ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Коммерциялық емес акционерлік қоғам
Ғұмарбек Даукеев атындағы
«АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ»
Ғарыштық инженерия және телекоммуникация институты
Электроника және Робототехника кафедрасы

«ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ»
Кафедра меңгерушісі
доцент Чигамбаев Т.О.
_____
«___» _____ 2020ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: “ЭКГ-8И қысым жасау механизімінің басқару жүйесінің түзету құрылысын синтездеу”
Мамандығы: 5В071600 – Аспап жасау
Орындаған: Жарылқасын Д.П. Тобы: ПСк-16-2
Ғылыми жетекшісі: к.т.н., профессор Адамбаев М.Д.
Кеңесшілер:

экономикалық бөлім бойынша:
доцент Боканова Г.Ш. _____ «___» _____ 2020ж.
(қолы)

өміртіршілігі қауіпсіздігі бойынша
доцент Абикенова А.А. : _____ «___» _____ 2020ж.
(қолы)

есептеу техникасын қолдану бойынша
к.т.н., профессор Адамбаев М.Д. _____ «__» ____ 2020ж.
(қолы)

Нормабақылаушы аға оқытушы
Нұрғизат Е.С. _____ «___» _____ 2020ж.
(қолы)

Пікір беруші: Әл-Фараби атаындағы ҚазҰУ,
“Механика” кафедрасының
т.ғ.қ аға оқытушысы Ералиев А.К. _____ «__» ____ 2020ж.

(қолы)

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Коммерциялық емес акционерлік қоғам
Ғұмарбек Даукеев атындағы
«АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ»

Ғарыштық техника және телекоммуникация институты
«Электроника және робототехника» кафедрасы
Мамандығы: 5В071600 – Аспап жасау

Диплом жұмысты орындауға берілген
ТАПСЫРМА

Студент Жарылқасын Динара Полатқызы
Жұмыстың тақырыбы: “ЭКГ-8И қысым жасау механизімінің басқару жүйесінің көтеру құрылысын синтездеу”
20__ ж. «__» ____ №___ университет бұйрығымен бекітілді
Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі _____ «___» _____ 2020ж.

Жұмысқа алғашқы деректер (талап етілетін зерттеу (жұмыс) нәтижелерінің параметрлері және зерттеу нысанының алғашқы деректері):
1.2- реттік теңжеулер жүйесін пайдалана отырып блок-схема тузу;

2. Proteus бағдарламасында кодтап бағдарламалау;

3. Құрастыру, реттеу және жұмысқа қабілеттілігін тексеру.

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

Proteus бағдарламасында блок-схемамен жұмыс жасауын көрсету:
1) сәйкестендіру алгортимін құру;
2) Proteus негізінде бағдарламалау;
3)Arduino Uno-да код әзірлеу.

Графикалық материалдардың (міндетті түрде дайындалатын сызбаларды көрсету) тізімі:

1. Бағдарламаның құрылымдық схемасы.
2. Бағдарламаның блок схемасы.
3. Proteus бағдарласында проект жасап, көрсету.
4. Жобаны құрастырудың схемалық диаграммасы.

Негізгі ұсынылатын әдебиеттер:

1. Адамбаев М. Д., Дохтаренко К. М. Анализ систем автоматического регулирования на базе применения ПЭВМ /Вестник Казахского национального университета имени К. И. Сатпаева, № 5 (28)/2001. – Алматы, КазНТУ, 2001, с. 60 – 64.Лисовик Л.К., Огибенин Б.П. Горные машины для открытых горных работ. – М.: Недра, 1970. – 320б.

2. Медведев Г.Д. Электрооборудование и электроснабжение горных предприятий. – М.: Недра, 1988. – 358б.

3. Самохин Ф.И., Маврицын А.М. Электрооборудование и электроснабжение открытых горных работ. – М.: Недра, 1979. – 399б.

4. Единые правила безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом. – М.: Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Гостехнадзора России», 2003. – 152б.

Жұмыс бойынша бөлімдеріне қатысы белгіленген кеңесшілер

Бөлімдері	Кеңесшілері	Мерзімі	Қолы
Экономикалық бөлім	Доц. Боканова Г.Ш.	14.05-15.05.2020 ж.	
Өмір тіршілігінің қауіпсіздігі бөлімі	Доц. Абикенова А.А.	19.04-08.05.2020 ж.	

Дипломдық жұмысының дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдердің атауы, әзірленетін мәселелердің тізімі	Ғылыми жетекшіге ұсыну	Ескерту
1. Жүйенің жұмыс жасау принциптері	2.03.2020 ж.	
2. Ардуино микроконтроллеріне шолу	7.03.2020 ж.	
3. Жабдықтарды таңдау	23.03.2020 ж.	
4. Жобаға қажет құрылғылар мен радиобөлшектер	4.04.2020 ж.	
5. Бағдарламамен қамтамасыз ету	29.04.2020 ж.	

Тапсырманың берілген уақыты «___» _____ 2020ж.

Кафедра меңгерушісі: _____ (Чигамбаев Т.О.)
(қолы)

Жұмыстың ғылыми жетекшісі: _____ (Адамбаев М.Д.)
(қолы)

Орындалатын тапсырманы
қабылдаған студент: _____ (Жарылқасын Д.П.)
(қолы)

Аңдатпа

Бұл дипломдық жұмыс ЭКГ-8И көтеру механизмін автоматты басқару жүйесінің түзету құрылғысын синтездеу тақырыбына бағытталған. ЭКГ-8И мен жұмыс жасау пайдалы қазбаларды өндірудің неғұрлым прогрессивті және үнемді тәсілі еңбек өнімділігі бірнеше есе жоғары, ал өндірудің өзіндік құны кен орындарын жер астында қазуға қарағанда төмен ашық әдіс болып табылады. Осы жұмыста ЭКГ-8И техникалық сипаттамасы, пайда болу тарихы, пайдасы, жұмыс жасау принципі, сонымен қатар оның қоршаған ортаға әсері жайлы мәселе қозғалады.

Аннотация

Данная дипломная работа направлена на синтез регуляторного устройства системы автоматического управления подъемным механизмом ЭКГ-8И. ЭКГ-8И и работа более прогрессивный и экономичный способ добычи полезных ископаемых является открытым способом, производительность труда в несколько раз выше, а себестоимость добычи ниже, чем подземная разработка месторождений. В этой работе затрагивается вопрос о технической характеристике ЭКГ-8И, истории возникновения, пользе, принципе работы, а также его влиянии на окружающую среду.

Abstract

This thesis is aimed at synthesizing the regulatory device of the automatic control system of the lifting mechanism EKG-8I. EKG-8I and work a more progressive and economical method of mining is an open method, labor productivity is several times higher, and the cost of production is lower than underground mining. Currently, the volume of mineral extraction in quarries significantly exceeds the volume of production in mines. In this work, only the technical characteristics of ECG-8I, causes, benefits, operating principle, as well as issues of its impact on the environment are discussed.

Мазмұны

1 ЭКГ-8И экскаваторы және оның электр жетегі туралы жалпы түсінік 8
1.1 ЭКГ-8И экскаваторы және оның техникалық мәліметтері 8
1.2 ЭКГ – 8И түріндегі экскаватордың электржетегі 9
1.3 Басты жетектің басқару тізбегі және оның негізгі элементтері 13
2. ЭКГ-8И экскаваторының электр жетегінің негізгі элменттерін олардың техникалық мәліметтері бойынша идентификациялау 18
2.1 Идентификациялау туралы түсінік 18
2.2 Тұрақты ток генераторын идентификациялау 18
2.3 Тұрақты ток қозғалтқышын идентификациялау 28
2.4 Күштік магниттік күшейткіштерді (КМК) идентификациялау 37
3 ЭКГ-8И экскаваторы электр жетегіне синтез жүргізу 39
3.1 Бастапқы жүйеге анализ жүргізу. Жүйе тұрақтылығын Михайлов критерийі бойынша тексеру 39
3.2 Бастапқы жүйенің сапасын операторлық әдіспен анықтау 42
3.3 Бастапқы жүйеге синтез жүргізу. Бастапқы жүйеге ЛАЖС әдісімен түзетуші буын енгізу 47
4 Өмір тіршілік қауіпсуздігі 54
4.1. Еңбек жағдайын талдау 54
4.2 Шаң және зиянды газдармен күрес 57
4.3 Қоршаған ортаны қорғау шаралары 58
5 Техникалық-экономикалық бөлім 60
5.2 Шығындар ретін анықтау 61
5.3 Аспапты әзірлеуге арналған шығындарды есептеу 61
5.3.1 Еңбекақы төлеу қоры 62
5.3.2 Әлеуметтік салық 66
5.3.3 Амортизация 66
5.3.4 Материалдар мен жинақтаушылардың шығыны 67
5.3.5 Электр энергиясына шығындар 67
5.3.6 Бөлмені жалға алу шығындары 68
5.3 Динамикалық көрсеткіштерді есептеу 71
Қолданылған әдебиеттер: 79

Кіріспе

Пайдалы қазбаларды өндірудің ең прогрессивті және үнемді әдісі ашық әдіс болып табылады, мұнда еңбек өнімділігі бірнеше есе жоғары және өндіріс құны жерасты қазбаларымен салыстырғанда төмен. Қазіргі уақытта карьерлерде өндіру көлемі шахталардағы өндіру көлемінен едәуір асады.

Карьерлердегі жұмысты механикаландырудың негізгі құралы - бір күрек экскаваторлар. Бұл машиналар қара және түсті металлургия карьерлерінде, құрылыс материалдары өндірісінде, сондай-ақ ірі құрылыстың жер жұмыстарында қолданылады.

Қазіргі заманғы бір шөмішті экскаватор - бұл жоғары қуатты реттелетін электр жетектерімен жабдықталған күрделі және өнімділігі жоғары машина. Электр экскаватор машиналарының жалпы сыйымдылығы өте жоғары бірнеше мың киловаттқа дейін жететін ірі экскаваторларға жетеді. Жеке экскаваторлы механизмдердің электр жетегін басқару жүйелері оларда қолданылатын элементтердің де, оларды басқару негізіндегі басқару процестерінің де көптігімен сипатталады.

Күректер әртүрлі жүктемелермен, дірілмен, шаңмен, жоғары ылғалдылықпен, қоршаған орта температурасының өзгеруімен өте қиын жағдайларда жұмыс істеуге арналған. Негізгі механизмдердің электр жетектері қарқынды, үзіліссіз, қысқа уақыт режимінде, жоғары ауысу жиілігімен, қозғалтқыш білігіне жүктеменің кең өзгеруімен, электр жетектерінің жүйелі түрде жүктелуімен, топырақты қопсыту процесіне тартылған механизмдермен, ауыр жүктемелердің жоғары ықтималдығымен жұмыс істейді осы электр жетегі құлыпталғанға дейін.

Сондықтан экскаватордың механикалық және электр жабдықтарында дірілге төзімділікке қатаң талаптар бар, кірістердің рұқсат етілген саны, жұмыс уақытына кепілдік, экскаватор механизмдерінің статикалық және динамикалық сипаттамаларына арнайы талаптар қойылады.

Қазіргі уақытта экскаваторлардың көптеген түрлері ашық түрдегі тау-кен жұмыстарында өте көп жер жұмыстарын жүргізуде.

Тікелей күрек жабдықтары бар бір реттік тау-кен экскаваторлары ашық тау-кен жұмыстарында қолданылатын негізгі машиналар болып табылады, өйткені ең қиын тау-геологиялық және климаттық жағдайдағы жұмыс қажеттіліктерін қанағаттандырады.

Қазіргі уақытта ашық тау-кен жұмыстарында аса көп еңбекті қажет ететін жер жұмыстарының үлкен көлемін орындайтын экскаваторлардың үлгілері мен модельдерінің көп саны жұмыс істейді.

Тік күрек жабдығы бар бір шөмішті карьерлік экскаваторлар ең ауыр тау-кен-геологиялық және климаттық жағдайларда жұмыс талаптарын қанағаттандыратын Ашық тау-кен жұмыстарында қолданылатын негізгі машиналар болып табылады.

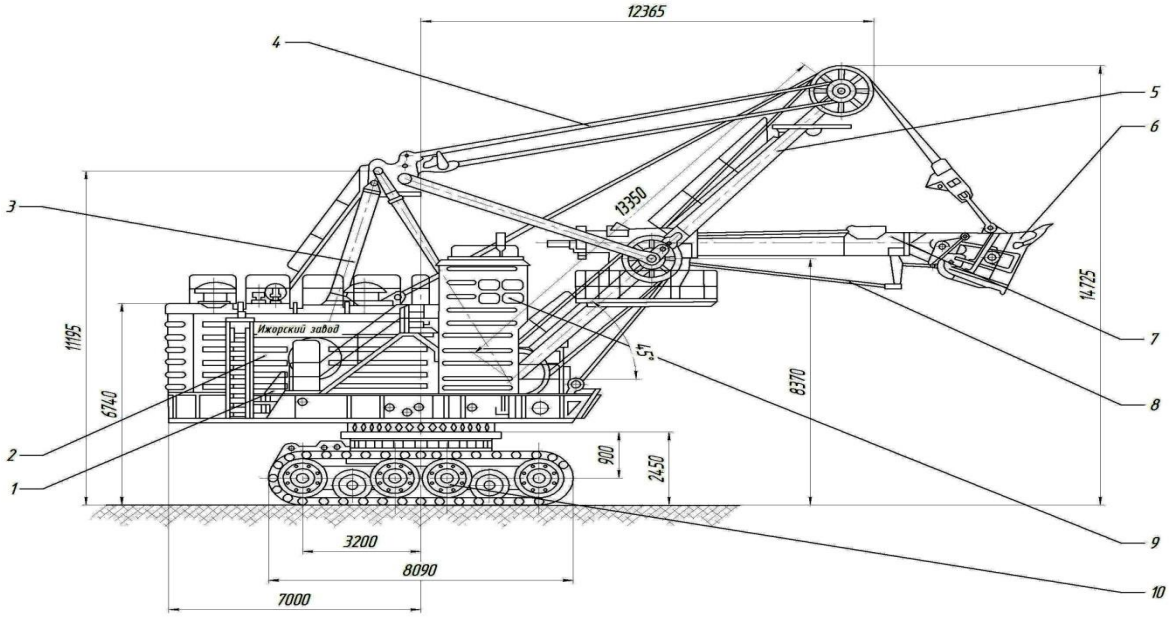
1 ЭКГ-8И экскаваторы және оның электр жетегі туралы жалпы түсінік

1.1 ЭКГ-8И экскаваторы және оның техникалық мәліметтері

Республика аумағының жер асты қойнауында қажетті қазбалардың біршама көп түрлері кездеседі. Атамекенімізде бұл байлықтардың өндірісі қарқынды түрде дамуда. Бұл өндірістің алға ілгерілеп дамуына аса зор экскаваторлар ортадан ойып тұрып, үлкен орын алады. ЭКГ-8И экскаваторы құрылыс материалдары өндірісінде, түсті және қара металлургияда, ашық түрдегі тау-кен саласында, көмір және құрылыс өндірісінде көп көлемдегі қазу жұмыстарын жүргізуде, одан өзге пайдалы қазбаларды өңдеуге жәнеде олардың үйінділерін әртүрлі машиналарға тиеу үшін арналған электрлік үлкен экскаватор болып табылады.

ЭКГ-8И экскаваторы - тік механикалық күректі, толықтай бұрылу функциясын атқара алатын электрлік, бір ковшты экскаватор. Бұл экскаватор Ресей Федерациясының А.А.Жданов есімімен аталатын Ижорск машина жасау заводында жасалған. Экскаватор атауындағы И әріпі өзі істеп шығарылған заводтың атына байланысты, ал Э – экскаватор, К – карьерлік, Г – гусиницалы (шынжыр табанды) жүрісті деген мағынаны білдіреді. ЭКГ-8И экскаваторының жалпы бейнесі келесі 1.1 – суретте бейнеленген.

Қысым механизмі шөміш сабының алға-артқа қозғалуын қамтамасыз етеді. Бұл механизм қысым шығырынан және канаттардан тұрады.



1.1-сурет – ЭКГ-8И экскаваторының жалпы көрінісі

1.1-кесте – ЭКГ-8И экскаваторының негізгі техникалық мәліметтері

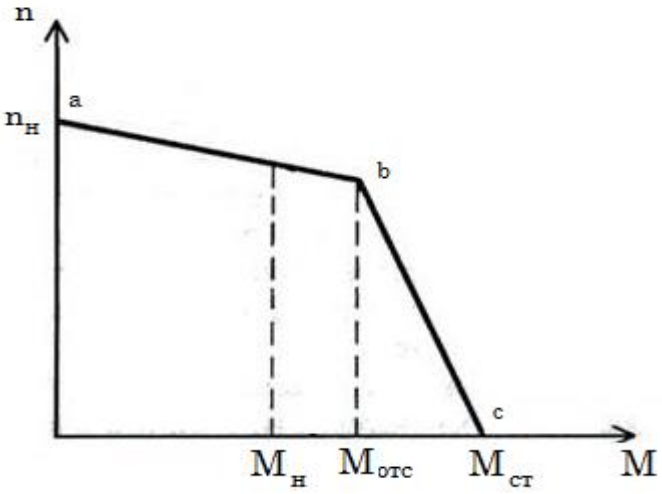
№	Атаулары	Өлшем бірліктері	Өлшемдері
1	Негізгі ковштың көлемі (ауыр қазбалар үшін)	$м^3$	8
2	Қосалқы шөміштің көлемі (ауырлығы орташа қазбалар үшін)	$м^3$	10
3	Экскаватордың қоректенетін кернеуі	В	6000
4	Желілік қозғалтқыштың қуаты	кВт	630
5	Ең үлкен қазу тереңдігі	м	13,5
6	Қазудың ең үлкен радиусы	м	18,4
7	Циклдың орташа ұзақтығы	с	26
8	Жүру жылдамдығы	км/сағ	0,42
9	Конструктивті массасы	т	335
10	Массаға қарсысалмақ массасы	т	35-40
11	Ең үлкен биікке қарай жүру бұрышы	град	12
12	Жерге түсетін меншікті қысым	МПа ($кгс/см^2$)	0,27(2,7)

Шығыр шекті моменттің фрикционды муфтасы бар редуктормен қосылған электрқозғалтқыштың жетегіне ие. Редуктордың шығыс валына барабандар отырғызылған. Қысым механизмінің жұмыс кезінде тежелуі қарсы тоқ тәсілімен орындалады. ЭКГ-8И экскаваторының жұмыс механизімі жүру арбасынан және күллі механизмдері орналастырылған бұрылу алаңынан тұрады. Жұмыс механизмінің құрамына стрела, шөміш және шөміш сабы, шөміштің түбін ашу механизмі және стрела аспасы кіреді. Бұрылу алаңы оған орнатылған механизмдердің және бұрылу бөлігінің негізі. Бұрылу алаңының рамасы бір жағынан массаға қарсысалмақтың корпусы болып табылады. Бұрылу алаңында көтеру және қысым шығыры, бұрылу механизмі, компрессор, басқару органдары бар машинист кабинасынан, экскаватор кузовынан тұрады. Бұрылу алаңы жүру арбасының дөңгелек тәріздес рельсінде жататын роликті дөңгелекке тіреледі және орталық цафпа арқылы жүру арбасына қосылады. Жүру арбасы эксковатордың бүкіл айналатын бөліктеріне тірек қызметін атқарады.

1.2 ЭКГ – 8И түріндегі экскаватордың электржетегі

Басты жұмысшы механизмдердің электржетектеріне қойылатын негізгі талаптар, жүктеменің жеткілікті жоғары өсуінде автоматты кемитін, қозғалтқыштың жұмысшы жүктемелерде максимал айналу жиілігін қамтамасыз етуінен тұрады. Оның мәжбүрлі тоқтауымен шақырылған жұмысшы механизмнің тежелу режимінде, мысалы шөміш өту мүмкін емес

кедергіге кездескенінде, қозғалтқыштың айналу моменті анық, жетек және механизм үшін қауіпсіз шамадан – тежелу моментінен асып кетпеуі керек. Сондықтан механикалық сипаттама *n = f(M)* (1.2 - сурет) әдетте *abc* сынық сызығы түрінде болады және горизонтальды оске параллель *ab* жұмысшы участкасынан және жұмысшы емес көлбеу (құлаушы) *bc* участкасынан тұрады.



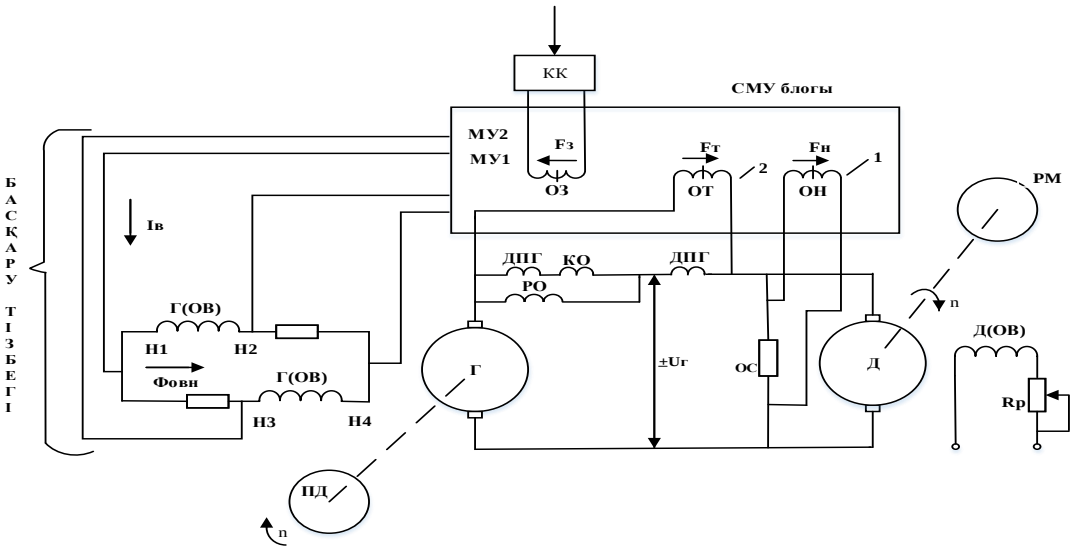
1.2-сурет – Экскаватор жетегінің механикалық сипаттамасы

Электржетектің орындалуы. ЭКГ – 8И түріндегі біршөмішті экскаватордың негізгі жұмысшы механизмі жетегінің талап етілетін механикалық экскаваторлық сипаттамасы төмендегіше амалға асырылады: әрбір негізгі жұмысшы механизм ЖМ – көтеру, бұрылу және тегеуірін (1.3-сурет) қоздырудан тәуелсіз, жеке генератордан Г қоректенетін, кернеуі 0 ден толық мәніне дейін ($+U_г$ немесе $-U_г$) беруші құрылғы көмегімен бірсарынды реттелуі мүмкін (ЭМУ көлденең өрісінің электромашиналық күшейткіштерінде КК басқару контроллері мен немесе КМК күштік магнитті күшейткішімен және т.с.с.), қоздыру тізбегіне қосылған, тұрақты ток қозғалтқышымен Д жабдықталады. Осындай электржетектің реттелетін жүйесі генератор – қозғалтқыш (Г-Қ) жүйесі деп аталады.

Мұндай автоматтандырылған электржетегі жүйесінің әрекеті негізінде тұрақты токтың Г–Қ жүйесі қозғалтқыш айналуы жиілігінің генератор қозыуының сызықты тәуелділігін қамтамасыз етеді. Сигналдың (генератор қозуының магнитті ағыны) шамасын және бағытын әртүрлі тәсілмен автоматты өзгерте отырып генератор кернеуін, онымен байланысқан қозғалтқыш және жұмысшы механизмнің жиілігін және айналу бағытын өзгерту мүмкін және сонымен қатар талап етілген механикалық экскаваторлық сипаттамаларды алу мүмкін.

