $I_2$  тогы өте аз. Статордағы мыс шығындары (*the stator copper losses*) төмендегі жолмен анықталады:

$$P_{SCL} = 3I_1^2 R_1 \quad (3.1)$$

кірістегі қуат мынаған тең

$$P_{in} = P_{SCL} + P_{core} + P_{F\&W} + P_{misc} = 3I_1^2 R_1 + P_{rot} \quad (3.2)$$

мұндағы  $P_{rot}$  – қозғалтқыштың айналым кезіндегі шығандары:

$$P_{rot} = P_{core} + P_{F\&W} + P_{misc} \quad (3.3)$$

Осы сынақ барысының кірісіндегі қуатты біле отырып, біз айналмалы қозғалыс кезінде туындайтын шығындарды таба аламыз.

Қозғалтқыштың осы жағдайда жұмысын сипаттайтын эквиваленттік схема магниттеуші реактивтілікпен параллель жалғанған  $R_C$  және  $R_2(1 - s)/s$  резисторларын қамтиды. Индукциялық қозғалтқышта магнит өрісін құру үшін қажетті ток әжептәуір үлкен, себебі оның ауа саңылауының үлкен магниттік кедергісі бар, сондықтан  $X_M$  реактивтілігі онымен параллель жалғанған резисторларға қарағанда әлдеқайда кіші болады және жалпы кіріс қуат коэффициенті өте төмен болады. Үлкен артта қалған токпен, кернеудің көп бөлігі схемадағы индуктивті компоненттерге түседі. Сондықтан эквиваленттік кіріс кедергісі шамамен

$$|Z_{eq}| = \frac{V_\phi}{I_{1,nl}} \approx X_1 + X_M \quad (3.4)$$

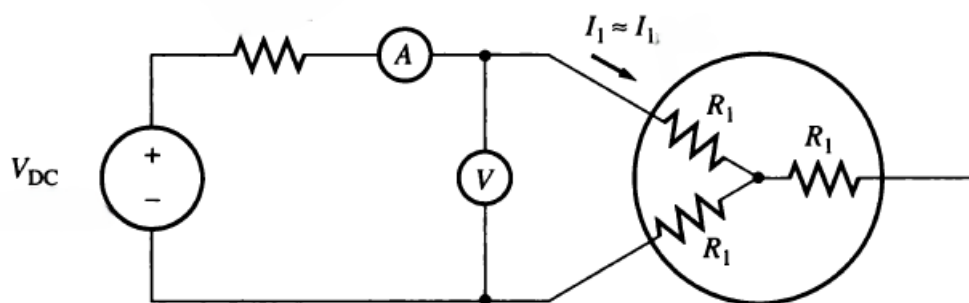
Егер де  $X_1$  табылатын болса,  $X_M$  қозғалтқыш үшін оңай табылатын болады.

#### *DC сынақ (DC Test)*

Асинхронды қозғалтқыштың жұмысында ротордың  $R_2$  кедергісі өте маңызды рөл атқарады. Басқа да факторлармен қатар,  $R_2$  момент-жылдамдық қисығының пішінін анықтап, тарту моменті пайда болатын жылдамдықты анықтайды. Стандартты қозғалтқыш сынағы, яғни ротордың құлыпталу сынағы, қозғалтқыштың жалпы схема кедергісін анықтау үшін қолданылады. Алайда, бұл сынақ тек жалпы кедергіні анықтайды. Ротордың  $R_2$  кедергісін дәл анықтау үшін, жалпы кедергіден алу үшін  $R_1$  кедергісін білу қажет.

Мұнда  $R_2$ ,  $X_1$ ,  $X_2$  – тәуелсіз  $R_1$  – ді табу үшін сынақ бар. Бұл сынақ түрін тұрақты ток сынағы деп аталады (*dc test*). Негізінде индукциялық қозғалтқыштың статор орамдарына тұрақты ток (тұрақты кернеу) беріледі. Ток тұрақты болғандықтан, ротор тізбегінде индукцияланған кернеу болмайды және сәйкесінше роторда ток ағымы жоқ. Сондай-ақ, тұрақты ток кезінде қозғалтқыштың реактивтілігі нөлге тең. Сондықтан қозғалтқыштағы ток ағымын шектейтін жалғыз шама - статордың кедергісі, және бұл кедергіні анықтауға болады.

Тұрақты ток сынағының негізгі схемасы 3.5 - суретте көрсетілген. Бұл суретте  $Y$ -байланысты индукциялық қозғалтқыштың үш терминалының екеуіне қосылған тұрақты ток көзін көрсетеді. Сынақты орындау үшін, статор орамдарындағы ток номиналды мәнге реттеледі және терминалдар арасындағы кернеу өлшенеді. Статор орамдарындағы ток орамдарды қалыпты жұмыс кезінде болатын температураға дейін қыздыру мақсатында номиналды мәнге реттеледі (есте сақтайтын жайт, орамның кедергісі температураға тәуелді).



3.5 – сурет - Тұрақты ток сынағының үлгісі [6]

3.5 - суреттегі ток екі орам арқылы өтеді, сондықтан ток жолындағы жалпы кедергі  $2R_1$  болады. Сондықтан,

$$2R_1 = \frac{V_{DC}}{I_{DC}} \quad (3.5)$$

немесе

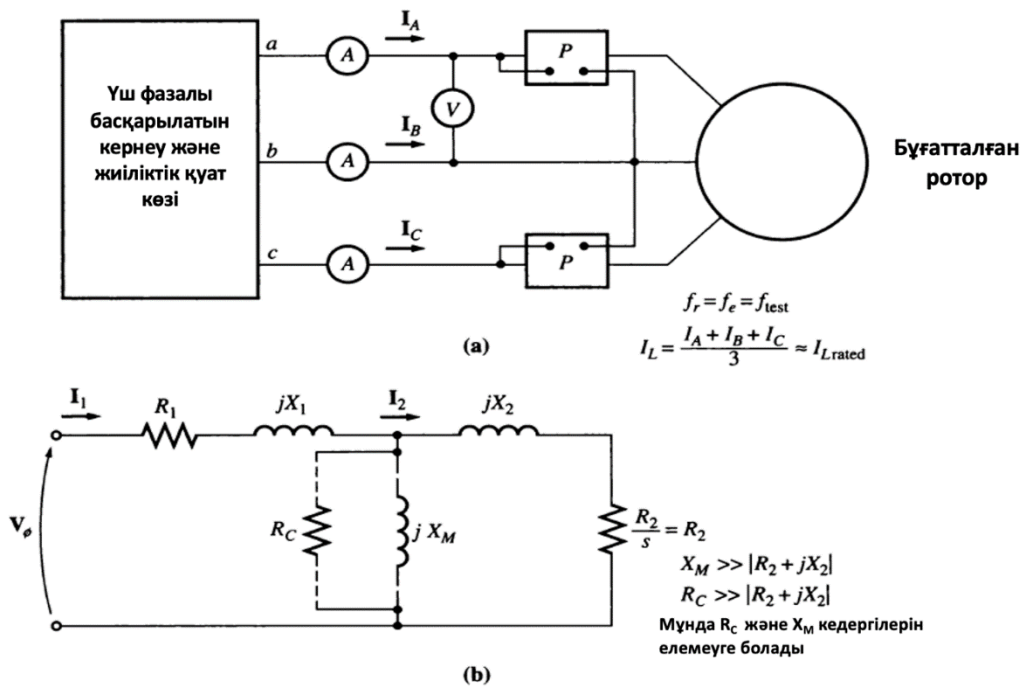
$$R_1 = \frac{V_{DC}}{2 I_{DC}} \quad (3.6)$$

Осы  $R_1$  мәнімен бос жүрістегі статордың мыс шығындарын анықтауға болады, ал айналмалы шығындарды бос жүрістегі кіріс қуаты мен статордың мыс шығындарының арасындағы айырмашылық ретінде табуға болады.

