

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті»
Коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Электр машиналары және электр жетегі кафедрасы

«Қорғауға жіберілді»
Кафедра меңгерушісі
т.ғ.к., профессор Оржанова Ж.К.
(аты-жөні, ғылымидәрежесі, атағы)
« _____ » _____ 2020 ж.
(қолы)

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: Жаңартылған энергия көзінен қоректенетін энергия
үнемдеуші сорғыштың электр жетегі

5B071800 – Электр энергетика мамандығы бойынша

Орындаған Байболатов Бақдәулет Талғатұлы ЭАТК-16-4
(студенттің аты-жөні) (тобы)

Ғылыми жетекшісі т.ғ.к., профессор Оржанова Ж.К.
(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)
« _____ » _____ 2020 ж.
(қолы)

Кеңесшілер :

техникалық бөлім бойынша :

т.ғ.к., профессор Оржанова Ж.К.
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)
« _____ » _____ 2020 ж.
(қолы)

экономикалық бөлім бойынша :

Түзелбаев Бақберген Ибадиллаевич, т.ғ.к. доцент
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)
« _____ » _____ 2020 ж.
(қолы)

өмір тіршілігі қауіпсіздігі бойынша:

Мусаева Ж.К., б.ғ.к., доцент
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)
« _____ » _____ 2020 ж.
(қолы)

Мөлшер бақылаушы:

(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)
« _____ » _____ 2020 ж.
(қолы)

Пікір жазушы:

(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)
« _____ » _____ 2020 ж.
(қолы)
Алматы 2020 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті»
Коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Электр энергетика және электр техника институты
5B071800 – Электр энергетикасы мамандығы
Электр машиналары және электр жетегі кафедрасы

жұмысты орындауға берілген

ТАПСЫРМА

Студент Байболатов Бақдәулет Талғатұлы
(аты - жөні)

Жұмыс тақырыбы Жаңартылған энергия көзінен қоректенетін энергия үнемдеуші сорғыштың электр жетегі

Ректордың «11» 11 2019ж. № 147 бұйрығы бойынша бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: «28» мамыр 2020 ж.

Жұмысқа бастапқы деректер (талап етілетін жұмыс нәтижелерінің параметрлері және нысанның бастапқы деректері)

0,4 кВ асинхронды электр жетектер мен электр тораптарында

коэффициентті арттыру жолымен электр және энергетикалық ПӘК:

Қуаты 320 кВт - қа дейінгі электр қозғалтқыштары әдетте 220/380 в

немесе 380/660 в номиналды кернеуге, ал үлкен қуатты қозғалтқыштар-6/10
кВ-ға орындалады;

Диплом жұмысындағы әзірленуі тиіс сұрақтар тізімі немесе диплом жұмысының қысқаша мазмұны:

1. Сумен жабдықтау жүйесінің сорғы қондырғыларының жұмыс режимдерін басқарудың энергия үнемдеуші әдістері проблемасының қазіргі жағдайы

2. Электромагниттік есептеу әдістемесін талдау асинхронды қозғалтқышы бар реактивті қуаттың жеке компенсациясы

3. Сорғы агрегатының ЭАД және ТАД, ПЧ-ЭАД және ПЧ-ТАД негізіндегі электр жетектерін талдау

4. Өмір тіршілік қауіпсіздігі бөлімі

5. Экономикалық бөлім

Сызба материалдарының (міндетті түрде дайындалатын сызуларды көрсету) тізімі

1. Сорғы агрегаттары мен қондырғыларының жұмыс режимдері
2. Реактивті қуаттың жеке компенсациясы бар асинхронды қозғалтқышты ауыстырудың электр схемасын зерттеу
3. Реактивті қуаттың жеке компенсациясы бар асинхронды қозғалтқыштың компенсациялық конденсаторының сыйымдылығын анықтау
4. Сорғы агрегатының ЭАД және ТАД, ПЧ-ЭАД және ПЧ-ТАД негізіндегі электр жетектерге қойылатын талаптар
5. ЭАД және ТАД негізінде сорғы агрегаттарының электр жетектерін эксперименталды зерттеу
6. Сорғы агрегаттарының реттелетін электр жетектерін эксперименттік зерттеу
7. ЭАД қолдану кезінде сорғы агрегаттарының электр жетегіне қойылатын қосымша талаптар
8. Тіршілік қауіпсіздігіне қатысты есептеулер нәтижелері
9. Экономикалық есептеулердің нәтижелері

Негізгі ұсынылатын әдебиеттер

- 1 Мугалимова А.Р. Электропривод насосного агрегата на основе энергосберегающего асинхронного двигателя. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Магнитогорск, 2010г
- 2 Дмитриенко Ю.А. Регулируемый электропривод насосных агрегатов. Кишинев: Штиинца, 1985
- 3 Ильинский Н.Ф. Рожанковский Ю.В., Горнов А.О. Энергосбережение в электроприводе // Энергосберегающая технология электроснабжения народного хозяйства. / Под ред. В.А. Веникова. - М.: Высш. шк., 1989. - 129с
- 4 Лезнов Б.С. Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздухоподводящих установках. - М.: Энергоатомиздат, 2006

Жұмыс бойынша бөлімшелерге қатысты белгіленген кеңесшілер

бөлімшелер	кеңесші	мерзімі	Қолы
Негізгі бөлім	Оржанова Ж.К.		
Өмір тіршілік қауіпсіздігі	Мусаева Ж.К.		
Экономикалық бөлім	Тузелбаев Б.И.		

Диплом жұмысын дайындау
КЕСТЕСІ

№ р/с	Тарау аттары, әзірленетін сұрақтардың тізімі	Жетекшіге Ұсыну мерзімдері	Ескерту
1.	Сумен жабдықтау жүйесінің сорғы қондырғыларының жұмыс режимдерін басқарудың энергия үнемдеуші әдістері проблемасының қазіргі жағдайы	02.03.2019	
2.	Сорғылар. Сорғы агрегаттары мен қондырғылары	09.03.2019	
3.	Сорғы агрегаттарының электр жетектері	14.03.2020	
4.	Реактивті қуаттың жеке компенсациясы бар асинхронды қозғалтқышты ауыстырудың электр схемасын зерттеу	30.03.2020	
5.	Сорғы агрегаттарының электр жетектері үшін дәстүрлі асинхронды қозғалтқыштарды энергия үнемдейтін етіп қайта жаңарту	13.04.2020	
6.	Сорғы агрегатының ЭАД және ТАД, ПЧ-ЭАД және ПЧ-ТАД негізіндегі электржетектер	27.04.2020	
7.	Сорғы агрегаттарының реттелетін электр жетектерін эксперименттік зерттеу	30.04.2020	
8.	Өмір тіршілік қауіпсіздігі бөлімі	05.05.2020	
9.	Экономикалық бөлім	13.05.2020	
10.	Дипломдық жұмысты рәсімдеу	08.05.2020	
11.	Сумен жабдықтау жүйесінің сорғы қондырғыларының жұмыс режимдерін басқарудың энергия үнемдеуші әдістері проблемасының қазіргі жағдайы	16.05.2020	
12.	Сорғылар. Сорғы агрегаттары мен қондырғылары	21.05.2020	
13.	Сорғы агрегаттарының электр жетектері	27.05.2020	

Тапсырманың берілген уақыты «18» _____ қараша _____ 2019 ж.

Кафедра меңгерушісі _____ Оржанова Ж.К.
(қолы) (аты-жөні)

Жұмыс жетекшісі _____ Оржанова Ж.К.
(қолы) (аты-жөні)

Орындалатын тапсырманы
қабылдаған студент _____ Байболатов Б.Т.
(қолы) (аты -жөні)

Аңдатпа

Адам өмір сүру және өндірістік қызмет үшін пайдаланатын негізгі ресурстардың бірі су және басқа сұйықтықтар болып табылады. Оларды құбырлар арқылы тасымалдау үшін үш фазалы асинхронды электр қозғалтқыштарымен қозғалысқа келтірілетін сорғы агрегаттары мен қондырғылары қолданылады. Қазақстанда таза және сарқынды суларды тасымалдауға ғана жыл сайын құны 215-235 млрд.теңгеге бағаланатын 120-130 млрд. кВт-сағаттан кем емес электр энергиясы жұмсалады. Электр энергиясының 30-40%-дан сорғы агрегаттарының электр жетектерінің салыстырмалы түрде төмен энергия тиімділігінің және олардың Арынның артуымен жұмыс істеуінен жоғалады. Бұл адамдардың тіршілігін қамтамасыз ету және өндірілетін өнім құнын арттыру себептерінің бірі болып табылады. Ресурстарды тиімді пайдалану және өнімнің бәсекеге қабілеттілігін арттыру мақсатында электр энергиясын тұтынуды төмендету әлемдік қоғамдастықтың үрдісі болып табылады.

Дипломдық жұмыста сұйықтықтарды сорғыш агрегаттармен тасымалдаудың энергия тиімділігін арттыру мәселесі қарастырылды.

Аннотация

Одним из главных ресурсов, используемых человеком для жизнеобеспечения и производственной деятельности, является вода и другие жидкости. Для их транспортирования по трубопроводам применяются насосные агрегаты и установки, приводимые в движение трехфазными асинхронными электрическими двигателями. Только на транспортирование чистых и сточных вод в Казахстане ежегодно расходуется не менее 120-130 млрд. кВт-часов электроэнергии, стоимость которой оценивается в 215-235 млрд. тенге. От 30-40 % электроэнергии теряется из-за сравнительно низкой энергоэффективности электроприводов насосных агрегатов и их работы с превышением напора. Это является одной из причин повышения стоимости жизнеобеспечения людей и производимой продукции. Тенденцией мирового сообщества является снижение потребления электроэнергии с целью эффективного использования ресурсов и повышения конкурентоспособности продукции.

В дипломной работе рассмотрена проблема повышения энергоэффективности транспортирования жидкостей насосными агрегатами.

Abstrac

One of the main resources used by humans for life support and production activities is water and other liquids. For their transportation through pipelines, pumping units and installations are used, driven by three-phase asynchronous electric motors. Only for the transportation of clean and waste water in Kazakhstan annually spent at least 120-130 billion kW-hours of electricity, the cost of which is estimated at 215-235 billion tenge. From 30-40 % of electricity is lost due to the relatively low energy efficiency of electric drives of pumping units and their operation with excess head. This is one of the reasons for increasing the cost of life support for people and products. The trend of the world community is to reduce electricity consumption in order to effectively use resources and increase the competitiveness of products.

The thesis deals with the problem of improving the energy efficiency of liquid transportation by pumping units.

Мазмұны

Кіріспе	8
1 Сумен жабдықтау жүйесінің сорғы қондырғыларының жұмыс режимдерін басқарудың энергия үнемдеуші әдістері проблемасының қазіргі жағдайы	11
1.1 Сорғылар. Сорғы агрегаттары мен қондырғылары	11
1.2 Сорғы агрегаттарының электр жетектері	14
1.3 Дәтүрлі асинхронды қозғалтқыш электр энергиясын механикалық түрлендіргіш ретінде	17
1.4 Асинхронды қозғалтқыштардың қуат коэффициенті арттыру бойынша техникалық шешімдерге шолу	20
2 Электромагниттік есептеу әдістемесін талдау асинхронды қозғалтқышы бар реактивті қуаттың жеке компенсациясы	23
2.1 Реактивті қуаттың жеке компенсациясы бар асинхронды қозғалтқышты ауыстыру электр схемасын зерттеу	23
2.2 Реактивті қуаттың жеке компенсациясы бар асинхронды қозғалтқыштың компенсациялық конденсаторының сыйымдылығын анықтау	25
2.3 Реактивті қуаттың жеке компенсациясы бар асинхронды қозғалтқышты электромагниттік есептеу әдістемесі мен алгоритмі	28
2.4 Сорғы агрегаттарының электр жетектері үшін дәстүрлі асинхронды қозғалтқыштарды энергия үнемдейтін етіп қайта жаңарту	31
3 Сорғы агрегаттарының ЭАД және ТАД, ПЧ-ЭАД және ПЧ-ТАД негізіндегі электр жетектерін талдау	35
3.1 Сорғы агрегаттарының ЭАД және ТАД, ПЧ-ЭАД және ПЧ-ТАД негізіндегі электр жетектерге қойылатын талаптар	35
3.2 ЭАД және ТАД негізінде сорғы агрегаттарының электр жетектерін эксперименталды зерттеу	37
3.3 Сорғы агрегаттарының реттелетін электр жетектерін эксперименттік зерттеу	41
3.4 ЭАД қолдану кезінде сорғы агрегаттарының электр жетегіне қойылатын қосымша талаптар	42
4 Өміртіршілік қауіпсіздігі бөлімі	42
4.1 Еңбек және тіршілік қауіпсіздігі	42
4.2 Сорғы станциясын пайдалану кезіндегі қауіпсіздік шаралар	43
4.3 Сорғы станциясын пайдалану кезінде қызметкерлерге әсер ететін қауіпті және зиянды өндірістік факторлар	44
4.4 Есептеу нүктесінде машина залындағы шуды анықтау	46
4.5 Ажыратқыш қабілетіне қорғаныстық нөлденуді есептеу	49
4.6 Өртке қарсы қауіпсіздік жөніндегі іс-шаралар	52
5 Экономикалық бөлім	53

5.1	Электржетегті жаңғыртудың экономикалық негіздемесі	53
5.2	Станоктың жылдық өнімділігін бағалау	53
5.3	Күрделі шығындарды анықтау	54
5.4	Пайдалану шығыстарын анықтау	55
5.5	Электржетектер жүйесінің нұсқалары бойынша келтірілген шығындарды және жаңа жабдық пайдаланудан экономикалық тиімділікті анықтау	56
5.6	Электржетектің алдын ала таңдалған жүйесін пайдаланудың экономикалық тиімділігін анықтау	57
	Қорытынды	60
	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	61

Кіріспе

Дипломдық жұмыстың өзектілігі. Біздің елімізде электр энергиясын тұтынудың өсуі соңғы онжылдықта өндіруші қуаттарды пайдалануға беру қарқынынан айтарлықтай асып түсті. Бұл Қазақстанның көптеген аймақтарында еркін қуат резерві тапшылығының пайда болуына алып келді. Қуат тапшылығы проблемасы екі жолмен шешілуі мүмкін: не құрылыс қарқынын арттыру және генерациялайтын қуаттарды енгізу, не өндірілетін энергияның жұмсалып жолымен және жаңа энергия үнемдеуші технологияларды енгізу. Генерациялайтын қуаттың 1 кВт құруға арналған шығындар 1500-ден 2000\$ АҚШ-қа дейін құрайтынын ескеру қажет, ал қазіргі заманғы энергия үнемдейтін технологияларды енгізуге арналған шығындар тиісінше 100-ден 250\$ - ға дейін тең. Бұдан басқа, жылу, Атом және су электр станцияларын салу және іске қосу мерзімдері 5 жылдан 10 жылға дейін құрайды және айтарлықтай инвестицияларды талап етеді, ал энергия үнемдеуші технологияларды енгізу кезінде энергияны үнемдеу нәтижелері таяудағы бір-екі жылда алынуы мүмкін.

Сондықтан біздің елімізде энергияны тұтынуды төмендету қазіргі уақытта маңызды халықтық-шаруашылық проблемасын білдіреді, оның негізгі бағыттары 2012 жылғы 13 қаңтардағы №541-IV "энергия үнемдеу және энергия тиімділігін арттыру туралы" заңда тұжырымдалған. Қазақстан аумағында қолданылатын заң қоғамдық қатынастарды реттейді, энергия үнемдеу және энергия тиімділігін арттыру саласындағы жеке және заңды тұлғалар қызметінің құқықтық, экономикалық және ұйымдастырушылық негіздерін айқындайды.

Елдегі ең ірі электр энергиясын тұтынушылардың бірі (20% - дан астам) қалақты сорғы агрегаттары болып табылады, олардың басым бөлігі өнеркәсіпте, коммуналдық және ауыл шаруашылығында пайдаланылады. Айнымалы жүктемемен жұмыс істейтін сорғы қондырғыларында энергияны үнемдеудің ең тиімді тәсілдерінің бірі реттелетін электр жетегін (РЭП) қолдану болып табылады. Жиілік-реттелетін жетекті қолдану нәтижелерін талдау (ЧРП) бір жағдайда ол энергияның елеулі үнемдеуге әкеп соқтыратынын көрсетті, басқаларында - ол шамалы, үшіншіден - жетекті орнату үнемдеуді алуға әкелмейді. Іс жүзінде көбінесе техникалық неғұрлым қарапайым, ал экономикалық жағынан ең тиімді сорғы қондырғыларын басқару тәсілдері қолданылады, мысалы, сорғыдан шығуда қысымды тұрақтандыру. Энергия үнемдеу әлеуетін пайдалану дәрежесі, бұл ретте 15-30% - дан аспайды, бұл оның көп бөлігі реттелетін жетекті орнатқаннан кейін де, оны сатып алуға, монтаждауға және баптауға айтарлықтай шығындарға қарамастан, талап етілмеген күйінде қалатынына әкеледі. Мұндай жағдайдың негізгі себептерінің бірі сумен жабдықтау және су бұру жүйелерінің жұмысына ЖІТ әсерінің жеткіліксіз зерттелуі, сондай-ақ технологиялық сорғы қондырғыларымен қолдау көрсетілетін технологиялық процестің параметрлеріне байланысты ЖІТ

қолданудың орындылығы мен энергия тиімділігін анықтау жөніндегі ғылыми негізделген және практикада сынақтан өткізілген ұсынымдар болып табылады.

Дипломдық жұмыс сумен жабдықтау және су бұру жүйелерінде реттелетін жетекті қолдану негізінде қазіргі заманғы энергия үнемдеуші технологияларды енгізу мәселесін ашады.

Дипломдық жұмыстың мақсаты – электр энергиясының шығынын төмендету болып табылады. 0,4 кВ асинхронды электр жетектер мен электр тораптарында коэффициентті арттыру жолымен электр және энергетикалық ПӘК.

Қойылған мақсатқа жету үшін келесі міндеттерді шешу қажет:

- сорғы агрегаты үшін энергия үнемдейтін асинхронды қозғалтқышты (ЭАД) және оны құруды қамтамасыз ететін электромагниттік есептеу әдістемесін әзірлеу;

-ЭАД және ТАД, ПЧ-эад және ПЧ-ТАД қолдану негізінде құрылған сорғы агрегаттарының электр жетектерінің энергия тиімділігін бағалау және электр тұтынуды есептеу әдістемесін әзірлеу;

-ЭАД және ТАД, ПЧ-эад және ПЧ-ТАД негізінде құрылған сорғы агрегаттарының электр жетектерін электр тұтынуын модельдеу;

-ЭАД және ТАД, ПЧ-ЭАД және ПЧ-ТАД негізінде құрылған сорғы агрегаттарының электр жетектерін Эксперименталды зерттеу.

Жұмыстың құрылымы мен көлемі: дипломдық жұмыс кіріспеден, төрт бөлімнен, қорытындыдан, компьютерлік жиынтықтың 83 бетінде жазылған негізгі қорытындылардан тұрады, 13 сурет, 20 кестеден және 30 атаудан тұратын Пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады.

1 Сумен жабдықтау жүйесінің сорғы қондырғыларының жұмыс режимдерін басқарудың энергия үнемдеуші әдістері проблемасының қазіргі жағдайы

1.1 Сорғылар. Сорғы агрегаттары мен қондырғылары

Адам өмірі мен өндірістік қызмет үшін пайдаланатын басты ресурстардың бірі су және басқа да сұйықтықтар болып табылады. Оларды құбыржолдары арқылы тасымалдау үшін үш фазалы асинхронды электр қозғалтқыштарымен қозғалысқа келтірілетін сорғы агрегаттары мен қондырғылары қолданылады. Тек Қазақстанда таза және сарқынды суларды тасымалдауға ғана жыл сайын 120-130 млрд.кВт-сағат электр энергиясы жұмсалады, оның құны 215-235 млрд. теңгеге бағаланады. Электр энергиясының 30-40 %-дан сорғы агрегаттарының электр жетектерінің энергия тиімділігінің салыстырмалы төмендігінен және олардың қысымнан асып кетуінен жоғалады. Бұл адамдардың тыныс-тіршілігін қамтамасыз ету және өндірілетін өнімнің құнын көтеру себептерінің бірі болып табылады. Әлемдік қоғамдастықтың үрдісі ресурстарды тиімді пайдалану және өнімнің бәсекеге қабілеттілігін арттыру мақсатында электр энергиясын тұтынуды төмендету болып табылады. Осыған байланысты сұйықтықтарды сорғы агрегаттарымен тасымалдаудың энергия тиімділігін арттыру проблемасы бар.

Сұйықтықты тасымалдаудың жоғары емес энергия тиімділігінің себептерінің бірі электр желісінен ток пен индуктивті сипаттағы реактивті қуатты тұтынатын, қуат коэффициентін ($\cos\varphi$), электрлік пәк төмендететін дәстүрлі асинхронды қозғалтқыштардың (пәк) сорғы агрегаттарының электр жетектерінде пайдалану болып табылады, демек, энергетикалық ПӘК, олардың шығарылуына тең.

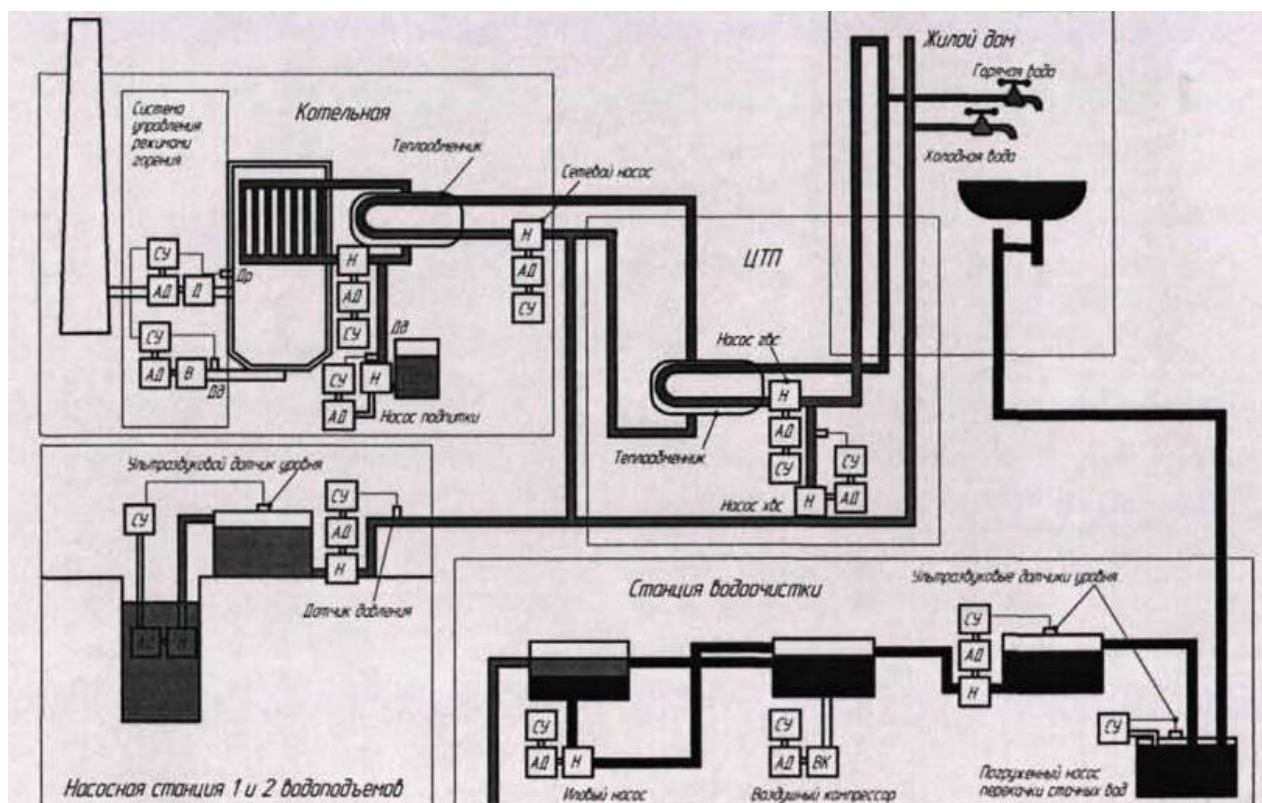
Техникалық кешендер мен сұйықтықты тасымалдау жүйелерінің, оның ішінде сорғы агрегаттарының асинхронды электр жетектерінің энергия тиімділігін арттыруға көптеген ғалымдар мен мамандардың ғылыми еңбектері арналған: Н. Ф. Ильинский, Г. Б. Онищенко, Б. С. Лезнов, Я. Н. Гинзбург және басқалар.