1.3 - суретте көрсетілген экскаватордың негізгі механиздерінің автоматты электржетегі жүйесінде де басқа кез келген автоматты реттеу

және басқару жүйелеріндегі тәрізді тіке және кері әсер ету тізбектері болады.



1.3-сурет– ЭКГ- 8И түріндегі экскаватордың күштік магнитті күшейткіштер КМК блогымен үйлестірілген ықшамдалған принципиалды схемасы.

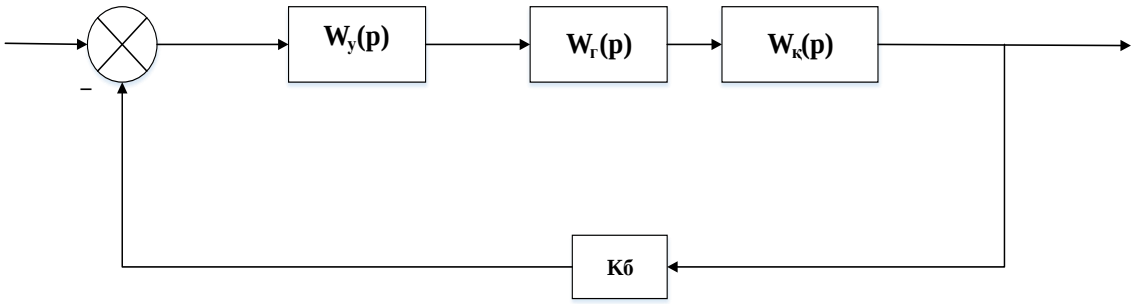
Тіке (негізгі) әсер ету тізбегі бір тағайындауға ие: қозғалтқыштың жиілігін және айналу бағытын басқару. Бұл бағытталған әсер ету тізбегінің басталуы басқару жүйесінің кіруі, соңы – шығуы деп аталады. Сәйкес жүйенің кіруші және шығушы шамалары (немесе жүйе элементтері) ажыратылады. Қарастырылып отырған жүйелердің кірушы шамасы, генераторды қоздыру сигналына әсер ететін, негізгі басқарушы сигнал болып табылады. Генератордың $U_г$ кернеуі шығушы шама болып табылады.

Тіке әсер ету тізбегі бойымен негізгі басқарушы сигнал жүйенің бір элементінен басқасына тізбектей беріледі (тіке байланыс), кері байланысқа қарама-қарсы.

Кері әсер ету тізбектері немесе байланыстары деп жүйенің келесі элементтерінен қоректенетін және алдыңғы элементтерге әсер ететін (жүйенің немесе буынның шығушы шамасының кіруге әсері) тізбектері деп аталады. Шаманың сипатына тәуелді шарттасатын кері байланыс тізбегінде токтың өтуі бойынша тізбегі кернеу бойынша (1.3-суреттегі ОН КМК орамы), ток бойынша (1.3-суреттегі $U_г$ тегі ОТ КМК орамы), жылдамдық бойынша және сол тәрізді кері байланысты болуы мүмкін.

Экскаватор электржетектерінде моментті шектеу якор тогын шектеу менен қамтамасыз етіледі. Сондықтан ток бойынша кері байланыс тізбегінде экскаваторлық сипаттаманың құлдырауын қамтамасыз ететін, сызықты емес элемент бар (1.3 - суреттегі КМК). Атап өтілген кері

байланыстар экскаватор электржетектегі жүйесінде басты немесе негізгі болып табылады. Экскаватор электр жетегінің құрылымдық сұлбасы 1.4-суретте көрсетілген.



1.4-сурет – Экскаватор электр жетегінің құрылымдық сұлбасы

Негізгі басқару сигналдарымен (кіруші сигналдармен) сәйкес әрекет ететін кері байланыстар оң кері байланыстар деп аталады; ол теріске – кездесуші әрекеттенеді. Егер шығушы шаманың әрекет етуі реттелуші шаманың мәніне үздіксіз және пропорциональды болса, онда ол қатаң кері байланыс деп аталады.

Шығушы шама оның кіруші шамасымен ұқсас негізгі кері байланыстар арқылы байланысқан автоматты реттеу және басқару жүйесі тұйық деп аталады. Г–Қ тұйық жүйесінде негізгі кері байланыстардан басқа, жүйені қалыптастыру мақсатында және реттеудің сапасын жақсарту үшін жәрдем аралық кері байланыстар да болады.

Жоғарыда қарастырылып отырған негізгі кері байланыстар тәрізді, қалыпты байланыстар жеке буындардың немесе кіруі бар барлық жүйенің шығуын байлайды. Негізгі қатаң байланыстардан өзгеше, бірқалыпты байланыстарды жұмсақ деп атайды, себебі жұмсақ байланыстың шығу сигналының шамасы шығу сигналдардың өзіне емес, ал шығу шамалардың жылдамдығы немесе үдеуіне пропорционалды.

Егер қатаң байланыстар шығу шаманың тұрақтылығын ұстап тұру үшін қызмет етсе (мысалы, жетек жылдамдығы немесе берілген заң бойынша шығу шаманы реттеу үшін), онда жұмсақ байланыстар шығу шаманың тұрақты өзгеру жылдамдығын ұстап тұру үшін қызмет етеді, мысалы өту процесстерде үдеуді шектеу үшін немесе берілген заң бойынша шығу шаманың өзгеру жылдамдығын реттеу үшін қолданылады. Сонымен бірге жұмсақ байланыстар жүйенің орнықты жұмысына жету үшін қызмет етеді. Г–Қ жүйесіндегі өту процесстердің талап етілген ұзақтығына, генератордың қоздыру орамына жеткізілген, сәйкес кернеуді өзгерту арқылы алынады. Ұзақ өту процесстерін қысқарту үшін генератордың қоздыру орамына жоғарылатылған кернеу, ал $U_г$ өсуін баяулату үшін – төмендетілген кернеу беріледі. Бірінші жағдайда, генератордың магнит өрісін басқаратын (ЭМК немесе КМК) беруші құрылғы жоғарылатылған кернеу түзу үшін кернеу қорымен таңдалады, ал үрдістің өзі үдету деп аталады [1].

1.3 Басты жетектің басқару тізбегі және оның негізгі элементтері

Г–Қ жүйесіндегі басты күштік тізбегі жұмысшы механизмінің Қ қозғалтқышының зәкір орамы генератор Г зәкір орамымен басты күштік тізбекті түзіп, тікелей тұтастырылады. Бұл тізбекте қандай да бір қосқыштар немесе реостаттар (қосу реостаттары) жоқ. Басты күштік тізбек арқылы энергия жұмысшы механизмге беріледі. Бұл энергия бастапқыда Г генератор мен АҚ қозғалтқышының айналыуының механикалық энергиясынан тұрақты токтың электр энергиясына түрлендіріледі, ал соңынан Д қозғалтқышында электрліктен тағы да механикалыққа түрлендіріледі және жұмыс механизмі тудыратын кедергісін жеңуге жұмсалады.

Магниттік күшейткіштер. Күшейту коэффициенті магнитті күшейткіштердің негізгі қасиеттерінің бірі болып саналады және магниттік күшейткіштен қаншалықты үлкен күшейту болса, соншалықты үлкен магниттік күшейткіште күшейту болады, соншалықты оңай және аз қуатты аппаратураларды экскаватордың электржелісіндегі басқару шынжырында қолдану мүмкін болады. Сондықтан магнитті күшейткішке қолданылатын бірінші негізгі талап – бұл, күшейту коэффициентімен сипатталатын, ондағы максималды күшейтуді қамтамасыз ету. Қуат бойынша күшейту коэффициенті – бұл күшейткіш шығуындағы қуаттың оның кіруіндегіге қатынасы:

$$k = \frac{P_{жүк}}{P_{бас}}, \tag{1.1}$$

мұндағы $P_{жүк}$, $P_{бас}$– жүктеме және басқарушы орам қуаты.

Қуаты арқылы күшейту коэффициентіменен бірге магнитті күшейткіштер, ток және кернеу арқылы күшейту коэффициенті жиі сипатталады:

$$k_I = \frac{\Delta I_{жүк}}{\Delta I_{бас}}, k_U = \frac{\Delta U_{жүк}}{\Delta U_{бас}}. \tag{1.2}$$

Ток арқылы күшейту коэффициенті жүктеме тогы басқару тогынан қанша есе көп екендігін көрсетеді.

Кернеу арқылы күшейту коэффициенті, жүктемедегі кернеудің күшейткіш кіруіне берілетін кернеумен салыстырғанда көбейуін сипаттайды.

Мысалы, кіріс-шығыс қыйсығы тәуелділігінен, ток арқылы М күшейту коэффициенті орталық бөлікте тең екендігін көрсетеді.

Қарастырылып отырған МК-тердің айтарлықтай кемшілігі, олардың инерциялылығы, яғни жұмысшы тізбегіне күшейтілген басқару сигналының берілуінің лезде еместігінде. Бұл басқару орамы индуктивтікке ие болғанымен және токтың өзінің орныққан мәніне жету үшін белгілі бір Т уақыттың талап етілетіндігімен түсіндіріледі. МК жұмысында басқарушы орамда басқарушы ток орамында өзгерген ток өтетін кезеңі маңызды. Осы моменттерде автоматты жүйе күшейткішті қосып жұмыс істейді, яғни сыртқы шарттардың өзгерісін байқап және басқарудың жауап сигналдарын істеп шығарады. Осы уақытта МК дан жылдам жұмыс істеу әрекеті талап етіледі. Жылдам әрекетін және күшейту коэффициентін көбейту үшін магнитті күшейткіштер ток бойынша оң кері байланыспен орындалады.

ҮФМК (үш фазалы магниттік күшейткіш)түріндегі үшфазалы магнитті күшейткіштер токтардың шамаларын және бағытын өзгерту және күрделі механизмдердегі қоздыру генераторындағы тәуелсіз орамдары үшін пайдаланылады.

Жүктеменің түзетілген тогында МК дың күштік сапасына арналған магнитті күшейткіштерді қосудың үшфазалы схемасы үлкен қуаттылықтағы күшейткіштерді істеу үшін пайдаланылады. Үлкен қуаттылықтағы күштік МК-дан генераторларды тәуелсіз қоздыру орамдарын қоректендіру үшін күшейткіштің шығысындағы түзетілген ток барынша аз пульсацияға ие болуы керек. Бұл талапқа үшфазалы күштік МК жауап береді екен. Сонымен қатар МК-ды қосудың үш фазалы схемалары пульсацияның кіші шамасына, пульсирленуші токтың жоғары тұрақты құраушысына ие бола тұра, үлкен күшейту коэффициентіне және бірфазалылармен салыстырғанда кіші мөлшерлерге ие болады.

Тұрақты токтағы жүктемесі бар үшфазалы МК Ларионовтың көпірлік схемасы бойынша орындалады (1.5, а-сурет). Бұл жағдайда жүктемеге алтыфазалы пульсацияға ие түзетілген кернеу жеткізіледі. Үшфазалы магнитті күшейткіштің бұл схемасын әдетте ток бойынша кері байланысы сыртына шығарылған деп атау қабылданған, себебі онда бір топ В1 - В6 түзеткіштер тобы тек ішкі кері оң байланысы үшін, ал көпірдегі басқа В7 - В12 – түзету үшін пайдаланылады.

Магнитті күшейткіштерді қосудың үшфазалы схемасы (ҮФМК) үш бірфазалы күшейткіштен жиналады. Мұндай МК жұмысшы орамдар орналасқан, алты магнитөткізгіштен тұрады. Басқару орамдары күшейткіштің барлық алты білігін де өз ішіне қамтиды (1.5, а-суреттегі $\omega_{бас}$ орамы). Сондықтан ықшамдау мақсатында 1.5, б-суретінде барлық алты білікті кескіндеу орнына шартты түрде жұмысшы орамдардың әрбірі үшін параллель қосылған тек қана екі біліктің кескіні берілген.

Екітактілі күшейткіш екі үшфазалы біртактілі УМ3П күштік магнитті күшейткіштерінен құрастырылған. Біртактілі күшейткіштердің шығуына жүктеме бірсыдырғы көпір түрінде қосылған (1.5, б-суреттегі). Көпір бірдей

екі дербес генераторды қоздырудың тәуелсіз орамдарының ГОВ1 және ГОВ11 жарты орамынан және кедергісі шамамен қоздырудың жарты орамының $R_{наг}$ актив кедергісіне тең, екі $R_{б1}$ және $R_{б2}$ балласттық резисторларынан тұрады. Бұл тәрізді көпірдің барлық төрт иығының кедергілерді таңдау, көпірдің диагоналының біріне қосылған бір МК дың, басқа диагоналға жалғанған басқа МК дың жұмысына, әрекетін болдырмайды. ГОВ1 және ГОВ11 жарты орамдары көпірдің қарама-қарсы иықтарына жалғанған, бірақ, мұнда олардың түзетін магниттік ағымы қосылады (1.5, б-сурет).

Жарты орамдарды бұл тәрізді қосқанда, 1.5, б-суреттен көрінетініндей, олардың әрбірінде күшейткіштердің шығысында токтар кездесуші бағытталған. Сондықтан қоздырудың тәуелсіз орамындағы жарты орамдардағы қоздыру тогы МК1 және М2 екі күшейткіштегі токтар айырмаларына тең, ал балласттық резисторлардағы ток – осы токтардың қосындыларына тең (2.4, б-суреттегі бірінші магниттік күшейткіштегі шығу тогы тұтас, ал екінші магниттік күшейткіштегі шығу тогы – штрихты стрелка мен кескінделген).

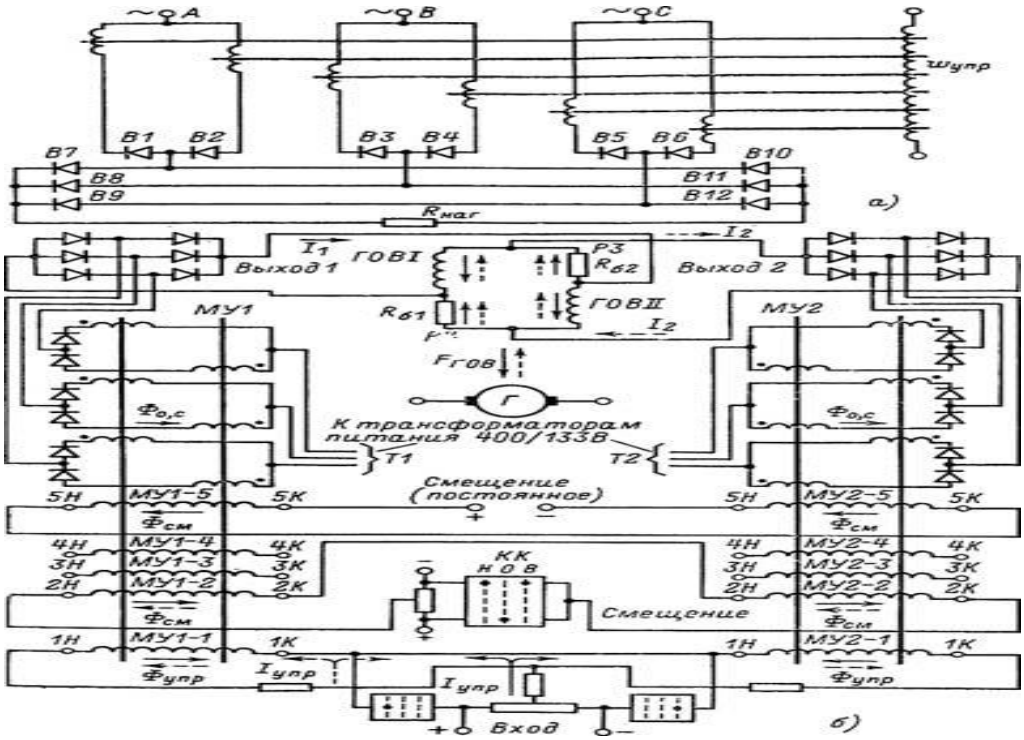
МК1 және МК2 күшейткіштері бірдей магниттелген жағдайда, генераторды қоздырушы жарты орамдар бойымен күшейткіштер шығуының $I_1 = I_2$ бірдей токтары және қорытынды ток өтеді, демек қоздырушы жарты орамдар м. қ. к.-і ($F_{гов} = F_1 – F_2$) нөлге тең.

Егер басқару орамдары арқылы ток өткізіп, бір күшейткішті магниттендірсек (мысалы, МК1) және біруақытта басқасын (МК2) магнитсіздендірсек, онда біртактілі күшейткіштердің шығыс токтары енді тең болмайды: I_1 ток I_2 тогынан үлкен болады. Бұл жағдайда қоздырушы жарты орамдар бойымен бір бағыттағы $I_{гов} = I_1 – I_2$ қорытынды ток өтеді, демек екітактілі күшейткіш жүктемесіндегі қорытынды м. қ. к. $F_{гов}$ бір бағытқа бағытталады (1.5, б-сурет).

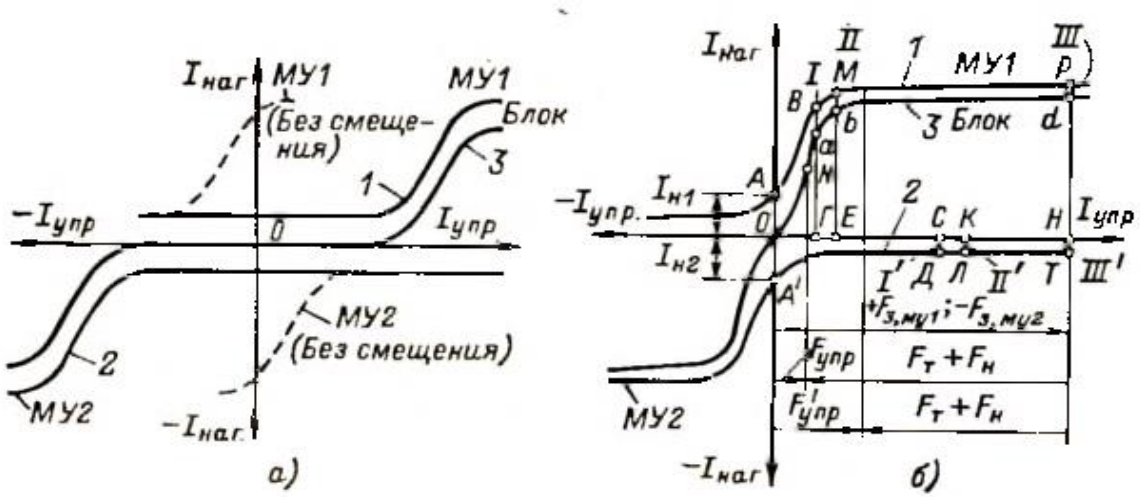
МК2 күшейткішті магниттендіргенде (1.5, б-сурет) және біруақытта МК1 күшейткішті магнитсіздендіргенде қорытынды М.Қ.К-і басқа бағытқа бағытталған болады. Осылайша екітактілі (реверсивті) күшейткіштің шығуында, БД блоктағы тәрізді, ток және магнит өрісінің реверсирленуі алынады.

Басқару контроллердің нолдік жағдайында күшті теріс жылжыту, ал басқа жұмысшы жағдайларында әлсіз оң жылжыту кіргізіледі (1.5, а-біртактілі және б-екітактілі үшфазалы магнитті күшейткіштер б- суреттегі оң жылжытудың магниттік өрістері тұтас стрелкалар мен, ал теріс жылжытулар штрихты стрелкалар мен белгіленген).

1.6-суретте а – нөлдік және б – жұмысшы жағдайы үшін блокқа кіруші МК дың әрбір 1 және 2 статикалық сипаттары, сондай-ақ басқару контроллерінің нолдік жағдайындағы магнитті күшейткіштер блогының 3 екітактілі реверсивті статикалық сипаттамасы келтірілген; 1.6, б-суретте – сол сипаттамалар басқару контроллерінің жұмысшы жағдайы үшін келтірілген.



1.5-сурет – ЭКГ - 8И түріндегі экскаватордың үшфазалы магнитті күшейткішінің (ҮФМК) принципиалды схемасы.



1.6-сурет – Басқару контроллерінің магнитті екітактілі күшейткіштің (ҮФМК блогының) статикалық сипаттамасы.

Күрделі механизмдердің магнитті күшейткіштерінің статикалық сипаттамаларындағы А және А′ жұмысшы нүктелері бастапқы токтардың минимал мәндері $I_{н1} = I_{н2} = I_{наг.min}$ бөлімшесінен таңдап алынатындығы белгілі екені айдан анық. Сондықтан магнитті блоктың реверсивті

сипаттамасы БД түріндегі блоктардың реверсивті сипаттамасынан формасы бойынша ерекшеленеді (реверсивті сипаттаманы құру төменде айтылады).

Күрделі механизмдерде қолданылатын магнитті күшейткіштер блогының басқа өзгешелігі, күшейткіштердің басқару орамдары БД блогындағы тәрізді тізбектей емес, ал кездесуші-параллель жалғанатындығы болып табылады (1.5, б-суреттегі МК1 - 1 және МК2 – 1 беруші орамдарды қараңыз), ол жеке режимдерде әрбір МК блогын даралап басқаруға мүмкіндік береді. Бұл жағдайда беруші орамдарға анық полярлылықтағы басқару тогы берілгенде бір магнитті күшейткіш, МК1 магниттенеді, себебі 5Н - 5К орамдардың $Ф_{бас}$ және $Ф_{о.с}$ ағымдары бағыты бойынша кездесуші ($Ф_{бас}$ және $Ф_{о.с}$ ағымдары бағыты бойынша беттеседі), ал басқа МК2 магнитті күшейткіші дерлік магнитсіздендірілген, одан ары магнитсізденеді. Нәтижеде бірінші күшейткіштің шығу I_1 тогы (1.5, б суреттегі НР кесінді) екінші күшейткіштің шығу I_2 тогынан (НР кесіндісі) артық болады. Сондықтан генераторды қоздырудың жарты орамдары арқылы бір бағыттағы, $I_1 – I_2$ токтар айырмасына тең, қорытынды ток өтеді (3 блоктың сипаттамасындағы d нүктесі). Басқаруконтроллері арқылы ток бағытын өзгерту мен МК1-1 және МК2-1 басқару орамдарында қорытынды ток өз бағытын өзгертеді. Осылайша күшейткіштің 3 блогының реверсивті статикалық сипаттамасы алынады. Қоздырудың қорытынды М.Қ.К және генератордың қоздыру орамының полярлылығы тек қана магниттендірілуші күшейткіш полярлылығының шығу тогының мәнісімен анықталады [2].

1.2-кесте–ЭКГ-8И механизмдердің магнитті күшейткіштер блогының техникалық мәліметтері

Атаулары	**Өлшем бірліктері**	**Өлшемдері**
Қуаттылығы	кВт	8
Трансформатордың екіші ретті орамының номинальды қоректену кернеуі	В	133
Фазаның номинальды тогы	А	32,8
Жүктеменің номинальдыкернеуі	В	123
Жүктеменің номинальдытогы	А	
ПВ - 100% болғанда		40
ПВ - 40% болғанда		55
Магнитті күшейткіштердің түрі		ҮФМК-32.32.13

2. ЭКГ-8И экскаваторының электр жетегінің негізгі элменттерін олардың техникалық мәліметтері бойынша идентификациялау

2.1 Идентификациялау туралы түсінік

Технологиялық кешендердің автоматты басқару жүйесін орындау кезінде, көбінесе басты қарастырылатын сұрақ – басқару нысанының идентификациясы болып табылады. Идентификациялауда қолданылатын басты әдістерінің бірі болып электр жетегінің негізгі элменттерін олардың техникалық мәліметтері бойынша идентификациялау болып табылады. Электр жетегінің элементтерінің техникалық мәліметтері арнайы арналған әдебиеттерден алынады. Жобалаудың берілген технологиялық жағдайы бойынша технологиялық қондырғының электр жетегін басқару жүйесін анализдеу мен синтездеу кезінде, таңдап алынған электр жетегі жүйенің динамикалық моделінің құрылымы мен параметрлерін білу міндетті, сондай – ақ осы жүйенің басты элементтерінің идентификациясын жүргізу қажет.