#### *Бұғатталған роторлық сынақ (The Locked – Rotor Test)*

Асинхронды қозғалтқышта оның тізбегінің параметрлерін анықтау үшін орындауға болатын үшінші сынақ құлыпталған ротордың сынағы немесе кейде блокталған ротордың сынағы деп аталады. Бұл сынақ трансформатордағы қысқа тұйықталу сынағына сәйкес келеді. Бұл сынақта ротор қозғала алмайтындай етіп құлыпталады немесе блокталады, қозғалтқышқа кернеу беріледі, нәтижесінде алынған кернеу, ток және қуат өлшенеді.

3.6а - суретте құлыпталған роторды сынауға арналған қосылымдар көрсетілген. Бекітілген роторды тексеруді орындау үшін статорға айнымалы ток кернеуі қолданылады және ток ағыны шамамен толық жүктеме мәніне реттеледі. Ток толық жүктеме мәні болған кезде қозғалтқышқа түсетін кернеу, ток және қуат өлшенеді. Бұл сынаққа арналған эквивалентті схема 16 суретте көрсетілген. Назар аударыңыз, ротор қозғалмайтындықтан, сырғанау  $s=1$ , сондықтан ротордың кедергісі  $R_2/s$   $R_2$ -ге тең (өте аз мән).  $R_2$  және  $X_2$  соншалықты кішкентай болғандықтан, барлық дерлік кіріс ток  $X_M$  әлдеқайда үлкен магниттелетін реактивтілік арқылы емес, олар арқылы өтеді. Демек, осы шарттардағы электрлік тізбек  $X_1$ ,  $R_1$ ,  $X_2$  және  $R_2$  қатарлы комбинациясына ұқсайды.



a) сынақ тізбегі; b) қозғалтқыштың эквивалентті тізбегі;

3.6 – сурет - Асинхронды қозғалтқыштың құлыпталған сынақ үлгісі:

Сынақ кернеуі мен жиілігін орнатқаннан кейін қозғалтқыштағы ток ағыны шамамен номиналды мәнге тез реттеледі. Кіріс қуаты, кернеу және ток мәндері ротор қатты қызып кетпей тұрып өлшенеді. Қозғалтқыштың кіріс қуаты төмендегідей формуламен беріледі:

$$P = \sqrt{3} V_T I_L \cos\theta$$

сонымен құлыпталған-ротор жағдайындағы қуат факторы төмендегідей табылады

$$PF = \cos\theta = \frac{P_{in}}{\sqrt{3}V_T I_L} \quad (3.7)$$

және кедергі бұрышы  $\theta = \cos^{-1}PF$  – ға тең.

Осы кездегі қозғалтқыш тізбегіндегі толық кедергінің шамасы

$$|Z_{LR}| = \frac{V_\phi}{I_1} = \frac{V_T}{\sqrt{3}I_L} \quad (3.8)$$

және толық кедергінің бұрышы  $\theta$ . Сондықтан,

$$Z_{LR} = R_{LR} + jX'_{LR} = |Z_{LR}|\cos\theta + j|Z_{LR}|\sin\theta \quad (3.9)$$

Бекітілген ротордың кедергісі  $R_{LR}$  төмендегі кедергілердің қосындысына тең

$$R_{LR} = R_1 + R_2 \quad (3.10)$$

ал құлыпталған ротордың реактивтілігі  $X'_{LR}$  төмендегі өрнекке тең

$$X'_{LR} = X'_1 + X'_2 \quad (3.11)$$

мұндағы  $X'_1$  және  $X'_2$  сәйкесінше сынақ жиілігіндегі статор мен ротордың реактивтілігі болып табылады.

Ротор кедергісі  $R_2$  і келесідей жолмен табуға болады

$$R_2 = R_{LR} - R_1 \quad (3.12)$$

мұндағы  $R_1$  тұрақты ток сынағы арқылы анықталады. Статорға қатысты ротордың жалпы реактивтілігін де табуға болады. Реактивтілік жиілікке тура пропорционал болғандықтан, қалыпты жұмыс жиілігіндегі жалпы эквивалентті реактивтілікті келесідей табуға болады

$$X_{LR} = \frac{f_{rated}}{f_{test}} X'_{LR} = X_1 + X_2 \quad (3.13)$$

Өкінішке орай, статор мен ротор реактивтерінің үлестерін бір-бірінен бөлудің қарапайым тәсілі жоқ. Көптеген жылдар бойы тәжірибе көрсеткендей, белгілі бір конструкция түрлерінің қозғалтқыштары ротор мен статор реактивтілігі арасында белгілі бір пропорциялар бар. Бұл пропорциялар 17-суретте көрсетілген.

Кесте -1  $X_1$  мен  $X_2$  арасындағы пропорциялар [6]

	$X_{LR}$ - дегі $X_1$ және $X_2$ пропорциялары	
	$X_1$	$X_2$
Ротор дизайндары		
Орамалы ротор	$0.5X_{LR}$	$0.5X_{LR}$
А дизайнды ротор	$0.5X_{LR}$	$0.5X_{LR}$
В дизайнды ротор	$0.4X_{LR}$	$0.6X_{LR}$
С дизайнды ротор	$0.3X_{LR}$	$0.7X_{LR}$
Д дизайнды ротор	$0.5X_{LR}$	$0.7X_{LR}$

Қалыпты тәжірибеде,  $X_{LR}$  қалай бөлінетіні маңызды емес, өйткені реактивтілік барлық момент теңдеулерінде  $X_1 + X_2$  қосындысы ретінде жүреді.

#### 4. Теориялық анализ

Жоғарыда асинхронды қозғалтқыштың сипаттамаларын эксперименттік жолмен анықтау мәселесін қарастырдық. Енді MetalMaster OSA-400 N-2.2 абразивті кесу машинасының асинхронды қозғалтқышының эксперименттік нәтижелерін қолдана отырып, негізгі параметрлерін анықтайтын боламыз. Осы жұмыста қарастырылып отырған асинхронды қозғалтқыштың негізгі параметрлері мынадай:

Қуаты = 2,2 кВт  
Кернеу = 380 В  
Байланыс түрі = Y  
Номинал ток күші = 5.4 А  
Қуат факторы,  $\cos\phi = 0.76$   
Электрлік жиілік = 50 Гц

Тұрақты ток күші сынағының (*DC Test*), жүктемесіз сынақтың (*No-Load Test*), құлыпталған ротор сынағының (*Blocked Rotor Test*) нәтижелері төмендегі кестеде келтірілген.

Кесте -2 Сынақтардың нәтижелері [7].

Айнымалылар	жүктемесіз сынақ	құлыпталған ротор сынағы	Кедергілер (Ом)
Кіріс қуаты (Вт)	290	505	Rs = 2,76
Ток күші (А)	3,25	5,54	
Кернеу (В)	380	70	

Тұрақты ток күші сынағының нәтижесінен біз статордың активті кедергісін табамыз.

$$R_1 = 2,76 \text{ Ом}$$

Жүктемесіз сынақтан

$$I_L = 3,25 \text{ А}$$

$$V_{\phi, nl} = \frac{380 \text{ В}}{\sqrt{3}} = 219,39 \text{ В}$$

Сондықтан

$$|Z_{nl}| = \frac{219,39 \text{ В}}{3,25 \text{ А}} = 67,51 \text{ Ом} = X_1 + X_M$$



Егер бізде  $X_1$  белгілі болса,  $X_M$  табылады. Статордағы өткізгіштікпен байланысты шығындар

$$P_{SCL} = 3I_1^2 R_1 = 3(3,25 \text{ A})^2 (2,76 \text{ Ом}) = 87,46 \text{ Вт}$$

Демек, жүктемесіз айналу шығындары

$$P_{rot} = P_{in,nl} - P_{SCL,nl} = 290 \text{ Вт} - 87,46 \text{ Вт} = 202,54 \text{ Вт}$$

Бұғатталған ротор сынағынан (Blocked Rotor Test)

$$I_L = 5,54 \text{ A}$$

екендігін байқаймыз.