Сорғы-сұйықтықты энергияны жеткізетін және сұйықтықтың қысымын шығаратын гидравликалық машина. Сорғы электржетекпен және беру механизмімен (муфтамен, редуктормен, шкивпен және т.б.) жиынтықта сорғы агрегатын (НА) құрады. Қамтамасыз ететін жабдықтар кешені сорғыларды жұмысқа қажетті режимде тұратын бір немесе бірнеше сорғылық агрегаттар, құбырлар, бекіту және реттеу арматурасының, бақылау-өлшеу, басқару және қорғану аппаратуралары құрады сорғы орнату (СБ).

НУ жұмыс режимін сипаттайтын басты параметрлер қысым және беру болып табылады. Арын-берілген биіктікке сұйықтықты көтеру және құбырдағы үйкеліс күшін жеңу үшін қажетті сорғының арынды және сорғыш келтеқұбырларындағы сұйықтықтың үлестік энергияларының айырмашылығы. Беру-уақыт бірлігіне берілетін сұйықтық көлемі. НУ жұмыс

режимі-Жалпы жүйенің өзгермелі жұмыс жағдайларына сәйкес оның жабдықтарының белгілі бір жұмыс тәртібі.

Адам өмірін қамтамасыз ететін сорғы қондырғыларындағы сорғылардың орны мен ролі 1-суретте көрсетілген.



Н – сорғы; АД – асинхрондықозғалтқыш; СУ-басқару жүйесі; КТП - орталық жылу пункті

Сурет 1 – сумен жабдықтау, жылумен жабдықтау және су тазарту жүйесінің оңайлатылған схемасы

НУ негізгі жабдығына: сорғылар; сорғылар жетектері; реттеуші және бекіту арматурасы бар құбырлар жатады.

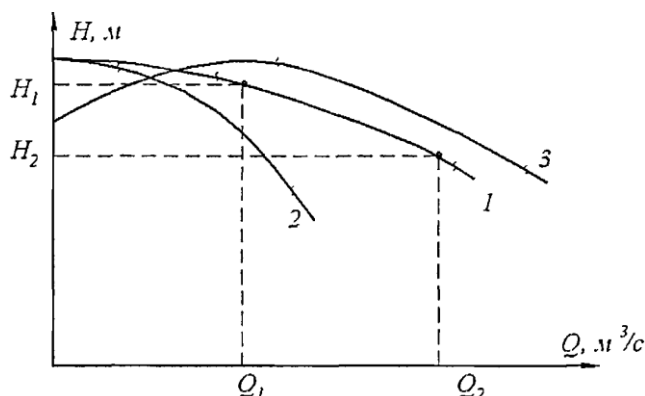
Сорғылар. (Н), қуат (N), пайдалы әсер коэффициенті (η) және сорудың рұқсат етілген вакуумдық биіктігі ($H_{\text{доп.вак}}$) (Q) жұмыс дөңгелегінің белгілі бір айналу жиілігі кезінде берілуден (Q) тәуелділігі сорғының негізгі сипаттамалары болып табылады.

Түрлері напорно-шығыс тәуелділіктердің $H=f(Q)$ сорғылардың ұсынылған суретте 1.2. Олар 1 қиғаш, 2 тік, үздіксіз төмендететін (тұрақты) немесе 3 лабильді болуы мүмкін, яғни шағын беру кезінде — өсіп келе жатқан, ал беру ұлғайған кезде — төмендейтін болуы мүмкін.

Орталық тепкіш сорғылардың қысым-Шығыс сипаттамалары квадраттық парабола учаскесінің теңдеуімен сипатталады:

$$H_n = H_{\phi} - S_{\phi} Q^2, \quad (1.1)$$

Мұндағы H_{ϕ} - нөлдік беру кезінде жалған арын, м; S_{ϕ} - гидравликалық жалған сорғы кедергісі, c^2/m^5 ; - беру, m^3/c .



Сурет 1.2 - Сорғылардың арынды-Шығыс тәуелділігінің түрлері

Сорғылардың жетектері. Сорғы жетегі үшін негізінен электр қозғалтқыштары қолданылады. Электр қозғалтқыштарынан сорғылардың жетектері үшін, әдетте, қысқа тұйықталған роторы бар асинхронды қозғалтқыштар, кейде фазалық роторы бар және синхронды қозғалтқыштар қолданылады. Қуаты 320 кВт - қа дейінгі электр қозғалтқыштары әдетте 220/380 в немесе 380/660 в номиналды кернеуге, ал үлкен қуатты қозғалтқыштар-6/10 кВ-ға орындалады

Құбырлар. Құбыр арматурасы. Сорғы станцияларының құбырлары-сорғылардың арынды және сорғыш желілері, сорғыш және арынды коллекторлар, әдетте, болат құбырлардан жасалады. НУ құбыр арматурасы ретінде ысырмалар, қақпақтар, кері клапандар қолданылады. Кері клапандар қысымды құбырлардан сұйықтықтың ағуын және оларды тоқтатқаннан кейін сорғылардың кері айналуын болдырмау үшін арналған. Құбыр түрі теңдеуімен сипатталатын $H_T = f(Q)$ тәуелділігімен сипатталады

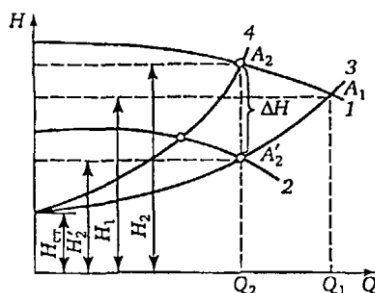
$$H_m = H_{cm} + S_m Q^2, \quad (1.2)$$

мұнда H_T - құбыр басындағы арын; S_T - құбырдың гидравликалық кедергісі; H_{cm} -сұйықтықты беру мен қабылдаудың геодезиялық белгілерінің айырмашылығымен анықталатын статикалық арын.

Сорғы агрегаттары мен қондырғыларының жұмыс режимдері. Су ұтыну режимі тәуліктік, апталық және т.б. су тұтыну кестелерімен сипатталады. Графиктер біркелкі емес коэффициенттермен сипатталады.

Сұйықтықты тұтынуға сәйкес беру мен қысымды әдейі өзгерту реттеу деп аталады. Орталықтан тепкіш сорғыларды реттеу ысырманың ашылу дәрежесін өзгерту жолымен, яғни дросселирлеумен, қысым желісінде немесе сорғылардың жұмыс дөңгелектерінің айналу жиілігін өзгерту жолымен жүзеге асырылады. Суретте 1.3 келтірілген қарай $H=f(Q)$ сорғы мен құбыр үшін аталған әдістердің реттеу. Бекітпені жаба отырып, құбырдың гидравликалық кедергісін арттырады. Бұл ретте $H_T = f(Q)$ сипаттамасының тіктігі артады. Жұмыс нүктесі A_1 1 сорғы сипаттамасының қиылысу нүктесі және 3

құбырдың сипаттамасы A_2 жағдайына ауыстырылады. Бұл жағдайда беру Q_2 дейін азаяды, сорғы арыны H_2 дейін өседі, ал құбырдағы арыны H_2 'мәніне дейін төмендейді. Төмендету қысым үшін жапқышы есебінен жүреді қысым шығындарының ΔH қақпада.



1- номиналды айналу жиілігі кезіндегі сорғының Q-H сипаттамасы; 2 — айналым жиілігі азайған кезде; 3 — бекітпені толық ашқан кезде құбырдың сипаттамасы; 4— бекітпені ашу дәрежесі азайған кезде; H_1-Q_1 берілуіне сәйкес келетін арын; $H_{ст}$ -Арынның статикалық құраушысы

Сурет 1.3-орталықтан тепкіш сорғының жұмыс режимін реттеу

Сорғы агрегаттарын электр тұтыну. Электр энергиясының шығындары. Қуаты N_i , η_i , Q_i беру кезінде H_i электр жетегі электр желісінен белсенді қуатты (P_{1i}):

$$P_{1i} = \frac{N_i}{\eta_i * \eta_{пр} * \eta_{эд}} = \frac{P_{2i}}{\eta_{пр} * \eta_{эд}}, \quad (1.3)$$

мұнда P_{2i} -электрқозғалтқыштың білігіне пайдалы қуат; $\eta_{пр}$, $\eta_{эд}$ — түрлендіргіш пен электрқозғалтқыштың п.к. Және қысыммен өзгермейтін, біркелкі берумен және t уақыты өндіріспен анықталатын W электр энергиясын тұтынады:

$$W = P_1 * t. \quad (1.4)$$

Нақты негізінде жұмыс істейді айнымалы берер Q_i , қысыммен H_i мен ПӘК η_i зависящим олардан. Мұндай үшін Q_i және H_i мәндерінің өзгеруін ескеретін электр энергиясының шығынын анықтауға мүмкіндік беретін инженерлік формулалар алынды;

Сорғы агрегаттары мен қондырғыларындағы электр энергиясының шығындары. Егер сорғы Арынның динамикалық құраушысының артуымен жұмыс істесе, яғни $\Delta H_j = H_j - H_n$, онда электр энергиясының артық шығыны теңдеумен анықталады. :

$$\Delta W_{\Sigma} = 9,81 * \sum Q_i \Delta H_i t_i / \eta_i, \quad (1.5)$$

мұндағы Q_i , ΔH_i ; - t_i уақытында арынды беру және арттыру.

$H(Q)$ сорғының және құбырдың тәуелділіктерін ескере отырып, теңдеу
(1.5)

Q (t) тұтырудың реттелген диаграммасын қабылдайды :

$$\Delta W_{\Sigma} = N_0 * T * W^* / \eta_n, \quad (1.6)$$

мұнда W^* - теңдеумен анықталатын Арынның артуынан туындаған электр энергиясының салыстырмалы шығындары:

$$W^* = \frac{H_n^*}{4} \left(\frac{H_{\Phi}^*}{H_n^*} - 1 \right) * (1 - \lambda)(1 - \lambda)^2. \quad (1.7)$$

1.2 Сорғы агрегаттарының электр жетектері

Сорғылардың жұмыс дөңгелектерінің айналуы үшін көбінесе реттелмейтін және реттелетін ауыспалы токтың электр жетектері қолданылады.

Сорғы жетегі үшін 220/380, 380/660 в, 6/10 кВ номиналды кернеуге асинхронды және синхронды қозғалтқыштар қолданылады.

$$n_2 = 60f - (1-s)/p, \quad (1.8)$$

мұнда f -куат беретін электр желісінің ток жиілігі; p - электр қозғалтқышы полюстерінің жұп саны;

$s = (n_1 - n_2) / n_1$ -сырғанау; n_1 -статордың магнит өрісінің айналу жиілігі.

Үлкен қуатты сорғы агрегаттарында реттелмейтін электржетегі кезінде сорғының жұмыс дөңгелегінің айналу жиілігін реттеу, әдетте, электр қозғалтқышының тұрақты айналу жиілігін сорғының жұмыс дөңгелегінің ауыспалы айналу жиілігіне түрлендіретін құрылғылар арқылы жүзеге асырылады. Мұндай құрылғыларға вариаторлар жатады: механикалық, гидравликалық және электромагниттік сырғу муфттары.

Механикалық вариаторлар. Сорғының жұмыс дөңгелегінің айналу жылдамдығы реттелмейтін Электржетек кезінде механикалық вариаторлармен өзгеруі мүмкін. n_1 вариаторының бұрыштық шкивінің айналу жиілігі қатынасымен анықталады:

$$n_1 = nk_n * R/r, \quad (1.9)$$

мұнда n -жетекші шкивтің айналу жиілігі; R , r -жетекші және ведомстволық шкивтердің радиустары; k_n -сырғанау коэффициенті қабылданатын мәні 0,9 -0,97.

Электромагниттік сырғу муфттары. Қуаты 250 кВт дейінгі сорғылардың айналу жиілігін реттеу үшін электромагнитті индукциялық сырғу муфттары (ИМС) қолданылуы мүмкін. ИМС сырғанау шығындары (10-15%) оның зәкірінде жылу түрінде бөлінеді

Гидравликалық муфттар. Электр жетегінің қуаты 2000-8000 кВт және айналу жиілігі 3000 айн/мин болатын сорғылардың айналу жиілігін реттеу үшін гидромұфттар (ГМ) қолданылуы мүмкін. Жұмыс сұйықтығына дөңгелектердің сырғуы есебінен АҚ білігінен алынатын энергияның бір бөлігі ГМ жоғалады. Гидромұфт пәк 80-90 % құрайды.

Сырғанауды өзгерту арқылы ақ айналу жиілігін реттеу. Айналу жиілігін сырғу өзгерісімен реттеу фазалық роторы бар АД-да мүмкін, оған Роторлық тізбекке қосымша кедергіні енгізумен қол жеткізіледі.

Сорғының электр жетегінде сырғанау қуатының жоғалуы ақ механикалық сипаттамасының түріне және сорғының айналу жиілігіне байланысты және теңдеумен анықталады:

$$P_s^* = (1-n^*)n^{*k}, \quad (1.10)$$

мұндағы n^* - сорғының айналу жиілігі; k - НА механикалық сипаттамасының көрсеткіші.

$K=2 \div 5$ PS тас сырғу қуатының ең үлкен шығыны сорғының номиналды қуатынан 8-15% диапазонында болады және бұл айналу жиілігіне ($0,65 \div 0,8$) $n_{\text{ном}}$ сәйкес келеді.

Мұндай электржетектің төмен құны оны шағын және орта қуатты сорғы қондырғыларында орынды етеді.

Асинхронды-вентильді каскадтың (АВК) сұлбасы бойынша сорғының электр жетегі. Бұл электржетекте АД айналу жиілігін реттеу ротордың фазалық орамасына енгізілетін ЭҚК-ні өзгерту жолымен жүзеге асырылады. Ротордың сырғу энергиясы АВК түрлендіргішінің көмегімен электр желісіне рекуперацияланады.

Статордағы кернеудің өзгеруімен АД айналу жиілігін реттеу. Белгілі бір диапазондағы АД айналу жиілігі статор орамасының қорек кернеуінің өзгеруімен реттелуі мүмкін. АД айналмалы моменті статор орамасының кернеу квадратына пропорционалды :

$$M = U^2. \quad (1.11)$$

Сондықтан кернеу өзгеруі Сорғы мен электр қозғалтқышының механикалық сипатының нысанын өзгертеді.

Реттеу кернеу статоре АД көмегімен жүзеге асырылады тиристорлық кернеу реттегіштің (ҮШ).

ТПН-АД жүйесінің артықшылығы қуат схемасының қарапайымдылығы, сенімділік, басқару және автоматтандыру ыңғайлылығы болып табылады. Сонымен қатар, бұл жүйенің негізгі кемшіліктері ротор орамасындағы айналу жиілігінде жұмыс істеу кезінде қуат шығынының едәуір артуы, соның салдарынан бұл жиіліктерде ұзақ жұмыс істеу мүмкін еместігі болып табылады. Сорғы агрегаттарының жетегі үшін ТРН-АД жүйесі кең таралмады.

Статор орамасының полюстері жұптарының санын өзгерту арқылы ақ айналу жиілігін реттеу. Бұл реттеу әдісі көп жылдамдықты тозақ негізінде жасалған сорғы жетегінде қолданылады. Статор орамасының полюстерінің жұп санын ауыстырғанда АД айналу жиілігі полюстердің жұп санының өзгеруіне кері пропорционалды өзгереді.

АД айналу жиілігін ток жиілігінің өзгеруімен реттеу. Айналу жиілігін ток жиілігінің өзгеруімен реттеу үшін кернеу мен жиіліктің белгілі бір қатынасында өзгертін үш фазалық көзі болуы қажет.

Электр жетектері үшін электр жетектері "жартылай өткізгіш жиілік түрлендіргіші - асинхронды қозғалтқыш" (ПЧ-АД) жүйесі бойынша кең таралған.

Жиілікті түрлендіргіштер екі негізгі түрге бөлінеді: тұрақты токтың аралық буыны бар ПЧ (АИН, АИТ); тікелей байланысы бар ПЧ (НПЧ). ПЧ базасында АИН с широтно-импульсті модуляцией (ШИМ) жоғары энергетикалық сипаттамасы, сонымен қатар, шығу ПЧ қамтамасыз етіледі нысанын қисық тоқ және кернеу, приближающиеся к синусоидальды.

Электржетектің барлық қарастырылған нұсқаларында қысқа тұйықталған немесе фазалық роторы бар дәстүрлі асинхронды қозғалтқыштар (ТАД) қолданылады. Олар дизайнның қарапайымдылығы, сенімділігі және төмен пайдалану шығындары сияқты танымал артықшылықтар мен артықшылықтарға ие.

Сонымен қатар, ТАД маңызды кемшіліктері бар, мысалы, олар магнит өрісін құру үшін электр желісінен индуктивті сипаттағы реактивті қуатты тұтынады. Бұл қозғалтқыштың қуат коэффициентін төмендетеді, демек, басқа жұмыс сипаттамаларын нашарлатады, мысалы, тұтынылатын ток артады, электр және энергетикалық ПӘК азаяды. "

Сонымен қатар, ТАД статорында бір үш фазалы орамның болуы осы қозғалтқышты электр желісіне қосу нұсқаларының санын шектейді, демек, сорғы агрегаттарының электр жетектерінің жұмыс және механикалық сипаттамаларын реттеу және өзгерту мүмкіндіктері.

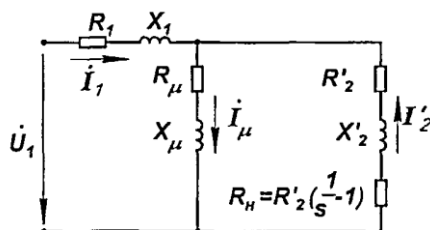
1.3 Дәстүрлі асинхронды қозғалтқыш электр энергиясын механикалық түрлендіргіш ретінде

Асинхронды машинаның алмастыру сұлбасы. Асинхронды машинаның жұмыс режимдерін аналитикалық зерттеу үшін оның электрлік ауыстыру сұлбаларын жиі пайдаланады. Асинхронды машинаның алмастыру электр схемаларының бірнеше конфигурациясы белгілі, мысалы, Т-тәрізді схема, Г-тәрізді схема,

Белгілі алмастыру сұлбаларын алу үшін бастапқы жағдай айналмалы роторы бар асинхронды машина тежелген роторы бар асинхронды машинамен ауыстырылады. Бұл m-фазалық асинхронды машинаны m-фазалық екі орамды трансформатор ретінде қарастыруға мүмкіндік береді. Бұл тұтынушының қуаты асинхронды машинаның білігіне салынған механикалық қуатқа пропорционалды.

Алмастыру схемасын бір фазаның ТАД ұсынуға болады Т-тәрізді электр схемасына ауыстыру, (1.3 сурет), мұндағы R_1, X_1 - белсенді және индуктивті қарсылық орамасының статор; R'_2, X'_2 - белсенді және индуктивті кедергісі, ротордың келтірілген статор орамасын; R_μ — белсенді қарсылық сипаттайтын анықтама энергияның магнитті машиналар жүйесі; X_μ — индуктивті кедергі, негізгі қозған орамдардың электр қозғаушы күштерін сипаттайтын

I_1 -статор орамасының ток кешені; I_2 -статор орамасының ток кешені; I_μ -магниттеуші контурдың ток кешені.;



1.4 сурет- Т-ТАД фазасын ауыстырудың бейнелі схемасы

Асинхронды машинаның механикалық және жылдамдық сипаттамалары. Механикалық және жылдамдық сипаттамаларының теңдеулері $\omega=f(M)$, $I_2=f(s)$ теңдеу жүйесінің (1.36) шешімінен және қозғалтқыш режимінде жұмыс істейтін машинаның қуат балансын қарастырудан алынуы мүмкін. Мысалы, г-тәрізді ақ ауыстыру схемасынан ротор тогының әрекет етуші мәні қатынасымен анықталады. :

$$I_2' = \frac{U_1}{\sqrt{(R_1 + R_2'/s)^2 + x_k^2}}, \quad (1.12)$$

мұнда $x_k = X_1 + X_2'$ - қысқа тұйықталу индуктивті кедергісі.

Машинаның статикалық механикалық сипаттамасының теңдеуі:

$$M = \frac{mU_1^2 R_2'}{\omega_1 s [(R_1 + R_2'/s)^2 + x_k^2]}. \quad (1.13)$$

Бұл функция экстремум нүктелеріне ие. Атап айтқанда, экстремумға сәйкес келетін СК сыни сырғуы s бойынша саралаумен (1.13) анықталады және осы туынды нөлге теңестіріледі:

$$s_k = \pm \frac{R_2'}{\sqrt{R_1^2 + x_k^2}}. \quad (1.14)$$

мұнда плюс белгісі қозғалтқыштық режимге және электромагниттік тежегіш режиміне, ал минус белгісі - генераторлық режимге сәйкес келеді.

Критикалық M_k моменттің шамасы (1.14) в (1.13) ауыстыру арқылы алынады:

$$M_k = \frac{mU_1^2}{2\omega_1 [R_1 + \sqrt{R_1^2 + x_k^2}]}. \quad (1.15)$$

(1.14) және (1.15) ескере отырып, механикалық сипаттаманың теңдеуі түрге түрлендіруге болады:

$$M = \frac{2M_k(1 + R_1 s_k / R_2')}{s/s_k + s_k/s + 2R_1 s_k / R_2'}. \quad (1.16)$$

Талдау (1.16) $s \leq s_k$ механикалық сипаттамасы іс жүзінде сызықтық және жақын тәуелділікті сипаттауға болады:

$$M \approx 2M_k s_k / s. (1.17)$$

Үлкен сырғу аймағында, яғни $s > s_k$, механикалық сипаттамасы гиперболиялық сипатқа ие және қатынасымен анықталады:

$$M \approx 2M_k s_k / s. (1.18)$$

Асинхронды машинаның механикалық сипаттамасы қаттылықпен бағаланады

$$\beta = - \frac{2M_k s_k (1 - R_1 s_k / R_1') * (s_k^2 - s^2)}{\omega_1 (s^2 + 2R_1 s_k^2 / R_2' + s_k^2)^2}. (1.19)$$

Инженерлік есептеулерде механикалық сипаттаманың квазилық жұмыс бөлігінің қаттылығын шамамен тұрақты шамамен бағалауға болады.

$$\beta = - \frac{2M_k}{\omega_1 s_k}. (1.20)$$

Яғни, механикалық сипаттаманың абсолютті қаттылық модулі сыни сырғуға кері пропорционалды.

Жылдамдық сипаттамасы, $\omega = f(I_2')$, асинхронды машина құрылуы мүмкін

теңдеу бойынша (1.13). Алайда, инженерлік тәжірибеде механикалық сипат теңдеуінен алынған ротор тогының өрнегі жиі қолданылады (1.16):

$$I_2' = \sqrt{\frac{2M_k (1 + R_1 s_k / R_2') \omega_1 s}{m (s/s_k + s_k/s + 2R_1 s_k / R_2') * R_2'}}. (1.21)$$

Егер ротордың номиналды тогы номиналды сәтте және номиналды сырғу түрінде білдірсе

$$I_{2H}' = \sqrt{\frac{M_H \omega_H s_H}{m R_2'}}. (1.22)$$

және (1.22) теңдеу, онда ротор тогын түр теңдеуімен көрсетуге болады:

$$I_2' = I_{2H}' \sqrt{\frac{2\lambda (1 + R_1 s_k / R_2')}{s_H (1/s_k + 2R_1 s_k / R_2' + s_k/s^2)}}, (1.23)$$

мұндағы $\lambda = M_k / M_H$ - машинаның қозғалтқыш режиміндегі жүктелу қабілеті.

Пайдалы әсер коэффициенті және АЖҚ қуат коэффициенті. АҚ үшін электр энергиясын пайдалы механикалық энергияға түрлендіру процесі белсенді қуат теңгерімінің теңдеуімен сипатталуы мүмкін

$$P_1 = m U_1 I_1 \cos \phi_1 = P_{\Sigma 1} + P_{M1} + P_{M2} + P_{\text{мех}} + P_{\text{д}} + P_2, (1.24)$$

мұнда P_1 - электр желісінен машинамен пайдаланылатын белсенді қуат; P_1 - статор орамындағы электр шығынының қуаты; P_{M1} - магниттік шығынның қуаты

$P_{\text{мех}}$ - механикалық ысыраптардың қуаты; $P_{\text{д}}$ - статор мен ротор орамаларының жоғары гармониктерімен, токтың ығыстырылуымен және басқа ескерілмеген факторлармен шартталған қосымша ысыраптардың қуаты; P_2 — қозғалтқыштың пайдалы механикалық қуаты.