Идентификациялаудың негізгі үш әдісі бар, олар:

1)Идентификациялаудың теориялық әдісі;

2)Идентификациялаудың тәжірибелік әдісі;

3)Техникалық мәліметтері бойынша идентификациялау әдісі.

Техникалық сипаттамаларын (орама берілістер, конструктивтік өзгешеліктер, статикалық сипаттамалар және т.б.) бойынша, автоматтандырылған элетржетегінің элементтерінің идентификациясы көптеген әдебиеттерде аса қатты қарастырылмаған, ал кейбір әдебиеттер жинағында жалпы сипаттағы түсіндірулермен шектелген [3].

2.2 Тұрақты ток генераторын идентификациялау

Әдетте, автоматты реттеу жүйелерінде және электрқозғалтқыштарды басқаруда күшейткіш элемент ретінде тәуелсіз қоздырылатын тұрақты ток генераторлары қолданылады (2.1 - сурет). Осындай активті – индуктивті жүктелген $z_{\text{н}} = r_{\text{н}} + jx_{\text{н}}$ генератордың принципиалды сұлбасы 3.1, а – суретте көрсетілген. Енді статикалық тәртіпте жұмыс істейтін генераторды қарастырайық. Бұл жағдайда, зәкір реакциясын есептемегенде, генератор шығысындағы кернеу мынандай болады:

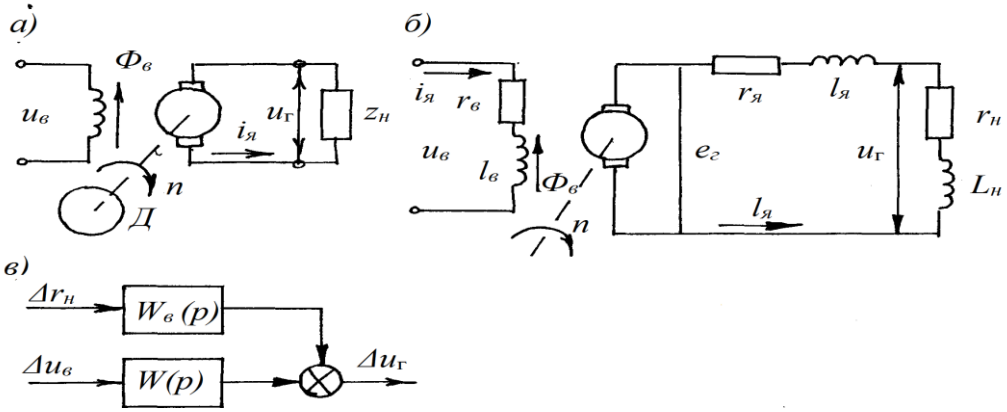
$$u_{\text{г}} = e_{\text{г}} - r_{\text{я.ц}} \cdot i_{\text{я}} = c \cdot n \cdot \Phi_{\text{В}} - r_{\text{я.ц}} \cdot i_{\text{я}}, \qquad (2.1)$$

мұндағы $e_{\text{г}} = c \cdot n \cdot \Phi_{\text{В}}$ - генератордың ЭҚК, В;

$\Phi_{\text{В}}$ – генератор қоздыру ағыны, Вб;

$c = \frac{p \cdot N}{(\alpha \cdot 60)}$ – конструктивті тұрақты [мұндағы р –жұп полюстер саны, N – зәкірдің активті өткізгіштер саны (екі есептелген қоздыру w орамаларды санына тең)];

n – зәкірдің айналу жылдамдығы, айн/ мин;
$r_{я.ц}$ – зәкір тізбегінің кедергісі, Ом;
$i_я$ – якорь тогы, А.



2.1-сурет – Тәуелсіз қоздырылатын тұрақты тоқ генераторы

Генератордың конструктивті тұрақтысы оның қалыпты берілулері бойынша табуға болады:

$$c = \frac{e_{г.ном}}{\Phi_{в.ном} \cdot n_{ном}} = \frac{U_{г.ном} + I_{я.ном} \cdot r_{я.ц}}{\Phi_{в.ном} \cdot n_{ном}}. \quad (2.2)$$

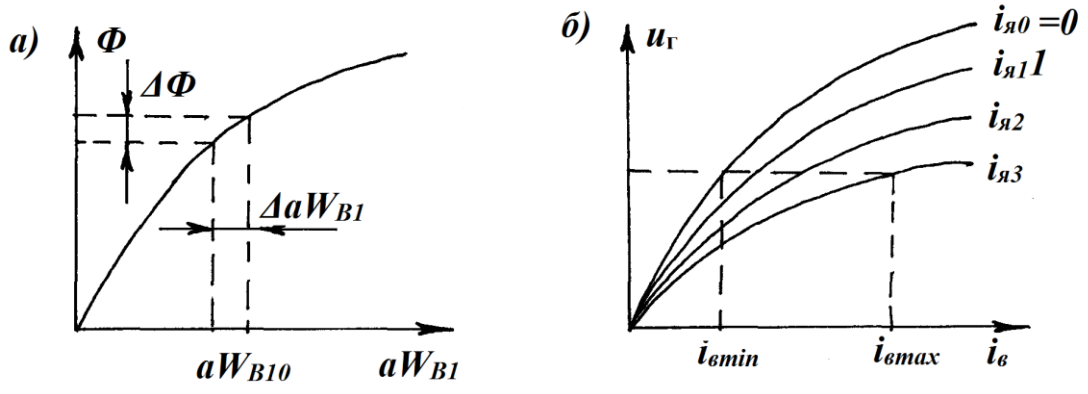
Жоғарыдағы (3.1) теңдеуінен жүктеме тогы көбейген сайын, генератордың кернеуі төмендейтінін көреміз. Кернеу және қоздыру тогының сәйкес келетін мәндерін, магниттік қоздыру ағынының $\Phi_В$ шамасын өзгерту арқылы, генератордың кернеу деңгейін бақылауға болады.

Генератордың қоздыру ағыны $\Phi_В$ магниттік қозғалтқыш күшінің F (МҚК) сызықсыз функциясы болып табылады. Генератордың техникалық берілулерінде бұл байланыс әдетте бір полюстің магниттелу қисығы түрінде келтіріледі:

$$\Phi_В = f(F) = f(aw_{B1}), \quad (2.3)$$

мұндағы $F = aw_{B1}$– бір полюстің МҚК, А.

2.2, *а* - суретінде, гистерезис әсерін есептемегендегі магниттелу қисығы көрсетілген.



2.2-сурет – Тәуелсіз қоздырылатын генератордың магниттелу қисығы және жүктемелі сипаттамалары

Жоғарыда көрсетілген (2.1) теңдеуі бойынша магниттелу қисығын қолдана отырып, генератордың жүктемелі сипаттамаларын құруға болады (2.2,б-сурет). Бұл сипаттамалар жүктеме тогы өзгерген кезде, генератордың кернеуін берілген деңгейде демеу үшін қажет, қоздыру тоғының $i_я$ диапазон өзгерісін анықтауға мүмкіндік туғызады. Анықталған мәндері $i_{в\,min}$ және $i_{в\,max}$ мұндағы автоматты жүйенің орындаушы элементін есептеу үшін бастапқы берілулер болып табылады. Бұл жүйеде генератор – басқару нысаны болып табылады.

Жоғарыда қарастырылған сипаттамалардан генератор сызықсыз буын екені көрініп тұр, сондықтан, оның динамикасы сызықсыз дифференциалдық теңдеу болып табылады.

n=const жағдай үшін жуық шамада генератордың динамикасының сызықты теңдеуін құрастырамыз. Мұнда $u_{воз}$ – қоздыру кернеу бастапқы (басқару) шамасы деп, ал шығыс шамасы ретінде – жүктеме кернеу деп қарастырамыз. Есебімізді қысқарту үшін гистерезис, құйынды токтар және зәкір әсерін есептейміз, сонымен қатар, шашырау ағыны қоздыру ағынымен $Ф_В$ бір заң бойынша өзгереді деп қарастырамыз. Генератор теңдеуін құрған кезде эквиваленттік сұлбаны қолданамыз (2.2,*б* - сурет).

Жұмыс нүктесінде сызықсыз (2.3) байланысты сызықтандыра отырып мынаны аламыз:

$$\Delta\dot{\Phi}_В = c_{Г1}\Delta a w_{В1} = c_{Г1} w_{В1}\Delta i_В.$$

немесе кескін түрінде (келесі кескіндегі теңдеулерде Δ белгісі жазылмайды.

$$\Phi_{\text{В}}(\text{p}) = \text{c}_{\Gamma 1} \cdot \text{w}_{\text{B}1} \cdot \text{I}_{\text{В}}(\text{p}), \qquad (2.4)$$

мұндағы $\boldsymbol{c_{\Gamma 1}} = \left[\frac{\partial f(aw_{B1})}{\partial (aw_{B1})}\right]_{aw_{B10}} \approx \left(\frac{\Delta\Phi_{\text{В}}}{\Delta aw_{B1}}\right)_{aw_{B10}}$ – аналитикалық немесе графикалық формада берілген $\Phi_{\text{В}} = f(aw_{B1})$ байланысы бойынша анықталатын коэффициент;

w_{B1}– бір полюске берілген қоздыру орамаларының орам саны.

Қоздыру тізбегі үшін теңдеуді кескін түрде жазамыз (полюстар орамдары тізбектеп қосылған кезде):

$$U_{\text{В}}(p) = r_B \cdot I_{\text{В}}(p) + 2p \cdot \sigma_{\Gamma} \cdot w_{B1} \cdot p \cdot \Phi_{\text{В}}(p), \qquad (2.5)$$

немесе (2.4) ескересек:

$$U_{\text{В}}(p) = r_B \cdot I_{\text{В}}(p) + L_B \cdot p \cdot I_{\text{В}}(p), \qquad (2.6)$$

мұндағы:

$r_в$– қоздыру тізбегінің кедергісі, Ом;

$L_B = 2p \cdot \sigma_{\Gamma} \cdot c_{\Gamma} \cdot w_{B1}^2$ – қоздыру тізбегінің индуктивтілігі, Гн;

$\sigma = 1{,}15 - 1{,}2$ – генератордың магнит ағынының шашырауын ескеретін коэффициент.

Келтірілген (2.4) теңдеудің байланысын қолдана отырып, генератордың ЭҚК кескінін табамыз:

$$E_{\Gamma}(p) = c \cdot n \cdot \Phi_{\text{В}}(p) = c_{\Gamma} \cdot c_{\Gamma 1} \cdot w_{B1} \cdot I_{\text{В}}(p), \qquad (2.7)$$

мұндағы:

$c_{\Gamma} = c \cdot n = \frac{p \cdot N}{\alpha \cdot 60} \cdot n.$

Зәкір және жүктеменің тізбегі үшін мына теңдеулерді жазуға болады:

$$E_{\Gamma}(p) = \left(r_{\text{я.ц}} + L_{\text{я}}\right) \cdot I_{\text{я}}(p) + U_{\Gamma}(p), \qquad (2.8)$$

$$U_{\Gamma}(p) = (r_{н} + L_{н}p) \cdot I_{я}(p), \tag{2.9}$$

мұндағы:

$I_{я}(p)$ – Зәкір тізбегіндегі жүктеме тогы өсуінің кескіні;

$U_{\Gamma}(p)$ – генератор кернеуінің жоғарлауының (өсу) кескіні;

$L_{я} = \frac{30}{\pi} \cdot \beta \cdot \frac{U_{\Gamma.ном}}{p \cdot n_{ном} \cdot I_{я.ном}}$ – зәкір орамының индуктивтілігі (компенсациялау, тұрақтандыру орамы бар генераторлар үшін $\beta = 0{,}25 - 0{,}4$);

$r_{н}$ – жүктеменің кедергісі;

$L_{н}$– жүктеменің индуктивтілігі.

Жоғарыдағы (2.6)–(2.9) теңдеулерін бірге шеше отырып, генератор динамикасының теңдеуін аламыз. Ол мына түрде болады:

$$(T_{B}p + 1) \cdot (T_{я.ц}p + 1) \cdot U_{\Gamma}(p) = \frac{r_{H}}{r_{я.ц} + r_{H}} \cdot k_{\Gamma} \cdot (T_{H}p + 1) \cdot U_{B}(p), \tag{2.10}$$

мұндағы:

$T_{B} = L_{B}/r_{B}$ – қоздыру тізбегінің уақыт тұрақтылығы, *сек*;

$T_{я.ц} = \frac{(L_{я} + L_{H})}{(r_{я.ц + r_{H}})}$ – зәкір тізбегінің уақыт тұрақтысы, сек;

$T_{H} = \frac{L_{H}}{r_{H}}$ – жүктеме тізбегінің уақыт тұрақтылығы, сек;

$k_{\Gamma} = c_{\Gamma} \cdot c_{\Gamma 1} \cdot w_{B1}/r_{B}$ – генератордың беріліс коэффициенті.

Активті жүктеме $z_{н} = r_{н}$ кезінде $T_{н} = 0$ тең болады. Көп жағдайда $T_{я.н}$ шамасы аз болады, сондықтан оны есептемеуге болады, мұндай жағдайда генератор теңдеуі мынандай түрде болады:

$$(T_{B}p + 1) \cdot U_{\Gamma}(p) = \frac{r_{H}}{r_{я.ц} + r_{H}} \cdot k_{\Gamma} \cdot U_{B}(p). \tag{2.11}$$

Активті жүктемелі генератордың теңдеуін құрастырамыз. Бұл жағдайда жүктеме кедергісі Δr_{H} шамасына секірме түрде өзгереді деп есептейміз. Жүктеме тізбегі үшін мынаны жазуға болады:

$$u_{\Gamma 0} + \Delta u_{\Gamma} = (r_{H0} + \Delta r_{H})(i_{я0} + \Delta i_{я}), \tag{2.12}$$

мұндағы $u_{г0}$, $r_{н0}$ – ауытқуға дейінгі, $t = 0 - |\varepsilon|(\varepsilon \to 0)$ болғанда, генератор кернеуі және жүктеме кедергісі;

$u_{г0}/r_{н0}$ – ауытқуға дейінгі $t = 0 - |\varepsilon|(\varepsilon \to 0)$ болғанда, жүктеме тогы;

$\Delta r_H = r_H - r_{H0} -$ ауытқуға дейінгі $t = 0 + |\varepsilon|(\varepsilon \to 0)$ болғанда, жүктеме кедергісінің өсуі.

Кескінге келгенде, шамалардың өсуі үшін мынаны аламыз:

$$U_Г(p) = r_H \cdot I_я(p) + \frac{u_{Г0}}{r_{H0}} \cdot R_H(p), \tag{2.13}$$

немесе:

$$U_Г(p) = E_Г(p) - r_{я.ц} \cdot I_я(p). \tag{2.14}$$

$r_H = \infty$ қабылдай отырып, (2.11) теңдеуінен генератордың ЭҚК- і үшін мынандай теңдеу табамыз:

$$(T_B p + 1) \cdot E_Г(p) = k_Г \cdot U_B(p). \tag{2.15}$$

Жоғарыдағы (2.13 – 2.15) теңдеулерді бірге есептей отырып, жүктеменің әсерін есептей отырып, генератордың кернеуі үшін мына теңдеуді аламыз:

$$(T_B p + 1) \cdot U_Г(p) = \frac{r_H}{r_{я.ц} + r_H} \cdot k_Г \cdot U_B(p) + \tag{2.16}$$

$$+ \frac{r_{я.ц}}{r_{я.ц} + r_H} \cdot \frac{u_{Г0}}{r_{H0}} \cdot (T_B p + 1) \cdot R_H(p).$$

Кернеу көзі болып табылатын генератор үшін, басқару және сырқы әсерлері үшін беріліс функциялар мына байланыстардан анықталады:

$$W(p) = U_Г(p)/U_B(p); W_B(p) = U_Г(p)/R_H(p). \tag{2.17}$$

Көрсетілген (2.16) және (2.17) – теңдеулердегі негіз бойынша генераторды құрылымдық сұлба ретінде келтіруге болады (2.1, в - сурет).

Енді генератордың динамикасын, оны ток көзі ретінде қолданған кезде қарастырамыз, мысалы электромагнитті құнарландыру үшін. Бұл жағдайда жүктеме үлкен индуктивтілікпен сипатталады. Шығыс шама ретінде – ток, сыртқы әсері ретінде – жүктеменің активті кедергісінің өзгеруі болған кездегі генератордың динамикасының сызықтық теңдеуін құраймыз.

Генератордың зәкір тізбегінде сыртқы әсер болған жағдайда, мынаны жазуға болады:

$$e_{r0} + \Delta e_r = \left(r_{\text{я.ц}} + r_{H0} + \Delta r_H\right)(i_{\text{я}0} + \Delta i_{\text{я}}) + (L_{\text{я}} + L_H)\frac{d\Delta i_{\text{я}}}{dt}, \qquad (2.18)$$

немесе кескін түрінде жазған кезде:

$$E_{\Gamma}(p) = i_{\text{я}0} \cdot R_H(p) + \left(r_{\text{я.ц}} + r_H + L_{\text{я}}p + L_H p\right) \cdot I_{\text{я}}(p). \qquad (2.19)$$

Келтірілген (2.19) теңдеуі мен (2.15) теңдеуін бірге есептеп генератор тоғы үшін мына теңдеуді аламыз:

$$(T_B p + 1) \cdot (T_{\text{Я.Н}} p + 1) \cdot I_{\text{я}}(p) = \frac{k_{\Gamma}}{r_{\text{я.ц}} + r_H} \cdot U_B(p) -$$

$$-(T_B p + 1) \cdot \frac{i_{\text{я}0}}{r_{\text{я.ц}} + r_H} \cdot R_H(p), \qquad (2.20)$$

мұндағы $i_{\text{я}0} = u_{\Gamma 0}/r_{H0}$ - $t = 0 - \varepsilon(\varepsilon \to 0)$ кезіндегі ауытқуға дейінгі генератордың зәкір тізбегіндегі жүктеме тогі;

$r_H = r_{\text{н}0} + \Delta r_H$- $t = 0 + \varepsilon(\varepsilon \to 0)$ кезіндегі ауытқудан кейінгі жүктеменің активті кедергісі;

$T_{\text{ян}} = (L_{\text{я}} + L_H)/(r_{\text{я.ц}} + r_H) -$ ауытқудан кейінгі зәкір тізбегінің уақыт тұрақтысы.

Берілген (2.20) теңдеуден басқару және сыртқы әсерлері бойынша, генератордың беріліс функцияларын табуға болады:

$$W(p) = I_я(p)/U_B(p); W_B(p) = I_я(p)/R_H(p). \quad (2.21)$$

Компенсациялайтын орамның әсерін және зәкір реакциясын ескере отырып, генератордың теңдеуінің құру мысалдары әдебиетте берілген .

Көптеген әдебиеттерде орамдардың кедергісі температура 15^0С тең кездегі салқындаған жағдай үшін келтірілген. Орамдардың кедергілерінің шамалары есептегенде қыздырылған жағдай үшін алынады:

$$r_{нагр} = \alpha \cdot r, \quad (2.22)$$

мұндағы $\alpha = 1 + 0.004\tau$ ($\tau - 15°C$ температурамен салыстырғандағы орамның қызып кетуі);

$\alpha \approx 1{,}2$ тең деп қабылдаймыз.

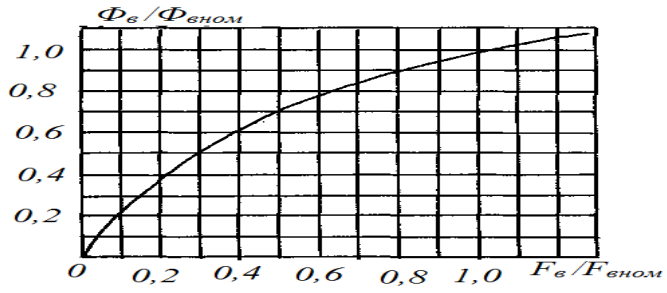
Генератордың қосымша полюстердің орамдары щетка мен коллектор арасындағы ұшқындарды болдырмайды, тізбектелген орам зәкір реакциясын азайтады. Қарастырылған әдіс бойынша есептеулерде, бұл орамдардың кедергісі, келесі шаманы есептегенде ғана есепке алынады:

$$r_{я.ц} + r_я + r_{Д.П} + r_{ст}. \quad (2.23)$$

Егер генератордың номиналды қоздыру тогы анықтамалық берілулерде көрсетілмесе, жуық шамада былай анықталады:

$$I_{В.НОМ} \approx 0{,}8 \cdot U_{Г.НОМ}/(\alpha \cdot r_В). \quad (2.24)$$

2.3 - суретінде П сериялы генератордың универсалды магниттелу қисығы көрсетілген. Ол жуық шамада есеп үшін өнеркәсіп шығаратын генераторлар туралы мағлұмат анықтамада келтірілген [4].



2.3-сурет – П сериялы тұрақты ток генераторының универсалды магниттелу қисығы

Көтеру механизмінде қолданылатын тәуелсіз қоздырылатын ГПЭ 450-1000 тұрақты ток генераторының техникалық мәліметтерін 2.1 - кестеден алып, генератордың жуық беріліс функциясын анықтаймыз.

2.1-кесте – ГПЭ – 450-1000 тұрақты ток генераторының техникалық берілістері

$U_{ном}$, В	$P_{ном}$, кВт	$I_{я.ном}$, А	n, айн/мин	P	*a*	$W_я$	$R_я$, Ом	$r_{д.п}$, Ом	W_{B1}, Ом	$r_в$, Ом
60	450	805	1000	3	3	2780	0,008	0,00195	216	0,956

Генератордың құрылымдық тұрақтысын жоғарыда көрсетілген (3.1) және (2.2) формулалар арқылы анықтаймыз:

$$c = \frac{3 \cdot 2780}{3 \cdot 60} = 46{,}33,$$

одан: $c_г = c \cdot n_{ном} = 46{,}33 \cdot 1000 = 4{,}633 \cdot 10^4$.

Зәкір тізбегінің толық кедергісі (2.23) теңдеу арқылы табамыз:

$$r_{я.ц} = 0{,}008 + 0{,}00195 + 0{,}0027 = 0{,}012 \text{ Ом}.$$

Жоғарыда көрсетілген (2.2) формула бойынша негізгі номиналды қоздыру ағыны мынаған тең:

$$\Phi_{в\ ном} = \frac{560 + 805 \cdot 1{,}2 \cdot 0{,}012}{4{,}633 \cdot 10^4} = 12{,}33\ \cdot 10^{-3} \text{Вб}.$$

Бір полюстің номиналды қоздыру тогын және МҚК-ны (2.24) және (2.3) өрнектер арқылы анықтаймыз:

$$I_{в\ ном} \approx \frac{0{,}8 \cdot 560}{1{,}2 \cdot 2 \cdot 0{,}956} = 195{,}25 \text{ А},$$

$$F_{ном} = 195{,}25 \cdot 216 = 42175{,}73 \text{ А} \cdot w.$$

Табылған $\Phi_{в.\,ном}$, $F_{ном}$ мәндеріненуниверсалды магниттелу қисығының өсі арқылы масштаб коэффициенттерін аламыз (2.3-сурет):

$$m_{ф} = 12{,}33 \cdot 10^{-3}, \qquad m_F = 42175{,}73.$$

$\Phi_В = \Phi_{в.ном}$ кезінде аналитикалық және графикалық формада берілген $\Phi_В = f(aw_{В1})$байланысы бойынша анықталатын магниттелу қисығынан келесі коэффициентті табамыз (2.4):

$$c_{г1} \approx \frac{12{,}33 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}04}{42175{,}73 \cdot 0{,}1} = 0{,}208 \cdot 10^{-6}.$$

Генератордың магнит ағынының шашырауын ескеретін коэффициентті $\sigma_Г = 1{,}2$ - ге тең деп ала отырып,қоздыру тізбегінің индуктивтілігін анықтаймыз(2.6):

$$L_в = 2 \cdot 3 \cdot 1{,}2 \cdot 0{,}208 \cdot 10^{-6} \cdot 216^2 = 4{,}29\ [Гн].$$

Генратордың уақыт тұрақтысы және беріліс коэфициенті (2.10) формула бойынша:

$$T_в = \frac{4{,}29}{1{,}2 \cdot 2 \cdot 0{,}956} = 1{,}87[сек],$$

$$k_г = \frac{4{,}633 \cdot 10^4 \cdot 0{,}208 \cdot 10^{-6} \cdot 216}{1{,}2 \cdot 2 \cdot 0{,}956} = 0{,}91.$$

Жоғарыдағы (2.11) және (2.17) формулалар негізінде генератордың беріліс функциясы мынаған тең:

$$W(p) = \frac{U_г(p)}{U_в(p)} = \frac{k_г}{T_в p + 1} = \frac{0{,}91}{1{,}87p + 1}.$$

2.3 Тұрақты ток қозғалтқышын идентификациялау

Тұрақты токта жұмыс істейтін автоматты басқару жүйелерінде тәуелсіз қоздырылатын қозғалтқыштар кең пайдаланылады. Зәкірдегі кернеу өзгеру аралығы басқарылатын сондай қозғалтқыштар айналу жылдамдығын кең аралықта реттеуге мүмкіндік туғызады. Сондықтан олар өнеркәсіптік механизмдердің реттеу жетегінің орындаушы элементі ретінде және күштік қадағалау жүйелерінде кең қолданылады.