Бұғатталған роторың толық кедергісі төмендегідей анықталады.

$$|Z_{LR}| = \frac{V_\phi}{I_A} = \frac{V_T}{\sqrt{3}I_A} = \frac{70 \text{ В}}{\sqrt{3} (5,54 \text{ A})} = 7,30 \text{ Ом}$$

және кедергінің бұрышы  $\theta$

$$\theta = \cos^{-1} \frac{P_{in}}{\sqrt{3}V_T I_L} = \cos^{-1} \frac{505 \text{ W}}{\sqrt{3}(70 \text{ V})(5,54 \text{ A})} = \cos^{-1}(0,7518) = 41,25^\circ$$

Сонымен,  $R_{LR} = 7,30 * \cos 41,25^\circ = 5,49 \text{ Ом} = R_1 + R_2$ .  $R_1 = 2,76 \text{ Ом}$  болғандықтан,  $R_2 = 2,73 \text{ Ом}$ . 60 Гц-тегі реактивті кедергінің мәні

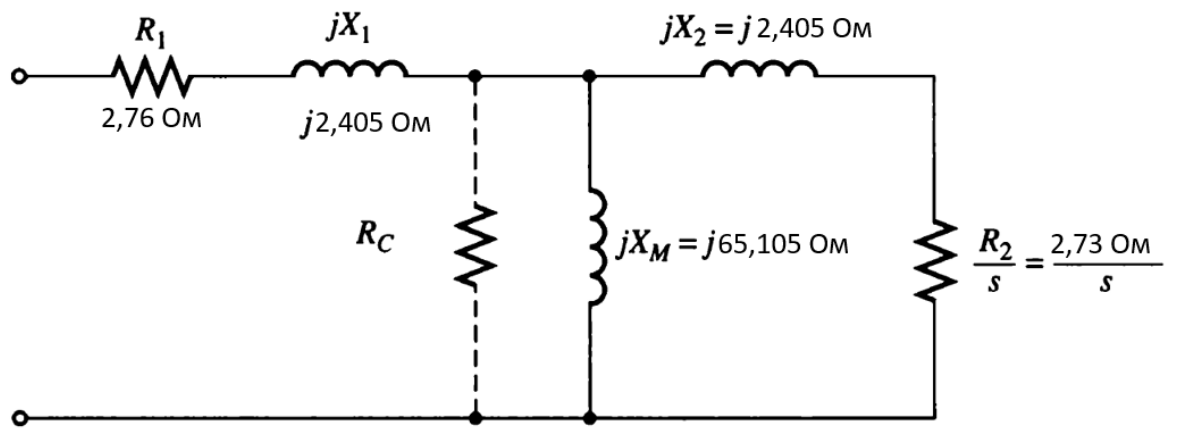
$$X_{LR} = 7,30 * \sin(41,25^\circ) = 4,81 \text{ Ом}$$

Класс А қозғалтқыштар үшін статордың және ротордың реактивті кедергілері өзара тең. Жалпы реактивті кедергі 2-ге бөлінеді.

$$X_1 = X_2 = 2,405 \text{ Ом}$$

$$X_M = |Z_{nl}| - X_1 = 67,51 \text{ Ом} - 2,405 \text{ Ом} = 65,105 \text{ Ом}$$

Теориялық анализдің арқасында өзектегі шығындарды сипаттайтын кедергі  $R_c$  – ді күрделі теориялық анализді қажет етеді. Әдетте, оның мәні асинхронды қозғалтқыштың басқа кедергі түрлеріне қарағанда өте үлкен.



4.1 – сурет - Қарастырылып отырған асинхронды қозғалтқыштың эквивалентті тізбегі.

*Қуат пен моментті есептеу*

Жоғарыда көрсетілгендей, моменттің негізгі теңдеулері төмендегідей:

$$\tau_{ind} = \frac{P_{conv}}{\omega_m}$$

немесе

$$\tau_{ind} = \frac{P_{AG}}{\omega_{sync}}$$

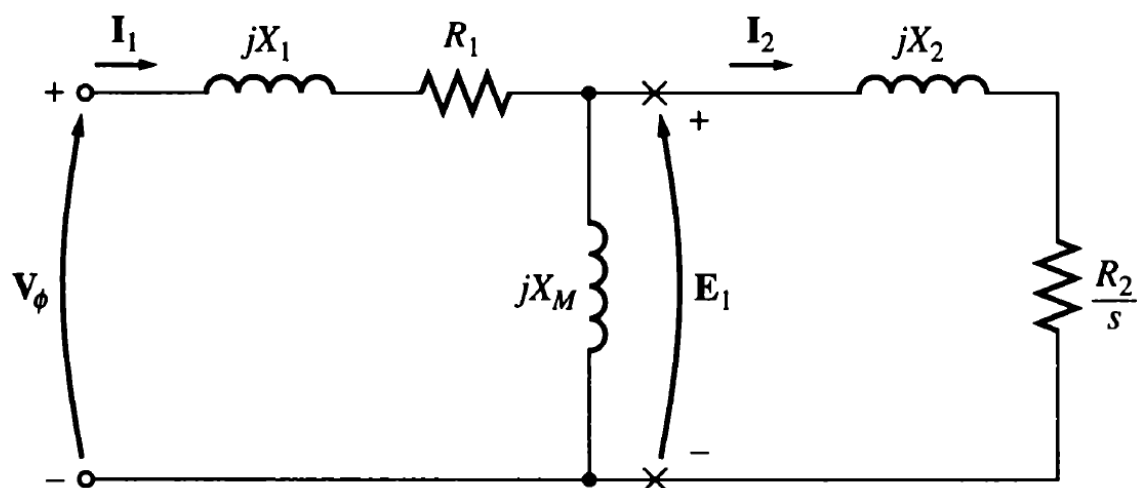
қозғалтқыштың бір фазасы үшін

$$P_{AG,1\phi} = I_2^2 \frac{R_2}{s}$$

ал толық ауа қабатына келетін қуат

$$P_{AG} = 3I_2^2 \frac{R_2}{s}$$

Егер бізде  $I_2$  табылса, біз статор мен ротордың арасындағы ауа қабатына келетін қуатты және пайда болатын моментті оңай есептей аламыз. 4 - сурет да асинхронды қозғалтқыштың бір фазасы үшін эквивалентті тізбегі көрсетілген.



4.2 – сурет - Асинхронды қозғалтқыштың бір фазасы үшін эквивалентті тізбегі.

Жоғарыдағы тізбектегі ток және басқа параметрлерді анықтау үшін Тевенин теорамасы пайдалы болып табылады. Тевенин эквивалентті тізбегі 4.3 - суретте көрсетілген. 4.3а - суретті қолдана отырып, біз Тевенин кернеуін таба аламыз

$$V_{TH} = V_{\phi} \frac{Z_M}{Z_M + Z_1} = V_{\phi} \frac{jX_M}{R_1 + jX_1 + jX_M}$$