Статор орамындағы электр шығынының қуаты машинаға түсетін жүктемеге байланысты. Статор орамасының ток квадратына пропорционалды

$$P_{\Sigma 1} = m I_1^2 R_1. (1.25)$$

Статор орамындағы шығындар жалпы шығынның 35-40% құрайды.

Ротор орамасындағы электр шығынының қуаты да машинаға жүктемеге байланысты. Ротор орамасының ток квадратына пропорционалды:

$$P_{\text{э}2} = mI_2^2 R_1'. \quad (1.26)$$

Токты ығыстыру әсерінен қосымша шығындарды есепке алмағанда, жүктемеге байланысты электр қуатын жоғалтуды сомамен анықтауға болады:

$$P_{\text{э}} = P_{\text{э}1} + P_{\text{э}2} = mI_1^2 R_1 + mI_2^2 R_1'. \quad (1.27)$$

Орнын ауыстырудың оңайлатылған г-тәрізді схемасын ескере отырып,

$mI_2^2 R_2' = M\omega_1 s$, өрнек (1.27) түрінде:

$$P_{\text{э}} = mI_1^2 R_1 + mI_2^2 R_2' = mI_2^2 R_2' (1 + R_1/R_2') = M\omega_1 s (1 + R_1/R_2'). \quad (1.28)$$

Гистерезис пен құйынды токтарға байланысты машинадағы магниттік шығындар магнит ағынының квадратына пропорционалды.

Жүктемеге байланысты емес қуат шығындары:

$$P_n = P_{\text{л}1} + P_{\text{мех}} + mI_{\mu}^2 R_1, \quad (1.29)$$

мұнда P_n - асинхронды машинаның тұрақты шығындары; $mI_{\mu}^2 R_1$ - машинаның магниттелу тогынан статор орамасының белсенді кедергісі.

Белсенді қуат баланс теңдеуі (1.24) түрінде:

$$P_1 = U_1 I_1 \cos \varphi_1 = P_{\text{э}} + P_n + P_{\text{д}} + P_2. \quad (1.30)$$

Қозғалтқыш режимінде жұмыс істейтін асинхронды машинаның пайдалы әсер ету коэффициентін мына формула бойынша есептеуге болады:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + P_{\text{э}} + P_n + P_{\text{д}}}. \quad (1.31)$$

Қазіргі заманғы асинхронды машиналардың пайдалы әсер коэффициенті номиналды жүктеме, $f_{1\text{н}}$ номиналды жиілігінде және $U_{1\text{н}}$ кернеуінде салыстырмалы бірліктерде құрайды: 1 кВт-қа дейінгі машиналар үшін 0,4-0,6,

1 - ден 100 кВт-қа дейінгі машиналар үшін 0,7 - 0,9, 1-ден 100 кВт-қа дейінгі машиналар үшін 0,9-0,92-қуаты 100 кВт-тан жоғары машиналар үшін.

Асинхронды қозғалтқыштардың пайдалы әсер ету коэффициенті олардың қуат коэффициенті мен тиеу коэффициентіне байланысты. КПД $\cos \varphi$ және қозғалтқышты жүктеу коэффициентінің азаюымен азаяды. Сондықтан асинхронды қозғалтқыштарды максималды $\cos \varphi$ және жүктеу коэффициенті (0,75 ÷ 1,0) $P_{2\text{н}}$ қолданған жөн.

АД атаулы пәк және қуат коэффициенттері мынадай диапазонда болады: қуаты 1,0 кВт - қа дейінгі қозғалтқыштар үшін-67-80% және 0,67-0,88; қуаты 10 кВт-қа дейінгі қозғалтқыштар үшін-84-88% және 0,80-0,91; қуаты 10 кВт - дан жоғары қозғалтқыштар үшін-89-92% және 0,85-0,93. Бұл коэффициенттері жүктеу қозғалтқыштардың төмен 0,75 $P_{2\text{н}}$. ҚНК және $\cos \varphi$ төмендейді.

Айнымалы токтың электр тұтынушыларының энергия үнемдеу көрсеткіші $\eta_{\text{эн}} = \eta_n * \cos \varphi_n$ шығаруына тең энергетикалық ПӘК болып табылады. Бұл

шамаға электр желісінен тұтынылатын номиналды ток айтарлықтай байланысты.

1.4 Асинхронды қозғалтқыштардың қуат коэффициентін арттыру бойынша техникалық шешімдерге шолу

Бірінші асинхронды қозғалтқышты әзірлеген сәттен бастап оның басты кемшілігі - төмен қуат коэффициенті, $\cos\phi$, машинаның энергия тиімділігін төмендететін.

Асинхронды-синхронды қозғалтқыштар. Мұндай қозғалтқыш әдеттегі асинхронды қозғалтқыштан айырмашылығы жоқ. Ол соңғы статорлық орам сияқты бірдей. Роторлық орам-фазалық және байланыс сақиналары бар. Осындай қозғалтқышпен бір білікке қоздырғыш орнатылған — қозғалтқыштың Роторлық орамасын қоректендіретін тұрақты ток машинасы. Сипатталған қозғалтқыш ұштастырады, өзіне қадір-қасиетін асинхронды қозғалтқыштар – жай жүріске жіберу үлкен бастапқы сәті мен қадір-қасиетін синхронды қозғалтқыштардың жоғары $\cos\phi$ қалыпты жұмысы кезінде.

1960-1970 жж қуатты электрониканың дамуымен асинхронды қозғалтқыштың қоздырғышы - тұрақты ток машинасы тиристорлық түзеткіш құрылғыға ауыстырылды. Ол келісуші трансформатор арқылы немесе асинхронды қозғалтқыш сияқты электр желісіне тікелей қосылған .

Синхрондалған асинхронды қозғалтқыштың статорлық орамасы, түзеткіш құрылғысы, Роторлық орамасы, коммутациялық аппарат байланыстары және Тиристоры бар.

Коэффициентті арттыру бойынша қарастырылған техникалық шешімдерге шолу ТАД қуаты көрсетеді:

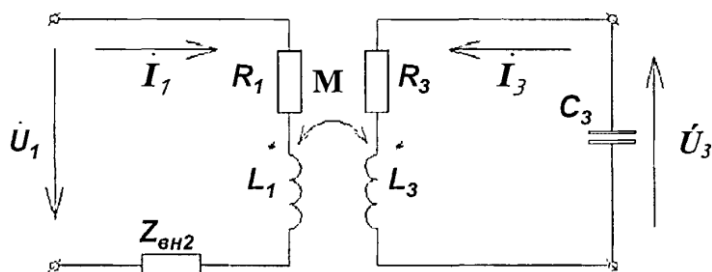
Асинхронды қуат коэффициентін арттыру үшін пайдалану арнайы электромеханикалық компенсациялаушы құрылғылардың қозғалтқыштарын, қозғалтқыштың білігімен механикалық қосылған қазіргі уақытта жүйенің күрделенуі мен сенімділігінің төмендеуіне байланысты тиімді емес.

Асинхронды роторға кіріктірілген тұрақты магниттерді қолдану реактивті қуатты ішінара өтеуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, асинхронды қозғалтқыш өзінің максималды айналу моментін азайтады, бұл қажетсіз. Дайындалған роторпасинхронды қозғалтқыштарды оларда тұрақты магниттерді "енгізу" жолымен қайта жаңарту тек мамандандырылған электр машина жасау кәсіпорындарында ғана мүмкін емес және қарапайым электр жөндеу кәсіпорындарында іс жүзінде мүмкін емес.

Асинхронды қозғалтқыштардың реактивті қуатының компенсациясы магнитті жүйеде және сыйымдылықты элементтердің орама сымдарында үлестірілген индуктивті сипаттағы реактивті қуаттың толық орнын толтыруға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, қазіргі уақытта магнитті жүйеде таратылған конденсаторларды дайындау технологиясы жоқ. Сондықтан мұндай

қозғалтқышты қолданыстағы электр машина жасау және жөндеу кәсіпорындары жағдайында дәстүрлі асинхронды қозғалтқыштарды қайта құру арқылы жасау мүмкін емес.

Реактивті қуаттың жеке компенсациясы бар энергия үнемдейтін асинхронды қозғалтқыш. Статор орамынан асинхронды қозғалтқыш роторының орамасына энергияны беру өзара индукция құбылысының арқасында жүргізіледі.



1.5 сурет - асинхронды қозғалтқыштың Электромагниттік сұлбасы

Дәстүрлі асинхронды қозғалтқыштың құрылымына қосымша, үшінші, орамды енгізу қажет. Бұл орам ыдыстық сипаттағы элементпен, яғни белгілі бір сыйымдылықтың конденсаторымен жүктелуі тиіс.

Қосымша, үшінші, орам жалпы жағдайда статорға немесе роторға орналастырылуы мүмкін.

Реактивті кедергі статорының бастапқы орамына "енгізілетін" шама, $X_{вн3}$, C_3 сыйымдылығының шамасынан басқа $\omega = 2\pi f$ токтың бұрыштық жиілігіне байланысты.

Өйткені жылдамдығы асинхронды қозғалтқыш роторының айналу байланысты сырғу, онда орналастыру кезінде қосымша, үшінші, орамасының арналған роторы, ток жиілігі, онда сайма-сай болмауына назар аудару қажет, яғни $f_3 = f_1 \cdot s$. Номиналды жылдамдықпен ротор айналғанда $s \approx 0,02 \div 0,05$ роторда орналасқан орамдағы ток жиілігі өте аз болады және 2-5 Гц құрайды. Сондықтан қосымша орамның шартын орындау үшін үлкен сыйымдылықтағы конденсаторды қосу қажет. Бұдан басқа, конденсаторды ротормен бірге айналатын орамаға қосу үшін қосымша ток түсіретін сақиналар мен щеткалы аппаратты жасау қажет, бұл қозғалтқыш құрылымын қиындатады. Сондықтан статорға қосымша орамды орналастыру орынды.

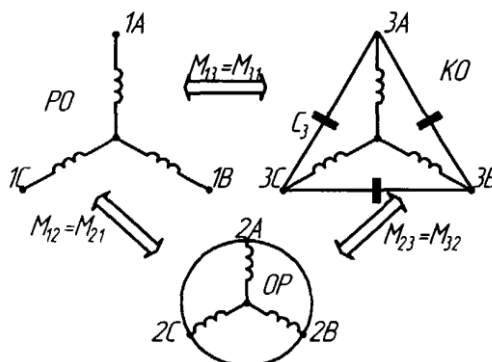
Реактивті қуаттың жеке компенсациясы бар энергия үнемдейтін асинхронды қозғалтқыштың құрылғысы және электромагниттік схемасы. ЭАД сияқты

және ТАД тиісті m -фазалық орамдары бар статор мен ротор бар. Ротор ақ қысқа тұйықталған немесе фазалық орындалуы мүмкін яғни ротордың магнит құбыры пакетінің Пазына салынған ораммен. ТАД жұмыс m -фазалық статор орамынан басқа, ЭАД-ға қарағанда, жұмыс орамасы сияқты магнит өткізгіш пакетінің сол ойықтарында статорда орналасқан m -фазалық компенсациялық орамнан тұрады. Арнайы мақсаттағы айналыстағы машиналарда компенсациялық орама ротордың магнит өткізгіш

саңылауларында орналастырылуы мүмкін. Жұмыс және өтемдік орамдардың басы мен ұштары клеммникті шығарады.

Электрмагниттік сұлба нұсқаларының бірі қозғалтқыштың реттелмейтін жұмыс режимдерін қамтамасыз ететін ЭАД-ның электрмагниттік сұлбасы 1.6 суретте көрсетілген, мұнда РО-статордың жұмыс орамы; ОР-ротордың орамы; КО-ротордың компенсациялық орамы; C_3 -компенсациялық конденсаторлар.

ЭАД дизайны толық немесе ішінара өтеуге мүмкіндік береді, ал қажет болған жағдайларда индуктивті кедергіні қайта қалпына келтіру егер m -фазалық компенсациялық орамға сыйымдылық сипатындағы m - фазалық тұтынушы, мысалы, m -фазалық конденсатор қосса, оған сыйымдылық сипатындағы кедергінің магнит өрісі арқылы "енгізу" жолымен машина.



1.6 сурет – ЭАД электрмагниттік сұлбасының нұсқасы

Сондықтан ЭАД қалыпты жұмыс режимдерінде конденсаторларды пайдалануды болжайды. Бұл конденсаторлар машинаның ішінде, корпусында немесе қозғалтқышты басқару станциясында орнатылуы мүмкін. Қажет болған жағдайда, мысалы, апаттық жұмыс режимдерінде – конденсаторлар немесе компенсациялық орамдар істен шыққан кезде, ЭАД оларсыз, ТАД сияқты, бірақ оның қуатының кейбір төмендеуімен жұмыс істей алады.

Ортадан тепкіш сорғылармен тек таза және ағынды суларды айдауға Қазақстанға 120-130 млрд.кВт-сағ электр энергиясы жұмсалады. Жер үсті суларын пайдалану кезінде пайдалану шығындарының жалпы сомасындағы электр энергиясының құны 40-50% құрайды, ал жер асты суларын пайдалану кезінде бұл көрсеткіш 80% - ға дейін артады. Электр энергиясын тұтыну мен ысыраптардың тағы да көп болуы сорғы агрегаттары мен өнеркәсіптік кәсіпорындардың қондырғыларында орын алады.

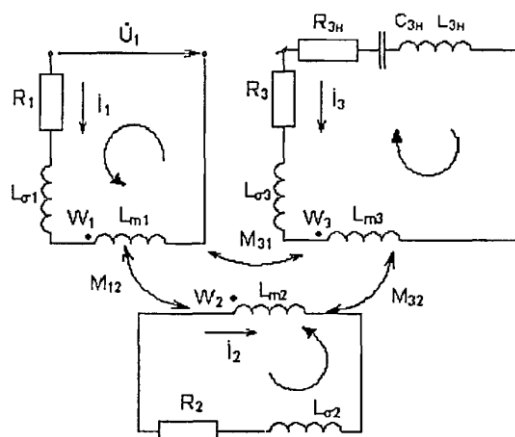
Сұйықтықты сорғыш агрегаттармен және қондырғылармен тасымалдау процесінде тұтынылатын электр энергиясының 28-ден 45 % - ға дейін біржола жоғалады. Бұл көптеген себептерге байланысты. Сондай-ақ, электр жетегінің сапасы мен мүмкіндіктеріне байланысты, сорғы агрегаттарының қысымынан, олардың жұмыс режимдерінен артуынан аса көп шығындар орын алады.

2 Электромагниттік есептеу әдістемесін талдау асинхронды қозғалтқышы бар реактивті қуаттың жекекомпенсациясы

Бұл қозғалтқыштарды реттелмейтін электржетектерде қолдану, мысалы, мұнай станоктар-тербелістер, созу орнақтары, желдеткіштер және басқа да тетіктердің энергия тиімділігін көрсетті ЭАД Электр машиналарын өндірушілер әзірге сериялық емес, дайындалады. Бұл электрмагнитті есептеу әдістемесі әлі түпкілікті қалыптаспағандықтан және оларды құру және пайдалану тәжірибесі жинақталмағандығымен түсіндіріледі. Сондықтан ЭАД негізінен электр жөндеу кәсіпорындарында оларды жөндеу кезінде АЖТ статорларының орамдарын қайта жаңарту жолымен құрылады.

2.1 Реактивті қуаттың жеке компенсациясы бар асинхронды қозғалтқышты ауыстырудың электр схемасын зерттеу

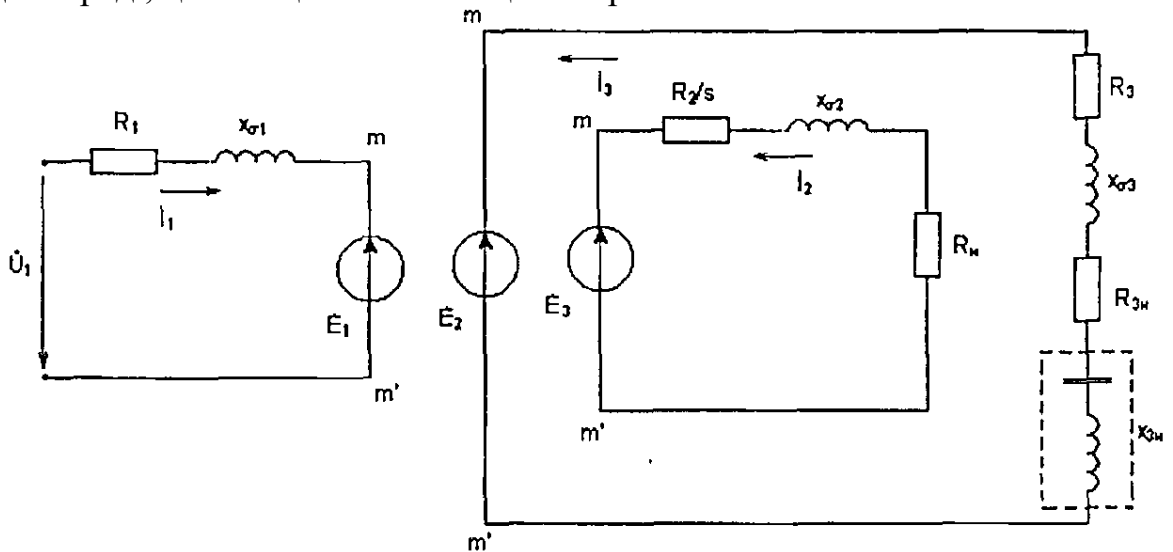
Суретте 2.1 бейнеленген оңайлатылған электрмагниттік схемасы үшін бір фазаның ЭАД с заторможенным ротор, т. е. при скольжении ротордың $s=1,0$, мұндағы: W_1, W_2, W_3 - айдың фазалардың орам жұмыс статор, ротор, өтемақы орамасының орналастырылған пазах статор; R_1, R_2, R_3 - активті кедергісін жоғарыда аталған орамдар; L_{a1}, L_{a2}, L_{a3} - индуктивтілік орамдар жылғы магнит ағынын сейілту; L_{m1}, L_{m2}, L_{m3} - орамалардың тиісті токтарынан туындаған жұмыс магнит ағынынан орамдардың индуктивтілігі; $M_{12} = M_{21}, M_{31} = M_{31}, M_{32} = M_{23}$ - орамалардың өзара индуктивтілігі; R_{3H}, I_{3H}, C_{3H} - қосымша (компенсациялық) орамның шығыстарына қосылатын белсенді кедергі, индуктивтілік және жүктеме сыйымдылығы; $R_{3H} = 0, L_{3H} = 0$ энергия үнемдеу режимінде ЭАД жұмыс істеген кезде; U_1 - жұмыс істеп тұрған электр энергиясының I_1, I_2, I_3 - статордың жұмыс орамасының, Ротор орамасының және статордың компенсациялық орамасының қолданыстағы ток мәндерінің кешені.



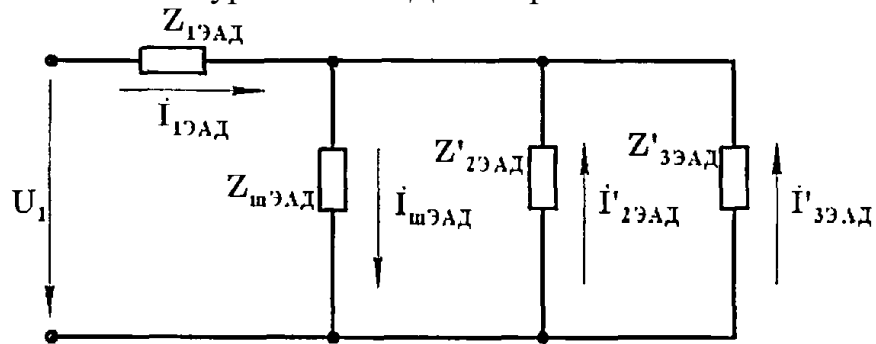
Сурет 2.1-ЭАД бір фазасының Электрмагниттік схемасы.

RH ретімен R_2/s қосылған кезде Роторлық тізбектің белсенді кедергісі өзгермейді, яғни $R_2/s = R_2/s + R_H = R_2/s + R_2(1/s - s) = R_2/s$. Алайда, бұл ЭАД жұмыс

сипаттамаларын нақты түрде есептеу кезінде механикалық қуатты ескеруге мүмкіндік береді, қозғалтқыш білігіне қоса берілген.



Сурет 2.2- ЭАД электр схемасы



Сурет 2.3-ЭАД ауыстырудың Электрлік Т-тәрізді схемасы

Инженерлік практикада асинхронды қозғалтқыштың жұмыс сипаттамаларын есептеу үшін Т-тәрізді электр ауыстыру схемасының орнына жиі жеңіл Т-тәрізді ауыстыру схемасы қолданылады. Ол ZM магниттелу тармағын схеманың кірісіне көшіру арқылы Т-тәрізді ауыстыру схемасынан алынады. Бұл жағдайда жаңа алмастыру сұлбасының параметрлерін есептеу бастапқы Т-тәріздес сұлба қуатының тең болу шартымен орындалады.

Суретте көрсетілген электрлік ауыстыру схемасы ЭАД жұмыс және механикалық сипаттамаларын есептеуге мүмкіндік береді.

Электрлік Т-тәрізді ЭАД алмастыру сұлбасы АҚ электромагниттік есептеуінде қолданылуы мүмкін.

2.2 Реактивті қуаттың жеке компенсациясы бар асинхронды қозғалтқыштың компенсациялық конденсаторының сыйымдылығын анықтау

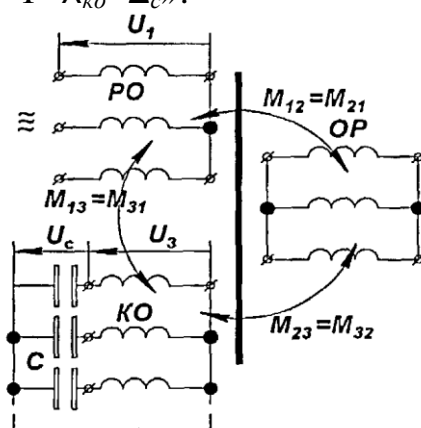
Реактивті қуаттың жеке компенсациясы бар энергия үнемдейтін асинхронды қозғалтқышты жасау кезінде компенсациялаушы конденсатордың сыйымдылығын анықтау міндеті туындайды.

Пайдалану кезіндегі ЭОД жүйесінде ПЧ-АД, яғни жағдайында айналу жылдамдығын реттеу өзгеруіне жиілігін өзгертеді реактивті қуат индуктивных және сыйымдылық элементтерінің қозғалтқыш. Сондықтан, қоректендіргіш кернеудің номиналды жиілігі үшін оңтайлы болып табылатын компенсациялық конденсатордың сыйымдылығы номиналдан ерекшеленетін жиіліктер кезінде оңтайлы болмайды. Бұл компенсациялық конденсатордың реактивті қуаты ток жиілігіне пропорционалды, ал индуктивті ақ элементтерінің реактивті қуаты жиілікке кері пропорционалды, яғни. $Q_L = U_L^2/2\pi fL$, $Q_c = U_c^2 c2\pi fC$.

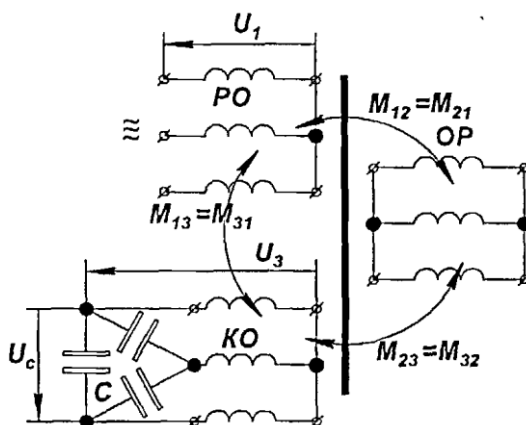
Бұдан басқа, компенсациялық конденсатордың реактивті қуаты эад компенсациялық орамадағы кернеу квадратына пропорционалды болғандықтан, оның шамасы жұмыс және компенсациялық орамдардың арасындағы трансформация коэффициентіне, орамалардың бір-бірімен және компенсациялық конденсатормен қосылу схемасына байланысты болады.