Тәуелсіз қоздырылатын тұрақты ток қозғалтқыштың принципиалдық сұлбасы 3.4-суртте көрсетілген. Қозғалтқыш жұмысының статикалық тәртібін қарастырамыз. Бұл жағдайда, зәкір реакциясын есептемегенде, қозғалтқыш үшін мынаны аламыз:

$$U_{\text{д}} = e_{\text{д}} + r_{\text{я.ц}} \cdot i_{\text{я}}, \tag{2.25}$$

$$E_{\text{д}} = \text{c}_{\text{e}} \cdot \Phi_{\text{в}} \cdot n, \tag{2.26}$$

$$M = \text{c}_{\text{м}} \cdot \Phi_{\text{в}} \cdot i_{\text{я}}, \tag{2.27}$$

мұндағы:

$u_{\text{д}}$ – қозғалтқыш якорындағы кернеу, *В*;

$i_{\text{я}}$ – зәкір тогы, *А*;

$r_{\text{я.ц}}$ – зәкір тізбегінің кедергісі, *Ом*;

$e_{\text{д}}$ – айналу ЕҚК, *В*;

$\Phi_{\text{в}}$- қоздыру ағыны, *Вб*;

n – қоздырғыштың айналу жылдамдығы, айн/мин;

М – қозғалтқыш тудыратын момент, $H \cdot м$;

Конструктивтік тұрақтылар:

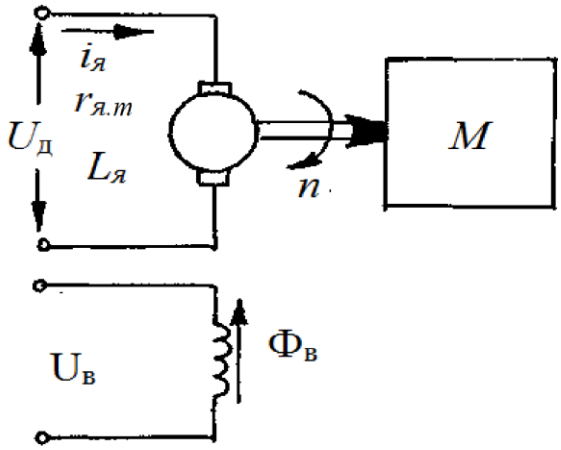
$$\text{c}_{\text{e}} = \frac{\text{p} \cdot \text{N}}{\text{a} \cdot 60}, \qquad \text{c}_{\text{м}} = \frac{\text{p} \cdot \text{N}}{2\pi \cdot \text{a}} \tag{2.28}$$

мұндағы:

p - қозғалтқыштың жұп полюстер саны;

N – зәкірдегі активті өткізгіштің саны (якорь орамының $w_я$ еселенген санына тең);

a – зәкір орамының параллелді тарауының жұп саны.



2.4-сурет – Тәуелсіз қоздырылатын тұрақты тоқ қозғалтқышы

Тұрақталған тәртіпте, қозғалтқыштың моменті білікке келтірілген жұмыс механизмінің статикалық кедергі M_c моментімен теңестіріледі, яғни бұл жағдайда $M = M_c$ болады.

Мына қатынасқа көңіл аудару қажет:

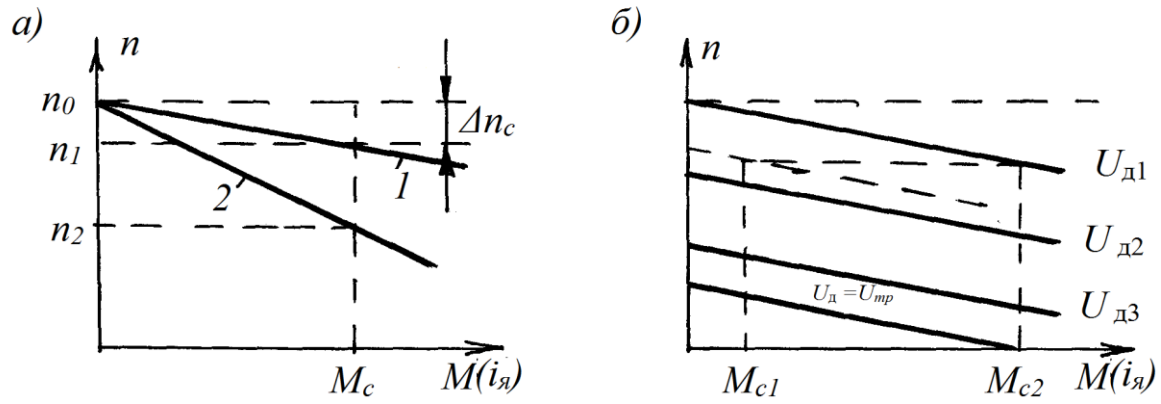
$$\frac{c_e}{c_M} = \frac{2\pi}{60} = 0{,}105, \tag{2.29}$$

Жоғарыдағы (3.25)-(3.27) теңдеулерінен қозғалтқыштың механикалық сипаттамасын мына түрде аламыз:

$$n = \frac{U_д}{c_e \cdot Ф_в} - \frac{r_{я.ц} \cdot i_я}{c_e \cdot Ф_в}, \tag{2.30}$$

$$n = \frac{U_д}{c_e \cdot Ф_в} - \frac{r_{я.ц} \cdot M}{c_e \cdot c_м \cdot Ф_в^2}. \tag{2.31}$$

Келтірілген (3.30 – 3.31) формулалардан оң жақтағы бірінші мүше идеалды бос жүріс кезіндегі айналу жылдамдығына сәйкес келеді $M=0$, $i_я=0$, ал екінші мүше – жүктемелі қозғалтқыштың айналу жылдамдығының төмендеуі. $Ф_в=const$ және $u_д = const$ болғанда, қозғалтқыштың механикалық сипаттамасы түзу теңдеуі болып өрнектеледі (3.5, *а* – суреттегі 1 - түзу).



2.5-сурет – Тәуелсіз қоздырылатын қозғалтқыштың механикалық сипаттамалары

Зәкір тізбегінің кедергісі өскен кезде, қозғалтқыштың механикалық сипаттамасының қатаңдығы әлсірейді (2.5, *а*-сурет, 2- түзу).

Қозғалтқыштың конструктивті тұрақтылықтарын оның номиналды берілулері бойынша анықтауға болады. (2.30) теңдеуінен аламыз.

$$c_e = \frac{U_{д\,ном} - r_{я.ц} \cdot I_{я\,ном}}{\Phi_{в\,ном} \cdot n_{ном}}. \qquad (2.32)$$

c_e-ні тұрақтысын анықтау үшін мына формуланы да қолдануға болады:

$$c_e = \frac{U_{д\,ном}}{\Phi_{в\,ном} \cdot n_o}, \qquad (2.33)$$

мұндағы n_0 - $u_Д$ = $u_{Д.ном}$ болғанда, мехникалық сипаттамадан анықталған идеалды бос жүріс кезіндегі айналу жылдамдығы.

Жоғарыдағы (2.27) теңдеуінен келесі теңдеу алынады:

$$c_м = \frac{M_{ном}}{\Phi_{в\,ном} \cdot I_{я\,ном}}. \qquad (2.34)$$

Қозғалтқыштың айналу жылдамдығын, зәкірдегі кернеуді өзгерту арқылы реттеуді қарастырамыз. Зәкірдегі кернеу әртүрлі болған жағдайда, (2.31) теңдеуі бойынша құрылған қозғалтқыштың механикалық сипаттамасы 2.5, б- суретінде бейнеленген. Кернеу азайған кезде механикалық сипаттама кернеу шамасына пропорционал төмен қарай параллель жылжиды

$M_{ном}$ моментін айналу жиілігі $n = n_{ном}$ кезінде механикалық сипаттама бойынша немесе келесі формула бойынша анықтауға болады:

$$M_{ном} = 9{,}55\frac{P_{ном}}{n_{ном}} \qquad (2.35)$$

мұндағы:

$P_{ном}$ – қозғалтқыштың білігіндегі номиналды қуат, Вт.

Жоғарыдағы (2.32) - (2.34) формулалары $c_е$ және $c_м$ тұрақтыларын жуық шамамен есептеу үшін қолданылады, себебі қозғалтқыш үшін номиналды берілулер орта шама болып табылады.

Статикалық сипаттамалар қозғалтқыштың зәкіріндегі кернеудің өзгеру диапазонын анықтауға мүмкіндік туғызады. Бұл диапазон статикалық $M_с$ моменті, берілген өзгеру шектігінде, берілген айналу жылдамдығын қолдану үшін қажет және 2.5, б – суретінде келтірілген график қозғалу ($u_д$=$U_{д.тр}$) кернеуімен анықталатын қозғалтқыштың төзімділік аймағын анықтауға мүмкіндік береді. Бұл кернеу қозғалтқыш айналған кезге сәйкес және біліктегі $M_с$ кедергі моментіне байланысты. n=0 және $M = M_с$ болған жағдайда $U_{д.тр}$ шамасын (2.31) және (2.32) теңдеуінен табылуы да ықтимал.

Зәкір реакциясын есепке алмағанда, $Ф_в$=const болған жағдайда, қозғалтқыштың динамика теңдеуін құрамыз. Кіріс шама ретінде – зәкірдегі кернеуді, ал шығыс шама ретінде – айналу жылдамдығын аламыз.

Қозғалтқыштың білігіндегі кедергі моменті айналу жылдамдығынан тәуелсіз болған жағдайды қарастырамыз. Бұл жағдайда мынандай мәндер енгіземіз:

$$c_е \cdot Ф_в = c_{ед}; \quad c_м \cdot Ф_в = c_{мд}. \qquad (2.36)$$

Нөлдік бастапқы шама кезінде, $e_д = c_{ед}n$ болғанда, зәкір тізбегі үшін жазамыз:

$$U_д(p) = c_{ед} \cdot n(p) + r_{я.ц} \cdot I_я(p) + L_я \cdot p \cdot I_я(p). \qquad (2.37)$$

Қозғалтқыштың динамикалық моментінің формуласында $M_{дин} = J \cdot d\omega_д/dt$, бұрыштық $\omega_д$ (рад/сек) жылдамдықты *n* (айн/мин)-ге ауыстырып, моменттердің тепе – теңдік теңдеуін аламыз:

$$M(p) = \frac{1}{9{,}55} \cdot J \cdot p \cdot n(p) + M_c(p), \qquad (2.38)$$

мұндағы:

$J = J_д + J_{н\,пр}$–қозғалтқыш білігіндегі инерция моменті, кг·м^2;

$J_д$ – қозғалтқыш зәкірінің инерция моменті;

$J_{Н.пр} = k_p^2 \cdot J_н$ – қозғалтқыш білігіне келтірілген жүктеменің инерция моменті (k_p-қозғалтқыш білігін және жүктемені қосатын редуктордың беріліс коэффициенті).

Мына байланысты пайдаланамыз:

$$M(p) = c_{мд} \cdot I_я(p). \qquad (2.39)$$

Келтірілген (2.37)-(2.39) теңдеулерін бірге есептегеннен кейін қозғалтқыш теңдеуін жазамыз:

$$(T_я \cdot T_{эм}p^2 + T_{эм}p + 1) \cdot n(p) = k_д \cdot U_д(p) - (T_я p + 1) \cdot k_{дв} \cdot M_c(p), \qquad (2.40)$$

мұндағы:

$T_я = L_я/r_{я.ц}$– зәкір тізбегінің уақыт тұрақтысы, *сек;*

$T_{эм} = \frac{1}{9{,}55} \cdot J \cdot \frac{r_{я.ц}}{c_{вд} \cdot c_{мд}}$ – электромеханикалық уақыт тұрақтысы, сек;

$k_д = 1/c_{ед}$ - қозғалтқыштың басқару әсері бойынша беріліс коэффициенті, *айн / мин · В*;

$k_{дв} = r_{я.ц}/(c_{ед} \cdot c_{мд})$ – қозғалтқыштың қобалжу әсері бойынша беріліс коэффициенті, айн/(Н·м·мин).

Зәкірдің $L_я$ индуктивтілігін есептеу қиын, сондықтан іс жүзінде оны тәжірибе түрінде анықтайды. Жуық шамада Lя шамасы мынаған тең, Гн:

$$L_я \approx \frac{30}{\pi} \cdot \beta \cdot \frac{U_{д\,ном}}{p \cdot n_{ном} \cdot I_{я\,ном}}, \qquad (2.41)$$

мұндағы $\beta = 0{,}25 \div 0{,}6$ (төменгі мән – компенсациялаушы орамы бар машина үшін, ал жоғарғы мән – компенциялаушы орамы жоқ машина үшін).

$T_{эм}$ тұрақтысы мәнін анықтау үшін мына байланыс бар:

$$T_{эм} = \frac{1}{9{,}55} \cdot J \cdot \frac{\Delta n_c}{M_{ном}}, \qquad (2.42)$$

мұндағы $\Delta n_c = \frac{r_{я.ц} \cdot I_{я\ ном}}{c_{ед}}$ – номиналды режимдегі қозғалтқыш жылдамдығының төмендеуі.

Жоғарыдағы (3.40) теңдеуді анализдеген кезде, $T_{эм} \leq 4T_я$ болғанда, қозғалтқыш тербеліс қасиетіне ие болатынын анықтауға болады. Ал бұл тербелістер қажетті емес. Сондықтан қозғалтқыштарды құрастыру кезінде $T_{эм} \geq 4T_я$ қатынасты орындауға ұмтылады. Бұл жағдайда қозғалтқыштың динамика теңдеуін мына түрде жазуға болады:

$$(T_1 p + 1) \cdot (T_2 p + 1) \cdot n(p) = k_д \cdot U_д(p) - (T_я p + 1) \cdot k_{дв} M_c(p), \qquad (2.43)$$

мұндағы $T_1 = \frac{T_{эм}}{2}\left(1 + \sqrt{1 - 4\frac{T_я}{T_{эм}}}\right)$, $T_1 = \frac{T_{эм}}{2}\left(1 - \sqrt{1 - 4\frac{T_я}{T_{эм}}}\right)$.

Егерде $T_{эм} \gg T_я$ болған жағдайда, $T_я$ шамасын есепке алмай, қозғалтқыштың теңдеуін жуық шамада бірінші ретті теңдеуге келтіруге болады.

Басқару және сыртқы әсерлері бойынша қозғалтқыштың беріліс функциялары мынаған сәйкес:

$$W(p) = n(p)/U_д(p);\ W_в(p) = n(p)/M_c(p). \qquad (2.44)$$

Біліктегі статикалық момент айналу жылдамдығына байланысты болған жағдай үшін, қозғалтқыштың динамика теңдеуін құрамыз.

Мысалы, қозғалтқыштың жүктемесі болып, тұрақты кедергіге қамтылған, тәуелсіз қоздырылатын тұрақты ток генераторы болса, онда осындай түрлі сызықты байланыс бар болады. Желдеткіш моменті деп

аталатын механизмдерде біліктегі статикалық момент айналу жылдамдығының квадратына тәуелді болады.

Қозғалтқыштың шығыс шамасы ретінде біліктің бұрылу бұрышы жиі алынады (әдетте, радианда өлшенеді). Сонымен қатар $\alpha_{\text{д}}(\text{p}) = \frac{1}{\text{p}}\omega_{\text{д}}(\text{p})$, ал $\omega_{\text{д}} = \left[\frac{\text{рад}}{\text{сек}}\right] = \frac{1}{9{,}55} \cdot n\left[\frac{\text{айн}}{\text{мин}}\right]$ есептей отыра, (3.44) теңдеудің орнына, қозғалтқыштың басқа беріліс функцияларын аламыз:

$$\text{W}_{\alpha}(\text{p}) = \frac{\alpha_{\text{д}}(p)}{U_{\text{д}}(p)} = \frac{1}{9{,}55} \cdot \frac{1}{p}\text{W}(\text{p}) \tag{2.45}$$

Жалпы жағдайда, аз өзгеретін айналу жылдамдығы үшін статикалық моменттің өсу шамасы:

$$\Delta\text{M}_{\text{c}}(\text{t}, \text{n}) = \Delta\text{M}_{\text{c0}}(\text{t}) + \text{k}_{\text{c}} \cdot \Delta\text{n}(\text{t}), \tag{2.46}$$

мұндағы M_{c0} – кедергі моменттің тұрақты құраушысы;

$\text{k}_{\text{c}} = \left[\frac{\partial\text{M}_{\text{c}}(\text{t,n})}{\partial\text{n}}\right] \cdot \Delta\text{n}$ - берілген нүктеде $M_c(t, n)$ байланысты сызықтандырылған кезде алынатын коэффициент.

Келтірілген (2.45) байланысын ескере отырып, қозғалтқыштың теңдеуі мына түрге келтіріледі:

$$\left(\frac{\text{T}_{\text{я}} \cdot \text{T}_{\text{эм}}}{1 + \text{k}_{\text{в}}\text{k}_{\text{c}}}\text{p}^2 + \frac{\text{k}_{\text{в}}\text{k}_{\text{c}}\text{T}_{\text{я}} + \text{T}_{\text{эм}}}{1 + \text{k}_{\text{в}}\text{k}_{\text{c}}}\text{p} + 1\right)\text{n}(\text{p}) = \\ = \frac{\text{k}_{\text{в}}}{1 + \text{k}_{\text{в}}\text{k}_{\text{c}}}\text{U}_{\text{д}}(\text{p}) - \frac{\text{k}_{\text{в}}}{1 + \text{k}_{\text{в}}\text{k}_{\text{c}}}(\text{T}_{\text{я}}\text{p} + 1) \cdot \text{M}_{\text{c0}}(\text{p}) \tag{2.47}$$

Қозғалтқыштың зәкірінің инерция моменті:

$$\text{J}_{\text{д}} = \text{mp}^2 = \text{mD}^2/4, \tag{2.48}$$

мұндағы:

J_{∂}- инерция моменті, кг·м^2;

m – зәкір массасы, кг;

ρ және D– инерцияның радиусы және диаметрі, м.

СИ жүйесі бойынша – инерция моментін сан түрінде GD^2 [кг·м^2] айналдыру моменті арқылы көрсету үшін, мына байланысты қолдануға болады:

$$J_д = \frac{GD^2}{4}, \tag{2.49}$$

Қозғалтқыштың номиналды тоғы:

$$I_{я\ ном} = I_{ном} - I_{в\ ном} \approx I_{ном} - \frac{U_{ном}}{\alpha r_в}.$$

Көтеру механизмінде қолданылатын ДПЭ-82А тұрақты ток қозғалтқышын идентификациялау

Көтеру механизмінде қолданылатын ДПЭ-82А тұрақты ток қозғатқышының техникалық мәліметтерін 2.2 - кестеден ала отырып жуық беріліс функциясын анықтаймыз.

2.2-кесте – ДПЭ-82А тұрақты ток қозғалтқышының техникалық берілістері

$U_{ном}$,В	$P_{ном}$, кВт	$I_{я.ном}$, А	n, айн/мин	p	*a*	GD^2, кг · м^2	$R_я$, Ом	$r_{д.п}$, Ом	W_{B1}, Ом	$r_в$, Ом
270	190	760	740	2	2	17	0,0036	0,0032	380	3,5

Зәкір тізбегінің толық кедергісі (3.23) формула арқылы табамыз:

$$r_{я.ц} = 0{,}0036 + 0{,}0032 = 0{,}0068\ [Ом].$$

Келтірілген (2.30),(2.31) және (2.32) қозғалтқыштың конструктивті тұрақтылықтарын оның номиналды берілулері бойынша анықтаймыз:

$$c_{ед} = \frac{270 - 1{,}2 \cdot 0{,}0068 \cdot 760}{740} = 0{,}356,$$

$$c_{мд} = \frac{0,356}{0,105} = 3,39.$$

Қозғалтқышта жеңіл компенциялау орамы бар екенін ескере отырып, $\beta = 0,3$ деп қабылдаймыз және (3.41) формула бойынша зәкір тізбегінің индуктивтілігін анықтаймыз:

$$L_я = \frac{30}{\pi} \cdot 0,3 \cdot \frac{270}{2 \cdot 740 \cdot 760} \approx 0,68 \cdot 10^{-3}\ [Гн].$$

Жоғарыда көрсетілген (3.48 және (3.49) формулаларды қолдана отырып, қозғалтқыш білігіндегі инерция моменттерін анықтаймыз:

$$J_д = \frac{17}{4} = 4,25\ [кг \cdot м^2],$$

$$J_{н.пр} = \frac{17}{4 \cdot 9,81} = 0,43\ [кг \cdot м^2],$$

және (2.38) бойынша қосынды инерция моменті:

$$J = 4,25 + 0,43 = 4,68\ [кг \cdot м^2].$$

Параметрлердің сандық мәндерін қоя отырып (2.40) және (2.42) формулалар арқылы қозғалтқыш коэффициенттерін және уақыт тұрақтыларын анықтаймыз:

$$k_д = \frac{1}{0,356} \approx 2,81[\frac{айн}{мин \cdot В}]\ ,$$

$$k_д = \frac{1,2 \cdot 0,0068}{0,356 \cdot 3,39} = 0,0067[\frac{айн}{н \cdot м \cdot мин}]\ ,$$

$$T_я = \frac{0,68 \cdot 10^{-3}}{1,2 \cdot 0,0068} = 0,08\ [сек],$$

$$T_{эм} = \frac{4,68}{9,55} \cdot \frac{1,2 \cdot 0,0068}{0,356 \cdot 3,39} = 0,33 \text{ [сек]}.$$

Жоғарыдағы (2.40) және (2.43) формулалар негізінде қозғалтқыштың беріліс функциясы мынаған тең:

$$W_д(p) = \frac{2,81}{(0,33p+1)(0,08p+1)}.$$

2.4 Күштік магниттік күшейткіштерді (КМК) идентификациялау

Автоматты реттеу жүйелерінде магниттік күшейткіштер кеңінен қолданылады. Мұндай күшейткіштердің басты артықшылығы қуат бойынша үлкен күшейтуі және жұмыс барысында кернеудің ауытқуы мен жиіліктің өзгеруіне аз тәуелділігі болып табылады. Сонымен қатар, магниттік күшейткіштердің шығысында сигналдардың бірігуі қарапайым және жұмыс тізбегі мен басқару тізбегі бір-бірінен өте мықты оқшауланған, сондықтан өте сенімді. Ал, магнитті күшейткіштердің кемшілігіне аз кіріс кедергісі және инерциялылығы жатады [5].