$V_{TH}$  кернеуінің мәні төмендегідей анықталады

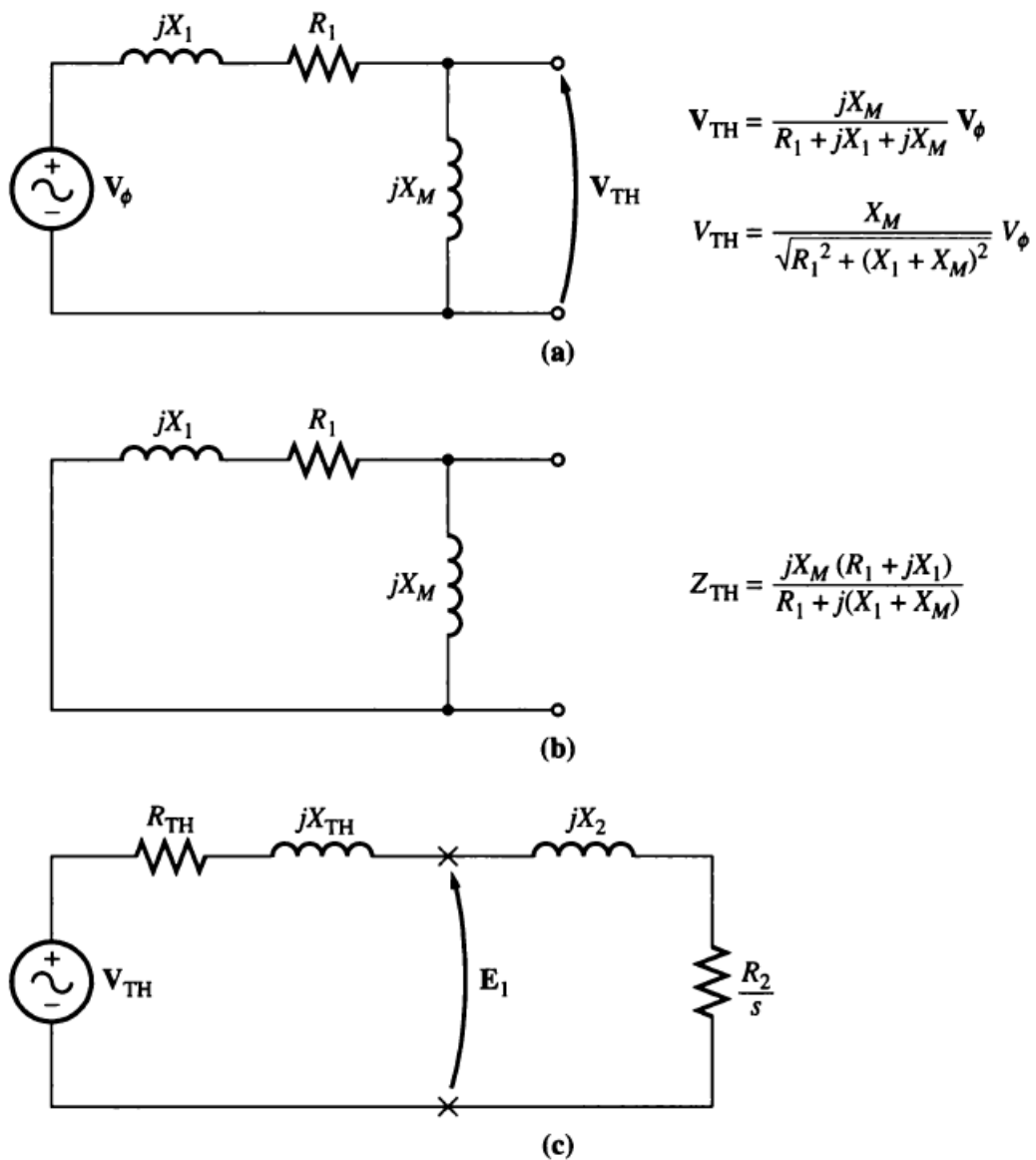
$$V_{TH} = V_{\phi} \frac{X_M}{\sqrt{R_1^2 + (X_1 + X_M)^2}} \quad (4.1)$$

Мұндағы  $X_M \gg X_1$  және  $X_M \gg R_1$  болғандықтан (50)-ші формуланы төмендегідей түрлендірсе болады

$$V_{TH} \approx V_{\phi} \frac{X_M}{X_1 + X_M} \quad (4.2)$$

4.3 – суреттен біз Тевенин тізбегі үшін жалпы кедергіні табамыз.

$$Z_{TH} = \frac{Z_1 Z_M}{Z_1 + Z_M} \quad (4.3)$$



а) Асинхронды қозғалтқыш үшін Тевенин тізбегі. б) Тевенин теоремасындағы толық кедергі үшін тізбегі. с) Асинхронды қозғалтқыш үшін Тевенин теоремасын қолдан соңғы тізбегі [5].

4.3 – сурет – 4.2 - суреттегі тізбектің Тевенин эквивалентті тізбегі

(52) – ші көрсетілген өрнекті төмендегідей жазсақ болады

$$Z_{TH} = R_{TH} + jX_{TH} = \frac{jX_M(R_1 + jX_1)}{R_1 + j(X_1 + X_M)} \quad (4.4)$$

Жоғарыда айтылып кеткендей  $X_M \gg X_1$  және  $X_M \gg R_1$ , Тевенин активті кедергісі мен реактивті кедергісі төмендегідей

$$R_{TH} \approx R_1 \left( \frac{X_M}{X_1 + X_M} \right)^2 \quad (4.5)$$

$$X_{TH} \approx X_1 \quad (4.6)$$

Сурет 20с -ден  $I_2$  ток күшін табамыз

$$I_2 = \frac{V_{TH}}{Z_{TH} + Z_2} = \frac{V_{TH}}{R_{TH} + \frac{R_2}{s} + jX_{TH} + jX_2} \quad (4.7)$$

Ток күшінің мәні

$$I_2 = \frac{V_{TH}}{\sqrt{\left(R_{TH} + \frac{R_2}{s}\right)^2 + (X_{TH} + X_2)^2}} \quad (4.8)$$

Енді біз статор мен ротордың арасындағы қуатты таба аламыз

$$P_{AG} = 3I_2^2 \frac{R_2}{s} = \frac{\frac{3V_{TH}^2 R_2}{s}}{\left(R_{TH} + \frac{R_2}{s}\right)^2 + (X_{TH} + X_2)^2} \quad (4.9)$$

Ал роторда пайда болатын моменттің теңдеуі төмендегідей

$$\tau_{ind} = \frac{P_{AG}}{\omega_{sync}}$$

$$\tau_{ind} = \frac{3V_{TH}^2 R_2 / s}{\omega_{sync} \left[ \left(R_{TH} + \frac{R_2}{s}\right)^2 + (X_{TH} + X_2)^2 \right]} \quad (4.10)$$

Ал енді табылған  $R_1, R_2, X_1, X_M, X_2$  кедергілердің мәндерін жоғарыдағы теңдеулерге қойсақ, қуат және момент мәндерін таба аламыз.

- $V_{TH} = V_\phi \frac{X_M}{\sqrt{R_1^2 + (X_1 + X_M)^2}} =$   
 $(219,39)(65,105) / \sqrt{(2,76)^2 + (2,405 + 65,105)^2} = 211,39 \text{ В}$
- $R_{TH} \approx R_1 \left( \frac{X_M}{X_1 + X_M} \right)^2 = (2,76) * (65,105)^2 / (65,105 + 2,405)^2 =$   
 $2,57 \text{ Ом}$
- $X_{TH} \approx X_1 = 2,405 \text{ Ом}$
- $I_2 = \frac{V_{TH}}{\sqrt{\left(R_{TH} + \frac{R_2}{s}\right)^2 + (X_{TH} + X_2)^2}} =$   
 $= (211,39) / \sqrt{(2,57 + 2,73/s)^2 + (2,405 + 2,405)^2} =$

$$= \frac{211,39}{\sqrt{(2,57 + 2,73/s)^2 + 5,78}} \text{ A}$$

$$\bullet \quad P_{AG} = \frac{\frac{3V_{TH}^2 R_2}{s}}{\left(R_{TH} + \frac{R_2}{s}\right)^2 + (X_{TH} + X_2)^2} =$$