Электрмагниттік схемада 2.4 сурет: жұмыс орамы (РО) схемаға қосылған «λ.» («жұлдыз»); компенсациялық орама (КО) " λ " схемасына қосылған; компенсациялық конденсатор (с) "ная" схемасына қосылған; КО нөлдік нүктелері және өзара қосылған; РО, КО орамдары мен ротор орамасы (ОР) арасындағы электрлік (әлеуетті) байланыс жоқ, яғни трансформаторлық (т.) барлық орамдар арасындағы байланыс жоқ. Бұл схеманы шартты белгілермен белгілейміз «λ_{po}— Т - λ_{ко}— λ_с» .

Электрмагниттік схемада 2.5 сурет-Схемадан айырмашылығы 2.4 сурет-компенсациялаушы конденсаторлар «Үшбұрыш» («Δ») схемасына қосылған. Бұл схеманы белгілейміз «λ_{po}- Т -λ_{ко} -Δ_с».



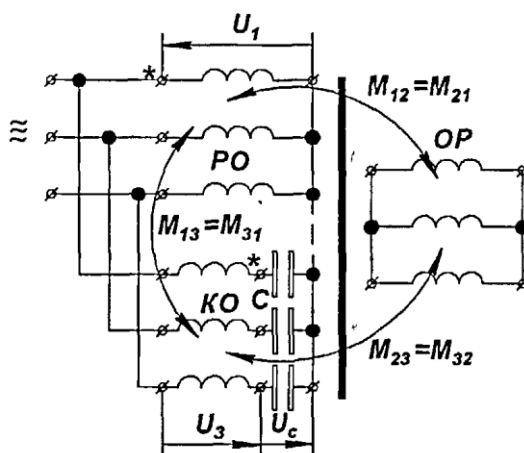
Сурет 2.4 – Электрмагниттік ЭАД «λ_{po}— Т - λ_{ко}— λ_с» сұлбасы.



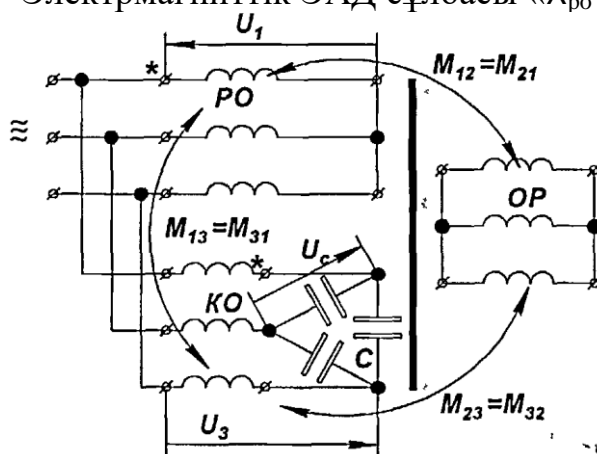
Сурет 2.5 – Электрмагниттік ЭАД « λ_{po} - T - λ_{ko} - Δ_c »сұлбасы

Электрмагниттік схемада, 2.6 сурет, жұмыс және компенсациялық орамдар рет-ретімен, яғни автотрансформаторлық схемаға (АТ) қосылған, сонымен қатар РО « λ » схемасына және КО бастамасына компенсациялық конденсаторлар қосылған. Бұл схеманы белгілейміз« λ_{po} - АТ $_{ko}$ - λ_c ».

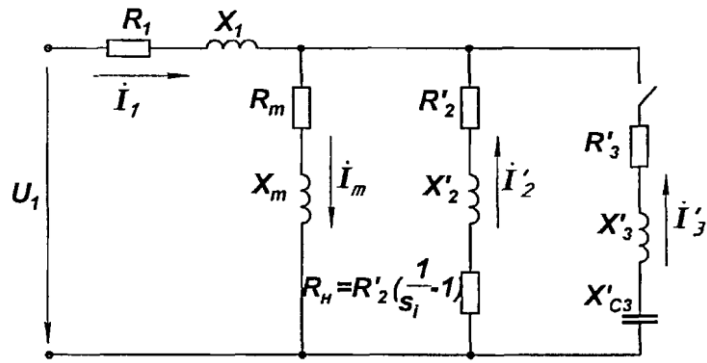
Электрмагниттік схема 2.7 сурет-2.6 суреттегі Схемадан айырмашылығы, компенсациялық конденсаторлар « Δ »схемасына қосылған. Бұл схеманы белгілейміз« λ_{po} - АТ $_{ko}$ - Δ_c ».



2.6 сурет - Электрмагниттік ЭАД сұлбасы « λ_{po} - АТ $_{ko}$ - λ_c ».



2.7 сурет - Электрмагниттік ЭАД сұлбасы « λ_{po} - АТ $_{ko}$ - Δ_c ».



Сурет 2.8 - ЭАД ауыстыру сұлбасы

$$R_{\Sigma} = R_1 + \frac{\frac{R'_2 * Z_m^2}{s_1} + R_m * Z'_{22}}{Z_m^2 + Z'_{22} + 2 \left(\frac{R'_2 * R_m}{s_1} + X'_2 * X_m \right)}, \quad (2.1)$$

$$X_{\Sigma} = X_1 + \frac{R'_2 * Z_m^2 + R_m * Z'_{22}}{Z_m^2 + Z'_{22} + 2 \left(\frac{R'_2 * R_m}{s_1} + X'_2 * X_m \right)}, \quad (2.2)$$

$$L_{\Sigma} = X_{\Sigma} / 2\pi f_i; \quad Z_{\Sigma} = \sqrt{R_{\Sigma}^2 + X_{\Sigma}^2}; \quad \sin \varphi_{\Sigma} = X_{\Sigma} / Z_{\Sigma}; \quad \cos \varphi_{\Sigma} = R_{\Sigma} / Z_{\Sigma}. \quad (2.3)$$

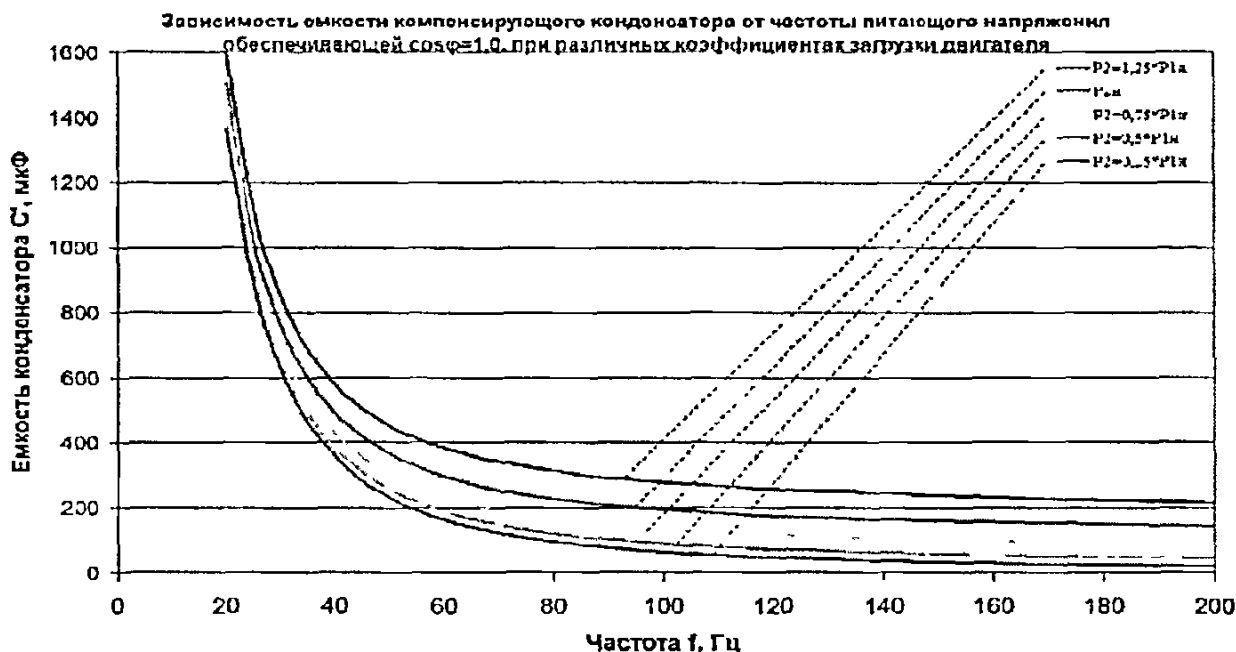
(2.1-2.3) өрнектерде: $X_1 = 2\pi f_1 L_1$; $X_m = 2\pi f_1 L_m$; $X'_2 = 2\pi f_1 L'_2$;

$Z_1 = \sqrt{R_1^2 + X_1^2}$; $Z_m = \sqrt{R_m^2 + X_m^2}$; $Z_2 = \sqrt{(R'_2 + R_n)^2 + X'^2_2}$; $s_i - s_{xx} \div s_n \div s_k -$

ΔS_j қадамымен өзгертін қозғалтқыштың білігіне қосылатын жүктемеге пропорционалды сырғу, мұнда s_n -номиналды сырғу;

$$s_K = \frac{C_1 R'_2}{\sqrt{R'_2 + (X_1 + C_1 X'_2)^2}}; \quad C_1 \approx 1 + X_1 / X_m. \quad (2.4)$$

(2.3-2.4) теңдеулері N1 Matlab бағдарламасында номиналды қуаты 55 кВт, SMR—250-2 типті ЭАД алмастыру электр сұлбасын модельдеу әдісімен жұмысқа қабілеттілікке тексерілді. Модельдеу кезінде компенсациялаушы конденсатор сыйымдылығының f_1 қоректендіргіш кернеу жиілігінің функциясына және қозғалтқышты жүктеудің әртүрлі коэффициенттеріне тәуелділігі зерттелді. Модельдеу нәтижелері 2.9 суретте көрсетілген.



2.9 сурет - $C(f_1)$ функциясын модельдеу нәтижелері.

2.3 Реактивті қуаттың жеке компенсациясы бар асинхронды қозғалтқышты электромагниттік есептеу әдістемесі мен алгоритмі

Электромагниттік есептеу әдісі есептеу алгоритмімен түсіндіріледі.

2.10-суретте ЭАД есептеу алгоритмінің ірілендірілген блок-схемасының нұсқасы келтірілген. Бөлім блок-схемасын іске асырады параметрлерін есептеу өтемдік орамасының және қайта есептеу параметрлері, жұмыс орамасының ТАД.

1-блокта жобаланатын қозғалтқыштың бастапқы деректерін енгізу жүзеге асырылады: $P_{2н}$, $U_{1н}$, p , айналу осінің биіктігі h , $\eta_{эн.жс}$, ротор түрі, қорғау дәрежесі, салқындату тәсілі, оқшаулаудың қызуға төзімділігі сыныбы, электротехникалық Болаттың маркасы және оның сипаттамалары. 2-блокта магнит өткізгіштің өлшемдерін алдын ала анықтау жүзеге асырылады - статор мен ротордың негізгі геометриялық өлшемдері. 3-блокта статор орамасы, A_1 статорының сызықтық ток жүктемесі есептеледі.

4-блокта A_1 есептік желілік токтық жүктеменің $A_{1д}$ қозғалтқыштың-аналогтың рұқсат етілген сызықтық токтық жүктемеге сәйкестігі тексеріледі. 5 блогында анықталады: статор арқалығының биіктігі; Паз пішіні, Паз биіктігі және статордың тісті бөлінуі; b_{31} тісшесінің ені; Паздың басқа да геометриялық өлшемдері және Паздың көлденең қимасының ауданы $S_{П1}$; Пазды толтыру коэффициенті, орама сымның диаметрі d_1 статордың жылу жүктемесі W_1 . 6-блокта W_1 есептік жылу жүктемесінің $W_{1д}$ рұқсат етілген жылу жүктемесіне сәйкестігі тексеріледі. 7 немесе 8-блоктарда қысқа тұйықталған немесе фазалық ротор паздарының пішіні мен геометриялық өлшемдері; тиісті ротор орамдарының параметрлері анықталады. 9 блокта келесі есептеулер жүзеге асырылады: магнитті тізбектің параметрлері және магниттеуші токтың шамасы; қозғалтқыштың басты индуктивті кедергісі; K_H

магнитті жүйесінің қанығу коэффициенттері және τ_1 статорының шашырауы статор мен ротор орамдарының активті және индуктивті кедергілері. 10-блокта қанығудың есептік коэффициентінің сәйкестігін тексеру орындалады

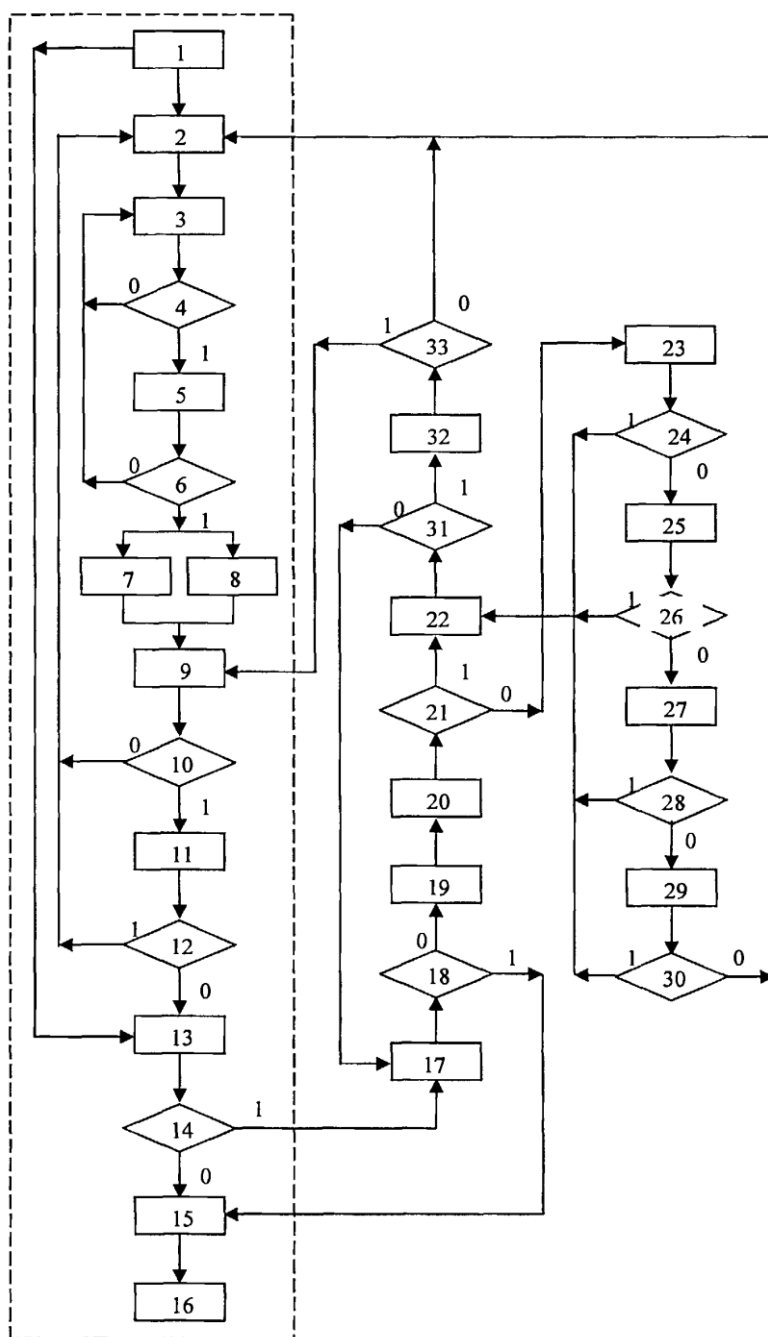
қанығудың рұқсат етілген коэффициенті $K_{нд}$, яғни $K_n \leq K_{нд}$. 11-ші блокта E_0 бос жүрістің ЭҚК есептеледі, ал 12-ші блокта E_0 рұқсат етілген $E_{0д}$ мәніне сәйкес E_0 есептік мәнін тексеру жүзеге асырылады, яғни $E_0 < E_{0д}$.

13 блогында қозғалтқыштың сипаттамалары анықталады: бос жүрісте жұмыс істеу кезінде; номиналды жүктемемен жұмыс істеу кезінде; жұмыс және механикалық сипаттамалар; бастапқы іске қосу сәті және бастапқы іске қосу тогы, ең жоғары сәт, жобаланатын ЭҚ $\eta_{эн}$ энергетикалық ПӘК.

14-блокта есептік энергетикалық ПӘК сәйкестігі тексеріледі қалаулы энергетикалық ПӘК $\eta_{эн.жс}$, т. е.

$$\eta_{эн} \leq \eta_{эн.жс} \quad (2.5)$$

Егер $\eta_{эн} \geq \eta_{эн.жс}$ 15 блогында орындалады: қозғалтқыштың жылу есебі және есептеу қозғалтқыштың динамикалық параметрлерін және оның массасын есептеу. 16-Блок есептеу хаттамасын шығаруды жүзеге асырады және АД есебін аяқтайды.



2.10 сурет - Блок-схема алгоритма расчета ЭАД

Алгоритм блок-схемасының ерекше бөлігін егжей-тегжейлі қарастырайық.

Егер энергетикалық ПӘК-нің есептік мәні $\eta_{эн.}$ қалаулы энергетикалық ПӘК $\eta_{эн.ж.}$ ТҚК 17 блогында компенсациялауға жататын реактивті қуаттың шамасы және компенсациялаушы конденсатордың реактивті қуаты есептеледі.

18 блогында шарт тексеріледі

$$Q_3 \leq Q_{min}. \quad (2.6)$$

Егер шарт (2.6) орындалса, онда есептеу 15-ші блокқа ауысады және 16-ші блокта аяқталады. Егер шарт орындалмаса, онда 19 блокта компенсациялық орама жүктемесінің $X_{С3}$ сыйымдылық кедергісі, оның

номиналды тогы I_{3H} , компенсациялық конденсатордың сыйымдылығы C_3 анықталады.

Содан кейін есептеледі: компенсациялық орамның N_3 орамдарының саны, диаметрі орама сымы d_3 .

20 блогында Паз толтыру коэффициентін ескере отырып, жұмыс және өтемдік орамдардың $S_{1,3}$. 21 блогында шарт тексеріледі

$$S_{1,3} \leq S_{III}. \quad (2.7)$$

Егер шарт (2.7) орындалса, онда 22 блокта статордың сызықтық ток жүктемесі $A_{1,3} = A_{\Sigma}$ екі фазалы ораммен және тиісті токтармен есептеледі.

Егер шарт (2.7) орындалмаса, онда 23 блокта тереңдетілген ойықтың биіктігі h_{IIIY} статор арқалығында B_{C1max} ең жоғары рұқсат етілген индукция жағдайынан және тереңдетілген ойықтың S_{IIIY} ауданы есептеледі. 24 блогында шарт тексеріледі

$$S_{IIIY} < S_{III}. \quad (2.8)$$

Егер шарт (2.8) орындалмаса, онда 25 блогында жаңа

b_{31y} тішесінің ені, ең жоғары рұқсат етілген индукция жағдайынан B_{31max} тішеде, және ауданы терең және кеңейтілген Паз S_{IIIY} . 26 блогында шарт тексеріледі

$$S_{1,3} < S_{IIIY}. \quad (2.9)$$

Егер шарт (2.9) орындалмаса, онда 27 блокта токтың максималды рұқсат етілген тығыздығын ескере отырып, d_{1y} , d_{3y} орам сымдарының кішірейтілген диаметрлері таңдалады $j_{1,3d}$ жұмыс және компенсациялық орамдардың $S_{1,3y}$ жиынтық ауданы есептеледі.

28 блогында шарт тексеріледі

$$S_{1,3y} < S_{IIIY}. \quad (2.10)$$

Егер шарт (2.10) орындалмаса, онда 29 блокта N_{1y} , N_{3y} орамдарының орамдарының санын азайту анықталады, жұмыс және компенсациялық орамдардың $S_{1,3y}$ жиынтық ауданы есептеледі.

30 блогында шарт тексеріледі

$$S_{1,3y} < S_{IIIY}. \quad (2.11)$$

Егер шарт (2.11) орындалмаса, онда 2-блокта жобаланатын қозғалтқыштың магниттік жүйесінің өлшемдері өзгертіледі және қозғалтқыштың басқа нұсқасының параметрлері есептеледі.

(2.8-2.11) 24, 26, 28, 30 блоктарының шарттарын орындау кезінде 22 блокта $A_{1,3}$ желілік ток жүктемесінің есебі жүзеге асырылады. 31 блогында шарт тексеріледі

$$A_{1,3} < A_{Don}. \quad (2.12)$$

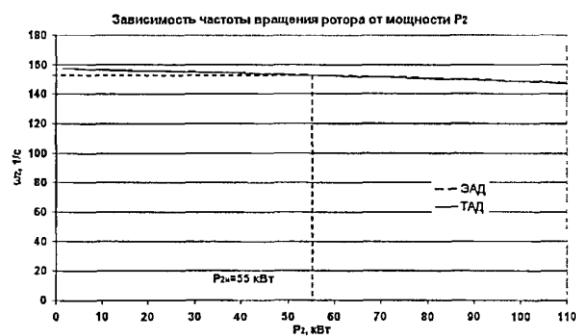
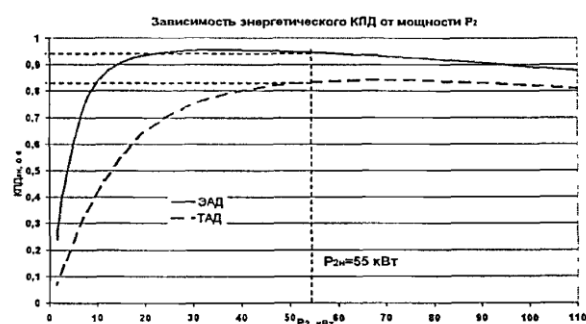
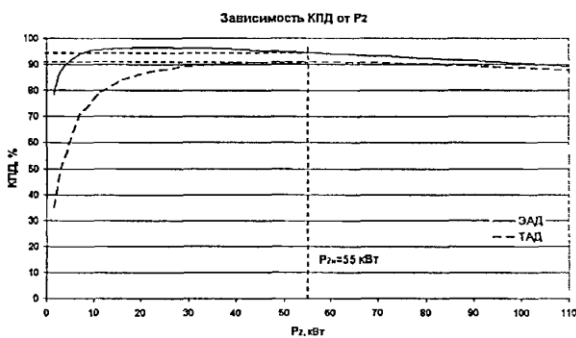
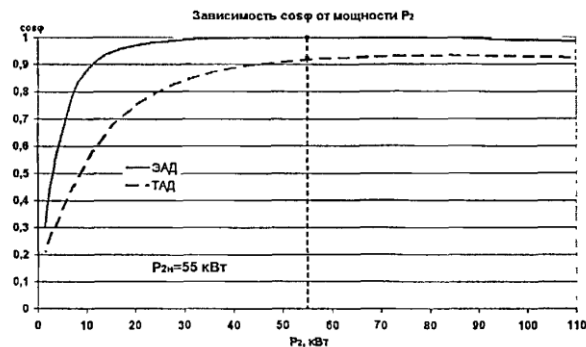
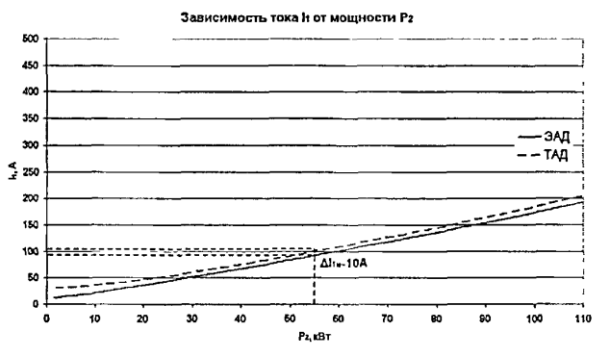
2.4 Сорғы агрегаттарының электр жетектері үшін дәстүрлі асинхронды қозғалтқыштарды энергия үнемдейтін етіп қайта жаңарту

Электрмагниттік есептеулердің әзірленген әдістемелерінің негізінде (ЭАД-ға ТАД қайта есептеу) «жылуландыру» трестінің екі сорғы агрегатының және «тау-кен байыту кәсіпорны» жақ шлам сорғысының жұмыс істеп тұрған ТАД қайта жаңартуы орындалды. 2.1-кестеде бастапқы номиналды, орама деректері және қайта жаңартылатын ТАД және ЭАД ауыстыру схемасының параметрлері келтірілген.