Магнитті күшейткіштерді негізінен жиілігі жоғары (400-3000 Гц) желілерден қоректенетін жағдайларда қолданылады. Бұл жағдайларда магнитті күшейткіштердің өлшемдері және инерциялылығы айтарлықтай азаяды. ЭКГ-8И экскаваторы генераторының тәуелсіз қоздыру орамында токтың бағытын және мәнін өзгерту мақсатында үш фазалық УМ3П магнитті күшейткіші қолданылады [6].

Магнитті күшейткіштердің жуық беріліс функциясын келесідей анықтаймыз:

$$W_у(p) = \frac{k}{(T_у p + 1)}, \tag{2.50}$$

мұндағы:

k – күшейту коэффициенті ($k = \frac{U_{вх}}{U_{вых}}$ арқылы анықталады);

$T_у$ – магниттік күшейткіштің уақыт тұрақтысы.

Күштік магнитті күшейткіштердің беріліс функциясын негізінен бірінші реттік инерциондық жүйе ретінде қарастыруға болады. Көптеген әдебиеттерде инерционды буынның уақыт тұрақтысының мәнін 0,1-0,5 аралығында алынады, ал күшейту коэффициентін шығыс кернеуінің кіріс кернеуіне қатынасы арқылы анықтаймыз [7].

Үш фазалық УМ3П магнитті күшейткішінің техникалық берілістері 3.5 – кестеде көрсетілген. Командалық аппараттан келетін күшейткіштің кіріс кернеуі $U_{вх} = 36$ В.

2.3-кесте – Үш фазалық УМ3П магнитті күшейткішінің техникалық берілістері

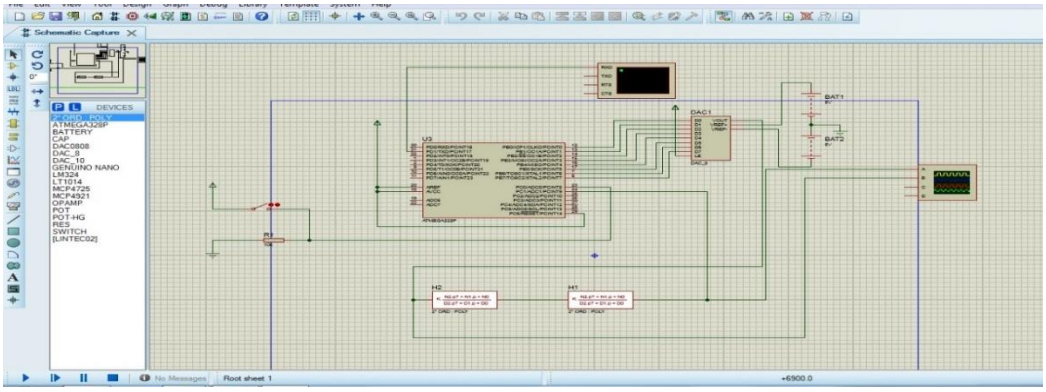
$U_{вых}$, В	$P_{ном}$, кВт	$I_{фаза.ном}$, А	$I_{нагр.ном}$, А (ПВ-100%)
133	8	32,8	40

Магнитті күшейткіштің күшейту коэффициентін анықтаймыз:

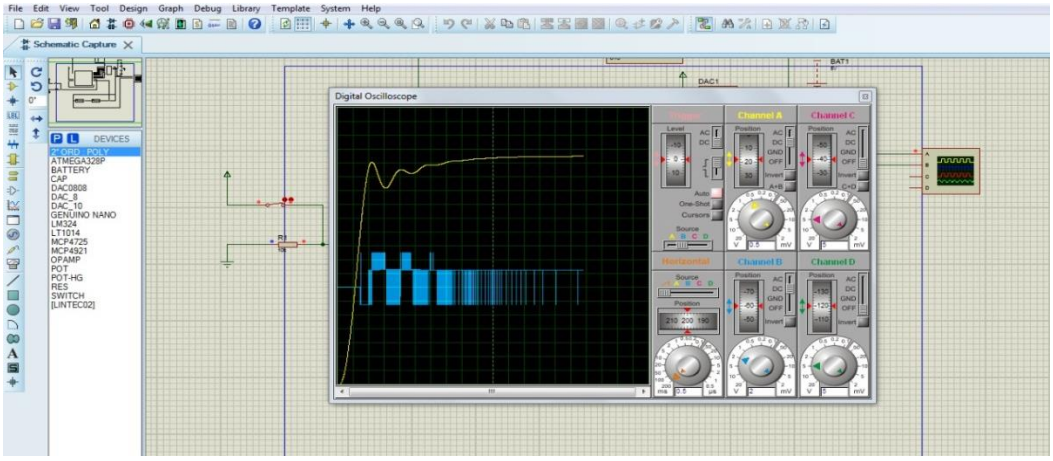
$$k = \frac{133}{36} = 3{,}69.$$

Үш фазалық УМ3П магнитті күшейткішінің жуық беріліс функциясын келесідей ие:

$$W_у(p) = \frac{3{,}69}{(0{,}2p+1)}.$$



2.6-сурет – Proteus программасындағы кескін



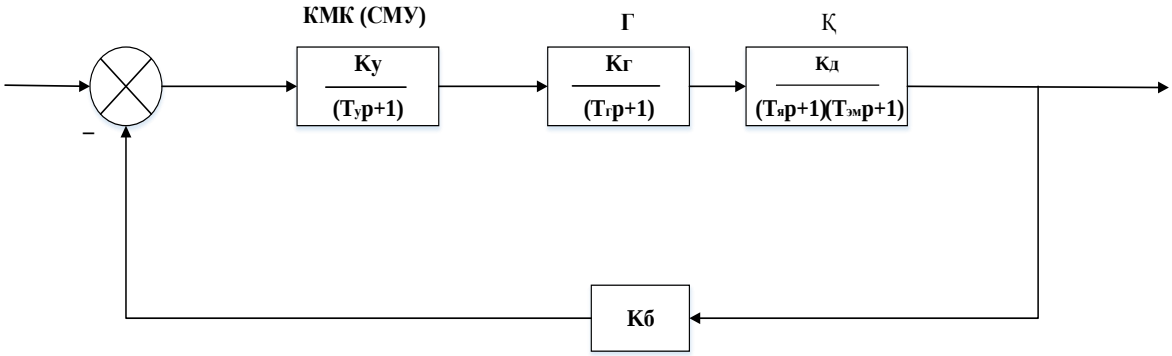
2.7-сурет – Осциллографтағы кескіні

3 ЭКГ-8И экскаваторы электр жетегіне синтез жүргізу

3.1 Бастапқы жүйеге анализ жүргізу. Жүйе тұрақтылығын Михайлов критерийі бойынша тексеру

Автоматты реттеу жүйесі жұмысының процесінде әртүрлі қоздыру әсерлеріне душар болады, ол жүйені орнатылған режимінен, тең әсерлі күйден шығарып жібереді және реттелетін шаманы берілген мәннен келтіруге ұмтылады. Жүйе массасы, сиымдылық және басқада бар болуының салдарынан бір күйден басқа күйге лезде өтуі мүмкін. Қоздырушы әсер мен одан кейінгі жүйедегі реттегіштің қалпына келтіруші әсерлердің нәтижесінде өтпелі процестер пайда болады. Тұрақтылық критериясы деп сипаттамалық теңдеу түбірінің нақты бөлігінің таңбасын анықтаудың қиғаш әдісі деп аталады, бұл теңдеуді шешу қажет емес..

Барлық бізге белгілі критериялар екі топқа бөлінеді: алгебралық және жиіліктік. Алгебралық топқа Вышнеграскийдің, Раустың, Гурвицтің критериялары жатады, ал жиіліктікке Михайлов, Найквистің критериялары, логарифмді жиіліктік сипаттамалар әдісі жатады. Михайловтың критериясы, Гурвиц критериясы сияқты тұйықталған жүйенің сипаттамлық теңдеуін қарастырады. Тұрақтылықтың Михайлов жиіліктік критерийі Михайлов қисығы деп аталатын қисықты тұрғызуға негізделген. Бұл қисық ω жиілігінің 0-ден ∞-ке дейін өзгергенде сызылатын H(jω) векторының годографы болып табылады. Комплекстік H(jω) функция сипаттамалық H(p) полиномға p-ның орнына jω-ны қою арқылы алынады. Михайлов критерийі бойынша n-ретті жүйе тұрақты болу үшін қажетті және жеткілікті егер, сипаттамалық Михайлов қисығы, ω жиілігі 0-ден ∞-ке дейін өзгерген кезде, оң нақты осінен басталып оң бағытта (сағат тіліне қарсы бағытта) тізбектеліп n квадрантты айналса, онда жүйенің тұрақты болып табылады.



3.1-сурет – Көтеру механизімінің жалпы құрылымдық сұлбасы

Сұлбаға сәйкес жүйенің қорытынды беріліс функциясын табамыз (3.1) және өрнекті ықшамдаймыз. Ықшамдалған өрнектің бөлімінен сипаттамалық H(p) полиномы алынады және полиномдағы p-ның орнына jω қойылады (3.2).

$$W(p) = \frac{W_у(p) \cdot W_г(p) \cdot W_к(p)}{1 + W_у(p) \cdot W_г(p) \cdot W_к(p) \cdot К_б}, \tag{3.1}$$

мұндағы:

$W_у(p)$ – күштік магниттік күшейткіштің беріліс функциясы;

$W_г(p)$ – генератордың беріліс функциясы;

$W_к(p)$ – қозғалтқыштың беріліс функциясы;

$К_б$ – кері байланыс каналы коэффициенті.

$$H(j\omega) = a_0(j\omega)^n + a_1(j\omega)^{n-1} + \ \dots + a_{n-1}(j\omega) + a_n. \tag{3.2}$$

Осы өрнектегі нақты және жорамал бөлікке бөліп аламыз:

$$\begin{aligned} P(\omega) &= a_n - a_{n-2}\omega^2 + a_{n-2}\omega^4 - \cdots. \\ Q(\omega) &= a_{n-1}\omega - a_{n-3}\omega^3 + a_{n-5}\omega^5 - \cdots. \end{aligned} \tag{3.3}$$

Көтеру механизмдері жұмысының тұрақтылығын анықтау [8].

Көтеру механизмінің қорытынды беріліс функциясын табамыз және өрнекті ықшамдаймыз. $W_п(p)$ – көтеру механизмінің беріліс функциясы, (3.1) формула бойынша:

$$W_п(p) = \frac{\frac{3,69}{(0,2p+1)} \cdot \frac{0,91}{(1,87p+1)} \cdot \frac{2,81}{(0,33p+1)(0,08p+1)}}{1 + \frac{3,69}{(0,2p+1)} \cdot \frac{0,91}{(1,87p+1)} \cdot \frac{2,81}{(0,33p+1)(0,08p+1)} \cdot 0,8} =$$

$$= \frac{9,43}{(0,2p+1)(1,87p+1)(0,33p+1)(0,08p+1)+7,54},$$

Содан, көтеру механизмі жүйесінің қорытынды беріліс функциясы:

$$W_п(p) = \frac{9,43}{0,0098p^4 + 0,207p^3 + 1,2491p^2 + 2,48p + 8,54}.$$

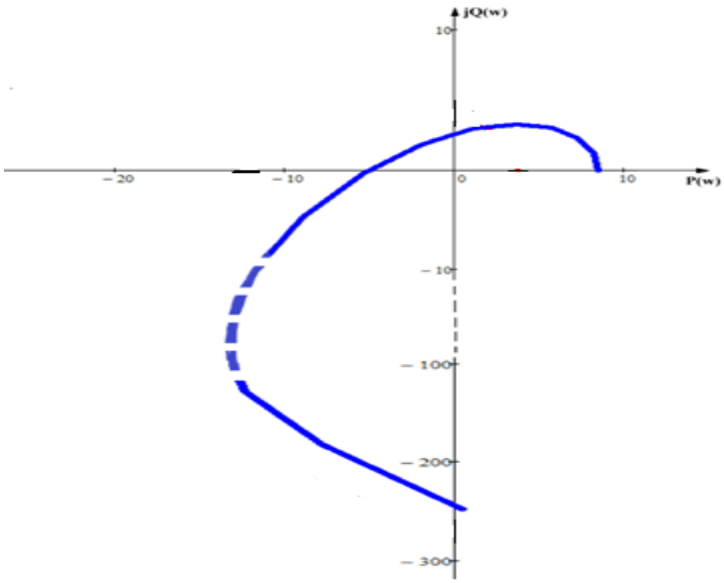
Қорытынды беріліс функциядан сипаттамалық $H(p)$полиномды бөліп аламыз және ондағы p-ның орнына jω-ны қойып, нақты және жорамал бөліктерге ажыратамыз:

$$H_п(j\omega) = 0,0098\omega^4 - 0,207j\omega^3 - 1,2491\omega^2 + 2,48j\omega + 8,54;$$

$$P_п(\omega) = 0,0098\omega^4 - 1,2491\omega^2 + 8,54; \qquad Q_п(j\omega) = 2,48\omega - 0,207j\omega^3.$$

3.1-кесте – Есептелген мәндер

ω	0	0,5	1	1,5	3	5	6	7	9	∞
$P_п(\omega)$	8,5	8,228	7,301	5,779	-1,91	-16,5	-23,7	-29,1	-28,4	∞
$Q_п(j\omega)$	0	1,214	2,273	3,021	1,851	-13,4	-29,8	-53,6	-128,5	-∞



3.2-сурет – Көтеру механизмі басқару жүйесінің Михайлов годографы

Годографтан көтеру механизмдерінің жүйесі тұрақты екендігін байқауға болады. Сипаттамалар оң нақты осінен басталып оң бағытта (сағат тіліне қарсы бағытта) тізбектеліп 4 квадранттан өткен [9].

3.2 Бастапқы жүйенің сапасын операторлық әдіспен анықтау

Өндірістік процестің дұрыс жұмыс істеуі үшін жүйе бірқатар қойылған талаптарға сәйкес болуы қажет. Жүйенің бұл талаптарға қаншалықты ұқсастығы жүйенің сапасының дәрежесін анықтайды. Сондықтан жүйенің сапасын анықтау өте маңызды. Сапа көрсеткіштерін анықтау үшін жүйенің өтпелі процесін құру қажет. Жүйенің аса сипатты жұмыс істеу режимінің өтпелі процестерін әртүрлі анықтау әдістерін (шығыс шама мен қателіктің уақыт бойынша өзгеру графигінің түрінде) екі негізгі топқа бөлуге болады.

Бірінші топқа басқару жүйесінің дифференциялды теңдеуін шамамен шешудің әртүрлі (аналитикалық, графикалық, графоаналитикалық) тәсілдері кіреді, олардың ең көп тарағаны Лаплас түрлендіруін пайдалануға негізделген операторлық әдісі болып табылады.

Екінші топты автоматты басқару жүйесінің жиіліктік сипаттмасын пайдалануға негізделген әдістер құрайды. Мұнда ең танымалы трапеция тәріздеснақты жиіліктік сипаттма көмегімен өтпелі процестің қисығын құру әдісі болып табылады.

Операторлық әдісті пайдалану негізде дифференциялды теңдеулерді (шаманың операторлық бейнесіне өту кезінде) алгебраландыру арқасында автоматты басқару жүйе теңдеуін құру процесі едәуір жеңілденеді, ол жеке

үзбелердің беріліс функциясын анықтау мен басқару жүйесінің құрылымдық схемасын түрлендіруге алып келеді.

Операторлық есептеулер бойынша бірқатар басқармаларда фукцияның операторлық функциясы Лаплас түрлендіруі бойынша емес, ал Карсон – Хевисайд деп аталатын түрлендіруімен анықталады, ол Лаплас интегралының алдында p көбейткішінің бар болуымен ерекшеленеді. Сондақтан осы басқарушы кестелерін пайдалана отырып, барлық операторлық бейнелерді p – ға бөлу қажет.

Егер W(p) жүйесінің беріліс функциясы белгілі және кіріс әсері берілген болса, онда өтпелі процесті анықтау $x_{\text{шығ}}(t)$ оригиналын оның $x_{\text{шығ}}(p)$ операторлық бейнесі бойынша табуға алып келеді. Осы кезде көп бөлігінде нөлдермен қабылданатын бастапқы шарттар берілуі қажет.

Лаплас түрлендіруінен оригиналды анықтауға арналған Карсон – Хевисайдтың екінші ыдырау теоремасы:

$$\mathrm{y(t)} = \frac{\mathrm{F_1(0)}}{\mathrm{F_2(0)}} + \sum_{\mathrm{k=1}}^{\mathrm{n}} \frac{\mathrm{F_1(p_k)}}{\mathrm{p_k F_2'(p_k)}} \mathrm{e^{p_k t}}\ , \qquad (3.4)$$

мұндағы:

$$W(\mathrm{p}) = \frac{k}{(Tp+1)} = \frac{\mathrm{F_1(p)}}{\mathrm{F_2(p)}};$$

$W(\mathrm{p})$ – жүйенің беріліс функциясы p_1,p_2.....p_k арасында қысқа және нөлдік түбірлер жоқ алгебралық теңдеулердің түбірлерінің мәні.

Ыдырау теоремасын пайдалану дифференциялды теңдеуді шешудің классикалық әдістерін қолданған кезде қажетті тұрақты интегралдауды анықтау процедурасының күрделілігін болдырмауға мүмкіндік береді, бірақ зерттеліп жатқан басқару жүйесінің сипаттмалық теңдеуі болып табылатын $F_2(p) = 0$ теңдеу түбірін табудан арылттырмайды [10].

Көтеру механизмінің қорытынды беріліс функциясын табамыз және өрнекті ықшамдаймыз. $\mathrm{W_п(p)}$ – көтеру механизмінің беріліс функциясы:

$$\mathrm{W_п(p)} = \frac{9{,}43}{0{,}0098\mathrm{p}^4 + 0{,}207\mathrm{p}^3 + 1{,}2491\mathrm{p}^2 + 2{,}48\mathrm{p} + 8{,}54} = \frac{\mathrm{F_1(p)}}{\mathrm{F_2(p)}}.$$

Қорытынды беріліс функциядан Карсон – Хевисайдтың екінші ыдырау теоремасы(5) арқылы функцияның түпнұсқасын табамыз.

Жүйенің сипаттамалық теңдеуі келесі түрге ие:

$$0{,}0098p^4 + 0{,}207p^3 + 1{,}2491p^2 + 2{,}48p + 8{,}54 = 0.$$

Сипаттамалық теңдеудің түбірлерін табамыз:

$$p_1 = -10{,}78\,, \qquad p_3 = -0{,}393 - j2{,}882 = 2{,}91e^{-j97{,}7},$$
$$p_2 = -9{,}548\,, \qquad p_4 = -0{,}393 + j2{,}882 = 2{,}91e^{j97{,}7}.$$

$F_2(p)$ – функциясының туындысын тауып,түбірлерді функцияға қойып мәндерін аламыз.

$$F_2'(p) = (0{,}0098p^4 + 0{,}207p^3 + 1{,}2491p^2 + 2{,}48p + 8{,}54)' = 4 \cdot 0{,}0098p^3 +$$

$$+3 \cdot 0{,}207p^2 + 2 \cdot 1{,}2491p + 2{,}48\,,$$

$$F_2'(p_1)=4 \cdot 0{,}0098 \cdot (-10{,}78)^3 + 3 \cdot 0{,}207 \cdot (-10{,}78)^2 + 2 \cdot 1{,}249\ x$$

$$x\,(-10{,}78) + 2{,}48 = -1{,}392\,,$$

$$F_2'(p_2)=4 \cdot 0{,}0098 \cdot (-9{,}548)^3 + 3 \cdot 0{,}207 \cdot (-9{,}548)^2 + 2 \cdot 1{,}249 \cdot (-9{,}548)+$$

$$+2{,}48 = 1{,}12\,,$$

$$F_2'(p_3)=4 \cdot 0{,}0098 \cdot (-0{,}393 - j2{,}882)^3 + 3 \cdot 0{,}207 \cdot (-0{,}393 - j2{,}882)^2+$$

$$+2 \cdot 1{,}2491 \cdot (-0{,}393 - j2{,}882) + 2{,}48 = -3{,}182 - j4{,}907\,,$$

$$F_2'(p_4)=4 \cdot 0{,}0098 \cdot (-0{,}393 + j2{,}882)^3 + 3 \cdot 0{,}207 \cdot (-0{,}393 + j2{,}882)^2 +$$

$$+2 \cdot 1{,}2491 \cdot (-0{,}393 + j2{,}882) + 2{,}48 = -3{,}182 + j4{,}907.$$

Табылған мәндерді Карсон – Хевисайдтың 2-ші ыдырау теоремасына қойып, функцияның түпнұсқасын табамыз.

$$y(t) = \frac{9{,}43}{8{,}54} + \frac{9{,}43}{(-10{,}78)(-1{,}39)}e^{(-10{,}78)t} + \frac{9{,}43}{(-9{,}54) \cdot (1{,}12)}e^{(1{,}12)t} +$$

$$+\frac{9{,}43}{(-0{,}393 - j2{,}882)(-3{,}182 - j4{,}907)}e^{(-0{,}393-j2{,}882)t} +$$

$$+\frac{9{,}43}{(-0{,}393+j2{,}882)(-3{,}182+j4{,}907)}e^{(-0{,}393+j2{,}882)t},$$

$$y(t)=1{,}1+0{,}628e^{(-10{,}78)t}-0{,}883e^{(1{,}12)t}+(-0{,}42-j0{,}362)e^{(-0{,}393-j2{,}88)t}+$$

$$+(-0{,}42+j0{,}362)e^{(-0{,}393+j2{,}88)t}.$$

Эйлер формуласын (3.5-3.6) қолданып өрнекті түрлендіреміз:

$$e^{\pm jx}=\cos x\pm j\sin x, \qquad (3.5)$$

$$(a-jb)e^{(-\alpha-j\beta)t}+(a+jb)e^{(-\alpha+j\beta)t}=2e^{-\alpha t}(a\cos\beta t-b\sin\beta t), \qquad (3.6)$$

$$a=-0{,}42\,, \qquad b=0{,}362\,,\ \ \alpha=0{,}393\,,\ \ \beta=2{,}882\text{рад}=165{,}2^\circ\,,$$

$$(-0{,}42-j0{,}362)e^{(-0{,}393-j2{,}882)t}+(-0{,}42+j0{,}362)e^{(-0{,}393+j2{,}882)t}=$$

$$=2e^{-0{,}393t}(-0{,}42\cos 165{,}2t-0{,}362\sin 165{,}2t).$$

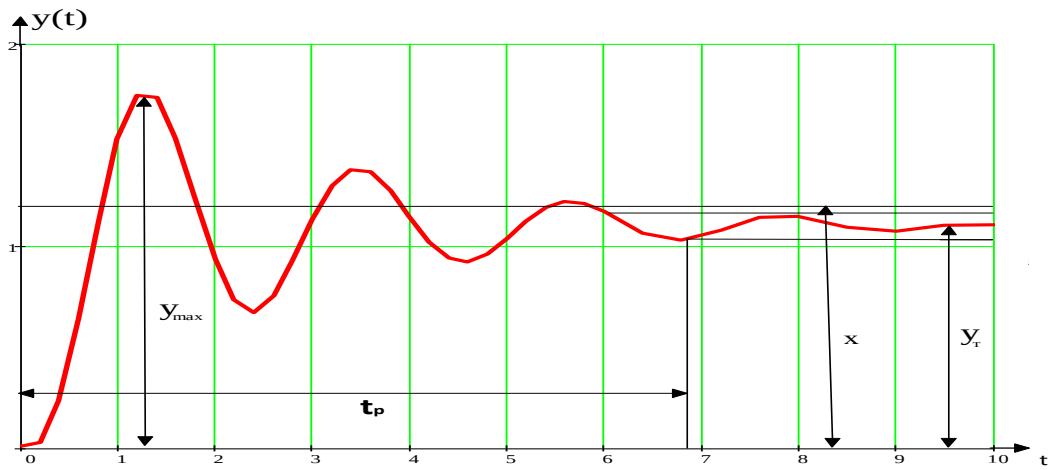
Өтпелі функцияны салуға арналған қорытынды $y(t)$ функциясы:

$$y(t)=1{,}104+0{,}628e^{(-10{,}78)t}-0{,}883e^{(1{,}12)t}+$$

$$+2e^{-0{,}393t}(-0{,}42\cos 165{,}2t-0{,}362\sin 165{,}2t).$$

3.2-кесте – Өтпелі процесстің мәндері

T	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7
y(t)	0,42	1,5	1,73	0,93	0,69	1,13	1,36	1,14	0,961	1,172	1,03



3.3-сурет – Көтеру механизмінің өтпелі функциясы

Өтпелі функцияның реттелу уақыты және тербелістер саны:

$$t_p = 6{,}81\ c\,, \quad \mu = 3.$$

Қайта реттеу шамасы:

$$\delta = \frac{1{,}744 - 1{,}034}{1{,}103} = 64{,}4\%\,.$$

Реттеу қателігі:

$$\Delta = \frac{1{,}103 - 1{,}034}{1{,}103} = 6{,}256\%.$$

Жоғарыдағы көтеру механизмінің өтпелі функциясынан жүйенің сапасын байқауға болады. Жүйенің сапасы түзетуді талап етеді.Себебі, жүйенің өтпелі функциясының тұрақталу уақыты ұзақ және қайта реттеу шамасы қалыпты жағдайдан жоғары.Қалыпты жағдайда нақты жүйелер үшін қайта реттеу шамасы 50 % дан аспауы тиіс.Жүйенің сапасын реттеу үшін ЛАЖС әдісі арқылы түзетуші буын енгізіп, реттегіштің беріліс функциясын табамыз [11].