$$= (3 * 211,39 * 2,73)/s / ((2,57 + 2,73/s)^2 + 5,78) =$$

$$= \frac{1731,28}{s((2,57+2,73/s)^2+5,78)} \text{ Bm}$$

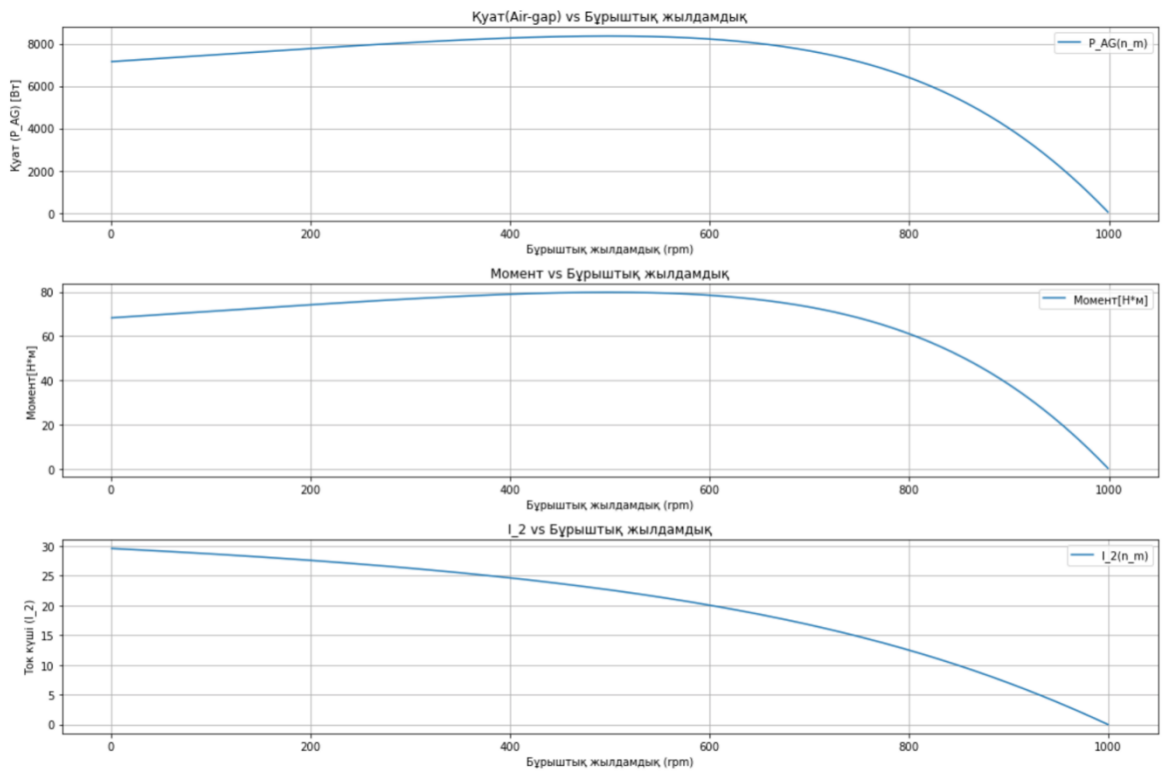
$$\bullet \quad \tau_{ind} = \frac{3V_{TH}^2 R_2 / s}{\omega_{sync} \left[ \left(R_{TH} + \frac{R_2}{s}\right)^2 + (X_{TH} + X_2)^2 \right]} = \frac{1731,28/s}{\omega_{sync} \left[ \left(2,57 + \frac{2,73}{s}\right)^2 + 23,14 \right]}$$

Сырғанауды мынадай өрнек арқылы жазуға болатыны барлымызға мәлім:

$$s = \frac{n_s - n_m}{n_s}$$

мұндағы  $n_s$ - синхрондық жылдамдық,  $n_m$ - ротордың айналмалы жылдамдығы немесе ротордың бұрыштық жылдамдығы.

Ал енді қуаттың, моменттің, ток күшінің айналым жылдамдығынан тәуелділік графиктері төмендегі сурет-21-де көрсетілген. Сонымен қатар, графиктерді салу үшін бұл жұмыста питон программалау тілі қолданылды. Оның кодының үлгісі төмендегі сурет-22-ден табуға болады. Жоғарыда айтылған асинхронды қозғалтқыштың негізгі қасиеттерін төмендегі графиктерден байқауға болады. Бұл жұмыстағы асинхронды қозғалтқыш, полюсті. Оның синхронды жылдамдығы 1000 айналым/минут (ағылшынша 1000 rpm). Токтың жылдамдықтан тәуелді графигінен байқайтынымыздай токтың мәні жылдамдықтың ең аз мәнінде максимум болады. Ал синхронды жылдамдыққа тең кезде ротордағы токтың мәні нольге тең. Осы сияқты процесстер қуат және момент графиктерінен байқалады.



4.3 – сурет - Асинхронды қозғалтқыш үшін қуаттың сырғанаудан тәуелділігі

```

# Berilgen parameterler
R_1 = 2.76 # Ohm
R_2 = 2.73 # Ohm
X_1 = 2.405 # Ohm
X_2 = 2.405 # Ohm
X_M = 65.105 # Ohm
V_phi = 219.39 # V
n_s = 1000 # rpm, synchronous speed
w_sync_rad_s = 2 * np.pi * n_s / 60 # Convert synchronous speed to rad/s

# Esepteletin parametler
V_TH = V_phi * X_M / np.sqrt(R_1**2 + (X_1 + X_M)**2)
R_TH = R_1 * (X_M / (X_1 + X_M))**2
X_TH = X_1

# Mechanical zhyldamdyky (ainalym/minute) rpm (rotation per minute)
n_m = np.linspace(1, n_s, 1000) # Avoid division by zero for slip calculation
s = (n_s - n_m) / n_s # Slip calculation

# Define functions for I2(s), P_AG(s), and tau(s)
def I_2(s):
    return V_TH / np.sqrt((R_TH + R_2 / s)**2 + (X_TH + X_2)**2)

def P_AG(s):
    return (3 * V_TH**2 * R_2 / s) / ((R_TH + R_2 / s)**2 + (X_TH + X_2)**2)

def tau(s):
    return (3 * V_TH**2 * R_2 / s) / (((R_TH + R_2 / s)**2 + (X_TH + X_2)**2) * w_sync_rad_s)

# Calculate the values for each slip
I_2_values = I_2(s)
P_AG_values = P_AG(s)
tau_values = tau(s)

# Plotting the graphs
plt.figure(figsize=(15, 10))

```



```

# Plot Power of Air-gap vs Mechanical Speed
plt.subplot(3, 1, 1)
plt.plot(n_m, P_AG_values, label='P_AG(n_m)')
plt.xlabel('Бұрыштық жылдамдық (rpm)')
plt.ylabel('Қуат (P_AG) [Вт]')
plt.title('Қуат(Air-gap) vs Бұрыштық жылдамдық')
plt.legend()
plt.grid(True)

# Plot Torque vs Mechanical Speed
plt.subplot(3, 1, 2)
plt.plot(n_m, tau_values, label='Момент [Н*м]')
plt.xlabel('Бұрыштық жылдамдық (rpm)')
plt.ylabel('Момент [Н*м]')
plt.title('Момент vs Бұрыштық жылдамдық')
plt.legend()
plt.grid(True)

# Plot I_2 vs Mechanical Speed
plt.subplot(3, 1, 3)
plt.plot(n_m, I_2_values, label='I_2(n_m)')
plt.xlabel('Бұрыштық жылдамдық (rpm)')
plt.ylabel('Ток күші (I_2)')
plt.title('I_2 vs Бұрыштық жылдамдық')
plt.legend()
plt.grid(True)

# Show the plots
plt.tight_layout()
plt.show()

```

4.4 - сурет - Питон программалау тілінде графиктерді алуға жазылған арнайы код.

## 5 MetalMaster OSA-400 N-2.2 абразивті кесу машинасын автоматизациялау процесі

Электр жетегінің қозғалыс теңдеуі. Қозғалтқыштың айналмалы бөлігінен (ротордан немесе РД статорынан) және қозғалтқыштың білігіне қосылған қарапайым типтегі механизмнің айналмалы жұмыс бөлігінен тұратын механикалық жүйені қарастырыңыз. Жүйеде екі момент бар - қозғалтқыш дамытатын  $M_d$  және онда механизмнің жұмыс бөлігі жасайтын  $M_c$  және үйкеліс моменті тудыратын  $M_c$ . Бұл нүктелер экспозицияның бағыты мен масштабына сәйкес сипатталады. Егер  $M_d$  және  $M_c$  қозғалыс бағытында әрекет етсе, қозғалатын моменттер, егер олардың белгілері жылдамдық сигналына қарама-қарсы болса, тежелу деп аталады.