2.1-кесте-құрылған ТАД және ЭАД ауыстыру схемасының номиналды, орама деректері және параметрлері

Параметрлері қозғалтқыш	Қозғалтқыштардың түрлері					
	Трест «Теплофикация»				ЗАО «ГОП»	
	4А112М2У3		АИР 180S 2У3		4А225М4У3	
	ТАД	ЭАД	ТАД	ЭАД	ТАД	ЭАД
$P_{2н}, кВт$	7,5	7,5	22,0	22,0	55,0	55,0
$U_{1н}, В$	220	220	220	220	220	220
η_n о.е.	0,875	0,91	0,885	0,92	0,925	0,935
$\cos\varphi$, о.е.	0,88	1,0	0,91	1,0	0,9	1,0
$I_{1н}, А$	14,8	12,5	41,3	36,2	100,1	89,1
X_μ , о.е.	3,7	8,14	3,6	7,92	4,2	8,4
R_1 о.е.	0,046	0,058	0,039	0,049	0,027	0,034
X_1 о.е.	0,058	0,044	0,091	0,068	0,086	0,065
R'_2 , о.е.	0,028	0,028	0,020	0,020	0,015	0,015
X'_2 , о.е.	0,14	0,14	0,11	0,11	0,14	0,14
R'_3 , о.е.	-	0,061	-	0,05	-	0,04
X'_3 , о.е.	-	0,011	-	0,017	-	0,016
СЗ мкФ на фазу	-	8	-	24	-	27
w_1/w_3 , в пазу	26	25/25	28	26/26	26	25/25
n/a	2/1	2/1	3/2	3/2	3/4	3/4
d/d'	1,25/1,33	1,08/1,16	1,25/1,33	1,08/1,16	1,40/1,48	1,25/1,33
z_1/z_2	24/22	24/22	36/28	36/28	48/38	48/38

«Гоп» жақ шламды сорғы агрегатына арналған үш қайта жаңартылған қозғалтқыштардың бірінің (4А225М4У3) жұмыс және механикалық сипаттамалары 2.11-суретте келтірілген.



2.11 сурет – қозғалтқыштың жұмыс және механикалық сипаттамалары (4A225M4У3) «гоп» жақ шламдық сорғы агрегаты үшін

2.1-кестенің талдауынан, АЖҚ және ЭАД жұмыс және механикалық сипаттамаларынан қорытынды алынады.:

1) ЭАД номиналды тогы (89,1 А) ТАД номиналды тогынан (100,1 А) 11-ге аз. %;

2) ЭАД қуатының номиналды коэффициенті (1,0) 10-ға ТАД (0,9) қуатының номиналды коэффициентінен жоғары%;

3) ЭАД номиналдық пәк (93,5%) атад номиналдық пәк (92,5%) 1-ге жоғары%;

4) ЭАД энергетикалық ПӘК (93,5 %) ТАД энергетикалық ПӘК (83,25%) 10,25-ке артық%;

5) айналмалы сәттің айналу жиілігінің қозғалтқыштардың қуатына тәуелділігі бірдей;

6) ЭАД механикалық сипаттамасы бірдей номиналды сәттер кезінде үлкен қаттылыққа және 23% - ға үлкен іске қосу және сыни сәттерге ие.

Сорғы агрегатына арналған қайта құрылған қозғалтқыш өзінің энергетикалық сипаттамалары бойынша дәстүрлі асинхронды қозғалтқыштан

асып түседі. Орамалық деректер, қайта құру технологиясы, Электр жөндеу цехы жағдайында ЭАД қайта есептеу үшін компьютерлік бағдарлама «ММК» ААҚ компаниялар тобының «ГОП»ЖАҚ-ның бас энергетигі қызметіне берілді.

«Теплофикация» трестінің жылу пунктiнiң сорғы агрегаттарының дәстүрлі қозғалтқыштары (4А112М2УЗ, АИР 180S 2УЗ) Магнитогорск қаласындағы "электро»өлік" МП электржөндеу цехында есептелген орама деректері бойынша қайта жаңартылды. Орама мәліметтері, қайта құру технологиясы, Электр жөндеу цехы жағдайында ЭАД қайта есептеуге арналған компьютерлік бағдарлама»электр көлігі»МП. Қозғалтқыштарды сынау хаттамалары қосымшада келтірілген.

Электр энергиясын үнемдейтін асинхронды қозғалтқыш компенсацияланған болып табылады, яғни, ол белгіленген жұмыс режимдерінде реактивті токты пайдаланбайды және бір бірлікке тең қуат коэффициенті бар, $\cos\varphi = 1,0$. Электр жетегінің электр тұтынуын есептеудің белгілі әдістемесінде асинхронды қозғалтқыштың электр параметрлері қолданылмайды, оның ішінде қуат коэффициенті – $\cos\varphi$.

Энергия үнемдейтін асинхронды қозғалтқыштың пәк тиеу коэффициентіне және оның өтемдік конденсаторы сыйымдылығының шамасына байланысты болады. Дәстүрлі ақ пәк реактивті қуатты өтейтін қандай да бір құрылғыларды қолдануға байланысты емес.

Жүйеге қатысты энергия үнемдейтін асинхронды қозғалтқыш электрмен жабдықтауды электр энергиясын тұтынушы ретінде және реактивті қуат компенсаторы (КРМ) ретінде қарастырған жөн. Электр тұтынуды үлгілеудің белгілі әдістемесі КРМ қолдануды ескере отырып, сорғы станцияларын электрмен жабдықтау жүйесіндегі қуат шығынын есептеуді қарастырмайды.

Бойынша немесе моменті бойынша артық тиеу фактісінің болуы.

Әдістеме электр тұтынуды және оның реттелмейтін және реттелетін электр жетектері үшін оның түрленуінің тиімділігінің басты көрсеткіштерін анықтауды қарастырады: ТАД, эад, ПЧ-ТАД, ПЧ-эад.

Сорғы агрегаттарының асинхронды электр жетектерінің әртүрлі нұсқаларының энергия тиімділігін салыстырмалы бағалау бір типті сорғылар мен сұйықтықты беру графиктері үшін жүзеге асырылады.

Белгілі әдістемеден электр тұтынуды бағалаудың әзірленген әдістемесінің басты ерекшеліктері:

- Сорғының пәк және Ақ беру функциясында, қозғалтқыштың айналу жиілігіне, кернеуге, қуат көзінің ток жиілігіне және ЭАД компенсациялайтын конденсатордың сыйымдылығына байланысты анықталады.;

- сорғы станциясын электрмен жабдықтау жүйесіндегі электр қуатының шығындары электрмен жабдықтау жүйесі элементтерінің электр параметрлерін және жүктеменің электр параметрлерін-электр жетектерін ескере отырып анықталады.;

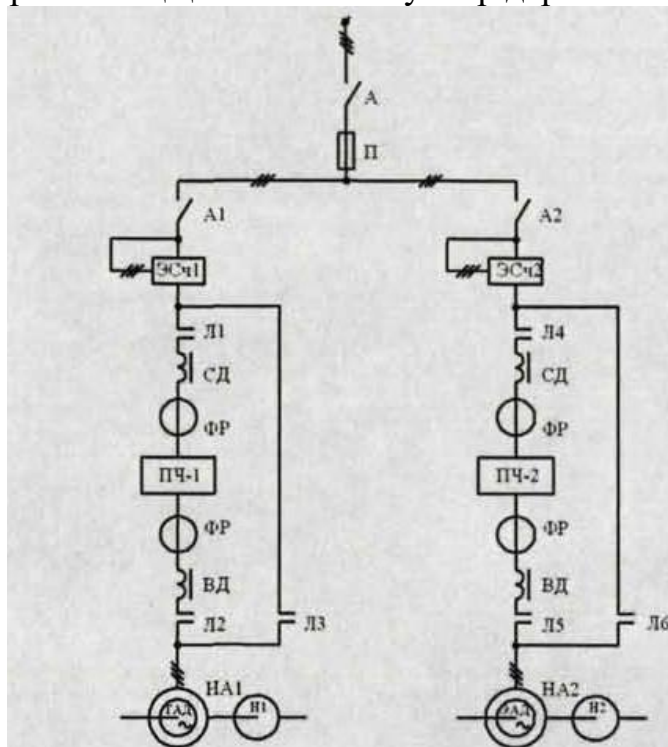
- энергия тиімділігі көрсеткіштерін, сорғы агрегаттарының зерттелетін электр жетектерін бағалау кезінде бір мезгілде қозғалтқыштарды эквивалентті қуат және эквивалентті сәт бойынша тексеру жүзеге асырылады.;

- әдістеме ТАД негізінде де, ЭАД негізінде де құрылған сорғы агрегаттарының реттелетін және реттелмейтін электр жетектерінің энергия тиімділігін бағалау үшін пайдаланылуы мүмкін.

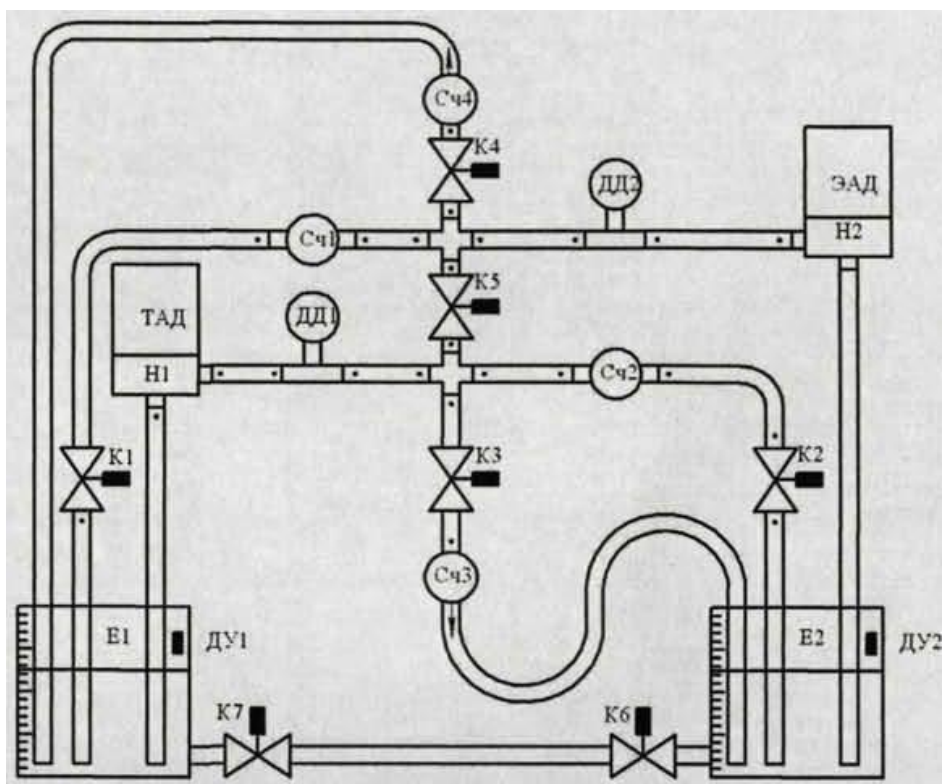
3 Сорғы агрегатының ЭАД және ТАД, ПЧ-ЭАД және ПЧ-ТАД негізіндегі электр жетектерін талдау

3.1 Сорғы агрегатының ЭАД және ТАД, ПЧ-ЭАД және ПЧ-ТАД негізіндегі электржетектерге қойылатын талаптар

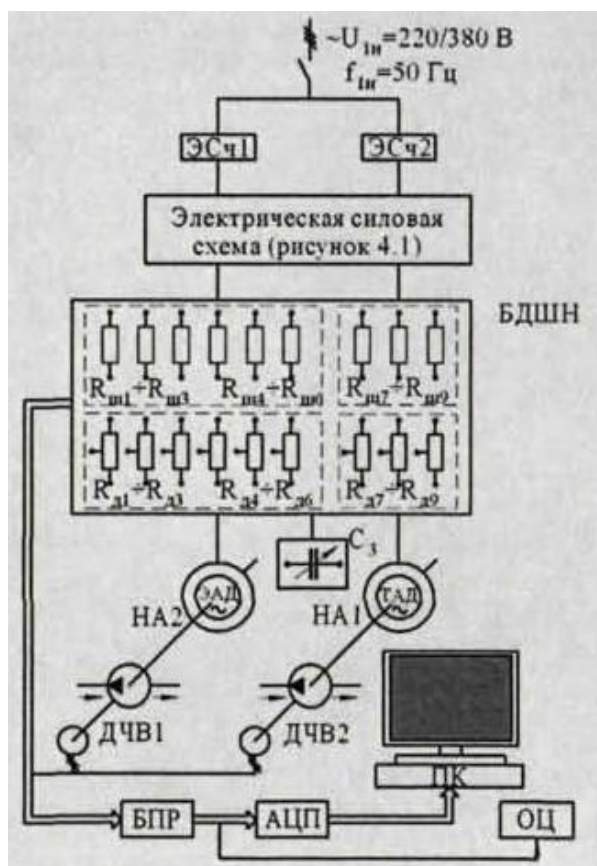
3.1, 3.2, 3.3, 3.4 суреттерінде, бұл жерде: НА1,НА2 сорғы агрегаттарына; АҚ, ТААД-АИР 71В2 У3 типті энергия үнемдейтін және дәстүрлі асинхронды қозғалтқыштар; ДЧВ1, ДЧВ2-айналу жиілігінің датчиктері ТГ-1; ЭСч1÷ЭСч2 - электр энергиясының есептеуіштері; БДШН-шунттар және кернеу бөлгіштер блогы; Жұмыс орамы сызығындағы $R_{Ш1}-R_{Ш3}$ - шунттар, ЭАД 75 ШС компенсациялық орама сызығындағы $R_{Ш4}-R_{Ш6}$ - шунттар (1,5 А); С 3-фазаға К73-46 (а), 0,5-1,5 мкФ типті компенсациялық конденсаторлар, $U_H = 750$ В; БПР – Prosoft-е фирмасының РС3 типті әлеуетті айрықтың блогы; 1 - CARD фирмасының Е 14-440 типті АЦП-аналогтық-сандық түрлендіргіш; FLUK199С сандық типті ОЦ - осциллограф; ПК - Fluke View ScopeMeter v. 4.1. орнатылған бағдарламалық қамтамасыз етуі бар дербес компьютер



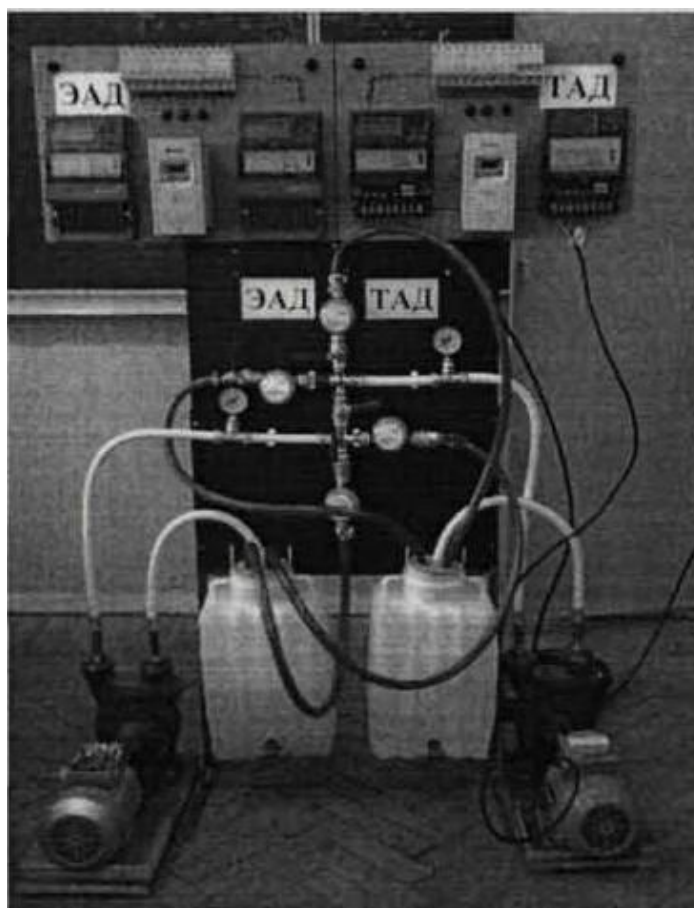
Сурет 3.1-эксперименталды электржетектің күштік схемасы



Сурет 3.2 - эксперименталды электржетектің гидравликалық схемасы
3.4 суретінде электр жетегінің жалпы түрі келтірілген ЭАД және ТАД негізінде.



Сурет 3.3 – Эксперименттік электржетегінің ақпараттық – өлшеу схемасы



Сурет 3.4 - эксперименталды электржетектің жалпы түрі.

3.2 ЭАД және ТАД негізінде сорғы агрегаттарының электр жетектерін эксперименталды зерттеу

Сорғы агрегаттарының электр жетектерін эксперименттік зерттеу бағдарламасы мүмкіндік беруі керек:

- энергия тиімділігі көрсеткіштерін алу;
- әзірленген теориялық негіздемелерді растау ЭАД жобалау әдістемесі;
- электр жетектеріне қосымша талаптар әзірлеу;
- ЭАД пайдаланудың техникалық-экономикалық орындылығын негіздеу сорғы агрегаттарының реттелмейтін және реттелетін жетектерінде.

Зерттеудің эксперименттік бөлігі екі кезеңнен тұрады.

1. Сорғы агрегатының ЭАД және ТАД негізінде реттелмейтін электр жетегін зерттеу.

2. Сорғы агрегатының ПЧ-АД және ПЧ-ТАД негізіндегі реттелетін электр жетегін зерттеу.

Зерттеудің бірінші кезеңі бірдей электржетектерді қоректендіруде жүзеге асырылады

$U_{1H}=220/380$ өнеркәсіптік электр желісінен НА1, НА2 сорғы агрегаттары
 $B, f_{1H}=50$ Гц.

Зерттеудің екінші кезеңі ЭЛЕКТРЖЕТЕКТЕРДІ жиілік түрлендіргіштерінен қоректендіргенде - ОМ1, ОМ2 жүзеге асырылады. Бірінші кезеңнің схемаларына ұқсас ЭАД және ТАД статорларының орамдарын біріктіру сұлбалары. Сорғылардың берілуін реттеу олардың жұмыс дөңгелектерінің айналу жиілігін өзгертумен жүзеге асырылады, яғни сорғы агрегаттары арынды асырмай жұмыс істейді. Электржетектің жұмыс режимі орнатылған, ұзақ $t_p > 1,5$ сағат.

Су шығыны (су шығыны) СГВ 15 Бетар типті Сч1-Сч4 есептегішімен, қысымы М1 манометрлерімен, МТЗ типті М2. К1, К2 ысырмаларымен реттелетін әртүрлі Qj берілістері үшін бірнеше рет жоғарыда келтірілген параметрлерді тіркеді. Алынған параметрлер статистикалық талдаудың стандартты бағдарламасы арқылы өңделген. Өлшенген параметрлердің орташа мәндері 3.1-кестеде келтірілген. Электр жетектерінің жұмыс істеу режимдерін және тікелей іске қосу осциллограммаларының фрагменттері келтірілген.

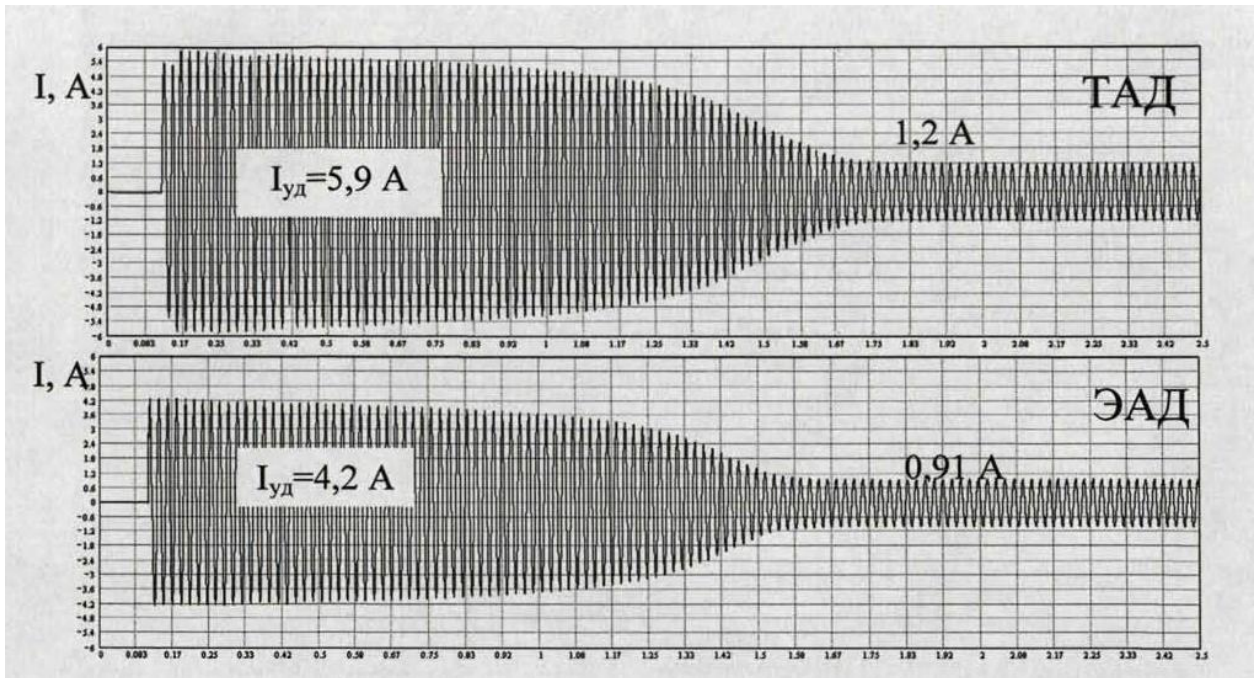
3.5 сурет тікелей іске қосу кезінде Электржетек токтарының осциллограммаларын талдау келесі қорытындылар жасауға мүмкіндік береді.:

1) соққы (іске қосу) тогы ЭД (4,2 а) іске қосу тогынан ТАД (5,9 а) аз 1,4 есе, яғни 28,8-ге аз %;

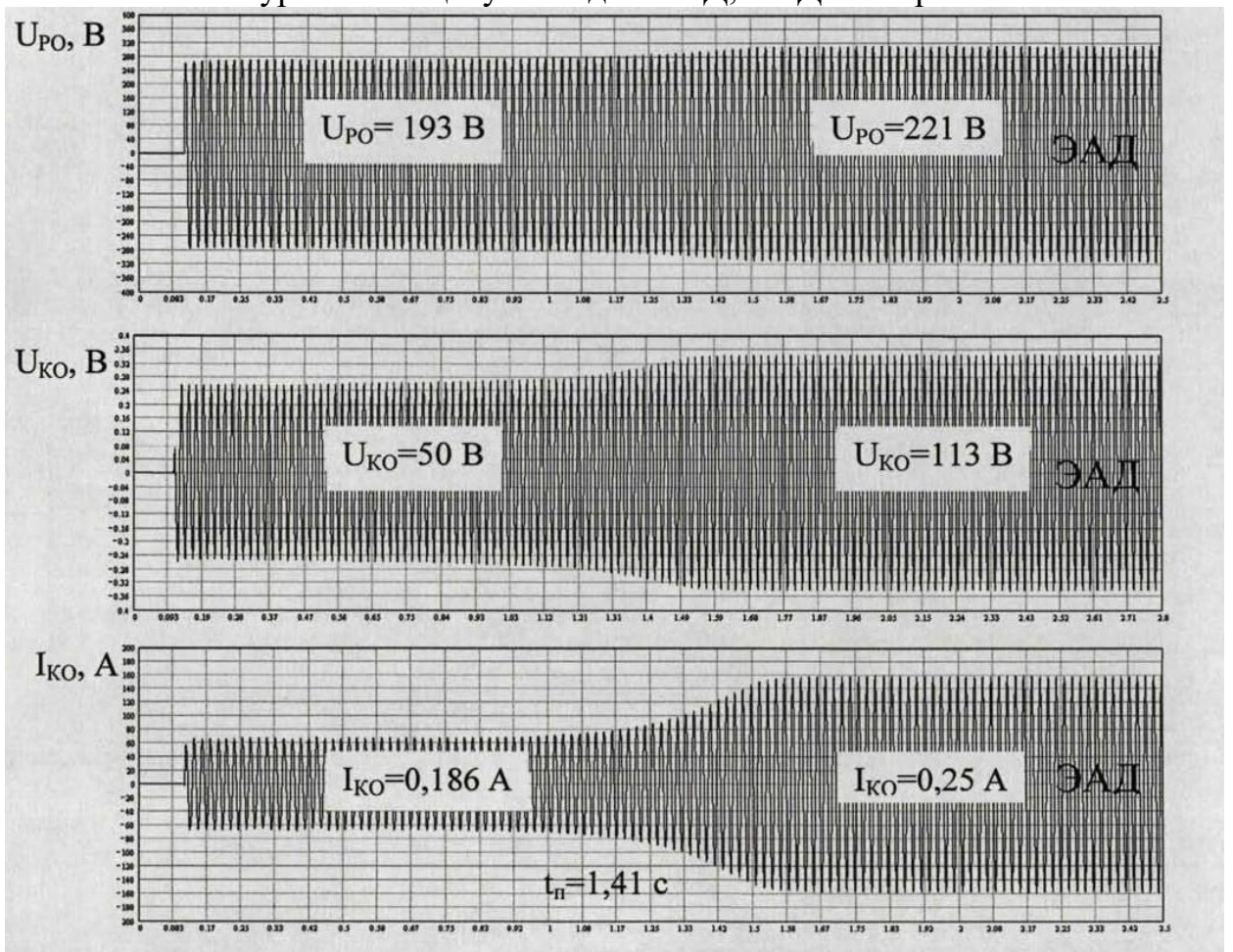
2) орнатылған ток (0,91 А) ТАД (1,2 А) тогынан 24,2 % - ға аз.