3.3 Бастапқы жүйеге синтез жүргізу. Бастапқы жүйеге ЛАЖС әдісімен түзетуші буын енгізу

Түзетуші деп оңай өзгеретін параметрлері параметрлі және автоматты реттеу жүйесінің құрамына қажетті динамикалық қасиет – автоматты реттеу жүйесінің тұрақтандыру мен өтпелі процестің сапа көрсеткіштерін жақсарту үшін енгізілетін сипаттамалары бар құрылғыларды айтамыз.

Егер жобаланған, автоматты реттеу жүйесі тұрақсыз болып шықса, онда ол арнайы түзетуші құрылғыларды енгізу арқылы тұрақты болуы немесе тұрақтануы мүмкін, ол құрылғылар бұл жағдайда тұрақтандырушы құрылғылар деп аталады.

Автоматты реттеу жүйелерін синтездеу сұрақтары (мәселелері) тәжірибе есептерін шешу кезінде қолданылатын арнайы монографияларда жеке – жеке қарастырылады. Автоматты реттеу жүйелерін синтездеудің есептеу әдістерінің мүмкіндіктерін асыра бағалаудың қажеті жоқ. Жүйенің күрделілік, оған кіретін элементтер мен реттеуші объектінің дәл сипаттамаларының жоқ болу салдарынан түзеткіш құрылғы параметрлерінің тек бағытталған мәндерін алуға болады. Ақырында осы параметрлердің мәндері жүйені жұмыс істеу шарттарында жайластыру мен күйге келтіру процесінде орнатылады.

Қондырғыны жаңа, әлі әзірленбеген жабдықтарды қолданып, жобалау кезінде жобалаушы өзінің бұйрығынреттеу объектісі мен басқа элементтердің сипаттамасына ие емес. Мұндай жағдайларда автоматты реттеу жүйесінің тек жалпы құрылымдық схемасы ғана құрылады. Содан кейін түсірмелі – жайластыру кезеңінде жеке элементтердің және егер мүмкін болса жүйенің толық сипаттамалары тәжірибе жүзінде алынады, түзеткіш құрылғылардың параметрлері есептеледі және соңғы күйге келтіру процесінде айқындалады.

Бірақ, жүйені синтездеудің есептеу әдістерін, олар шектеулі түрде берілсе де, жете бағаламаған жөн. Берілген сапа көрсеткіштері бар автоматты реттеу жүйесін тәжірибе жолымен есептеулерсіз алу іс жүзінде мүмкін еместігін нақты меңгерген жөн.

Барлық автоматты реттеу жүйелерін екі топқа бөлуге болады: 1) жылдам әрекет етуші, онда реттегіш элементтері мен реттеу объектісінің уақыт тұрақтыларының реті беріледі (жылдамдық, жиілік, кернеу реттегіштері, қадағалау жүйелері); 2) баяу әрекет етушілер ондағы объектінің уақыт тұрақтысының мәні бір неше минуттан бірнеше сағатқа дейін (әртүрлі технолгиялық процестер).

Екінші топтағы жүйелердегі реттегіштегі өтпелі процестерді елемеуге болады. Жүйе теңдеулері осыған сәйкес және сәйкесінше барлық зерттеулер жеңілдетіледі [12].

Логарифмді жиілікті сипаттама әдісімен синтездеу.Түзеткіші құрылғыларды логарифмді жиіліктік сипаттама көмегімен синтездеу әдісін В.В. Солодовинков ұсынған еді.

Түзеткіш құрылғыларды осы әдіске сәйкес таңдап алу келесі ретпен жүзеге асырылады. Ажыратылған түзетілмеген жүйенің логарифмді амплитудалы фазалы жиіліктік сипаттамалары тұрғызылады.

Сол графикке жүйеге сәйкес келетін берілген техникалық талаптарға жауап беретін логарифмді амплитудалы жиіліктік сипаттамасы тұрғызылады, олар әртүрлі болуы мүмкін, бірақ жалпы түрде мына көрсеткіштер тұрады:

1) жүйе астатизмінің реті (жүйеге кіретін интегралдаушы үзбелердің саны);

2) сатылы әсерден пайда болатын қайта реттеуді максимал шамасы δ%;

3) сатылы әсерден пайда болатын өтпелі процестің максимал уақыты t_0;

4) сатылы әсер кезінде реттелетін шама өзгеретін немесе басқа да көрсеткіштер өзгеретін максимал үдеу a_{max}.

Жүйенің динамикалық қасиеттері кірісіне бірлік сатылы әсерді берген кезде қарастырылады.

Өзімізге қажетті амплитудалы жиіліктік сипаттаманы құру кезінде оны үш сипатты аймаққа бөлуге болады.

1) Төменгі жиілікті аймақ, нөльден бірінші түйісу жиілігіне дейінгі аралықта жатады. Статикалық жүйелер үшін логарифмді амплитудалы жиіліктік сипаттаманы төменгі жиілікті бөлігінің еңгіштігі 0 дб/сек, астатикалық үшін – 20 v дб/дек (v жүйедегі интегралдаушы үзбелердің саны, немесе жүйе астатизмінің реті).

Екі жағдайда да төменгі жиілікті асимптота ординатасы жиілігі ω=1 болған кезде 20lg K - ға тең болуы қажет (K–ажыратылған жүйенің жалпы күшею коэффициенті).

Қажетті сипаттаманың төменгі жиілікті бөлігі реттінде түзетілмеген жүйенің сипаттамасының төменгі жиілікті бөлігін қабылдауға болады. Сипаттаманың бұл аймағы баяу өзгеретін әсерлі жүйені көрсету дәлдігін анықтайды.

2) Орташа жиілік аралығында орналасқан және жүйе тұрақтылығының қоры мен оның сатылы әсер кезіндегі сапасын анықтаушы аймақ. Орташа жиілік аймағында амплитудалы сипаттамасы ω_c қию жиілігі деп аталатын жиіліктегі абсцисса өсімен қиылысады.

Жиілікті тұрақтылық қорын қамтамасыз ету үшін ω_c қию жиілігі кезіндегі қажетті сипаттаманың еңкіштігі – 20 дб/дек болуы тиіс.

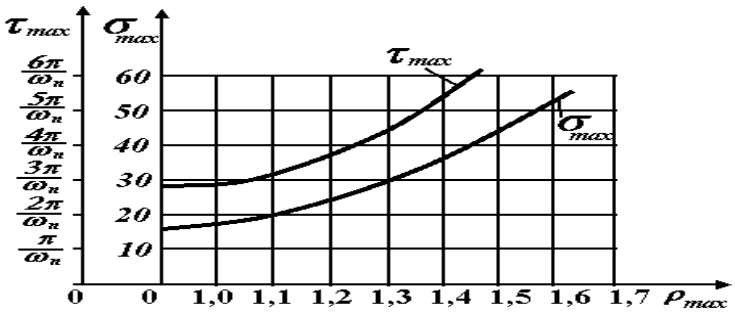
3) Жиілігі жоғары аймақ, жиілігі өтпелі процестің сапасына аз ғана әсер етеді, түзету жасамасақта болады.

Қажетті сипаттаманың ортажиілікті аймағының көршілістерімен тікелей немесе мүмкін болса, еңкіштігі 40 не 60 дБ/дек түзетулердің көмегімен бірігеді. Бұл кезде қажетті логарифмді амплитудалық сипаттаманың еңкіштігі түзету жүргізілмеген сипаттама еңкіштігінен кіші

болуына ерекше көңіл бөлген жөн. Бұл түзеткіш құрылғының ең қарапайым беріліс функциясын алу үшін маңызды.

Ортажиілікті аралықтағы ω_c қию жиілігі берілген δ% мен t_0 мәндері бойынша 3.6- суретте берілген номограммамен анықталады.

Берілген δ% бойынша қажетті амплитуда жиілікті сипаттамаға сәйкес нақты жиілікті сипаттаманың максималды P_{max} ординатасы анықталады. P_{max} – ның мәні бойынша $t_0 = f(P_{max})$ қисық ординатасын табамыз. Ординатасы $\frac{n\pi}{\omega_c}$- ге тең және сол уақытта t_0 - ның берілген мәнін анықтайды.



3.4-сурет – Сапа көрсеткіштерін байланыстыратын диаграмма

Содан:

$$t_0 = \frac{n\pi}{\omega_c}, \ \omega_c = \frac{n\pi}{t_0} \tag{3.7}$$

Мысалы δ% =25%, t_0=0 сек делік. Сонда δ% қисығы бойынша (4.6 - сурет) P_{max} – ты табамыз – 1,2. P_{max} –тың бұл мәніне $t_0 = \frac{3\pi}{\omega_c}$ мәні сәйкес келеді. Бірақ $t_0 = 0$ болса, онда (4.7) өрнектен мынаны аламыз

$$\omega_c = \frac{3\pi}{1} \approx 10[\frac{\text{рад}}{\text{сек}}].$$

Егер қажетті логарифмді амплитудалық сипаттаманың қию жиілігін (3.6) өрнектен алынғаннан кіші болса, онда өтпелі процестің уақыты берілген, яғни t_0 -ден асып кетпейтініне кепілдік бере алмаймыз.

Тізбекті түзеткіш құрылғы жағдайында қажетті логарифмді амплитудалы жиіліктік сипаттама $L_ж(\omega)$ екі сипаттаманың қосындысы ретінде қарастырылуы мүмкін, олар; түзетілмеген жүйенің сипаттамалары $L_{НК}(\omega)$ және түзеткіш құрылғының сипаттамалары $L_к(\omega)$.

$$L_ж(\omega) = L_{нк}(\omega) + L_к(\omega). \tag{3.8}$$

Осыдан тізбекті түзеткіш құрылғының логарифмдік амплитудалы жиіліктік сипаттамасы:

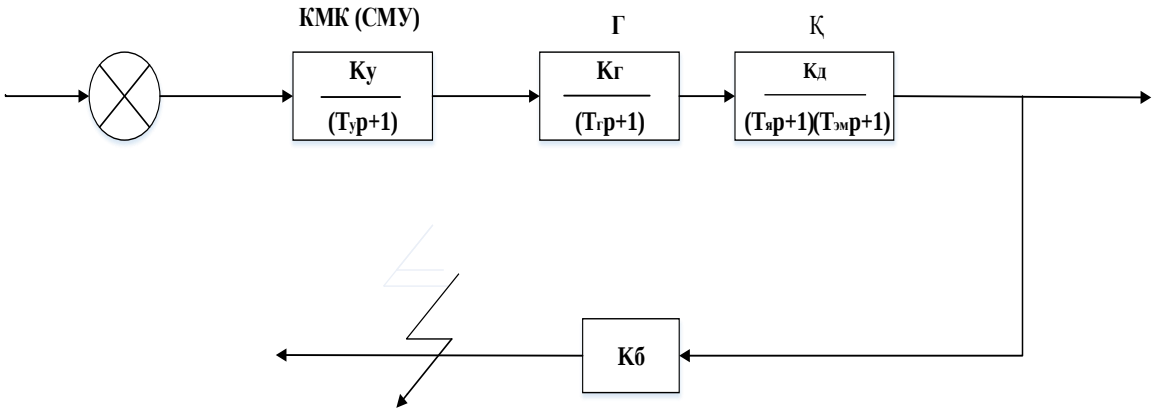
$$L_{\text{к}}(\omega) = L_{\text{ж}}(\omega) - L_{\text{нк}}(\omega). \qquad (3.9)$$

Осылай, тізбекті түзеткіш құрылғының логарифмдік амплитудалық жиіліктік сипаттамасын құру үшін қажетті амплитудалы сипаттамадан графикалы түрде түзетілмеген жүйенің сипаттамасын алып тастаған жөн. Табылған түзеткіш құрылғының логарифмдік амплитудалы сипаттамасы бойынша оның беріліс функциясы құрылады, бірақ содан кейін түзеткіш құрылғының схемасы алынады.

Таңдап алынған түзеткіш құрылғының логарифмдік жиіліктік сипаттамсы қажетті сипаттамадан бір шама ерекшеленуі мүмкін.

Түзеткіш құрылғының дұрыс таңдап алынғандығына көз жеткізу үшін оның амплитудалы сипаттамасын түзетілмеген жүйенің сипаттамасына қосу қажет, нәтижелі сипаттама бойынша тұрғызу қажет, ал соңғы типтік үшбұрыш немесе трапеция әдісінің көмегімен өтпелі процестің қисығын тұрғызу қажет.

Көтеру механизмі жүйесіне түзетуші буын енгізу.Түзетуші буынды ЛАЖС әдісімен енгізу үшін алдымен ашық жүйенің беріліс функциясын табамыз.



3.5-сурет – Ашық жүйенің құрылымдық сұлбасы

Ашық жүйенің беріліс функциясы:

$$W_{\text{а}}(p) = W_{\text{у}}(p) \cdot W_{\text{г}}(p) \cdot W_{\text{к}}(p) \cdot \text{Кб} \qquad (3.10)$$

$$W_{\text{а}}(p) = \frac{3{,}69 \cdot 0{,}91 \cdot 2{,}81 \cdot 0{,}8}{(0{,}2p+1)(1{,}87p+1)(0{,}33p+1)(0{,}08p+1)} =$$

$$= \frac{7{,}548}{(0{,}2p+1)(1{,}87p+1)(0{,}33p+1)(0{,}08p+1)}$$

Ашық жүйеге сәйкес логарифмдік амплитудалық жиіліктік сипаттаманы құру барысында $h = 20Lg\ 7{,}548$ мәнін табамыз. Бұл мән бастапқы жүйенің логарифмдік жазықтықтағы биіктігі болып табылады және 4-ретті инерциялық буын сол биіктіктен өтетін түзуді 4 рет - 20дБ/дек–ға сындырады.

Жүйенің логарифмдік жазықтықтағы биіктігі:

$$h = 20Lg7{,}548=17{,}55 \text{ [дБ]}.$$

Сыну жиіліктерін келесі түрде анықтаймыз:

$$\omega_{c1} = \frac{1}{T_1} = \frac{1}{1{,}87} = 0{,}534\ [c^{-1}], \qquad Lg0{,}534 = -0{,}27 \text{ [дек]},$$

$$\omega_{c2} = \frac{1}{T_2} = \frac{1}{0{,}33} = 3{,}03\ [c^{-1}], \qquad Lg3{,}03 = 0{,}48 \text{ [дек]},$$

$$\omega_{c3} = \frac{1}{T_3} = \frac{1}{0{,}2} = 5\ [c^{-1}], \qquad Lg5 = 0{,}7 \text{ [дек]},$$

$$\omega_{c4} = \frac{1}{T_4} = \frac{1}{0{,}08} = 12{,}5\ [c^{-1}], \qquad Lg12{,}5 = 1{,}1 \text{ [дек]}.$$

Қажетті жүйенің логарифмдік жазықтықтың абсцисса өсін қиып өту жиілігі берілген реттеу уақыты $t_р = 1{,}5$ сек және қайта реттеу шамасына $\delta = 25\%$ байланысты В.В. Солодовинков қисығы (4.6-сурет) бойынша анықталады.

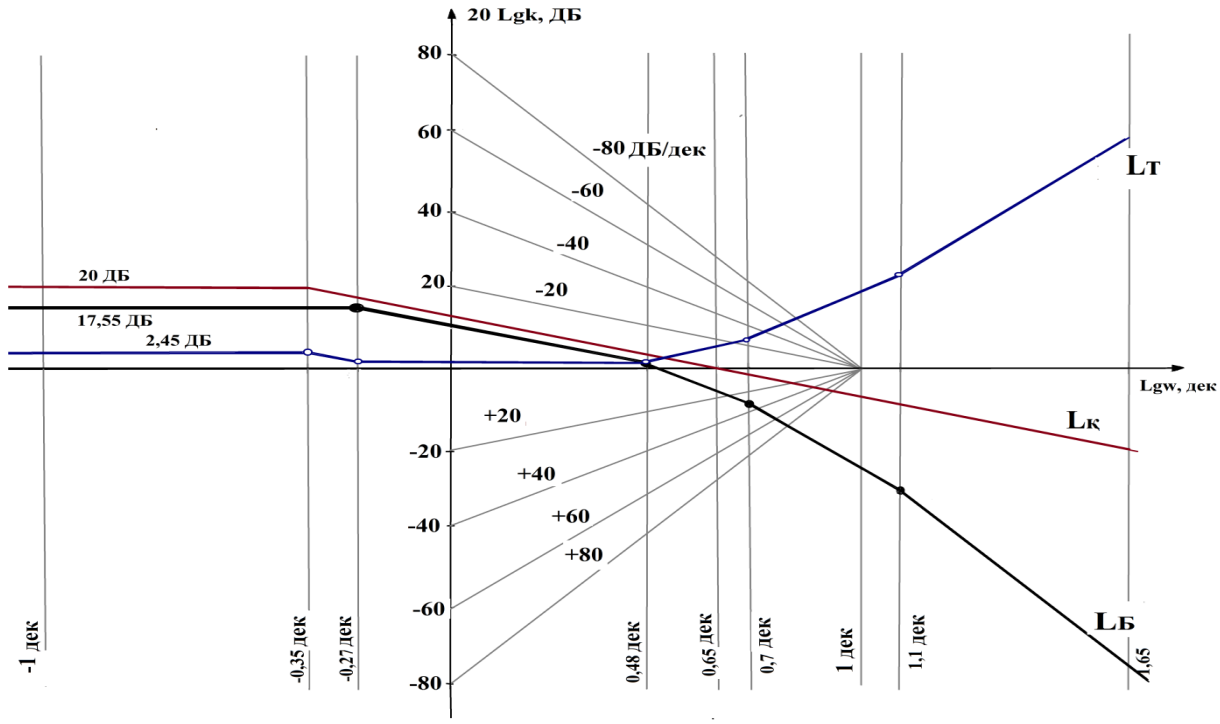
Қисық бойынша $m = 3{,}6$ мәнін қабылдаймыз.

$$\omega_c = \frac{m \cdot \pi}{t_р} = \frac{3{,}6 \cdot 3{,}14}{1{,}5} = 7{,}536\ [c^{-1}],$$

$$\omega_c^* = (0{,}5 \div 0{,}9)\omega_c = 0{,}6 \cdot 7{,}536 = 4{,}52[\ c^{-1}],$$

$$\mathrm{Lg}\omega_c^* = Lg4{,}52 = 0{,}65\ \text{ [дек]}.$$

Қажетті жүйенің логарифмдік жазықтықтың абцисса өсін қиып өту жиілігін тапқаннан соң, сол жиіліктен –20дБ/дек бұрышпен қиып өтетін және 1 дек ұзындықта жататын түзу жүргіземіз. Жүйенің логарифмдік амплитудалық сипаттамасы 3.6–суретте көрсетілген.



$\boldsymbol{L}_{Б}$ – бастапқы жүйе, $\boldsymbol{L}_{К}$ – қажетті жүйе, $\boldsymbol{L}_{Т}$ – түзетілген жүйе.

3.6-сурет – Ашық жүйенің логарифмдік амплитудалық сипаттамасы

Түзетуші буынның координаталары және бұрылу бұрыштары (3.9) формулаға сәйкес анықталады. Логарифмдік жазықтыққа жүйенің сипаттамалары тұрғызылғаннан кейін, түзетіген жүйенің беріліс функциясын анықтаймыз.

$$W_T = \frac{k'(T''p+1)(T'''p+1)(T^{IV}p+1)(T^{V}p+1)}{(T'p+1)}.$$

Түзетуші буынның логарифмдік жазықтықтағы биіктігі k' , T' , T'',T''',T^{IV},T^{V} түзетуші буынның сыну бұрыштарын сипаттайтын параметрлер [13].

Сипаттама бойынша түзетуші буынның параметрлерін келесі түрде анықтап жазамыз:

k': 20Lgk'= 2,45 , Lgk'= 0,1225 , $k' = 10^{0,1225} = 1,325$,

T': Lgω'= –0,35 , ω'=$10^{-0,35} = 0,45$, $T' = \frac{1}{\omega'} = \frac{1}{0,45} = 2,24$,

T'': Lgω''= –0,27 , ω''=$10^{-0,27} = 0,537$, $T'' = \frac{1}{\omega''} = \frac{1}{0,537} = 1,87$,

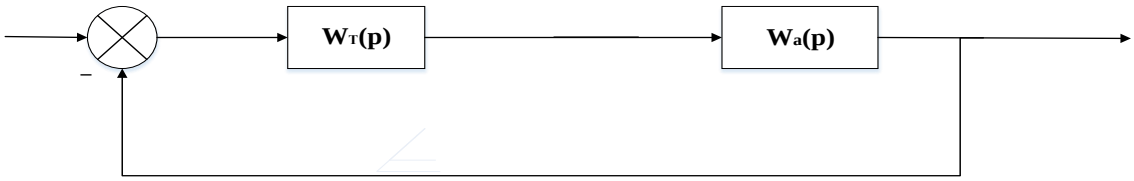
T''': $\mathrm{Lg}\omega'''= 0{,}48$, $\omega'''=10^{0{,}48} = 3{,}01$, $T''' = \frac{1}{\omega'''} = \frac{1}{3{,}01} = 0{,}33$,

T^{IV}: $\mathrm{Lg}\omega^{IV}= 0{,}7$, $\omega^{IV}=10^{0{,}7} = 5$, $T^{IV} = \frac{1}{\omega^{IV}} = \frac{1}{5} = 0{,}2$,

T^{V}: $\mathrm{Lg}\omega^{V}= 1{,}1$, $\omega^{V}=10^{1{,}1} = 12{,}5$, $T^{V} = \frac{1}{\omega^{V}} = \frac{1}{12{,}5} = 0{,}08$.

$$W_T = \frac{1{,}325(1{,}87p+1)(0{,}33p+1)(0{,}2p+1)(0{,}08p+1)}{(2{,}24p+1)}.$$

Түзетуші буынды бастапқы жүйеге тізбектей қосып жалпы түзетілген жүйенің беріліс функциясын табамыз.