$M_d$  мен  $M_c$  арасындағы әрекет Даламбер принципіне, жүйенің үдеуін анықтайтын динамикалық моментке негізделген  $M_{дин} = J \frac{d\omega}{dt}$  белгісін мен өлшемді анықтайды. Осылайша, жалпы жағдайда жүйенің қозғалыс теңдеуі келесі формада болады

$$\pm M \pm M_c = J \frac{d\omega}{dt} \quad (5.1)$$

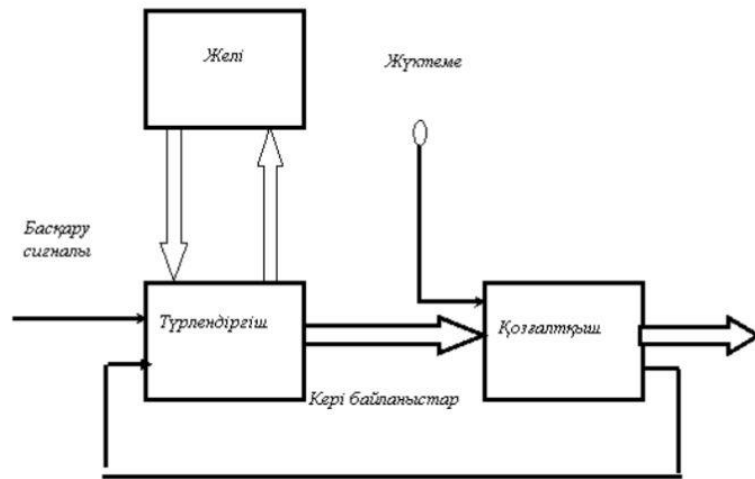
Біз ЭЖ қозғалтқыштық жұмыс режимі үшін (1) формулаға қарапайым талдауын ұсынамыз, онда

$$M - M_c = J \frac{d\omega}{dt} \quad (5.2)$$

$M_d > M_c, d\omega/dt > 0$  егер бар болса, дискіні жеделдету функциясы көрсетіледі,  $M_d < M_c, d\omega/dt < 0$  егер ол бар болса, жетекте тежелу функциясы пайда болады, ал  $M_d = M_c$  динамикалық момент пен үдеу нөлге тең болғанда. Алғашқы екі режим өтпелі деп аталады, ал соңғылары тұрақты болады.

Қазіргі заманғы өнеркәсіпте технологиялық процестердің талаптарына сәйкес ауыспалы жылдамдықпен жұмыс істейтін көптеген өндірістік механизмдер қолданылады. Мұндай механизмдерінде электр жетегінің айналу жиілігін мәжбүрлеп өзгерту - жылдамдықты реттеу қажет болады. Жылдамдықты реттеу автоматты түрде немесе қолмен, жетек қозғалтқышына қосымша әсер еткенде жүзеге асырылады. Қазіргі уақытта әртүрлі электронды қуат түрлендіргіштері арқылы электрлік жылдамдықты реттеу кеңінен қолданылады. Бұл инверторлар төмен инерцияға ие және тұрақты кернеу шамасымен немесе амплитудасымен және айнымалы кернеу жиілігімен реттелетін кернеуді шығарады.

Түрлендіргіштерге транзистор немесе тиристор негізінде орнатуға және дискретті режимде жұмыс істеуге болады. 1.6.1-суретте автоматтандырылған электр жетегінің негізгі элементтерінің электр түрлендіргішімен схемалық өзара әрекеттесуі көрсетілген.



5.1 – сурет - Реттелетін электржетегінің құрылымдық сұлбасы

Электр қозғалысының жылдамдығын реттеудің әртүрлі әдістерін сипаттайтын негізгі көрсеткіштер

а) бұрыштық жылдамдықты реттеу диапазоны. Ол максималды тұрақтандырылған жылдамдықтың минималды тұрақтандырылған жылдамдыққа қатынасымен  $D = \omega_{max}/\omega_{min}$  анықталады

б) ережелердің өзгергіштігі. Берілген жылдамдықтан  $\omega_i$  ең жақын жылдамдыққа  $\omega_{i+1}$  қарай жылжу кезінде жылдамдықтың секіруін сипаттайды

$$U_{жат} = \frac{\omega_i}{\omega_{i+1}} \quad (5.3)$$

в) экономикалық тиімділік ол электр жетегін өндіру мен пайдаланудың өзіндік құнымен сипатталады, бұл механизмнің жоғары тиімділігін қамтамасыз етеді, технологиялық процестің жоғары сапасы мен байланысты шығындарды тез өтейді;

г) бұрыштық жылдамдықтың тұрақтылығы. Жүктеме рычагтың берілген иінірегіндегі бұрыштық жылдамдықтың өзгеруін сипаттайды. Өнімділіктің қаттылығы неғұрлым жоғары болса, бұрыштық жылдамдықтың тұрақтылығы соғұрлым жоғары болады;

д) басқару жылдамдығының бағыты, яғни оның негізгі жылдамдыққа қатысты жоғарылауы немесе төмендеуі басқару әдістеріне байланысты

е) Қозғалтқышқа рұқсат етілген жүктеме-бұл қозғалтқышты қыздырумен анықталған және әртүрлі басқару әдістері үшін әртүрлі басқару сипаттамаларымен жұмыс істегенде қозғалтқыш ұзақ уақыт жұмыс істей алатын рычагтың максималды мәні.

Жиһаз өнеркәсібінде қолданылатын MetalMaster OSA-400 N-2.2 абразивті кесу машинасының жұмысын автомазициялау процесі маңызды рөл атқарады. Негізгі автоматизациялау процесі асинхронды қозғалтқышты басқару

процесімен тығыз байланысты. Асинхронды қозғалтқышты жұмыс барысында керек кезде өшіріп қосу жұмысты едәуір жеңілдетеді.

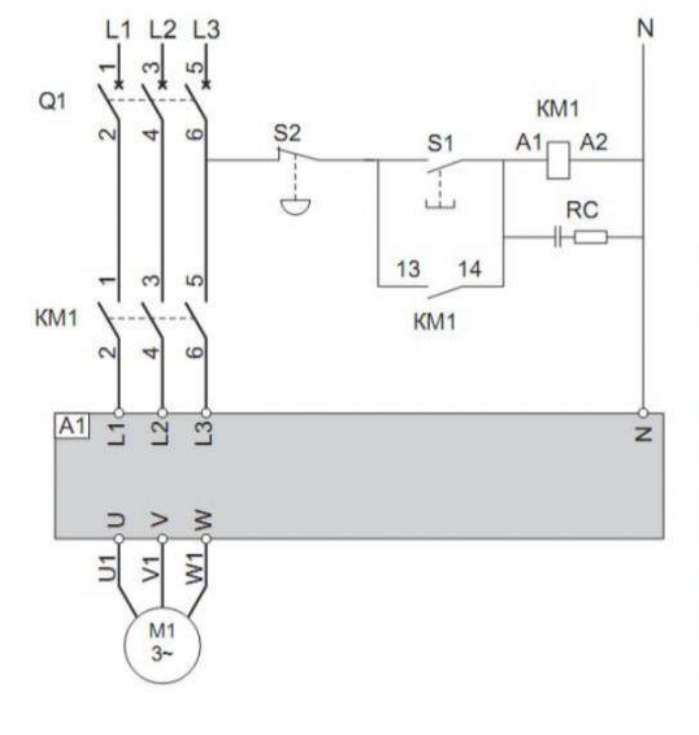
Асинхронды қозғалтқышты автоматизациялау үшін бізге қажетті электрлік компоненттер төменде берілген:

- Үш фазалық автоматты ажыратқыш (Q1) – бұл қысқа тұйықталу мен асқын жүктелуден сақтайтын қондырғы.

- Контакттор (KM) – асинхронды қозғалтқышты өшіру және қосу үшін қолданылады.