3.1-кесте-сорғы агрегаттарының реттелмейтін электр жетектері жұмысының көрсеткіштері

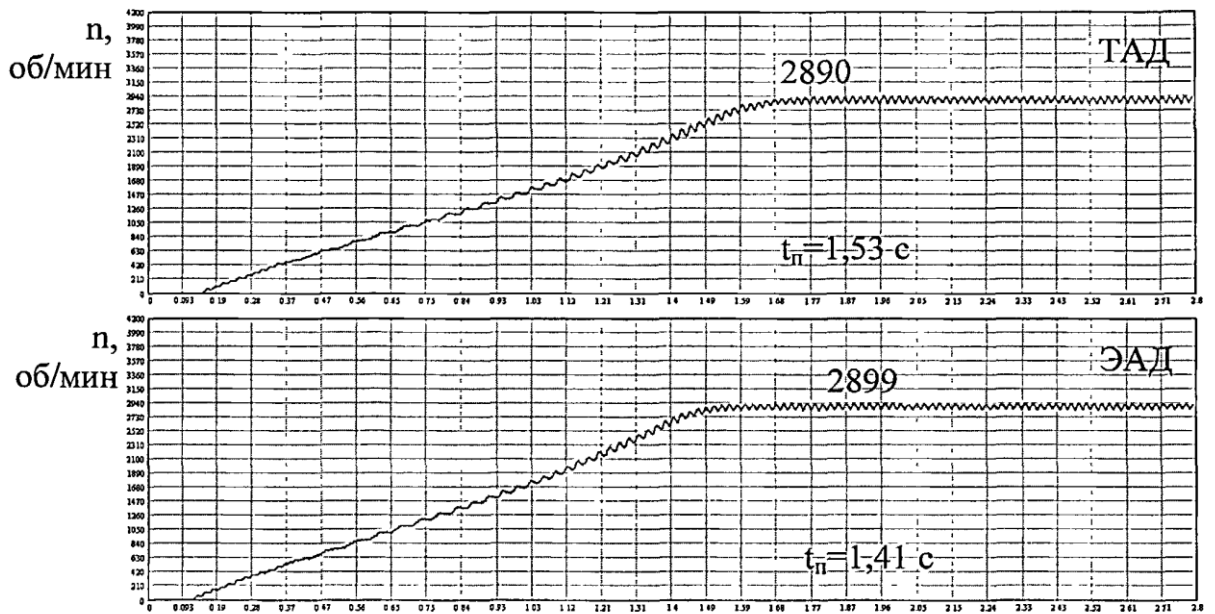
№ п/п	Өлшенген											Есептелді	
	U ₁ , В	I ₁ *, А	I ₃ *, А	P ₁ *, Вт	Q ₁ *, ВАр	S ₁ *, ВА	cosφ*, о.е.	n ₂ об/мин	t _i , час	Q _Σ *, м ³	W ₁ *, кВтчас	W _y *, кВтчас/м ³	ΔW _y , %
1	225	0,71/1, 07	0,27	470/ 510	95/5 07	479/ 719	0,98/0, 71	2930	1,5/ 1,8	1,11/1, 33	0,705/0,9 20	1,497/1,739	7,97
2	225	0,71/1, 10	0,26	470/ 533	95/5 14	479/ 740	0,98/0, 75	2928	2,0/ 1,5	1,6/1,2	0,929/0,7 80	1,311/1,51	11,86
3	225	0,79/1, 11	0,26	527/ 592	75/4 60	532/ 750	0,99/0, 79	2925	1,7/ 2,0	1,7/2,0	0,896/1,1 85	1,298/1,49	10,98
4	225	0,91/1, 20	0,26	607/ 674	87/4 53	614/ 812	0,99/0, 83	2915	2,3/ 1,8	2,99/2, 34	1,397/1,2 13	1,388/1,605	9,84
5	225	1,11/1, 41	0,25	743/ 864	106/ 394	750/ 949	0,993/ 0,91	2900	1,5/ 1,7	3,0/3,4	1,114/1,4 69	1,64/1,896	14,1
6	225	1,49/1, 80	0,25	1006 /113 5	0/44 8	1006 /122 1	1,0/0,9 3	2870	1,8/ 2,0	7,2/8, 0	1,812/2,2 71	1,94/2,237	11,2
Жиыны:										17,6/1 8,27	6,864/7,8 57	0,39/0,43	9,3



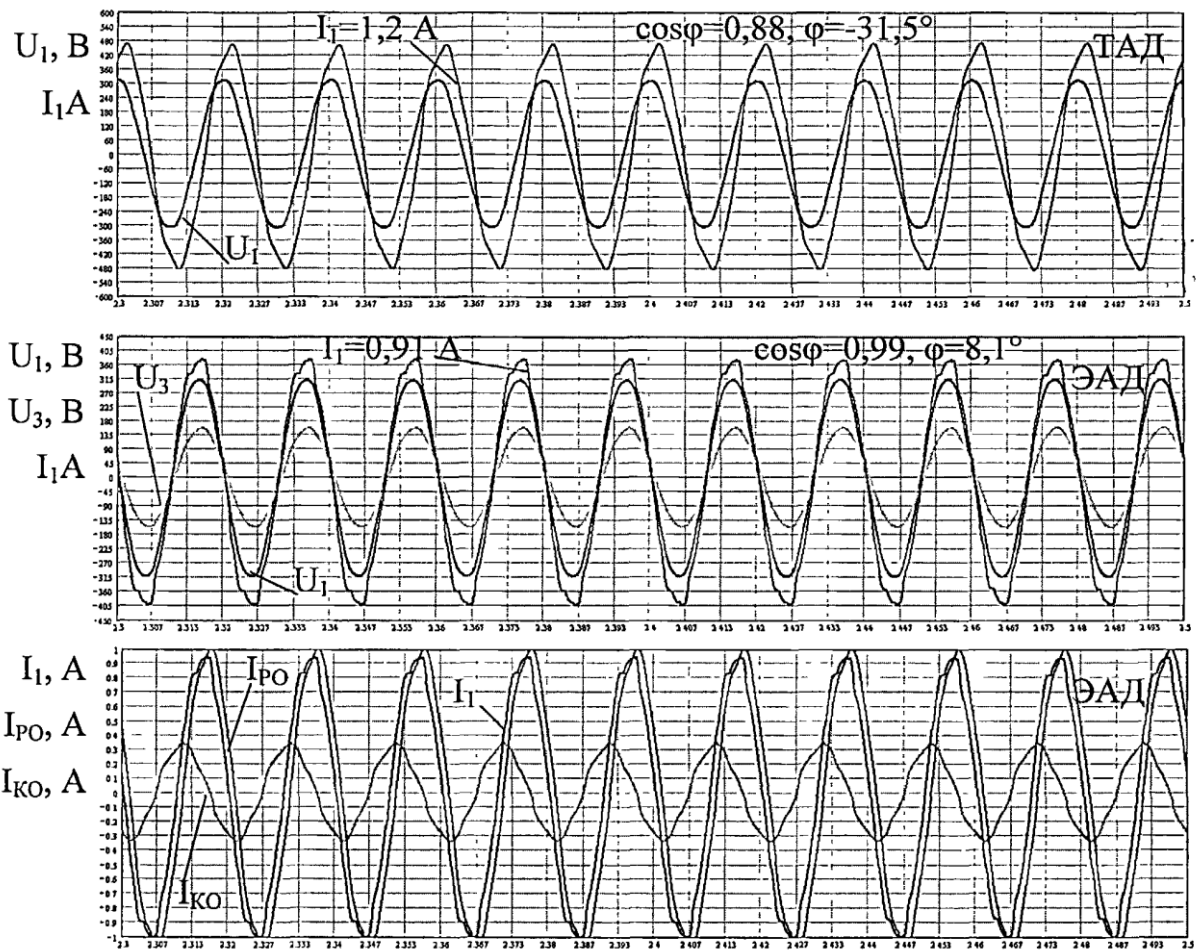
3.5 сурет - Иске қосу кезіндегі ТЭД, ЭАД токтары



3.6 сурет - Қосу кезінде ЭАД статоры орамаларының кернеуі мен тогы



3.7 сурет - Іске қосу кезіндегі ТЭД, ЭАД айналу жиілігі



3.8 сурет-орнатылған режимдерде ТЭД, ЭАД кернеуі мен токтары

3.3 Сорғы агрегаттарының реттелетін электр жетектерін эксперименттік зерттеу

Электр жетектің статор орамдарындағы кернеудің осциллограммаларын талдау тікелей іске қосу кезінде ЭАД негізінде электр жетектің статор орамаларының осциллограммаларын көрсетеді.:

1) іске қосу тогының нәтижесінде ЭАД жұмыс орамасындағы әрекет етуші кернеу 193 В дейін төмендейді, яғни 12,6 %;

2) компенсациялық орамдағы әрекет етуші кернеу салыстырмалы түрде 5 О В до П В өспейді, бұл ретте компенсациялық орамдағы әрекет етуші ток мәні 0,186 А-дан 0,25 А-ға дейін артады, яғни компенсациялық конденсаторлардың заряды жеткілікті тегіс және тұрақты болады.

Электр жетегінің айналу жиілігінің осциллограммасының талдауы, сурет 3.7-сурет ЭАД негізіндегі Электр жетек 1,41 с — қа, ал ТААД негізіндегі Электр жетек 1,53 с-қа, яғни 7,8% - ға жылдамырақ екенін көрсетеді. Бұл аз ток тұтыну кезінде ЭАД үлкен іске қосу сәтімен түсіндіріледі.

Электр жетегінің статор орамындағы кернеулер мен токтардың осциллограммаларын талдау, орнатылған режимдерде 3.8-сурет. Электр жетегінің қуат коэффициенті $31,5^\circ$, $\cos\varphi 0,88$ тең. Осциллограмманы талдау, сурет 3.8, ЭАД тұтынатын ток қорек кернеуімен фазаға сәйкес келетінін көрсетеді; ток пен кернеу арасындағы фаза бойынша жылжу $8,1^\circ$, қуат коэффициенті $\cos\varphi=0,99$

Электр жетегінің салыстырмалы анализі ЭАД негізіндегі электр жетегінің тогы (0,91 А) ТАД негізіндегі электр жетегінің тогынан (1,2 А) 24,2% - ға аз екендігін көрсетеді.

Эад статорының жұмыс және компенсациялық орамдарындағы ток диаграммалары, сондай-ақ электр желісінен тұтынылатын ток қызығушылық тудырады. Бұл диаграммалар мен кернеулерді компенсациялық және жұмыс орамдарында талдау, сурет 3.8, көрсетеді:

1) компенсациялық ораманың тогы осы орамдағы кернеуді 90° - ға дейін басып озады; токтың әрекет етуші мәні 0,25 А-ға тең;

2) жұмыс орамасының тогы 0,94 А-ға тең және қорек кернеуінен $24,8^\circ$ артта қалады;

3) электр желісінен қозғалтқыш тұтынатын және жұмыс және компенсациялық орамдардың векторлық жиынтығымен анықталатын ток 0,91 А-ға тең.

Реттелмейтін эксперименттік зерттеулердің нәтижелері

электр жетегі эад және сорғы агрегаттарының ТАД негізіндегі электр жетегі ЭАД негізіндегі электр жетегіне қарағанда энергия үнемдейтін энергия үнемдейтін болып табылады.

НА1, НА2 сорғы агрегаттары үшін электр күштік сұлбада 3.1 сурет, Л3, Л6 контакторлары ажыратылды, А1, А2 автоматтары, Л1, Л2, Л4 контакторлары. Л5 қосылған. ЭАД және ТАД электр қозғалтқыштары АРА1, ОМ2 жиілік түрлендіргіштеріне қосылды. Гидравликалық схемада, 4.2 сурет,

К3, К4, К5 ысырмалары жабық, К1, К2 ысырмалары толығымен ашық. Сұйықтықты беру ЭАД және ТАД айналу жиілігінің өзгеруімен жүзеге асырылды; сорғылар тіреусіз жұмыс істейді ($H_n=0$).

3.4 ЭАД қолдану кезінде сорғы агрегаттарының электр жетегіне қойылатын қосымша талаптар

ЭАД, ПЧ-ЭАД негізінде электржетектердегі токтарды спектральді талдау нәтижелері, алынған эксперименталды мәліметтерден келесі қорытындылар, ұсыныстар жасауға болады.:

1) ПЧ-ЭАД электр жетектеріндегі компенсациялаушы конденсатордың сыйымдылығын токтардың нақты спектрін ескере отырып, азайту жағына қарай түзету керек.;

2) реттелмейтін электржетектегі жұмыс үшін есептелген компенсациялаушы конденсатормен ПЧ-эад қолдану кезінде компенсациялаушы конденсатор сыйымдылығын кем дегенде 2-2,5 есе азайту қажет (тәжірибелік Электржетек үшін компенсациялаушы конденсатор сыйымдылығын фазаға 1,5 мкФ-дан 0,5 мкФ-ға дейін азайту).

Электр жетектеріне берілген және белгілі талаптарды ескере отырып, ЭАД негізінде электржетектерге қосымша талаптарды тұжырымдауға болады.:

- өтемдік конденсатордың сыйымдылығы қозғалтқыштың нақты параметрлерін, оның тиеу коэффициентін, сондай-ақ электр жетегін реттеу тәсілін ескере отырып анықталуы тиіс;

- ПЧ-ЭАД жүйесіндегі компенсациялық конденсатордың сыйымдылығы ток жиілігінің нақты спектрін ескере отырып анықталуы тиіс.;

- компенсациялаушы конденсатордың түрі, оның ПЧ-эад жүйесі үшін номиналды кернеуі ауыспалы синусоидалды кернеудің рұқсат етілген амплитудасын немесе жиіліктен импульстік кернеудің (токтың) ауыспалы синусоидалды құраушысының амплитудасын ескере отырып таңдалуы тиіс;

- ПЧ-ЭАД жүйесінде жұмыс істейтін өтемдік конденсатордың сыйымдылығы,

тиіс ескере отырып түзетілетін жиілік ШИМ ӨСБ, онда байланысты спектрін жиілік түрлендіргіштің шығыс кернеуінің жиілігі.

4 Өміртіршілік қауіпсіздігі бөлімі

4.1 Еңбек және тіршілік қауіпсіздігі

Дипломдық жобаның тақырыбы энергия үнемдеуі бар сорғының электр жетегін және жаңартылған энергия көзін жасауға арналған.

Асинхронды қозғалтқышты басқарудың қазіргі заманғы жүйесі электр энергиясын барынша үнемдеуді, жиілікті реттеудің жоғары нақтылығын, басқарудың оңтайлы Заңын қамтамасыз етуі, жоғары сенімділігі мен жоғары емес құны болуы тиіс. Мұндай басқару жүйелері микропроцессорлар базасында құрылады және талап етілетін технологиялық параметрлердің жоғары көрсеткіштеріне қол жеткізуге мүмкіндік береді.

4.2 сорғы станциясын пайдалану кезіндегі қауіпсіздік шаралары

Зерттеу объектісінде Орындалатын жұмыстардың барлық түрлеріне қауіпсіздік техникасы жөніндегі нұсқаулықтар әзірленеді, олар осы негізгі мәселелерді қамтиды: белгілі бір жұмыстарды орындау кезіндегі қауіпсіздік техникасы жөніндегі жалпы ережелер; персоналдың міндеттері; жарылыс, өрт, электр қауіпсіздігін қамтамасыз ету; қолайлы еңбек жағдайларын жасау. Өз бетінше жұмыс істеуге рұқсат оқу мен нұсқамадан кейін ғана жүргізіледі.

Сорғы станциясын пайдалану кезінде зауыттың жұмысшылары мен қызметшілері міндетті: оқыту және нұсқау беру жүргізілген тапсырылған жұмысты ғана орындауға; жұмыс уақытында өте мұқият болуға, негізгі міндеттерді орындаудан алаңдамауға, жұмыс орнына бөгде адамдарды жібермеуге; барлық қауіпсіздік шаралары қабылданғаннан кейін ғана жұмысқа кірісуге (желдеткіш қосылған, нөлдеу тексерілген, оқшаулағыш және Ажыратқыш құрылғылар қаралған, қорғаныс құралдары ретке келтірілген); ақаулы жабдықтарда, құрал-саймандарда, құрал-саймандарда жұмыс жасамауға; жұмыс орнын тазалықта ұстауға; қауіпті және зиянды факторлар туралы жұмыс басшысына немесе еңбекті қорғау жөніндегі инженерге хабарлауға, қоршаған өндірістік жағдайды бақылауға; олар туралы дереу әкімшілікке хабарлай отырып, авариялық және жарақаттану қаупі бар жағдайларға жол бермеуге; сигналдарға мұқият болуға; тек белгіленген орындарда жүруге; Көлік және жүк көтергіш құралдар қозғалысының орындарында тұруға; жабдықтың электр қауіпті бөліктеріне жанаспауға; осы тұлғаға бекітіліп берілмеген жабдықтарды және басқа да; жарылу және күйік қауіпсіздігін қамтамасыз ету; зардап шеккендерге көмек көрсету.

Электр қондырғыларымен жұмыс істеу кезінде еңбекті қорғаудың басты міндеттерінің бірі электр қауіпсіздігін қамтамасыз ету болып табылады. Персоналдың электр қауіпсіздігі электр қондырғыларының конструкциясымен, техникалық тәсілдермен және қорғау құралдарымен, ұйымдастырушылық және техникалық іс-шаралармен қамтамасыз етіледі. Адамдардың электр тоғымен зақымдануының алдын алу жөніндегі

ұйымдастыру іс-шараларының қатарына мыналар жатады: Электр қондырғыларын техникалық пайдалану ережелерінің талаптарына сәйкес персоналды іріктеу; зауыт персоналының лауазымдық нұсқаулықтарды қатаң сақтауы; Электр қондырғыларымен жұмыс істеу кезінде еңбекті қорғау жөніндегі салааралық ережелер; электр қондырғыларында Жұмыстың қауіпсіз тәсілдерін оқытуды жүргізу; жұмыскерлерді мерзімдік аттестаттау және нұсқама беру; тиісті біліктілік тобы бар электр қондырғыларында жұмыстарды ұйымдастыру және жүргізу үшін жауапты тұлғаларды тағайындау; аса қауіпті жұмыстарды жүргізуге наряд-рұқсат беру; электр қондырғыларымен жұмыс істеу кезінде еңбек қауіпсіздігі ережелерін сақтау үшін электр қадағалау; жұмыстың аяқталуын және үзілістерді ресімдеу; ауызша және көрнекі

Электр қондырғыларымен жұмыс істеуге 18 жастан жас емес адамдар жіберіледі. Электр қондырғыларында жұмыс істейтіндер алдын ала және мерзімдік медициналық тексеруден өтеді. Жұмыс сипатына және электр тогымен зақымдану қауіптілігінің дәрежесіне байланысты электр қондырғыларында және электр жетегі бар жабдықтарда жұмыс істейтін қызмет көрсетуші персонал біліктілік топтарына (I, II, III, IV, V) сәйкес болуы тиіс.

Барлық басқа топтардың персоналына оқудан кейін куәліктер беріледі және ол атқаратын лауазымына байланысты бір жылдан немесе екі жылдан кейін аттестатталады. Метрополитеннің электр техникалық бөлімшелерінің басшылары болып IV немесе V біліктілік тобы бар инженерлер, техника, электромеханиктер тағайындалады.

Электр қондырғыларына техникалық қызмет көрсету және жөндеу кезіндегі еңбек қауіпсіздігі оларды қоректендіру көздерінен ажыратумен, қоршау құрылғыларын орнатумен, белгілер мен тыйым салатын плакаттарды ілумен қол жеткізіледі.

Ток өткізгіш бөліктерде жұмыс жүргізу үшін кемінде екі адам тағайындау, электр қорғау құралдарын пайдалана отырып жұмыс жүргізу, жұмыс істеушілердің нақты өзара іс-қимылын және жұмыс жетекшісімен олардың іс-қимылдарын үздіксіз қадағалауды қамтамасыз ету қажет.

Сорғы станциясының электр қондырғыларымен жұмыс істеу кезінде еңбек қауіпсіздігі мынадай техникалық тәсілдер мен құралдарды пайдалану есебінен қамтамасыз етіледі: қорғаныстық жерге тұйықтау, ток өткізгіш бөліктерді оқшаулау, қоршау құрылғылары, ескерту сигнализациясы, бұғаттау, ескерту плакаттары мен жазуларды орнату, сақтандырғыш құрылғылар мен қорғау құралдарын пайдалану.

Сорғы станциясын пайдалану кезінде электр қауіпсіздігін қамтамасыз етудің маңызды шарты негізгі және қосымша болып бөлінетін электр тогының зақымдануынан қорғау құралдарын пайдалану болып табылады.:

1000 В дейінгі электр қондырғыларының негізгі электр оқшаулағыш құралдарына мыналар жатады: Барлық түрдегі электр оқшаулағыш штангалар;

электр оқшаулағыш қысқыштар; кернеу көрсеткіштері; Электр өлшегіш қысқыштар; электр оқшаулағыш қолғаптар; қол электр оқшаулағыш аспабы.

1000 В дейінгі электр қондырғыларының қосымша электр оқшаулағыш құралдарына мыналар жатады: электр оқшаулағыш оқалар; электр оқшаулағыш кілемдер мен тұғырықтар; электр оқшаулағыш қалпақтар мен жапсырмалар; тасымалды жерге тұйықтау; плакаттар мен қауіпсіздік белгілері; қоршау құрылғылары.

Электр қондырғыларына қызмет көрсететін жұмыскерлерді адам электр тогымен зақымданған кезде алғашқы көмек көрсету тәсілдерін алдын ала үйрету қажет.

4.3 Сорғы станциясын пайдалану кезінде қызметкерлерге әсер ететін қауіпті және зиянды өндірістік факторлар

Сорғы станциясын пайдалану барысында жұмыскерлерге қауіпті және зиянды өндірістік факторлар әсер етуі және жазатайым оқиғалар мен ауруларға әкелуі мүмкін.

Жазатайым жағдайларға әкелетін аса қауіпті және зиянды өндірістік факторлар ортаның мынадай физикалық факторлары болып табылады: қозғалатын машиналар мен механизмдер; өндірістік жабдықтың жылжымалы бөліктері; қозғалатын бұйымдар, дайындамалар, материалдар, жабдықтағы өткір жиектер мен шөгінділер; үй-жайларда және жұмыс орындарында микроклимат параметрлерінің нормативтік мәндерінен ауытқулар; жарықтандырудың болмауы немесе жеткіліксіздігі; жұмыс орындарында шудың, дірілдің, инфрадыбыстың, ультрадыбыстың жоғары деңгейі; электр тізбектеріндегі зақымдау факторларының жоғары мәні.; электрмагниттік сәулеленудің, статикалық электрдің, электр өрісінің кернеулігінің жоғары деңгейі.