3.7-сурет – Түзетілген жүйенің құрылымдық сұлбасы

Түзетілген жүйенің беріліс функциясы:

$$W_{Ж}(p) = \frac{W_{\mathrm{T}}(p) \cdot W_{\mathrm{a}}(p)}{1 + W_{\mathrm{T}}(p) \cdot W_{\mathrm{a}}(p)}, \tag{3.11}$$

$$W_{\mathrm{T}}(p) \cdot W_{\mathrm{a}}(p) = \frac{1{,}325(1{,}87p + 1)(0{,}33p + 1)(0{,}2p + 1)(0{,}08p + 1)}{(2{,}24p + 1)} \times$$

$$\times \frac{7{,}548}{(0{,}2p + 1)(1{,}87p + 1)(0{,}33p + 1)(0{,}08p + 1)} = \frac{10}{(2{,}24p + 1)},$$

Содан,

$$W_{Ж}(p) = \frac{10}{2{,}24p+11}.$$

4 Өмір тіршілік қауіпсуздігі

4.1. Еңбек жағдайын талдау

Еңбекті және қоршаған ортаны қорғауды қамтамасыз ету кез келген технологиялық процестің маңызды және қажетті шарты болып табылады. Тау-кен өнеркәсібінде бұл мәселеге ерекше назар аударылады, пайдалы қазбалардың ашық тәсілмен пайда болған орнын әзірлеу кезінде көптеген қауіпті және зиянды факторлардың болуымен байланысты.

Кен орындарын ашық тәсілмен игеру бұрғылау-жару жұмыстарын, әртүрлі механикалық және электр жабдықтарын қолдана отырып жүргізіледі. Атап айтқанда, ЭКГ-8 бір шөмішті экскаватордың электр жабдығының жиынтық қуаты электр жабдығының жиынтық қуатымен салыстыруға еңбек пен қоршаған ортаны қорғауды орташа қамтамасыз ету кез келген технологиялық процестің маңызды және қажетті шарты болып табылады. Тау-кен өнеркәсібінде бұл мәселеге ерекше назар аударылады, пайдалы қазбалардың ашық тәсілмен пайда болған орнын әзірлеу кезінде көптеген қауіпті және зиянды факторлардың болуымен байланысты.

Сонымен қатар, бір шөмішті экскаватор жұмыс істейтін ауыр климаттық және метеорологиялық жағдайлар қызмет көрсетуші персонал үшін жайлы микроклимат құру қажеттілігін анықтайды.

Жалпы жағдайда, ЭКГ-8 бір шөмішті экскаваторды орнату, баптау және пайдалану кезінде негізгі қауіпті өндірістік фактор жоғары кернеулі электр тогы болып табылады. Экскаватор кабинасы аса қауіпті үй-жайларға жатады.

Жүк тиеу-түсіру жұмыстары шаңның едәуір бөлінуімен қатар жүреді. Шаңның ең көп мөлшері экскаваторлардың жұмысы кезінде шығарылады, ал бульдозерлердің жұмысы кезінде аз. Қазу және тиеу жұмыстары кезінде, сондай-ақ бұрғылау және жару кезінде шаңның шоғырлануы тау жыныстарының беріктігі мен табиғи ылғалдылығына байланысты болады.

Ашық тау-кен жұмыстары құрамына кіретін барлық маңызды компоненттерге теріс әсер етеді адам ортасы: атмосфера, гидросфера, литосфера. Әсер – бұл анық емес және көптеген факторларға байланысты. Карьер атмосферасын ластайтын зиянды заттар:

- көміртегі тотығы;

Күкірт диоксиді SO2;

- NOX азот оксиді;

- көмірсутектер;

— негізінен кристалды кремний диоксиді бар шаң

Жүргізуші кабинасындағы және беткі қабаттардағы шаңның шоғырлануын өлшеу нәтижелері көбінесе қыста, жазда немесе аязды температурада жоғары болатындығын көрсетті.

Қауіпті факторлар:

- кернеуі 1000В дейін және одан жоғары электр тогымен зақымдануы;
- жарылыс жұмыстары;
- өрт;
- механикалық жарақаттар.

Зиянды факторлар:

- қолайсыз климаттық жағдайлар;
- ауаның тозаңдануы және газдануы;
- жоғары шу;
- діріл;
- жарықтандыру.

Тиеу-түсіру жұмыстары кезінде зиянды заттардың жалпы шығындыларын есептеу.

Құрылыс материалдарын өндіретін кәсіпорындардан атмосфералық шығарындыларды анықтау әдісі

Тиеу-түсіру жұмыстары шаңның едәуір бөлінуімен қатар жүреді. Шаң шығарудың қарқындылығына бір мезгілде шығарылатын тау жынысының көлеміне, тасталу биіктігіне және экскаватордың айналу бұрышына әсер етеді. Сонымен, жоғары беткейлерде жиек үстіңгі бөлігінің құлауы жиі кездеседі, бұл шаң құрамының жоғарылауына (1,5-5 фактормен) алып келеді. Ауаның шаңдылығы бір уақытта жойылатын тау жынысының көлемінің өзгеруімен бірдей мөлшерде өзгереді. Шығару биіктігін және экскаватордың айналу бұрышын артық бағалау шаңның жоғарылауына әкеледі. Жүк тиеу және түсіру бойынша жұмыс істейтін жабдық сан алуан технологиялық және пайдалану қасиеттерімен ерекшеленеді. Кәсіпорындарда циклдік және үздіксіз жабдықтар қолданылады.

Циклдік әрекеттің негізгі жабдықтарына механикалық күректер мен бульдозерлер кіреді. Негізгі үздіксіз машиналарға айналмалы экскаваторлар кіреді.

Әдістеме қазіргі уақытта жұмыс істеп тұрған немесе жақын уақытта шығаруға жоспарланған машиналарды қарастырады. Тоқтатылған, бірақ кездесетін жабдықтың үлгілері үшін зиянды шығарындыларды есептеудің нақты көрсеткіштерін методологияда көрсетілгенге теңестіру керек.

4.1. кестеде әр түрлі қолданылатын жабдықты пайдалану кезінде тиелген (артық жүктелген) материалдың қатты бөлшектерінің (шаңның) нақты шығарылуы туралы мәліметтер келтірілген. ЭКГ – 8и секілді экскаваторлар - тау-кен жұмыстары, қоқыстан тазарту және төгу жұмыстарының негізгі құралы. Бір шөмішті экскаваторлардың көмегімен бетке артық минералдар, перекаскавациялық тастар, траншеялар, жаңа горизонттарды кесу, көмір мен тау жыныстарын қоймаларға және ұсату және беру пункттеріне салу, ішкі және сыртқы қоқыстарға тау жыныстарын

салу және т.б. Барлық процестер айтарлықтай шаң шығарумен қатар жүреді.

4.1 кесте-Беткей мен қоқыста жұмыс істеген кезде экскаваторлардың шаң шығаруы

Жабдықтың атауы	Шаңның бөлінуі ($q_{ш.б.}$, г/м^3 – тау жыныстары үшін, $q_{ш.б.}$ г/т – көмір үшін) тау жыныстарының тығыздығына байланысты f						
	Тау жыныстары					Көмір	
	2	4	6	8	10	1	2
Экскаваторлар							
ЭКГ-5А	2,4	3,4	4,8	7,2	10,9	1,93	1,93
ЭКГ-8И	2,9	4Д	5,8	8,7	13,2	2,78	2,78

Бір шөмішті экскаваторлардың жұмысы кезінде шығарылатын шаңның массасы мына формула бойынша анықталады

$$m_{ш.б.} = q_{ш.б.} + (3{,}6\gamma E\frac{K_э}{t_c})T_r*K_1*K_2*K_3*10^{-3} \quad [т/жыл] \qquad (4.1)$$

мұндағы:

$q_{ш.б.}$ - қатты бөлшектердің (шаңның)

γ - тау жынысының тығыздығы, т / м3;

E - экскаватор шелегінің сыйымдылығы, м3;

Tr - экскаватордың жылдық жұмыс уақыты, сағ;

K - қазу коэффициенті (кесте 6.2);

$\mathbf{t_c}$ - экскаватор циклінің уақыты, с;

K1 - желдің жылдамдығын ескеретін коэффициент, м / с белгілі бір аудан үшін жел жылдамдығының ең типтік мәнімен анықталады.

4.2 кесте- Желдің жылдамдығы

Желдің жылдамдығы, м/с	<2	2,1-5	5,1-7	7,1-10	10,1-12	12,1-14	14,1-16
Коэффициент K_1	1,0	1,2	1,4	1,7	2	2,3	2,6

K_2 - коэффициент, материалдың ылғалдылығы,

4.2-кестенің жалғасы:

Материалдың ылғалдылығы, %	<0,5	0,6-1	1,1-3	3,1-5	5,1-7	7,1-8	8,1-9	9,1-10	>10
Коэффициент K_2	2,0	1,5	1,3	1,2	1,0	0,7	0,3	0,2	0,1

Бір шелекпен есептегенде, экскаватормен тиеу кезінде зиянды заттардың шығарындыларының ең көп мөлшері

$$m_{ш.б.к.} = q_{ш.б.} * \gamma * E) К_э * К_1 * К_2 / (1/3\ t_c),\ [г/с] \qquad (4.2)$$

4.3 кесте- Тау жыныстарының қопсыту және қазу коэффициенттері

Қазу қиындығы бойынша тау жыныстарының категориясы	Массивтегі тау жынысының тығыздығы, т / м3	Коэффициенттер		
		Тау жыныстарын қопсыту	Экскавации	
			Тікелей күрек	**Драглайн**
1	1,6	1,15	0,91	0,87
2	1,8	1,25	0,84	0,80
3	2,0	1,35	0,70	0,67
4	2,5	1,50	0,60	

Тау-кен қазу кезінде айналмалы экскаваторлармен бірге айналмалы экскаваторлар қолданылады.

Шелек доңғалақты экскаватордың жұмысы кезінде бөлінетін зиянды заттардың массасы

$$m_{ш.б.2} = q_{ш.б.} + 3{,}6\gamma E * n_c T_г * К_1 * К_2 * 10^{-4} / К_Р\ \ [т/жыл] \qquad (4.3)$$

мұндағы, n_c - байланыстардың жиілігі (кесу белдіктерінің ауысу жиілігі), мин$^{-1}$.

Шөмішті доңғалақты экскаватордың жұмысы кезінде зиянды заттардың шығарындыларының ең көп мөлшері

$$m_{ш.б.к.2} = q_{ш.б.} * \gamma E n_c * К_1 * К_2 10^{-4} / К_Р\ \ ,\ [г/с] \qquad (4.4)$$

4.2 Шаң және зиянды газдармен күрес

Карьер атмосферасының құрамы ауаның негізгі бөліктері мен зиянды қоспалардың (шаң, газдар) құрамы бойынша белгіленген нормативтерге сай болуы тиіс.

Машинист кабинасында ауа көлемі бойынша 20% оттегі және 0.5% көмірқышқыл газынан аспауы тиіс; басқа зиянды газдардың құрамы 16-кестеде келтірілген мөлшерден аспауы тиіс.

Жұмыс орындарындағы ауаның тозаңдануы

Аса қиын шаң-газ режимі бар жеке карьерлерде шаң-желдету қызметі ұйымдастырылуы тиіс. Жылдың жылы мезгілінде тау-кен массасын

экскавациялау кезінде шаң пайда болуын төмендету үшін жарылған тау-кен масаларын сумен жүйелі түрде суландыру жүргізілуі тиіс [14].

4.4 кесте-ШЖБК стандарты

Заттар	ШЖБК, мг/м3
Кремнийдің кристалды қос тотығы шаңында 70-тен астам болған кезде% ((кварцит, динас және т. б.))	1
оның шаңында 10-нан 70-ке дейін болғанда% ((гранит, шамот, шикі слюда, көміртегі шаңы)	2
оның шаңында 2-ден 10-ға дейін болғанда% ((жанғыш кукерситті тақтатастар, мыс-сульфидті кендер, көміртегі және көмір тозаңы және т. б.).)	4
Табиғи және жасанды асбест, сондай-ақ құрамында асбест болған кезде аралас асбесттегі шаңы 10-нан артық емес%	2
Тальк, слюда-флогопит және мусковит	4
Цемент, зәйтүн, апатит, форстерит, балшық	6
Құрамында 2-ден кем кремний қос тотығы бар тас көмір%	10

Улы газдарды бөлу көздері бар барлық карьерлерде (карьерге дренирленетін сулардан, жарылыс жұмыстарынан және т.б. автомобильдерден) жұмыс орындарындағы зиянды газдардың құрамына ауаны талдау үшін тоқсанына бір реттен кем емес және жұмыс технологиясын әрбір өлшеуден кейін "тау-кен және кен емес өнеркәсіп кәсіпорындарының ауасында шаңның сақталуын бақылау жөніндегі Нұсқаулыққа" және көмір өнеркәсібі карьерлеріне арналған тиісті нұсқаулыққа сәйкес про іріктеу жүргізілуі тиіс.

4.3 Қоршаған ортаны қорғау шаралары

Қоршаған ортаны өнеркәсіптік кәсіпорындар шығарындыларының зиянды әсерінен қорғаудың неғұрлым белсенді нысаны қалдықсыз және аз қалдықсыз технологиялар мен өндірістерге толық көшу болып табылады. Өнеркәсіптік өндірісті экологиялаудың маңызды бағыттары болып мыналар саналады: технологиялық процестерді жетілдіру және қоршаған ортаға қоспалар мен қалдықтар шығарындыларының деңгейі аз жаңа жабдықтарды әзірлеу; өндірістің барлық түрлерінің және өнеркәсіптік өнімдердің экологиялық сараптамасы; кәдеге жаратылмайтын қалдықтарды кәдеге жаратылатын қалдықтарға ауыстыру, қоршаған ортаны қорғаудың қосымша әдістерін кеңінен қолдану.

Қосымша қорғаныс құралдары ретінде мыналар қолданылады: газ шығарындыларын, ағынды суларды қоспалардан тазарту аппараттары мен жүйелері; шуды сөндіргіштер; технологиялық жабдықтардың дірілін оқшаулағыштары және т.б. бұл қорғаныс құралдары үнемі жетілдіріліп, кен өндіру өнеркәсібінің технологиялық және пайдалану циклдарына кеңінен енгізіледі.

Қоршаған ортаны қорғаудағы маңызды рөл ластану көздерін ұтымды орналастыру жөніндегі іс-шараларға бөлінеді: жергілікті жердің топографиясын және вет раушанын ескере отырып, өнеркәсіптік кәсіпорынның оңтайлы орналасуы санитарлық-қорғау аймақтарын белгілеу; улы заттардың шығарындыларын азайту мақсатында көлік қозғалысын ұйымдастыру.

Қоршаған ортаны қорғауда қоршаған ортаның ластануының нақты деңгейлерін алу үшін атмосфераның, су мен топырақтың жай-күйіне жүйелендірілген бақылау жүргізуі тиіс қоршаған ортаның сапасын бақылау қызметтері қажет. Ластанулар туралы алынған ақпарат зиянды заттар концентрациясының жоғарылау себептерін тез анықтауға және оларды белсенді жоюға мүмкіндік береді.

Бөлім бойынша қорытынды негіздеме:

Бұл бөлімді жүзеге асыра отырып кез-келген тау-кен өндірісінде болатын шаралар сыртқы ортамен тікелей және жанама байланыс арқылы экскаватордың жұмыс жасауыны, кабинада отыратын жұмысшыға, сонымен қатар сыртқы табиғи ортамен де әсері әртүрлі болатынын білдім.Бұрғылау, қазу, өндіру кезінде экскаватордан шаң, сонымен қатар, неше түрлі улы, әрі зиянды газдар бөлініп жатады. Осы шаңдар мен газдарды белгіленген ортақ нормаларын жоғарыдағы бөлімдерді арнайы тағайындалған формулармен есепте, кетсеге толтырып өттім. Сонымен қатар, ластану мен шаң шығарудын алдын алатын қоршаған ортаны қорғау шаралары жайныда соңғы бөлімде мәлімет беріп кеттім.

5 Техникалық-экономикалық бөлім

5.1 Техникалық сипатамалар

Технологиялық кешендердің автоматты басқару жүйесін орындау кезінде, көбінесе басты қарастырылатын сұрақ – басқару нысанының идентификациясы болып табылады. Идентификациялауда қолданылатын басты әдістерінің бірі болып электр жетегінің негізгі элменттерін олардың техникалық мәліметтері бойынша идентификациялау болып табылады. Жобалаудың берілген технологиялық жағдайы бойынша технологиялық қондырғының электр жетегін басқару жүйесін анализдеу мен синтездеу кезінде, таңдап алынған электр жетегі жүйенің динамикалық моделінің құрылымы мен параметрлерін білу міндетті, сондай – ақ осы жүйенің басты элементтерінің идентификациясын жүргізу қажет.

Электрқозғалтқыштарының бағасын көп жағдайларда активті материалдар шығыны арқылы анықтайды, ол шығындар өз кезегінде қозғалтқыштың айналу жиілігімен және номиналды момент кеңдігімен анықталады. Жалпы жағдайда қозғалтқыш қуаты тәуелді болуы мүмкін. Біршөмішті экскаваторлардың басты механизмдерінің электр қозғалтқыштарын таңдаған кезде жоғары техникалық талаптар (жылдамдықпен терең басқару, өту процестерінің жылдам ағуы, басқарудың қарапайымдылығы, керек механикалық қасиеттері), сонымен қатар алғашқы бағасының төмен болуы және электржетектің жоғарғы энергетикалық көрсеткіштері (жоғары п.ә.к, энергияның минималды шығыны).

Техникалық сипаттамаларын (орама берілістер, конструктивтік өзгешеліктер, статикалық сипаттамалар және т.б.) бойынша, автоматтандырылған элетржетегінің элементтерінің идентификациясы көптеген әдебиеттерде аса қатты қарастырылмаған, ал кейбір әдебиеттер жинағында жалпы сипаттағы түсіндірулермен шектелген.

Қолданылатын (эксплуатацияланатын) электр жетегі жүйелерінің динамикалық параметрлерін, олардың техникалық – экономикалық көрсеткіштерін жоғарылату мақсатымен дәлдеу автоматтандырылған электр жетегін қалыптастыру мен баптау обылысына жатады.

Курстық жобаның тапсырма бойынша ЭКГ-8и экскаваторының модельін, (регулятор) ATMEGA328P – да Proteus 8 программасында есептеген беріліс функиялары арқылы модельдейміз.

Arduino Uno контроллері ATmega328P –да салынған. Платформада 14 сандық кіріс/шығыс бар (оның 6 ШИМ шығу ретінде пайдаланылуы мүмкін), 6 аналогтық кіріс, 16 МГц кварц генераторы, USB қосқышы, күш қосқышы, ICSP қосқышы және қайта жүктеу түймесі бар.

Негіздері:
а) Микроконтроллер ATmega328P;
Жадысы:
32 кБ Flash (өзін-өзі бағдарламалау мүмкіндігі бар бағдарламалық жады)
2 кБ жедел жады
1 кБ EEPROM
ә) Аналогты-цифрлы түрлендіргіш
Жұмыс кернеуі (5 В) және теріс(-5В);
б) ProSPICE-тің VSM осциллографы
в) 10К-лық кедергі (резистор);
г) ОЗУ 2 Кб (ATmega328);

5.2 Шығындар ретін анықтау

Аспаптың өзіндік құнын анықтау және дайындау үшін шығаруға байланысты барлық шығындарды табу және оған қосу қажет.

Жоспарлы өзіндік құнның реті мынадай баптар бойынша жасалады:

Өндірістік шығыстар:

а) шикізат пен материалдар;

б) сатып алынатын бөлшектер;

в) электр энергиясы мен отынға арналған шығыстар;

г) жұмысшының негізгі жалақысы;

д) жұмысшының қосымша жалақысы;

е) әлеуметтік салық аударымдары;

ж) тасымалдауға арналған шығыстар;

и) өндірістік алаңның жалдау ақысы.

5.3 Аспапты әзірлеуге арналған шығындарды есептеу

Шығындарды есептеу мынадай формула бойынша анықталады:

$$С = ЕТҚ + Ос + Ао + Рм + Рк + Ээ + Ра, \quad (5.1)$$

мұндағы:
ЕТҚ – еңбекақы төлеу қоры;
Ос - әлеуметтік салық аударымдары;
Ао - амортизациялық аударымдар;
Рм - материалдарға арналған шығыстар;
Рк - жинақтаушы шығыстар;
Ээ - электр энергиясына арналған шығыстар;
Ра - жалдау шығыстары.

5.3.1 Еңбекақы төлеу қоры

Негізгі және қосымша жалақыдан еңбек ақы қоры қалыптасады:

$$ЕТҚ = Е_{нег}+Е_{қос}, \quad (5.2)$$

мұндағы:

$Е_{нег}$ – негізгі еңбек ақы;

$Е_{қос}$ – қосымша еңбек ақы.

Орындаушылардың негізгі жалақысы мына формула бойынша анықталады:

$$Е_{нег} = C_{ср} * t, \quad (5.3)$$

мұндағы:

$C_{ср}$ – тапсырманы орындаушы жұмыскердің күндізгі еңбек ақысы (8333 тг./күн.адам);

t – аспапты әзірлеудің еңбек сыйымдылығы (күн.адам).

Күндік еңбекақысы негізге алына отырып айқындалады айлық жалақысы әзірлеуші және жұмыс айдағы күн (орташа есеппен қабылдауға болады 24 жұмыс күні). Әзірлеуге тартылған қызметкерлер бойынша мәліметтерді 6.1 кесте түрінде ұсыну қажет.

5.1 кесте – Жоба бойынша кірістірілген, қызметкерлері бойынша мәліметтер

Маман – Орындаушы	Адам саны	Айына өтем ақы, теңге
1 Программист	1	200 000
2 Барлығы		200 000

Осылайша, бағдарламашының күндізгі өтем ақысын құрайды:

$$Ө_{күн} = 200.000/24= 8,333 \text{ теңге.}$$

Әрбір жұмыс түрінің еңбек сыйымдылығы мынадай формула бойынша анықталады:

$$T_i = \frac{3Tmin+2Tmax}{5} \quad (5.4)$$

мұндағы:

T_{min} – жоспар бойынша жеке жұмыс түрін орындаудың ең аз мүмкін еңбек сыйымдылығы;

T_{max} – практикада жұмыстың жеке түрін орындаудың барынша мүмкін болатын еңбек сыйымдылығы.

Жұмыстың әрбір түрінің ұзақтығы күнтізбелік күнмен (*ti*) мына формула бойынша күнмен анықталады:

$$t_i = \frac{Ti}{Ai} * K \qquad (5.5)$$

мұндағы:

T_i – жұмыстың еңбек сыйымдылығы, адам-күн;

$Ч_i$ – орындаушылар саны, адам;

К – демалыс және мереке күндерін ескеретін коэффициент:

$$К = \frac{Ккүн}{Кжұм} \qquad (5.6)$$

мұндағы:

$К_{күн.}$ – күнтізбелік күндер саны;

$К_{жұм.}$– жұмыс күндері.