- Қосып – өшіру батырмасы (S1 – қосу, S2 – өшіру) – асинхронды қозғалтқышты қосып – өшіру үшін қолданылатын батырма.

- Жиілік түрлендіргіш – А1 айналу жылдамдығын өзгертуге мүмкіндік береді ).





5.2 – сурет - Асинхронды қозғалтқышты автоматизациялау процесі.

5.2 - суретте S1 қосу батырмасын басқан жағдайда басқару тізбегі іске қосылады. Нәтижесінде тізбек тұйықталады да және KM контакторының катушкасы іске қосылады. Одан кейін 380 В кернеуге жалғанған асинхронды қозғалтқыштың роторы айналып бастайды.




S2 өшіру батырмасын басқан жағдайда басқару тізбегі оқшауланады және контактордың катушкасы бастапқы қалпына келеді. Соның нәтижесінде асинхронды қозғалтқыш өшеді.

Жоғарыдағы асинхронды қозғалтқышты басқару тізбегін нарықта бар электрлік компоненттермен жинақтай аламыз. Төменде кестеде электрлік компоненттердің суреттері мен шығарушы компаниялары берілген.

Кесте – 3 Асинхронды басқару тізбегінің негізгі электрлік компоненттері

Электрлік компонент атаулары	Сипаттамалары
Автоматты ажыратқыш	<p>Schneider Electric NSX100F - 25A</p> 
Контактор (КМ)	<p>Siemens 3RT2026-1BB40</p> 

Кесте – 2 жалғасы

Электрлік компонент атаулары	Сипаттамалары
Қосу батырмасы	Schneider Electric XB4BA21 
ATV310 жиілік түрлендіргіші	
Өшіру батырмасы	Schneider Electric XB4BA42 

Сонымен қатар, басқару тізбегіне қосымша тағы да бірнеше электрлік компоненттер қосуға болады. Оның бірі асинхронды қозғалтқыш жұмыс істеп тұрғанын қосымша электрлік шамдар арқылы көруге болады. Асинхронды қозғалтқыштың тегіс жұмыс істеуі үшін электромагнитті уақыттық релелерді қолдануға болады. Осы тізбек Omron H3CR-A8 осы электромагнитті реле қолданылуы мүмкін. Егер де асинхронды қозғалтқыштың роторының айналу жылдамдығын тексеру қажет болған жағдайда, айналуын басқаратын датчиктерді қолдануға болады. Қазіргі таңда өндірісте IFM Electronic O5D150 датчигі қолданылуда. Ол оптикалық датчик болып табылады. Жоғарыда көрсетілген басқару тізбегінде біз осы оптикалық датчикті де қолдана аламыз.

## 6 Асинхронды қозғалтқышты басқаратын тізбекті есептеу

Жоғарыдағы дипломдық жұмыстың бөлігінде біз абразивті кесу машинасындағы асинхронды қозғалтқышты автоматизациялау тізбегімен таныстырған болатынбыз. Осы жұмыстың бөлімінде асинхронды қозғалтқышты автоматизациялауға қажетті электрлік компоненттерді есептеп шығарамыз.

### *Автоматты өшіргіш*

Ең алдымен электрлік тізбекті қысқа тұйықталу және тізбектегі токтың мәні жоғары болғанда электрлік тізбекті сақтайтын автоматты өшіргішті есептеп алу маңызды. Автоматты өшіргішті таңдау үшін алдымен асинхронды қозғалтқыш үшін номиналды ток күшін есептеп аламыз. Асинхронды қозғалтқыштың толық қуаты 2,2 кВт және қуат коэффициенті 0,76. Асинхронды қозғалтқыштағы статорға берілетін кернеудің мөлшері 380В және байланыс түрі – Y. Осы берілген мәліметтерді қолдана отырып төмендегі формула арқылы асинхронды қозғалтқыштың номиналды ток күшін таба аламыз:

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\phi}$$
$$I_n = \frac{2200}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,76} \approx 4,41 \text{ A}$$

Асинхронды қозғалтқыштың номиналды ток күшін тауып алдық. Автоматты өшіргіштің номиналды ток күші қозғалтқыштың номиналды ток күшіне қарағанда 1,5 есе үлкен етіп аламыз.

$$I_{\text{авт}} \approx 4,41 \text{ A} \cdot 1,5 \approx 6,62 \text{ A}$$

Қозғалтқышты іске қосу тогы (*пусковой ток*) асинхронды қозғалтқыштың номиналды ток күшіне қарағанда 6-7 есе көп болуы мүмкін. Сондықтан автоматты өшіргіш іске қосу тогын көтеру қажет.

Автоматты өшіргіштің номиналды ток күшін жуықтап 10А деп аламыз. Осыған сәйкес ІЕК компаниясымен ұсынылған *ARMAT M06N 1P C 10A*. Бұл автоматты өшіргіш 1 полюсті болғандықтан бізге осындай автоматты өшіргіштің 3 данасы қажет болады.



6.1 – сурет - ARMAT M06N 1P C 10A автоматты өшіргіші

### *Контактор*

Келесі кезекте біз контакторды таңдаймыз. Контактордың да номиналды ток күшін жуықтап

$$I_{\text{конт}} \approx 9 - 10 \text{ A}$$

Осы көрсетілген параметрге сәйкес келетін және өндірісте жиі қолданылатын контактор - Контактор КМИ-10910 9А 230В/АСЗ 1НО.



6.2 – сурет - Контактор КМИ-10910 9А 230В/АСЗ 1НО сұлбасы.

Жиілік түрлендіргішті түрлі жолмен есептеп, таңдауға болады:



Біріншісі, жиілік түрлендіргішін қозғалтқыш тұтынатын толық қуатқа сүйене отырып таңдауға болады

$$S_{\text{дв}} = \frac{U \times I \times \sqrt{3}}{1000} = \frac{380 \times 5.4 \times \sqrt{3}}{1000} = 3.5 \text{ кВА}$$

яғни жиілік түрлендіргішінің номиналды қуаты жеңіл немесе ауыр жұмыс режимінде 3,5 кВА-дан кем болмауы керек

Екіншісі, Егер қозғалтқыштың  $\text{Cos}\phi$  және қозғалтқыштың  $\eta$  өнімділігі белгілі болса, жиілік түрлендіргішін қозғалтқыштың Шығыс қуатына қарай таңдауға болады. Дегенмен, қозғалтқыштың  $\text{Cos}\phi$  және  $\eta$  қозғалтқышының өнімділігі жүктемемен бірге өзгертіндіктен, бұл әдіс жеткілікті дәл емес.

$$S_{\text{дв}} = \frac{P}{\eta \times \text{Cos}\phi} = \frac{2.2}{0.76 \times 0.74} = 3.9 \text{ кВА}$$

Соңғысы, қозғалтқыштың паспорттық мәліметіне сүйенеміз

$$P = 2.2 \text{ кВт}$$

$$I = 5.4 \text{ А}$$

$$U = 380 \text{ В}$$

Осы нәтижелерге сүйеніп, ATV310 жиілік түрлендіргішін таңдаймыз, параметрлері келесідегідей

$$P = 2.2 \text{ кВт}$$

$$I = 5.5 \text{ А}$$

$$U = 380 \text{ В}$$

$$S = 4.7 \text{ кВА}$$



### 6.3 - сурет - ATV310 жиілік түрлендіргіші

Автоматизациялау тізбегінің тағы басқа компоненттері бар. Олар іске қосу және өшіру батырмалары. Тізбектің негізгі құрам бөліктері осылар болып табылады.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл жұмыста MetalMaster OSA-400 N -2.2 абразивті кесу машинасының асинхронды қозғалтқышы зерттелінді. Бұл жұмыста жазылған теориялық мәліметтер мен экспериментте алынған нәтижелерді қолдана отырып, асинхронды қозғалтқыштың негізгі электрлік параметрлері есептелінді. Бұл жұмыстың өзектілігін арттырады. Себебі, өндірістегі асинхронды қозғалтқыштардың негізгі параметрлері белгісіз болған жағдайда, оларды қалай тиімді және жылдам жолмен тауып алуға көмектеседі. Сонымен қатар, жұмыста заманауи Python программалау тілінде қуат, момент және ток мәндерінің графиктері көрсетілген.