Шудың және дірілдің көздері сорғы механизмдерінің айналмалы және қозғалмалы бөліктері (электр қозғалтқышы, қалақты доңғалақ, подшипниктер) болып табылады. Шудың рұқсат етілген деңгейі 80 дБ шегінде орнатылған.

Сорғы шуының әсерін төмендетуге оны жұмыс аймағынан тыс шығару арқылы қол жеткізілді. Қазіргі заманғы майлау материалдарын пайдалану да қарастырылған. Оның көзінен таралу жолында шудың төмендеуіне едәуір дәрежеде құрылыс-акустикалық іс-шараларды жүргізу арқылы қол жеткізіледі. Бұл жағдайда үй-жайларды акустикалық өңдеу (қоршаудың ішкі беттерінің бөлігін дыбыс сіңіргіш материалдармен қаптау, сондай-ақ үй-жайда әр түрлі формадағы еркін ілінетін көлемді сіңіргіш денелерді білдіретін жеке жұтқыштарды орналастыру), дыбыс оқшаулағыш қоршаулар немесе дыбыс қорғайтын кабиналар қолданылады.

Дірілмен күресу үшін дірілді оқшаулағышқа діріл көздерін орнату қажет. 100 дБ үшін 0,1 м/с² және 92 дБ үшін 0,2 м/с • 10⁻² діріл жылдамдығының рұқсат етілген мәндері.

Қарастырылып отырған өндірістік процесте зиянды заттардың едәуір бөлінуі жоқ, яғни ауаны арнайы тазартуды қарастырудың қажеті жоқ.

Еңбек өнімділігін арттыру, өндірістік үй-жайлардағы шаршауды азайту үшін микроклимат сақталады. Бұл жағдайда оператордың жұмысы сорғыларды мерзімдік қарау болып табылады және демек "жеңіл 1а" санатына жатқызылуы мүмкін. 2.04.05-91 ҚНЖЕ-ге сәйкес, өндірістік үй-жайлардың тұрақты және жұмыс орындарындағы ауаның рұқсат етілген температурасы, жылдамдығы мен салыстырмалы ылғалдылығы 4.1-кестеге сәйкес белгіленеді.

4.1 кесте-микроклимат параметрлері

Жыл кезеңі	Жұмыс санаты	Тұрақты және тұрақты емес жұмыс орындарындағы оңтайлы нормалар		Салыстырмалы ылғалдылық, %
		Температура, °С	Ауа қозғалысының жылдамдығы, м / с, артық емес	
Жылы	Жеңіл 1а	23-25	0,1	40-60
	Жеңіл 1б	22-23	0,2	
Суық	Жеңіл 1а	22-24	0,1	40-60
	Жеңіл 1б	21-23	0,1	

Электрмагниттік толқындар көздерімен жұмыс істеу қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін (бұл жағдайда ПЭВМ-мен) жұмыс орындарында нормаланатын параметрлердің нақты мәндерін жүйелі түрде бақылау жүргізіледі. Бақылау электр және магнит өрістерінің кернеуін өлшеумен, сондай-ақ энергия ағынының тығыздығын өлшеумен жүзеге асырылады.

Экрандар үшін қалыңдығы 0,5 мм кем емес табақ түріндегі жоғары электр өткізгіштігі (болат, мыс, алюминий, жез) бар материалдарды немесе 4x4 мм аспайтын ұяшықтары бар торларды қолданады. Экрандардың көмегімен қорғау генераторлық (бастапқы) контурды, жұмыс контурын (балқыту, қыздыру және т.б.) және жалпы қондырғыны экрандауды қоса алғанда, көп сатылы орындалады.

Сорғы станциясында аралас жарықтандыру (жалпы жарықтандыру, ол кезде шамдар үй-жайдың жоғарғы аймағында біркелкі немесе жабдықтың орналасуына қатысты) және жергілікті (локализацияланған) пайдаланылады.

Кесте 4.2-сорғы стансасына ұсынылатын жарық көздері

Қойылатын талаптар бойынша көру жұмыстарының сипаттамасы түсі	ҚНЖЕ бойынша жарықтандыру, лк	Шамдар түрлері	Айырым объектісінің ең аз немесе балама мөлшері, мм	Көру жұмыстарының разряды
Түс ажыратуға қойылатын талаптар жоқ: машина залы	150	ДРЛ 1000-2	Более 0,5	VIII

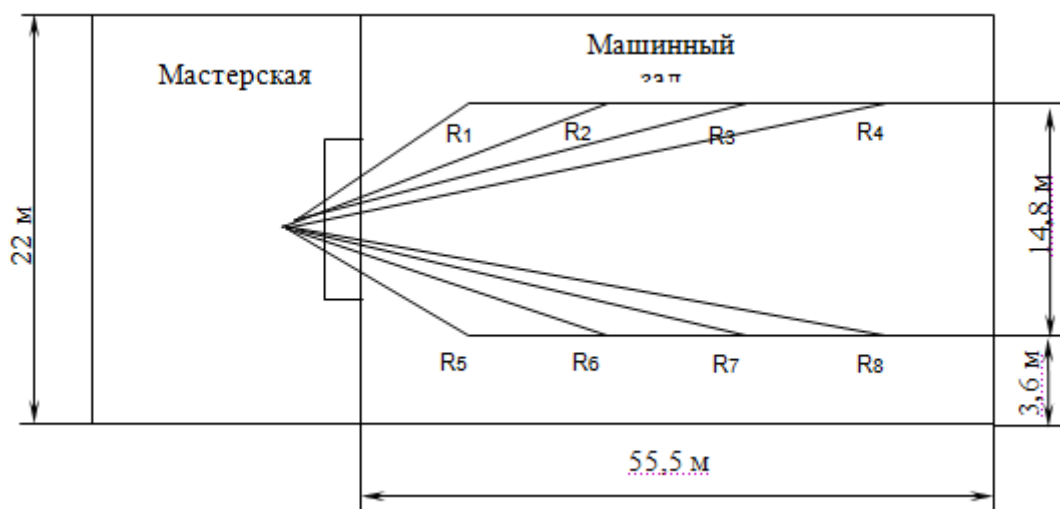
Осы желдету жүйесіндегі негізгі қауіпті өндірістік факторлар механизмдердің айналатын және қозғалатын бөліктері мен электр тогы болып табылады.

Жұмыс кезінде жарақаттанудың алдын алу үшін учаскені жоспарлау қызмет көрсететін персоналдың сорғыға, негізгі және қосалқы технологиялық жабдыққа, басқару органдарына және оның құрамына кіретін жабдықтардың барлық түрлерін авариялық ажырату үшін еркін, ыңғайлы және қауіпсіз қол жеткізуін қамтамасыз етуі қажет. Желдету жүйесіне қызмет көрсететін адамдардың қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін ол сақтандырғыш, блоктаушы және басқа да қорғау құрылғыларымен жарақтандырылады.

Микроклиматтың көрсетілген мәндерін ұстап тұру кондиционерлерді, радиаторлар түріндегі жылыту аспаптарын пайдалану арқылы, сондай-ақ ауаның келуі немесе кетуі үшін табиғи қоздыру ішінара пайдаланылатын аралас желдету арқылы қолдауға болады.

4.4 есептеу нүктесінде машина залындағы шуды анықтау

Бас жоспарға сәйкес, 55,5 x 22 м өлшемдегі машина залының үй-жайында 1000В-2,5/63 (Шу көздері) 8 сорғы біркелкі орналасқан. Есептеу нүктесінің орналасуын атап өтіп, схемада одан жабдыққа дейінгі қашықтықты анықтаймыз. Есептеу нүктесі басқару қалқанының жанындағы көрші залда орналасқан.



Сурет 4.1 - Машина цехында Шу көздерінің орналасуы

Шу көздерінен қашықтық келесідей: $r_1 = 17,94\text{м}$; $r_2 = 27,6\text{м}$; $r_3 = 37,8\text{м}$; $r_4 = 48,3\text{м}$; $r_5 = 17,94\text{м}$; $r_6 = 27,6\text{м}$; $r_7 = 37,8\text{м}$; $r_8 = 48,3\text{м}$.

Тікелей және шағылысқан дыбыс аймағында бірнеше Шу көздері болған жағдайда шуды анықтау мына формула бойынша есептеледі:

$$L_p = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^m \frac{Z_i \cdot \lambda_i \cdot \Phi_i}{S_i} + \frac{4 \cdot \psi}{B} \sum_{i=1}^n Z_i \right), \quad (4.1)$$

мұнда $Z_i = 10^{0,1L_{wi}}$

L_{wi} – Шу көзінің дыбыс қуатының октавалық деңгейі (дБ), сорғы үшін 1000 Гц жиілігінде 84 дБ тең;

λ_i – көздің акустикалық өрісінің әсерін ескеретін коэффициент кесте бойынша анықталады және r_i / l_{\max} қатынасына байланысты;

l_{\max} – Шу көзінің ұзындығы, $l_{\max} = 6,79 \text{ м}$;

Φ_i – бағыт факторы, $\Phi_i = 2$;

S_i – ауданы, м^2 , дұрыс геометриялық пішін, r_i радиусы, қоршаған көзі және есептеу нүктесі арқылы өтетін:

$$S_i = k\pi r^2, \quad (4.2)$$

мұнда $k = 4$, Шу көзі колоннада немесе үй-жайда болғанда;

$S_1 = 4 \times 3,14 \times 17,94^2 = 4042 \text{ м}^2$;

B – октавалық жолақтардағы тұрақты үй-жайлар:

$$B = B_{1000}\mu, \quad (4.3)$$

B_{1000} бөлменің V көлеміне (м^3) және оның түріне байланысты орташа геометриялық жиілікте 1000 Гц тұрақты үй-жай, $B_{1000} = V/20$;

μ - жиілік көбейткіш, $\mu_{1000} = 1$;

ψ - бөлмедегі дыбыс өрісінің диффузиялылығының бұзылуын ескеретін коэффициент және $B/S_{\text{огр}}$ қатынасына байланысты;

мұнда $S_{\text{огр}}$ – беттің үй-жайын шектейтін алаң;

n – үй-жайдағы Шу көздерінің жалпы саны, $n = 8$ дана;

m - шу көздерінің саны, жақын орналасқан есептік нүктедегі т. е. сол үшін $r_i \leq 5 r_{\min}$ ($r_4 = 17,94$ м), мұндағы r_{\min} ($r_4 = 17,94$ м) – қашықтық, м, есептік нүктеге дейінгі ең жақын, шу көзін, $m = 8$ дана.

4.3-кесте. Елестетілетін беттің ауданын есептеу нәтижелері

i	1	2	3	4	5	6	7	8
r_i, M	7,94	7,6	7,8	8,3	7,94	7,6	7,8	8,3
r_i / l_{\max}	2,6	4,1	5,6	7,1	2,6	4,1	5,6	7,1
λ_i	1							
S_i, M^2	4042	9568	17946	29301	4042	9568	17946	29301

Бөлме көлемі $V = a \times b \times h = 55,5 \times 22 \times 16 = 19536 \text{ м}^3$, формулаға сәйкес (4.3)

$$V_{1000} = 19536/20 = 976,8 \text{ м}^2;$$

$$B = 976,8 \times 1 = 976,8 \text{ м}^2;$$

Үй-жайдың бетін шектейтін беттердің ауданы: $S_{\text{орг}} = 2(a+b)h + 2ab = 2(55,5+22)16 + 2 \times 55,5 \times 22 = 4922 \text{ м}^2$;

Демек, коэффициент ψ сәйкес болады:

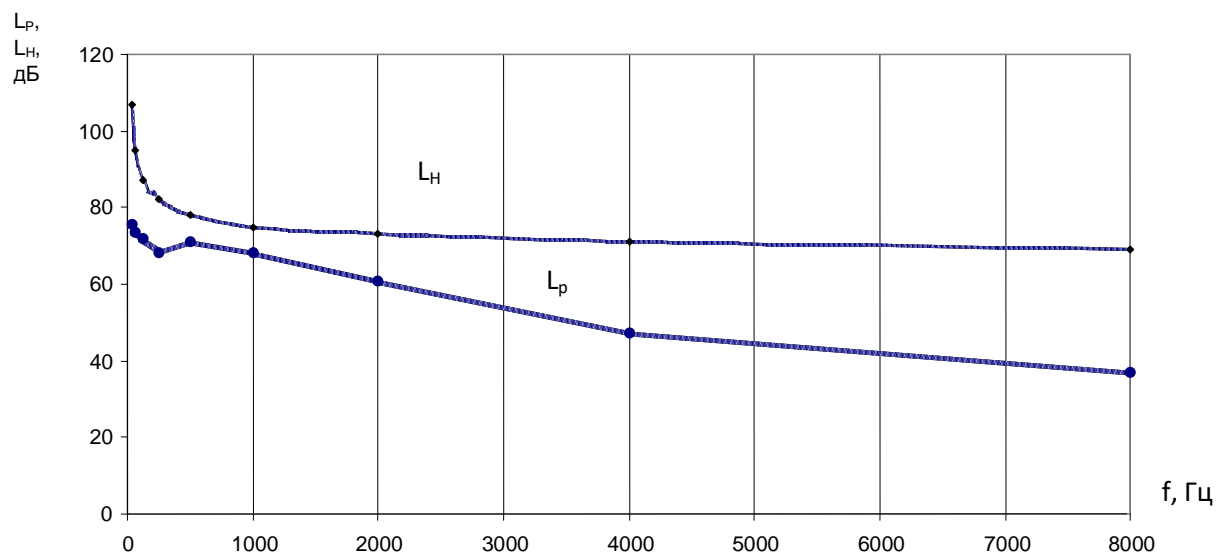
$$\psi = 0,825$$

Алынған мәліметтерді (4.1) формулаға қойып, (4.4) кестені спектрдің басқа жиіліктері үшін жинаймыз.

$$\Delta L_{P1000} = 10 \cdot \lg \left[\frac{10^{0,184} \cdot 1 \cdot 2 \left(\frac{8}{4042 + 9568 + 17946 + 29301 + 4042 + 9568 + 17946 + 29301} \right) + \frac{4 \cdot 0,825}{976,8} \cdot 8 \cdot 10^{0,184}}{\right]} = 68 \text{ дБ},$$

4.4 кесте-спектрдің әр түрлі жиіліктері үшін шуды есептеу нәтижелері

$f, \text{Гц}$	1,5	3	25	50	00	000	000	000	000
$L_p, \text{дБ}$	76	74	72	68	71	68	61	47	37
$L_n, \text{дБ}$	107	5	7	2	8	5	3	1	9



Сурет 4.2-нормаға қатысты есептік шудың графикалық бейнесі

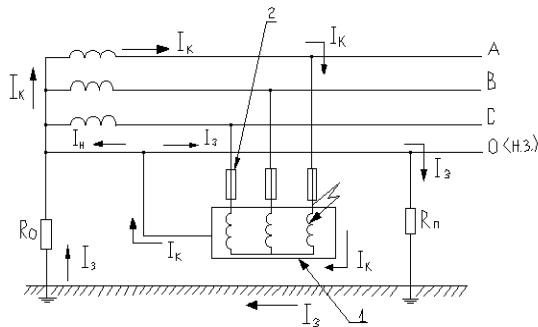
Бір де бір жиілік диапазонында шудың артуы байқалмайды, соның салдарынан шудың қосымша төмендеуі талап етілмейді.

4.5 ажыратқыш қабілетіне қорғаныстық нөлденуді есептеу

Электр тогының зақымдануы оның тікелей ток өткізгіш бөліктерге, сондай - ақ қандай да бір авариялық жағдайдың (фазаның корпусқа тұйықталуы, окшаулаудың және т.б. зақымдануы) нәтижесінде кернеуде болуы мүмкін электр жабдығының металл емес ток өткізгіш элементтеріне (электр машиналарының, трансформаторлардың, шырақтардың және т. б. корпустарына) кездейсоқ жанасу кезінде де мүмкін.

Қорғаныстық нөлдеу және жерге тұйықтау металл тоқ өткізгіш бөлшектерде (жабдықтың металл корпустарында) кернеу пайда болған кезде электр тогының зақымдануынан қорғаудың ең кең тараған, өте тиімді және қарапайым шаралары болып табылады.

Электр тогының зақымдану қаупі корпусқа және кернеу астында қалған электр жабдығының басқа да ток өткізгіш бөліктеріне жанасу кезінде зақымдалған электр жабдығын қоректендіруші желіден тез ажыратумен жойылуы мүмкін. Бұл мақсат үшін үш фазалы ток желісіндегі принципті сұлбасы 4.3-суретте көрсетілген нөлдеу қолданылады.



4.3 сурет-нөлдеудің принциптік схемасы.

Схемадағы белгілер:

- корпус;
- токтан қорғау аппараттары (сақтандырғыштар, автоматты ажыратқыштар.1); 2); 3) 0 - ток көзінің бейтараптандыруының жерге тұйықтау кедергісі; п - нөлдік қорғаныс өткізгішінің қайта жерге тұйықтау кедергісі; к - қысқа тұйықталу тогы; н - нөлдік өткізгіш арқылы өтетін қысқа тұйықталу тогының бөлігі; з - жер арқылы өтетін қысқа тұйықталу тогының бөлігі; (н. з.) - нөлдік қорғаныс өткізгіш.

Нөлдеу-бұл кернеуде болуы мүмкін металл тоқ өткізбейтін бөліктердің нөлдік қорғаныс өткізгішімен әдейі электр байланысы.

Жұмыс істеу принципі нөлдеу - айналдыру тұйықталу корпусына бір фазалы қ (арасындағы фазалық және нөлдік өткізгіші) мақсатында шақыруға үлкен ток қамтамасыз етуге қабілетті қорғаныштың іске қосылуы және автоматты түрде өшіру, бүлінген электр жабдықтары жылғы қоректендіруші желі. Ажыратқыш аппараттар ретінде: балқитын сақтандырғыштар, автоматты ажыратқыштар, магнитті іске қосқыштар және т. б. қолданылады. Бұл ретте,

авария туындаған сәттен бастап (корпусқа тұйықталу) және зақымдалған жабдықты желіден Автоматты ажыратқан сәтке дейін аз уақыт аралығы бар екенін ескеру қажет, ол ішінде корпусқа жанасу қауіпті, өйткені корпус иф кернеуінде (11.1-сурет) және оны желіден ажырату әлі болған жоқ. Бұл кезеңде нөлдік қорғаныс өткізгіштері арқылы жабдық корпусын жерге тұйықтаудың қорғаныс функциясы әсер етеді.

Бірі сурет 11.1 көрініп тұр сұлбасы нөлдеу болуын талап етеді желісінде келесі элементтерден:

- 1) нөлдік қорғаныс өткізгіші;
- 2) ток көзінің бейтараптарын тұйық жерге қосу;
- 3) нөлдік қорғаныс өткізгішінің қайта жерге қосылуы.

Жерге қосу схемасының негізгі элементтерінің мақсаты:

Нөлдік қорғаныс өткізгіші осы ток үшін аз кедергісі бар тізбекті құру жолымен ток мәнін орнатуды қажетті ажыратуды қамтамасыз етуге арналған.

Нейтралды жерге тұйықтау мақсаты-жерге қатысты Жерге тұйықталған корпустардың кернеуін фазаның жерге тұйықталуы кезінде қауіпсіз мәнге дейін төмендету.

Нөлдік қорғаныс өткізгішінің қайта жерге тұйықталуының мақсаты-жарамды схема жағдайында және нөлдік қорғаныс өткізгіші үзілген жағдайда корпусқа фазаның тұйықталуы кезінде жерге қатысты корпусқа кернеудің төмендеуі.

Егер тізбекте жасанды түрде құрылатын бір фазалы қысқа тұйықталу тогының (I_k) мәні автоматты ажыратқыштың іске қосылу тогының (немесе сақтандырғыштың балқымалы ендімесінің номиналды тогының $I_{НОМ}$) мәнінен көп (немесе тең) болса және келесі шарт орындалса, зақымдалған қондырғыны қоректендіру желісінен ажырату орын алады:

$$I_k \geq k I_{НОМ},$$

мұнда k - ток еселігі коэффициенті, электрқондырғының қорғаныс түріне байланысты таңдалады.

Нөлдеу есебі келесі шарттардың сақталуын тексеруге түседі:

$$I_{k2} \geq I_{k1}, \quad (4.4)$$

Ол үшін анықтау қажет:

қысқа тұйықталу тогының (I_{k1}) ең аз рұқсат етілген мәні, ол кезде қорғаныс іске қосылады және зақымданған жабдық желіден ажыратылады;

бір фазалы қысқа тұйықталу тогының нақты мәні, ол апат туындаған кезде схемада орын алады (I_{k2}).

Ток шамасын анықтаймыз:

$$I_{k1} = k \cdot I_{НОМ}, \quad (4.5)$$

$I_{НОМ}$ - электрқозғалтқыштың сақтандырғышының балқымалы қондырғысының номиналды тогы, $I_{НОМ} = 80 \text{ A}$;

k - токтың еселілік коэффициенті, $k = 1,25$.

$$I_{K1} = 1,25 \cdot 80 = 100 \text{ A}$$

"Фаза-нуль" ілмегінің толық кедергісін анықтаймыз":

$$Z_{\Pi} = \sqrt{(R_{\Phi} + R_{H3})^2 + (X_{\Phi} + X_{H3} + X_{\Pi})^2}, \quad (4.6)$$

R_{Φ}, R_{H3} - фазалық және нөлдік қорғаныс өткізгіштерінің белсенді кедергісі, $R_{\Phi} = 0,9 \text{ Ом}$, $R_{H3} = 0,308 \text{ Ом}$;

X_{Φ}, X_{H3} - фазалық және нөлдік қорғаныс өткізгіштерінің ішкі индуктивті кедергілері, $X_{\Phi} = 0,033 \text{ Ом}$, $X_{H3} = 0,308 \text{ Ом}$;

X_{Π} - "фаза-нуль" ілмегінің сыртқы индуктивті кедергісі" (0,02 Ом).

$$Z_{\Pi} = \sqrt{(0,9 + 0,308)^2 + (0,033 + 0,308 + 0,02)^2} = 1,26 \text{ Ом}$$

Апаттық режимде схемада өтетін бір фазалы қысқа тұйықталу тогының нақты мәнін табамыз:

$$I_{K2} = \frac{U_{\Phi}}{\frac{Z_T}{3} + Z_{\Pi}}, \quad (4.7)$$

где U_{Φ} - фазалық кернеу, $U_{\Phi} = 220 \text{ В}$;

Z_{Π} - "фаза-нуль" ілмегінің толық кедергісі";

Z_T - трансформатордың толық кедергісі, $Z_T = 1,237 \text{ Ом}$.

$$I_{K2} = \frac{220}{\frac{1,237}{3} + 1,26} = 131,55 \text{ A}$$

Сондықтан да $I_{K2} \geq I_{K1}$, электр энергиясын өндіру мен тұтынуды қамтамасыз ету үшін, электр энергиясын өндіру мен тұтынуды қамтамасыз ету үшін, электр энергиясын өндіру мен тұтынуды қамтамасыз ету үшін, электр энергиясын өндіру мен тұтынуды қамтамасыз ету қажет.

Желіден зақымдалған электр жабдықтарын автоматты түрде ажыратуды қамтамасыз ету үшін схемада апаттық режимде өтетін токты ұлғайту қажет. Бұл сұлбаға нөлдік қорғаныс өткізгішін енгізу және "фаза-нөл" тізбегі үшін аз кедергіні қамтамасыз ету есебінен қысқа тұйықталу режимі схемасында жасанды жолмен қол жеткізіледі (к. з.). Осылайша, бір фазалы қысқа тұйықталу тогының шамасы нөлдік қорғаныс өткізгішінің параметрлерінің шамасына байланысты болады. Және нөлдеу есебі нөлдік қорғаныс өткізгішінің параметрлерін таңдаудың дұрыстығын тексеруге түседі (R_{H3}, X_{H3}). Шарт орындалады, жерге тұйықтау құрылғысының кедергісі токтың жайылуына сәйкес келеді ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ және ЭҚЕ.

4.6 өртке қарсы қауіпсіздік жөніндегі іс-шаралар

Өрт пен жарылыстың пайда болуының ең жиі себептері электр ұшқындары мен доғалар болып табылады, өткізгіштердің қысқа тұйықталу тоғымен қызып кетуіне және шамадан тыс жүктелуі салдарынан, сымдардың жалғанған немесе олардың электр жабдықтарының шықпаларына жалғанған орындарындағы түйіспелердің қанағаттанғысыз жай-күйі жол берілмейді. Электр машиналары мен трансформаторлардың сымдары оқшаулаудың зақымдануы және оларды токпен шамадан тыс жүктелуі салдарынан жануы мүмкін.