2020 жылғы өндірістік және салық күнтізбесіне сәйкес, жұмыс күндерінің саны 245 күнді құрайды, мереке күндерінің саны – 21, осылайша: Кшығ=2.1

Шығындар бойынша жұмыс кезеңдерінің толық тізімі, сараптамалық бағалау және олардың еңбек сыйымдылығының есептік шамасы, сондай-ақ әрбір жұмыс түрінің ұзақтығы 5.2 кестеде көрсетілген);

5.1 кестедегі келтірілген жұмыстарының барлық кезендері тізбекті орындалған кезде, демек, бір жолғы жұмыстарды жүргізудің жалпы ұзақтығы 106 күндік күнді құрайды, ал еңбек сыйымдылығы 78 сағ/күн.

$$Е_{нег} = 8333 * 78 = 649\ 974[тг].$$

Демалуға және ауруға кететін уақыт шығынын ескеретін орындаушылардың қосымша жалақысы (негізгі еңбекақыдан орташа алғанда 10% қабылданады);

$$Е_{қос} = 10\% * Е_{нег}. \qquad (5.7)$$

5.2 кесте – ЭКГ-8И эквкаваторын модельдеу кезеңдері мен еңбек сыйымдылығы

№ жұмыстар	Жасау кезеңдері	Адамның еңбексыйымд			Жұмыскерлер саны, адам	Жұмыстың ұзақтылығы, күнтізбелік
		Tmin	*Tmax*	*Ti*	*Ai*	*ti*
1	2	3	4	5	6	7
Техникалық тапсырма						
1	тапсырманы реті	1	1	1	1	1
2	материалдарды жинау және қолданыстағы әзірлемелерді талдау	2	2	2	1	2
3	әдебиеттерді таңдау	6	7	6	1	9
4	жүйеге қойылатын талаптарды анықтау	2	3	2	1	2
5	әзірлеу және дайындау кезеңдерін, кезеңдері мен мерзімдерін айқындау	2	3	2	1	4
Эскиздік жоба						
6	аспапты дайындау бойынша ақпаратты талдау	7	8	7	1	8
7	аспаптың функционалдық схемасын әзірлеу	3	5	4	1	6
8	эл дауысын басқару құрылымын әзірлеу.жабдық	4	6	5	1	6
9	Құжаттандыру	1	3	2	1	4
Техникалық жоба						
10	басқару бағдарламасына қойылатын талаптарды анықтау	3	3	3	1	3

5.2 кестенің жалғасы

11	аспаптық құралдарды таңдау	1	1	1	1	2
12	аппараттық қамтамасыз етудің қасиеттері мен талаптарын анықтау	2	3	2	1	2
Жұмыстық жоба						
13	бағдарламалау	5	7	6	1	7
14	басқару бағдарламасын тестілеу және жөндеу	10	15	12	1	18
15	жүйенің жұмысқа қабілеттілігін келісу және бекіту	9	12	10	1	13
Ендіру						
16	тәжірибелік пайдалану	5	7	6	1	9
17	пайдалану нәтижесінде алынған деректерді талдау	4	5	5	1	7
18	сынақ нәтижелері бойынша техникалық құжаттаманы түзету	3	3	3	1	3
	Жалпы еңбек сыйымдылығы	-	-	78	-	106

Осыдан,

$$З_{доп} = 0,1 * 649\ 974 = 64\ 997 (тг).$$

Алынған деректер негізінде,

$$ФОТ = 649\ 974 + 64\ 997 = \mathbf{714\ 971} [тг].$$

5.3.2 Әлеуметтік салық

Ссоц әлеуметтік салық зейнетақы аударымдарын алып тастағанда еңбекақы төлеу қорының 11% мөлшерінде есептеледі. ФОТ-қа зейнетақы аударымы Сн 10% құрайды.

Әлеуметтік салық – с 01.01.18 в ҚР – 9,5%.

Әлеуметтік сақтандыру жинағы – 1,5%.

ЕТҚ-дан ҚР 10% зейнетақы есебін құрайды.

$$Ссоц = (ФОТ - Сп) * 11\%; \quad (5.8)$$

мұндағы:

$C_{соц}$ – әлеуметтік салық;

$C_п$ – зейнетақы фондынан аударымдар

$$C_п = (ФОТ * 0,1), \quad (5.9)$$

$$C_п = 649\ 974 * 10\% = 64\ 997[тг],$$

$$C_{соц} = (649\ 974 – 64\ 997) * 11\% = \mathbf{64\ 947,47}[тг].$$

5.3.3 Амортизация

Амортизациялық аударымдар A_o формула бойынша есептелінеді:

$$A_o = (Н * Ф * 100\% * 78) / 360, \quad (5.10)$$

мұндағы:

Н - амортизацияның орташа жылдық нормасы (Мұнай-газ өндіру машиналары мен жабдықтарын, сондай-ақ ақпаратты өңдеуге арналған компьютерлер мен жабдықтарды қоспағанда, машиналар мен жабдықтар - 25%)

Ф - жабдықтың бастапқы құны, теңге.

Жобалау және әзірлеу үшін қажетті жабдықтың құны 159 000 теңгені құрайды (5.3 кесте)

5.3 кесте – Әзірлеу және жобалау үшін пайдаланылатын жабдықтар

Құрал-жабдықтар	Бірлік бағасы тг.	Мөлшері	Сомасы тг.
Ноутбук	120000	1	120000
Ұзартқыш	1000	2	2000
Кондиционер	17000	1	17000
Жиһаз жиынтығы	20000	1	20000
Тышқан	3000	1	3000
Барлығы			162 000 тг

$$A_o = (0{,}25 * 159000 * 78)/360 = \mathbf{8613\ [тг].}$$

5.3.4 Материалдар мен жинақтаушылардың шығыны

"Материалдар және жинақтаушылар" тармақшасына құнынан процентпен белгіленетін көлік шығындарын ескере отырып, материалдарға арналған шығындар енгізіледі (5.4 кесте).

5.4 кесте – Материалдар шығыны

Материалдық ресурстар	Саны	Бірлік үшін бағасы тг.	Сомасы тг.
Жұмыс үстелі	1	50000	50000
Ұзартқыш	1000	2	2000
Қорытынды			**52000**

Сондай-ақ "Материалдар және жинақтаушылар" тармақшасына бағасынан пайызбен белгіленетін көлік шығындарын ескере отырып, жинақтауыштарға арналған шығындар енгізіледі (5.5 кесте).

5.3.5 Электр энергиясына шығындар

Өндірістік қажеттіліктер (Ээ) тарапынан электр энергиясына ақы төлеу шығындары жабдық тұтынылатын қуатқа, кәсіпорынның жұмыс уақыты мен электр энергиясына тарифтерге байланысты анықталады [15].

$$Зэ = M \square kз \square T \square СкВт\text{-}ч\ , \qquad (5.11)$$

мұндағы:
М – ЭЕМ қуаты, кВт;
kз – жүктеме коэффициенті (0.8);
СкВт-ч – 1 кВт-сағаттағы электр энергия бағасы, теңге/ кВт-сағ;
Т – жұмыс уақыты, сағат (328с.).

Зэ = 1×0.8×500×22 = **8 800 [теңге/ай].**

5.5 кесте – Жинақтаушы шығындары

Жабдықтың атауы	Жабдықтың маркасы	Саны	Бағасы, тг	
			1дана тг	Барлық жабдыққа тг
1	2	3	4	5
Керекті жинақтаушы шығындары				
Микроконтроллер	ATMEGA-328P	1	2000	2000
Цифрлы-аналогты түрлендіргіш	8 биттық	1	1000	1000
Осциллограф	Арнаның жиілігі 20В / дв-ден 2мВ / д-ге дейін	1	230 000	230 000
Кедергі	10К	3	600	1 800
Барлығы				233 900

Жинақтаушылардың **құны 233 900 тг.**

5.3.6 Бөлмені жалға алу шығындары

Жалға алынатын бөлменің ауданы – 22 м^2. Алматы қаласындағы жалдау ақысы 1м^2 үшін коммуналдық қызметтер айына орташа есеппен 1800 теңгені құрайды.

Жалға алу шығындарын формула бойынша есептеу

$$Р_а = Т \cdot П_а, \qquad (5.12)$$

мұндағы:
$П_а$ – жалға алу бағасы, тг/ай.
Т – жалға алу мерзімі, ай. (2)

P_a = 2*39600=**79 200 [тг].**

Аспапты жасау бағасы сонымен, құрайды:

С= **714 971 + 64 947,47** + 233 900 + 8613+**52000** + 8800 + 79 200 = 1 162 431,47[тг].

$К_{прі}$ - күрделі салымдар бойынша і-ші нұсқа инвестициялық жобаның теңге. Жобаны жүзеге асыру үшін қажетті күрделі салымдар жабдықты сатып алуға және өнімді бағдарламалық қамтамасыз етуді әзірлеуге арналған салымдарды қамтиды:

$$Кпр= Коб+ Кпп, \quad (5.13)$$

мұнда Кпр – жобаны іске асыру үшін қажетті күрделі салымдар;

Коб – жабдыққа қажетті күрделі салымдар;

Кпп – өнімнің бағдарламалық қамтамасыз етуінің капитал салымдары.

Жабдыққа күрделі салымдарды мына формула бойынша есептеу керек:

$$Коб = Соб + Зтр + Зм, \quad (5.14)$$

мұндағы:

Коб – жабдыққа күрделі салымдар;

Соб – жабдықтың құны;

Зтр – тасымалдауға арналған шығындар;

Зм – монтажға арналған шығындар.

Тасымалдау шығындары шамамен жабдықтың жалпы құнының 5-10% құрайды және мынадай формула бойынша есептеледі:

$$Зтр = Соб \cdot 0.05. \quad (5.15)$$

Монтаждық жұмыстарды жүргізуге арналған шығындарды жабдықтың құнынан 5-тен 7% - ға дейінгі аралықтан алу қажет, мына формула бойынша есептеледі:

$$Зм = Соб \cdot 0.05. \quad (5.16)$$

Жобаны іске асыру үшін қажетті жабдықтың жалпы құны 101 600 теңгені құрайды. Қажетті жабдықтар тізбесі және олардың құны 5.6 кестеде көрсетілген.

5.6 кесте - Өндіруші жобаны іске асырудың бірінші нұсқасы үшін жабдықтың құны (Paradox)

Жабдықтың атауы	Жабдықтың маркасы		Саны	Бағасы, тг	
				1дана тг	Барлық жабдық. тг
1	2		3	4	5
	Керекті жинақтаушы шығындары				
Микроконтроллер	ATMEGA-328P		1	2000	2000
Цифрлы-аналогты түрлендіргіш	8 биттық		1	1000	1000
Осциллограф	Арнаның жиілігі 20В / дв-ден 2мВ / д-ге дейін		1	230 000	230 000
Кедергі	10К		3	600	1 800
Барлығы					233 900

(5.17) және (5.18) формулаларға сәйкес тасымалдау және монтажға жұмсалатын шығындар:

$$Зтр = 505\ 000 \cdot 0.05 = 25\ 250 \text{ [теңге]},$$
$$Зм = 505\ 000 \cdot 0.04 = 20\ 200 \text{ [теңге]}.$$

Осылайша, формулаға сәйкес жобаны іске асырудың нұсқасы үшін жабдыққа күрделі салымдар (6.14) құрайды:

Коб = **233 900** + 20 200 + 25 250= 279 350 [теңге].

Жеке баптар бойынша алынған деректер негізінде 5.6 кестеде келтірілген нысан бойынша бағдарламалық өнімді әзірлеуге арналған шығындар сметасы жасалады.

5.1 формуласы бойынша күрделі салымдар:

К= 1 162 431,47+ **279 350= 1 441 781,47 [теңге].**

5.3 Динамикалық көрсеткіштерді есептеу

Жобаны енгізуден күтілетін жылдық экономикалық әсердің шамасы мына формула бойынша есептеледі:

$$Э_г = Э_{уг} - К \times Е_н, \qquad (5.17)$$

мұнда Эг – күтілетін жылдық экономикалық тиімділік,теңге;

Эуг – күтілетін шартты-жылдық экономия, теңге;

К – күрделі салымдар, теңге;

Ен – капиталдық салымдардың экономикалық тиімділігінің нормативтік коэффициенті.

Шартты жылдық үнем мына формула бойынша есептеледі:

$$Эуг=Э1-Э2 , \qquad (5.18)$$

мұндағы:

$Э_{уг}$- күтілетін шартты-жылдық үнем, теңге;

$Э_1$- жүйені енгізгенге дейінгі пайдалану жылдық шығындар;

$Э_2$- енгізгеннен кейінгі пайдалану жылдық шығындар;

Жүйені енгізгенге дейінгі пайдалану жылдық шығындар мынадай формула бойынша есептеледі:

$$Э1= ФОТ+ Сн , \qquad (5.19)$$

мұндағы:

ФОТ- еңбекақы төлеуқоры;

$С_н$- әлеуметтік салық;

5.3.1 - Жобаға қатысатын қызметкерлер туралы мағұлматтар

Маман	Адам саны	Айлық табыс, тг	Жылғы табыс
Күзетші	3	70 000	2 520 000
Инженер	11	100000	1 200 000
Қорытынды			3 720 000

Еңбекақы төлеу қоры мына формула бойынша есептеледі:

$$ЕТҚ=Зосн+Здоп, \quad (5.20)$$

$$ФОТ= 3\ 720\ 000+(3\ 720\ 000\times0.2) = 4\ 464\ 000 \text{енге.}$$

Әлеуметтік салық 11% құрайды жұмыскедің табысынан, және осы формуламен есептелінеді:

$$С_н=(ФОТ-ПО)\times11 \quad (5.21)$$

$$ЗА= ФОТ- 10\% , \quad (5.22)$$

мұндағы:

ЗА - ФОТ-тың 10% зейнетақы құрайды және әлеуметтік салықпен салық салынбайды:

$$ЗА= 4\ 464\ 000 – 446\ 400 = 4\ 017\ 600 \text{ [теңге].}$$

5.3.5 формула бойынша әлеуметтік салық:

$$С_н = (4\ 464\ 000 – 446\ 400)\times 11\% = 441\ 936\ [теңге].$$

Жүйені енгізгенге дейін, бір жылдың эксплуатациялық шығындар:

$$Э_1 = 4\ 464\ 000 + 441\ 936 = 4\ 905\ 936\ [теңге].$$

Пайдалану шығыстары жүйені енгізгеннен кейін жылдық мынадай формула бойынша есептеледі:

$$Э_2 = А + Э + Н, \qquad (5.23)$$

мұндағы:
А- амортизация;
Э - электр энергияға шығындар;
Н-үстеме шығындар;
Жылдық амортизация мына формула бойынша есептеледі:

$$А = Коб \times На\ , \qquad (5.24)$$

мұндағы:
К- күрделі салымдар;
$Н_а$- норма амортизация нормасы (25%);

А **= 1 441 781**×0,25=360 445,25 **тг**.

Жылдық электр энергиясына арналған шығыстар мынадай формула бойынша есептеледі:

$$Э = W \times kз \times Т \times СкВт\text{-}ч, \qquad (5.25)$$

мұндағы:
W- жабдық қуаты;
kз- жүктеме коэффиценті (0.8);

Т- бір жылғы жұмыс уақыты;

$С_{кВт-ч}$- 1 кВт-сағаттағы электр энергия бағасы (3-деңгейлі=27,05 тг).

$$Э= 10\times0.8\times365\times24\times27,05= 1\ 895\ 664 \text{ [теңге]}.$$

Үстеме шығындар мынадай формула бойынша есептеледі:

$$Н= З_{оі}\times Н_{рн}/100\% \quad , \qquad (5.26)$$

$$Н= 3\ 720\ 000\times40\%/100\%= 1\ 488\ 000 \text{ [теңге]}.$$

Жобаны енгізгеннен кейінгі пайдалану жылдық шығындар:

$Э_2$= 360 445,25 + 1 895 664 теңге +1 488 000 = 3 744 109,25 [теңге]

5.3.2 формула бойынша шартты – жылдық экономика тең

$$\mathbf{Э_{уг}}= 4\ 905\ 936 - 3\ 744\ 109,25= \mathbf{1\ 161\ 826,75\ [теңге]}$$

Күрделі салымдардың экономикалық тиімділігінің нормативтік коэффициенті мынадай формула бойынша анықталады:

$$Е_н = \frac{1}{Т_н} \qquad (5.27)$$

мұндағы:

Тн – күрделі салымдардың өтелімділігінің нормативтік мерзімі, жылдар.

Күрделі салымдардың өтелімділігінің нормативтік мерзімі техникалық құралдардың моральдық ескіру мерзіміне және АЖ жобалық шешімдерге сүйене отырып қабылданады. (Тн=1,2,3…n), бағдарламалық өнімдер үшін өтелімділік мерзімі 4 жылға тең [16].

Күрделі салымдардың экономикалық тиімділігінің есептік коэффициенті:

$$Е_р = \frac{Эуг}{К} \quad (5.28)$$

мұндағы:

Ер – күрделі салымдардың экономикалық тиімділігінің есептік коэффициенті;

Эуг – күтілетін шартты-жылдық үнем, теңге;

К - жүйені құруға арналған күрделі салымдар, теңге[17].

Экономикалық тиімділіктің есептік коэффициенті мына формула бойынша есептеледі:

$Е_р$= **1 161 826,75** /9 744 492 **теңге** = 1,3

Күрделі салымдардың өтелімділігінің есептік мерзімі:

$$Т_р = \frac{1}{Е_р} \quad (5.29)$$

мұндағы:

Е – күрделі салымдардың экономикалық тиімділігінің коэффициенті.

$Т_р$= 1/ 1.3= 0.7 жыл.

Сонда:

$Е_н$= 1/ 0.7= 1.3

Осылайша, жобаны енгізуден күтілетін жылдық экономикалық тиімділік:

$$Э_г = Э_{уг} - K \times E_н,$$

$$Э_г = \mathbf{1\ 161\ 836{,}75} - \mathbf{1\ 441\ 781{,}47} \times 0{,}1 = 1\ 017\ 658{,}6\ [тг].$$

5.3.2 кесте - Жобаның салыстырмалы экономикалық тиімділік көрсеткіштері

Көрсеткіштердің атаулары	Значение
Шығындардың шартты жылдық экономиясы, теңге	**1 161 836,75**
Капиталдық салымдардың экономикалық тиімділік коэффиценті, (Ер)	1.3
Күрделі салымдардың өтелімділігінің есептік мерзімі, (Тр), жыл	0.7
Жылдық экономикалық тиімділік, теңге	1 017 658,6
Капиталдық салымдар , теңге	**1 441 781,47**

Техникалық-экономикалық бөлім бойынша қорытынды:

Жобаны әзірлеуге және іске асыруға арналған шығындар бағдарламалық өнім мен жабдықтарды әзірлеуге арналған шығындарды қамтиды және **1 441 781,47** теңгені құрайды. Ағымдағы пайдалану шығыстарының төмендеуі нәтижесінде жобаны енгізуден шартты-жылдық үнем **1 161 836,75** теңгені, жылдық экономикалық тиімділік 1 017 658,6 теңгені және өзін-өзі ақтау мерзімі 1.3 жылды құрады.

Қорытынды

Бұл дипломдық жұмыстың мақсаты, міндеттері мен тапсырмаларын негізге ала отырып, дипломдық жұмысқа қорытынды жасайтын болсақ, ЭКГ-8И бір ковшты экскаваторыы жайлы және қоршаған ортаға байланысы мен технико-экономикалық жағдайларын қарастырдық.

Proteus бағдарламасы арқылы ЭКГ-8И экскаваторының электр жетегін идентификациялау барысында шыққан 4-реттік теңдеулер жүйесін негізге алып симуляция жасадым.

Жұмыстың мақсаты айқындалып, тиімді шешімдер мәселелері алға тартылып, толық жалпы ақпарат беріліп кетті. Болуы мүмкін қателіктер мен қиындықтардың шешу жолы көрсетіліп, қоршаған ортаға тиер пайдасы мен мүмкін болатын зияны, сонымен қатар оны шешу жолдары көрсетіліп кетті. Ал технико-экономикалық бөлімінде оңтайлы әрі тиімді болатын шешу жолдарын көрсетіп, шығынның бірнеше түрі есептелініп, қажетті кестелерге толтырылып, қорытынды жасалып өтті.

Қорытындылай келе, бір шөмішті карьерлі экскаватор және оның көтеру механизімі, электр жетегінің жұмыс істеу принципі жайлы анықталды. Қазіргі таңда осы тектес экскаваторлар ашық кен орындарында едеуір аз шығын шығарып, әрі жұмысты толықтай тез істеуге қабілетті бола алатындығы көрсетіліп өтті. Сол себепті, осындай экскаваторды қолдана алуға мүмкін болатын кен орындарында қолданып, жұмыс жасауға қауіпсіз әрі қолайлы болатын болса, алынатын қорытынды, яғни атқарылған жұмыстың соған лайық сапалы болатыны хақ.

Қысқартылған сөздер тізімі

1. ЭКГ-8И – экскаватор карьерлі гусеницалы, (марка– 8И)
2. ЖМ – жұмыс механизімі
3. Г – генератор
4. ЭМК– электро-магниттік күшейткіш
5. КМК – күштік магниттік күшейткіш
6. Г-Қ – генератор – қозғалтқыш
7. АҚ- айналу қозғалткышы
8. БД – блок диаограмма
9. БКМЕК – басқару контроллерінің магнитті екітактілі күшейткішті
10. ҮФМК- үш фазалы магниттік күшейткіш
11. МК – магниттік күшейткіш

Қолданылған әдебиеттер:

1. Адамбаев М. Д., Дохтаренко К. М. Анализ систем автоматического регулирования на базе применения ПЭВМ /Вестник Казахского национального университета имени К. И. Сатпаева, № 5 (28)/2001. – Алматы, КазНТУ, 2001, с. 60 – 64.Лисовик Л.К., Огибенин Б.П. Горные машины для открытых горных работ. – М.: Недра, 1970. – 320б.
2. Медведев Г.Д. Электрооборудование и электроснабжение горных предприятий. – М.: Недра, 1988. – 358б.
3. Самохин Ф.И., Маврицын А.М. Электрооборудование и электроснабжение открытых горных работ. – М.: Недра, 1979. – 399б.
4. Единые правила безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом. – М.: Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Гостехнадзора России», 2003. – 152б.
5. Вороновский К.Ф., Пухов Ю.С., Шелоганов В.И. Горные, транспортные и стационарные машины. – М.: Недра, 1985. – 320б.
6. Лисовик Л.К., Огибенин Б.П. Горные машины для открытых горных работ. – М.: Недра, 1970. – 320б.
7. Медведев Г.Д. Электрооборудование и электроснабжение горных предприятий. – М.: Недра, 1988. – 358б.
8. Самохин Ф.И., Маврицын А.М. Электрооборудование и электроснабжение открытых горных работ. – М.: Недра, 1979. – 399б.
9. Единые правила безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом. – М.: Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Гостехнадзора России», 2003. – 152б.
10. Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации горного оборудования. – М.: «издательство НЦ ЭНАС», 2003. – 180с.
11. Правила устройства электроустановок. 2001. – 926б.
12. Основные средства: статьи [https://www.ekg-5.com/performance_attributes/ekg-8] (қаралған күні 18.12.2010)
13. Информацтонный портал INGENERY.INFO [https://ingeneryi.info/teh-n/traktora-ekskavatory/3127-elektrooborudovanie-glavnoy-silovoy-cepi-ekskavatorov-tipov-ekg-8-i-ekg-8i.html] (қаралған күні 2018)
14. Информативный портал ЭКГ-8И [http://www.ekg.pl.ua/ekg8/i.htm]
15. Троичный 3-х тритный Фибоначчи-ЦАП (http://andserkul.narod.ru/Ternary_DAC_V-Matrix-T_Unipolar_1-source_grad_3-tr.pdf). (қаралған күні 24.10.2015).
16. ЗАО «ЧИП и ДИП» — Приборы, Радиодетали и Электронные компоненты Chipdip. [https://www.chipdip.ru/catalog/popular/atmega328] қаралған күні 2006-2020)
17. RoboLive.ru [https://robolive.ru/mikrokontroller-atmega328-opisanie-xarakteristiki/] (дата обращения 2020 ж.)

А қосымшасы

```
#include <Wire.h>
#include <TimerOne.h>
#include <AutoPID.h>

#define dt 0.001
#define OUTPUT_MIN 0
#define OUTPUT_MAX 255
#define KP 0.005
#define KI 0.00001
#define KD 1.5

double y, sp, fb;
int input[2],der;
int out, integ;


void setup(void)
{
  Serial.begin(9600);
  Timer1.initialize(dt * 1000000);
  Timer1.attachInterrupt(t_function);
  //pinMode(3, OUTPUT);
  DDRB = 255;
}

void loop()
{

}

void t_function()
{
  sp = analogRead(0);
  fb = analogRead(1);
  input[0] = input[1];
  input[1] = sp-fb;
  integ = (integ + input[1])/dt;
  der = (input[1]-input[0])/dt;

  out = 127 + KP*input[1] + KI*integ + KD*der;
  out = constrain(out,0,255);
  //analogWrite(3, out);
  PORTB = out;
```

```
//  Serial.print("sp = ");
//  Serial.print(sp);
//  Serial.print(" error = ");
//  Serial.print(input[1]);
//  Serial.print(" out = ");
//  Serial.println(out);
}
```