Жұмыстың ең соңғы бөлімінде асинхронды қозғалтқышты басқару тізбегі зерттелініп, оның қазіргі таңдағы өндірістен шығып жатқан электрлік компоненттер арқылы жинау жолы қарастырылған.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Furtat, A. Zhukov, and P. Slobodzyan, "Modern Applications of Stepper Motors in Technology," 2023.
- 2 R. Menaka, K. Seetharaman, and S. Anandan, "Precision in Robotics: The Role of Stepper Motors," 2022.
- 3 A. Zhukov, P. Slobodzyan, and I. Furtat, "Advanced Servo Motor Applications in Robotics and Aerospace," 2023.
- 4 K. Seetharaman, S. Anandan, and R. Menaka, "Servo Motors in Modern Industry: Applications and Innovations," 2022.
- 5 S. J. Chapman, Electric Machinery and Power System Fundamentals. 2001. [Online]. Available: <https://ci.nii.ac.jp/ncid/BA54457182>
- 6 “АБРАЗІВНО-ОТРЕЗНОЙ СТАНОК METAL MASTER OSA-400П-2,2,” ТОО ДЕЛЬТА-ИНЖИНИРИНГ | Оборудование И Станки Из России Без Посредников. <https://deltainzhiniring.kz/p56435248-abrazivno-otreznoj-standok.html> (accessed May 18, 2024).
- 7 H. Calis and E. Caki, “LabVIEW based laboratory typed test setup for the determination of induction motor performance characteristics,” Journal of Electrical Engineering & Technology/Journal of Electrical Engineering & Technology, vol. 9, no. 6, pp. 1928–1934, Nov. 2014, doi: 10.5370/jeet.2014.9.6.1928.
- 8 E. Calis: “Induction Motor Test Setup”, Suleyman Demirel University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Electronic and Computer Education M.Sc. Thesis, Isparta, Turkey, 2013.
- 9 Зусман В.Г., Мейстель А.М. Асинхронный электропривод позиционных механизмов станков - « Станки и инструмент ». 1966, № 6, с. 8 - 12.
- 10 Ивенский Ю.Н., Туллер А.Г., Эльпер Г.Л. Бесконтактные путевые выключатели для схем управления электроприводом механизмов. - « Станки и инструмент », 1962, № 4, с. 1 – 5
- 11 СТ КазНІТУ – 09 – 2023, Работы учебные, общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию текстового и графического материала. Алматы КазНІТУ, 2023.

Тақырыбы: «Жиһаз өнеркәсібінің автоматтандырылған электр жетегін есептеу және жобалау»

6В07101 – Энергетика  
(шифр және мамандық атауы)

Әбу Сағи  
(Студенттің аты-жөні)

Дипломдық жұмысына  
(жұмыс түрінің атауы)

### СЫН ПІКІР

Дипломдық жұмыста “Жиһаз өнеркәсібінде қолданылатын станоктың электр жетегін есептеу” қарастырылады. Жалпы өнеркәсіпте қолданылатын электр қозғалтқыштарын түсіндіру және қолданыстағы ерекшеліктері мен кемшіліктерін сараптау жүргізеді.

Жұмыс екі бөлімнен тұрады. Біріншісі, қозғалтқыштың мүмкін болатын ең дәл мәндерін анықтау есептеулерін жүргізумен қатар қозғалтқыштың параметрлерінің өзара тәуелділік графиктерін программалау тілдерінің көмегімен тұрғызу қарастырылады.

Екінші бөлімде, электр жетегін автоматтандыру жұмыстың негізгі бөлігінің бірі. Жұмыстың нәтижесінде, біз автоматтандырылған және дұрыс есептеулер жүргізілген электр жетегін аламыз

Жалпы дипломдық жұмысты орындау барысында түлектің өзі өз ойымен жазып, есептеулерін есептеп шығарғаны байқалады.

#### Жұмыс бойынша ескерту:

Ескерту ретінде, грамматикалық қателіктер, тыныс белгілері дұрыс қойылмай кеткендігін және қазақша аудармалары кейбір жерлерде дұрыс аударылмағандығын айтуға болады. Жалпы дипломдық жұмысы талаптарға сәйкес жазылған.

#### Жұмысты бағалау

Жоғарыда айтылғандарды қорыта келе, Әбу Сағидың дипломдық жұмысы А «өте жақсы» (90 балл) бағасына, ал автор – Энергетика мамандығы бойынша «Техника және технологиялар бакалавры» академиялық дәрежесін иемденуге лайық деп бағалаймын.



М.А. Мустафин

« \_\_\_\_\_ 2024 ж.



Әбу Сағи Шалқарұлының  
(Студенттің аты-жөні)  
6B07101 – «Энергетика»  
(шифр және мамандық атауы)  
арналған дипломдық жұмысына  
(атауы, жұмыс түрі)

**ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІ ПІКІРІ**

Тақырыбы:

Жиһаз өнеркәсібінің автоматтандырылған электр жетегін есептеу және жобалау

Әбу С.Ш. дипломдық жұмысында жиһаз өнеркәсібінің автоматтандырылған электр жетегін есептеу және жобалау тақырыбын қарастырған.

Жиһаз өнеркәсібінде қолданылатын асинхронды қозғалтқыштың сипаттамаларын эксперименттік жолмен анықтап, жобалау жүргізген. Дипломдық жұмыста асинхронды қозғалтқыштың эквивалентті электрлік тізбегі, роторлық тізбектің моделі қарастырылған. Асинхронды қозғалтқыштардың қуаты мен моменті есептелген.

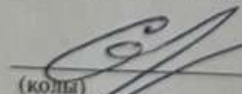
Жұмыс нәтижелері арнаулы пәндерден жеткілікті деңгейде білімі бар екенін және өз бетімен инженерлік-техникалық есептерді жүргізіп, дұрыс шешімдер қабылдай алатындығын көрсетеді.

Арнайы бөлімінде Әбу С.Ш. MetalMaster OSA-400 N-2.2 абразивті кесу машинасын автоматизациялау процесін зерттеп, заманауи электрлік компоненттер көмегімен құрастырды.

Дипломдық жұмысты 87 %-ға бағалаймын. Студент Әбу Сағи Шалқарұлын 6B07101-«Энергетика» бакалавры академиялық дәрежесіне лайықты деп есептеймін.

**Ғылыми жетекшісі**

қауымдастырылған профессор  
(лауазымы, ғылыми дәрежесі, атағы)



Бегентаев Б.М.

"17" маусым 2024 ж.

**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті  
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагияттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

**Автор: Әбу Сағи Шалқарұлы**

**Тақырыбы: Жиньаз өнеркәсібінің автоматтандырылған электр жетегін есептеу және жобалау**

**Жетекшісі: Ерлан Сарсенбаев**

**1-ұқсастық коэффициенті (30): 5.4**

**2-ұқсастық коэффициенті (5): 1.3**

**Дәйексөз (35): 2.2**

**Әріптерді ауыстыру: 10**

**Аралықтар: 0**

**Шағын кеңістіктер: 8**

**Ақ белгілер: 2**

**Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :**


Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

**Негіздеме:**

Күні 17.06.2024

Кафедра меңгерушісі *Энергетика*  
*Сарсенбаев Е.А.*  




## Протокол

### о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Әбу Сағи Шалқарұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Жиньаз өнеркәсібінің автоматтандырылған электр жетегін есептеу және жобалау

Научный руководитель: Ерлан Сарсенбаев

Коэффициент Подобия 1: 5.4

Коэффициент Подобия 2: 1.3

Микропробелы: 8

Знаки из других алфавитов: 10

Интервалы: 0

Белые Знаки: 2

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование:

Дата 17.06.2024

проверяющий эксперт  
Сарсенбаев ЕА  