Өрт қауіпті және жарылыс қауіпті электр қондырғыларына арналған машиналар мен аппараттарда электр доғаларының, электр жабдықтарының жол берілмейтін қызуын, ұшқыны және пайда болуын болдырмау үшін электр қондырғыларын орнату ережелерінің талаптарына қатаң сәйкестікте таңдау қажет. Қысқа тұйықталу токтары мен шамадан тыс жүктелуін болдырмау үшін сымдар мен электр қабылдағыштардың электрлік қорғанысын қолдану керек.

Электр қондырғыларында қолданылатын электр жабдығы оларды қоршаған ортаның зиянды әсерінен оқшаулаудың қажетті деңгейін және олардың ақаулығынан өртке немесе жарылысқа қатысты қауіпсіздікті қамтамасыз етуі тиіс. Осыған байланысты электр техникалық жабдықтардың мынадай жіктелімі бар: ашық, қорғалған, тамшылап қорғалған, шашырандыдан қорғалған, суқорған, жабық, шаңнан қорғалған, шаң өткізбейтін, герметикалық, жарылыстан қорғалған, жарылыс қауіпсіз, ерекше жарылыс қауіпті және басқалар.

Қорытындылау

Мен бұл бөлімде диплом тақырыбым «Электропривод насоса с энергосбережением и от возобновляемого источника энергии» болғандықтан және қандай электр жетегі болса да оның белгілі бір ортада орналасатындықтан электр жетектеріне қойылатын талаптарды ескердім. Содан соң еңбек жағдайына талдау жасадым. Ғылыми-техникалық революция жағдайында техникалық құрал-жабдықтардың бағасы күрт өсті және адамның күрделі жүйені басқару барысында жіберген қателігінің де құны жоғарылады. Сондықтан да жаңа техниканы жобалауда және бұрынғыны қайта жарақтандыруда бұл техникаларда қолданатын адамдардың кәсіби ерекшеліктері мен мүмкіндіктерін алдын ала анықтап, барынша ескеру айырықша маңызды.

Микроклимат, шу, жарықтандыру және тағы басқа шарттарды қанағаттандырғанымен, желдетуді есептеу қажет болды. Себебі, таспалы конвейер және әсіресе үйінді жүк таситын құралдар орналасқан үй жайларда осы аспектілер ақсап жатады. Есептеу барысы соның дәлелі. Аспирациялық жүйелерді есептеп, ауа шығыны мен қуатына байланысты желдеткіш таңдап, сол бойынша қорытынды шығарып, ұсынысымды да жазып өттім. Кез келген электр жетегі бар жерде өмір тіршілік қауіпсіздігі өте маңызды екенін ескере отырып, мен осындай қорытындыға келдім.

5 Экономикалық бөлім

5.1 Электржетекті жаңғыртудың экономикалық негіздемесі Жаңғырту тиімділігін бағалау

Жалпы ережелер

Дипломдық жобаның экономикалық бөлімінде 1FT5136 синхронды электрқозғалтқышы бар ЭПВ-3 электржетегін IP1400ПМФ4 бұрын қолданылатын вентильді электрқозғалтқыштың орнына көлденең-растаушы арнайы станок беру жүйесінде қолданудың экономикалық мақсаттылығына зерттеу жүргіземіз.

MR25ME блогының негізінде басқарудың ескі жүйесі 3 орындалған ЭПВ векторлық электр жетегіне ауыстырылды.

Жаңғыртудың экономикалық тиімділігін анықтаймыз. Қолданылатын электр жетегінің нұсқаларын салыстыру және жаңғыртудың экономикалық тиімділігін анықтау үшін алдын ала үш техникалық-экономикалық көрсеткішті анықтаймыз:

- машина өнімділігі;
- күрделі шығындар;
- пайдалану шығындары

5.2 Станоктың жылдық өнімділігін бағалау

Сапа көрсеткіштерін өнімділік тұрғысынан бағалаймыз.

1FT5136 электрқозғалтқышы және ЭПВ-ТТПТ-25 электржетегі Қозғалтқыштар мен электржетектердің осы санатына қойылатын барлық талаптарды қанағаттандыратын екіу215lt1 вентильді электрқозғалтқышымен және BC3603 тиристорлы басқару жүйесімен салыстырғанда ең жақсы жұмыс параметрлерінің (қуаты, кернеуі, айналу жиілігі, Инерция сәті, реттеу диапазоны, желіге әсері және т.б.) болуы тиіс.

Сонымен қатар, 1ft5136 және ЭП ЭПВ-ТТПТ-25 қозғалтқышының ең жақсы габариттік көрсеткіштері бар, үлкен сенімділігі бар және, демек, аз уақыт тұрып қалу және, тиісінше, ДВУ2М215 және ЭП MR25ME қозғалтқышына қарағанда тиімді өндірістік уақыттың үлкен шамасы.

Жоғарыда айтылғандардан 1ft5136 қозғалтқышын және ЭПВ-ТТПТ-25 басқару жүйесін беру жетегінің жүйесінде қолдану технологиялық қызмет көрсетуге уақытты үнемдеу есебінен, яғни машинаның үздіксіз жұмыс істеу уақыты есебінен орнатылған станоктың өнімділігін арттыруы тиіс деген қорытынды жасауға болады.

5.3 Күрделі шығындарды анықтау

Күрделі шығындар жетектің құнын, монтажда арналған шығындарды, үстеме шығыстарды және өзге де шығыстарды(дайындау-қоймалық, көліктік және т.б.) қамтиды.

Электржетектер жүйелерін сатып алуға және орнатуға кететін капиталдық шығындарды мына формула бойынша анықтаймыз::

$$K_i = K_{пр1} + K_{транс1} + K_{смр1} + K_{прош1},$$

мұнда K_i -күрделі шығындар; $K_{пр1}$ -жабдықтың бағасы;

$K_{транс}$ -көліктік шығыстар; $K_{смр1}$ -құрылыс-монтаждық шығындар;

$K_{прош}$ -басқа шығындар.

Одан әрі "1" индексі ЭПВ-3 электржетегі жүйесінің нұсқасына, ал "2" – ЭП БС3603 ескі электржетегіне сәйкес келеді.

Электржетекті сорғының құны, "БВБ-Альянс" компаниясы және "ОО" (Астана қ.) прайс-парақтарына сәйкес 2020 ж. 1 мамырға кестеде келтірілген.

Кесте5.1 - ЭПВ-3 векторлық – басқырылатын синхронды электр жетегінің құны

Жиынтық жабдықтың атауы	Құны, тг
Горизонтальный насос К-НС	225894
Вакуумный насос 2ВВН-1-0,8	143592
Барлығы	369486

Көлік шығындарының құны капиталдық шығындардың (5-10) % - ын құрайтынын есепке ала отырып есептеледі:

$$K_{транс} = 0,05 * K_{пр}$$

$$K_{транс} = 0,05 * K_{пр1} = 18474 \text{ тг}$$

$$K_{транс} = 0,05 * K_{пр2} = 16723 \text{ тг}$$

Құрылыс-монтаж жұмыстарының құны олардың капиталдық шығындардың (15-25) % құрайтынын ескере отырып есептеледі:

$$K_{смр} = 0,15 * K_{пр}$$

$$K_{смр} = 0,15 * K_{пр1} = 55422 \text{ тг}$$

$$K_{смр} = 0,15 * K_{пр2} = 50169 \text{ тг}$$

Басқа шығындар құны капиталдық шығындардан (5-10) % құрайтынын есепке ала отырып есептеледі:

$$K_{прош} = 0,1 * K_{пр}$$

$$K_{прош} = 0,1 * K_{пр1} = 36948 \text{ тг}$$

$$K_{прош} = 0,1 * K_{пр2} = 33446 \text{ тг}$$

(5.1) формулаға сәйкес электржетектер жүйелерін сатып алуға және орнатуға кететін капиталдық шығындарды анықтаймыз

$$K_1 = K_{пр1} + K_{транс1} + K_{смр1} + K_{прош1} = 480330 \text{ тг.}$$

Электр жетегі бар электрқозғалқышқа кететін шығындар, яғни MR25ME электр жетегі бар электрқозғалқышқа кететін капиталдық шығындардан

біршама төмен ЭПВ-ТТПТ-25 векторлық электржетегі бар 1FT5136 электрқозғалтқышына кететін капиталдық шығындардан біршама төмен.

5.4 Пайдалану шығыстарын анықтау

Эксплуатациялық шығындарға тұтынылатын электр энергиясының құны, жөндеуге кететін шығындар, қызмет көрсететін персоналдың жалақысы, әр түрлі қорларға аударымдар және басқа да шығындар кіреді.

$$I_i = I_{эл.эн} + I_{рем} + I_{обсл}, \quad (5.2)$$

қайда $I_{эл.эн}$ -тұтынылатын электр энергиясының құны, тг / жыл;

$I_{рем}$ -жөндеу шығындары, тг / жыл;

$I_{обсл}$ – қызмет көрсетуге жұмсалатын шығындар, тг/жыл.

Электр энергиясының құнын анықтау

Электр энергиясына жұмсалатын шығындарды мына формула бойынша анықтаймыз::

$$I_{эл.эн} = W \cdot C_{э}, \quad (5.3)$$

мұнда W -тұтынылатын электр энергиясының саны, (кВт * сағ / жыл);

$C_{э}$ -1-20 кВ орташа кернеулі тұтынушылар үшін электр энергиясының бағасы (тариф) (тг / кВт * сағ);

Есептеуді жеңілдету мақсатында бір мөлшерлемелік тарифті қолдану арқылы есептеулерді жүргіземіз.

$C_{э}=3,4$ (тг / кВт*сағ), (2013 жылға Иванов облысының тұтынушылары үшін электр энергиясына арналған тарифтік мәзірдің деректері бойынша

Тұтынылатын электр энергиясының мөлшері:

$$W = N \cdot T \cdot K_{исп}, \quad (5.4)$$

мұндағы N -электржетектің номиналды қуаты, (кВт); T – жабдықтың бір жылдағы жұмыс уақыты, $T=5000$ ч (2 ауысымда жұмыс істеу); $K_{исп}$ – жабдықты пайдалану коэффициенті, машина жасау кәсіпорны үшін $K_{исп} = 0,25$.

Жаңа электр жетегі үшін:

$$W_1 = 10,66 \cdot 5000 \cdot 0,25 = 13325 \text{ (кВт} \cdot \text{сағ/жыл)}.$$

Ескі электр жетегі үшін:

$$W_2 = 25,67 \cdot 5000 \cdot 0,25 = 32087,5 \text{ (кВт} \cdot \text{сағ/жыл)}.$$

Электр энергиясына жұмсалатын шығындар:

$$I_{эл.эн1} = 3,4 \cdot 13325 = 45305 \text{ (руб. / жыл)}.$$

Күрделі және ағымдағы жөндеуге кететін шығындарды олардың күрделі шығындардың 10% - ын құрайтынын ескере отырып жүргізетін боламыз. Электр жетегі коллектордың және жылдамдық пен жүктеме бойынша коммутациялық шектеулердің болмауына байланысты, демек, жөндеу мен қызмет көрсетуге жиі күрделі қаржы салымдарын қажет етпейді.

$$E_1 = 0,1 \cdot K_1 = 48033 \text{ тг./ жылы.}$$

Қызмет көрсетуге арналған шығыстарды есептеу

Олар қызмет көрсететін персоналдың негізгі және қосымша шығындарын қамтиды. Бұл құрамдауышты анықтау орынды емес, өйткені

қызмет көрсетуші персоналдың саны мен оның кәсіби деңгейі өзгермейді. Тиісінше, қажеті жоқ анықтау және бірыңғай әлеуметтік салық және аударымдар жазатайым жағдайлардан сақтандыру.

Сонда опциялар бойынша жалпы пайдалану шығындары тең болады:

$$I_1 = 45305 + 48033 = 93338 \text{ (тг/жыл);}$$

Бірінші және екінші нұсқалардың күрделі шығындары мен шығындары полярлы, яғни үлкен күрделі шығындарға аз шығындар және керісінше сәйкес келеді.

Экономикалық тиімділікті алдын ала бағалаймыз.

5.5 Электржетектер жүйесінің нұсқалары бойынша келтірілген шығындарды және жаңа жабдықты пайдаланудан экономикалық тиімділікті анықтау

Келтірілген шығындарды мына формула бойынша анықтаймыз:

$$Z_{\text{прі}} = E_n * K_i + I_i, \quad (5.5)$$

мұнда $E_n - T_{\text{маврэк}} = 3$ жылдың өтелімділігінің нормативтік (ұсынылатын) мерзіміне кері пропорционалды экономикалық тиімділіктің нормативтік коэффициенті;

(5.5) формулаға сәйкес келтірілген шығындарды анықтаймыз:

$$Z_{\text{прі}} = E_n * K_i + I_i = \frac{1}{3} * 480330 + 93338 = 253448 \text{ тг/жыл}$$

$$Z_{\text{прі}} = E_n * K_i + I_i = \frac{1}{3} * 434801 + 152577,5 = 297511,2 \text{ тг/жыл}$$

Осылайша, $Z_{\text{пр}} = \text{min}$ өлшемі бойынша электржетектің жаңа нұсқасы да жақсырақ болады.

Техникалық-экономикалық көрсеткіштерді есептеу нәтижелерін кестеден аламыз. 5.2.

5.2 - кесте Жүргізіліп жатқан жаңғыртудың техникалық-экономикалық көрсеткіштері

Көрсеткіштің атауы	Ед. изм.	ЭПВ-3	БС3603
1. Күрделі шығындар :			
– жабдықтың құны	тг.	369486	334463
– көлік шығындары	тг.	18474	16723
– құрылыс-монтаж шығындары	тг.	55422	50169
- басқа шығыстар	тг.	36948	33446
Барлығы	тг.	480330	434801
2. Пайдалану шығыстары :			
– электр	тг/жыл	45305	79347,5

энергиясына арналған шығындар			
– күрделі және ағымдағы жөндеуге арналған шығындар	тг/жыл	48033	43480
Барлығы	тг/жыл	93338	122827,5
3. Келтірілген шығындар	тг/жыл	253448	297511,2

Экономикалық тиімділікті есептеу мына формула бойынша жүргізіледі :

$$\mathcal{E}_\phi = \mathcal{Z}_{np2} - \mathcal{Z}_{np1} \text{ тг/жыл.} \quad (5.6)$$

Формулаға сәйкес жаңа Электржетекті пайдаланудың экономикалық әсері (5.3) құрайды:

$$\mathcal{E}_\phi = \mathcal{Z}_{np2} - \mathcal{Z}_{np1} = 297511,2 - 253448 = 44063,2 \text{ тг/жыл}$$

БС3603 электржетегін векторлық-басқарылатын синхронды ЭПВ-3 электржетегіне ауыстыру кәсіпорынға кем дегенде 44063 тг. үнемдеуге мүмкіндік береді.

5.6 Электржетектің алдын ала таңдалған жүйесін пайдаланудың экономикалық тиімділігін анықтау

Жаңғырту тиімділігі келесі көрсеткіштер бойынша бағаланады:

- NPV таза дисконтталған (келтірілген) кіріс;

- T_p ; күрделі шығындарының өтелімділігінің есептік мерзімі;

Таза дисконтталған (келтірілген) кіріс NPV мынадай формула бойынша анықталады

$$NPV = \sum_{t=1}^{T_{\text{экспл}}} \frac{D_t}{(1-r)^t} - K_i, \quad (5.7)$$

Мұндағы $T_{\text{экспл}}$ - жабдықтың қызмет ету мерзімі, жыл; R-дисконттау ставкасы (10%)

D_t - кіріс, қолма-қол ақша ағыны, тг/жыл

Ол келесі формулаға сәйкес анықталады:

$$D = \mathcal{E}_\phi * (1 - H_c) + A_{\text{отч}}, \quad (5.8)$$

Мұндағы \mathcal{E}_ϕ - Электржетек жүйесін енгізуден экономикалық тиімділік, тг / жыл;

H_c - салық ставкасы (20%)

$A_{\text{отч}}$ - амортизациялық аударымдар, тг / жыл.

Амортизациялық аударымдар

$$A_{\text{отч}} = \frac{K_i}{T_{\text{экспл}}}. \quad (5.9)$$

(5.6) және (5.3) негізінде қолма-қол ақша ағынын анықтаймыз(5.8)

$$D = \mathcal{E}_\phi * (1 - H_c) + \frac{K_i}{T_{\text{экспл}}} = 44063 * (1 - 0.2) + \frac{480330}{10} = 83283.4 \text{ тг/жыл}$$

Таза дисконтталған (келтірілген) кіріс $D_1 = D_2 = \dots = D_t$ (5.2):

$$NPV = \sum_{t=1}^{T_{\text{экспл}}} \frac{D_t}{(1+R)^t} - K_i = \sum_{t=1}^{10} \frac{83283.4}{(1+0.1)^t} - 480330 = 31410 \gg 0$$

NPV > 0 болғандықтан, жобаны экономикалық тұрғыдан орынды деп санаған жөн.

Жалпы 10 жыл ішінде инвестицияның өтелу мерзімін мына формула бойынша есептейміз::

$$DBPB = \sum_{t=1}^{T_{\text{экспл}}} \frac{D_t}{(1+RD)^t}, \quad (5.10)$$

Мұнда KB дисконттау ставкасы (банктегі пайыздық мөлшерлеме), RD=10%

Ақша ағындарын қайта есептейміз:

$$\begin{aligned} DPBP1 &= \frac{83283.4}{(1+0.1)^1} = 75710 \text{тг} \\ DPBP2 &= \frac{83283.4}{(1+0.1)^2} = 68830 \text{тг} \\ DPBP3 &= \frac{83283.4}{(1+0.1)^3} = 62570 \text{тг} \\ DPBP4 &= \frac{83283.4}{(1+0.1)^4} = 56880 \text{тг} \\ DPBP5 &= \frac{83283.4}{(1+0.1)^5} = 51710 \text{тг} \\ DPBP6 &= \frac{83283.4}{(1+0.1)^6} = 47010 \text{тг} \\ DPBP7 &= \frac{83283.4}{(1+0.1)^7} = 42740 \text{тг} \\ DPBP8 &= \frac{83283.4}{(1+0.1)^8} = 38850 \text{тг} \\ DPBP9 &= \frac{83283.4}{(1+0.1)^9} = 35320 \text{тг} \\ DPBP10 &= \frac{83283.4}{(1+0.1)^{10}} = 32110 \text{тг} \end{aligned}$$

Шығындар өтелетін кезеңді анықтаймыз:

10 үшін дисконтталған кірістер сомасы:

$$75710 + 68830 + 62570 + 56880 + 51710 + 47010 + 42740 + 38850 + 35320 + 32110 =$$

= 511730 тг., бұл шығындар мөлшерінен көп және бұл бастапқы шығындарды өтеу 10 жылдан бұрын болады.

Егер ақша ағыны бүкіл кезең ішінде біркелкі түссе, онда оныншы жылдың қалдығын есептеуге болады.

$$\text{Қалдық} = (1 - (511730 - 480330) / 22930) = 0,370,$$

Шығындар өтелімділігінің дисконтталған мерзімі 9,370 жылға тең.

Өзін-өзі ақтаудың есептік мерзімін мына формула бойынша анықтаймыз:

$$T_{ox} = \frac{K - K_{ликв}}{D}, \quad (5.11)$$

мұндағы $K_{ликв}$ -тарату құны (капиталдық салымдардан 0% мөлшерінде қабылдаймыз), тг.

Енгізілген жабдықтың өтелу мерзімін есептейміз.

$$T_{ox} = \frac{K - K_{ликв}}{D} = \frac{K - 0 * K}{D} = 5.76 \text{ жыл.}$$

$T_{ок} > T_{н} = 2 \div 3$, бірақ бұл $T_{ок} < T'_{са} = 10$ жыл, және жаңа жабдық ие неғұрлым үздік сипаттамалары бар және одан да көп керек ауыстырылатын жобасы деп санауға болады экономикалық тұрғыдан орынды.

Қорытынды: Экономикалық тиімділік жасалған жұмыс пен өндірістік істің нәтижесінің арасындағы қатынаспен бағаланатын қорытынды болып табылады. Есептелген нәтиже бойынша бастапқы нұсқаның тиімділігін анықтадым. Тиімділік көрсеткіштері өндіріс орнының қаржылық жұмысын бағалау үшін және инвестициялық саясат пен баға беру үшін қолданылады. Бағалаудың белгісі ең аз келтірінді шығындар болып табылады.

Қорытынды

Айнымалы жүктемемен сорғы жабдығының жұмысы кезінде энергия үнемдеу әлеуетін есептеу үшін қажетті ең жоғары энергия тиімділігінің эталондық мәні энергетикалық функционалдың теориялық минимумы бола алады. Қолданылатын жұмыс сорғы қондырғыларының ауыспалы теориялық ең төменгі ықтимал шығындар тұтынылатын энергияның (мәні теориялық минимум мақсатты функцияларын оңтайландыру) мүмкін қол жеткізілген жағдайда, егер талап етілетін арын (қысым) және құбыржол жүйесі арқылы барлық диапазонда реттеу сорғының беру болады ең төменгі рұқсат етілген, ал ауытқу ПЭК өз максималды мәнін нөлге тең болады. Бұл жағдайда энергия үнемдеу әлеуеті электр энергиясының нақты шығындарының айырмашылығы және оңтайландырудың мақсатты функциясының ең аз теориялық мәні ретінде есептелуі мүмкін. Энергия үнемдеу әлеуетін пайдалану дәрежесі бұл жағдайда сорғы қондырғыларын басқарудың әр түрлі тәсілдерінің энергия тиімділігіне ғана емес, сонымен қатар бұрын орнатылған немесе орнатуға болжанған жабдықты таңдау сапасына да объективті баға беруге мүмкіндік береді.

Әдебиеттер тізімі

1 Дмитриенко Ю.А. Регулируемый электропривод насосных агрегатов. Кишинев: Штиинца, 1985.

2 Гинзбург Я.Н., Лезнов Б.С., Чебанов В.Б. Внедрение автоматизированных систем регулируемого электропривода в насосные установки // Автоматизация и управление системами водоснабжения и водоотведения. М.: ВНИИ ВОДГЕО, 1986.

3 Обзор государственной политики Республик Казахстан в области энергосбережения и повышения энергоэффективности. – SBN 978-905948-159-6, 2012.-С.211.

4 Ушаков В.Я. Современные проблемы электроэнергетики. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013.-С.448.

5 Лезнов Б.С. Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздухоудувных установках. - М.: Энергоатомиздат, 2006.

6 Лезнов Б.С. Методические рекомендации по приближенному расчету эффективности применения регулируемого электропривода в насосных установках систем водоснабжения. М.: ВИЭСХ, 1980.

7 Шихов А.А., Андрианов В.А. Применение частотно регулируемого привода в энергосберегающих системах управления насосными установками // Водоснабжение и санитарная техника. 2004. №7.

8 Сыромятников И. А. Режимы работы синхронных и асинхронных двигателей - 4е изд., переработ, и доп. / Под ред. Л.Г.Мамиконянца. - М.: Энергоатомиздат, 1984.

9 Ильинский Н.Ф. Рожанковский Ю.В., Горнов А.О. Энергосбережение в электроприводе //Энергосберегающая технология электроснабжения народного хозяйства. /Под ред. В.А. Веникова. -М.:Высш. шк., 1989.-129с.

10 Мугалимова А.Р. Энергосберегающий электропривод нефтяного стана-качалки на основе асинхронного двигателя с индивидуальной компенсацией реактивной мощности. // Энергосбережение и энергоэффективность Сб.науч.тр. студентов. Магнитогорск. МГТУ, 2005. - С. 97-101.

11 Мугалимова А.Р., Мугалимов Р.Г. Общепромышленный энергосберегающий асинхронный двигатель с индивидуальной компенсацией реактивной мощности. // Перспективы и тенденции развития электротехнического оборудования: Труды симпозиума «ЭЛМАШ-2004» в 2-х т.т. Т. 2. - М.: «Интерэлектромаш», 2004. -С. 129-133.

12 Мугалимова А.Р. Электропривод насосного агрегата на основе энергосберегающего асинхронного двигателя. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Магнитогорск, 2010г, 170с.