

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Энергетика және машина жасау институты

Энергетика кафедрасы

Баянай Ақбота Ақжолқызы

«Микро-су электр станцияларында электр энергиясын өндіруді ұлғайту үшін іс-шаралар әзірлеу»

МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

7M07113 – Электротехника и энергетика

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Энергетика және машина жасау институты

«Энергетика» кафедрасы

ОӘЖ 621.22

Қол жазба құқығында

Баянай Ақбота Ақжолқызы

Магистр академиялық дәрежесін алу үшін дайындалған

МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

Диссертация атауы


«Микро-су электр станцияларында электр энергиясын өндіруді ұлғайту үшін іс-шаралар әзірлеу»

Дайындау бағыты

7М07113 – «Электротехника және энергетика»

Ғылыми жетекші

доктор Ph.D, ассистент-профессор

 Н.Е. Балгаев

« 7 » 06 2022 ж.

Пікір беруші

профессор, техн.ғыл.доценті

 П.И. Сагитов

« 7 » 06 2022 ж..

Норма бақылаушы

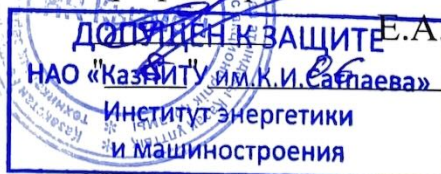
 А.О. Бердібеков

" 7 " 06 2022 ж.

КОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

«Энергетика» кафедрасының
менгерушісі, PhD, ассистент-
профессор

 Е.А. Сарсенбаев
2022 ж.



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Энергетика және машина жасау институты

Энергетика кафедрасы

7M07113 – Электротехника и энергетика

БЕКІТЕМІН

«Энергетика» кафедрасының

меңгерушісі

асс. профессор, PhD

Е.А. Сарсенбаев

2022 ж.



Диссертациялық жұмысты даярлауға

ТАПСЫРМА

магистрант Баянай Ақбота Ақжолқызына

Жобаның тақырыбы «Микро-су электр станцияларында электр энергиясын өндіруді ұлғайту үшін іс-шаралар әзірлеу»

Университет ректорының 2020 жылғы «28» 10 №1988-м бұйрығымен бекітілген.

2022 ж. «___» _____ кафедра меңгерушісі бекітті

Орындалған жобаның өткізу мерзімі «___» _____ 2022 ж.

Диссертациялық жобаның (жұмыстың) бастапқы мәліметтері:

Диссертациялық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Микро-су электр станцияларына жалпы шолу

ә) Микро-су электр станцияларын оңтайландыру шараларын әзірлеу

б) Микро-су электр станцияларында оңтайландыру шараларын қолдану

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс):

Сызбалық материалдар 11 слайдпен көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиет: 13 атау

**Дипломдық жұмысты даярлау
КЕСТЕСІ**

Бөлім атаулары, дайындалатын сұрақтардың тізімі	Жетекшіге өткізу мерзімі	Ескерту
Қолданыстағы микроГЭС-терге салыстырмалы талдау жүргізу	07.12.2020 ж.	<i>жоқ</i>
Микро ГЭС негізгі жабдықтарын оңтайландыру үшін олардың жұмысын талдау	03.05.2021 ж.	<i>жоқ</i>
Оңтайландыру есептерін құрастыру және шешу	27.03.2022 ж.	<i>жоқ</i>

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Қолданыстағы микроГЭС-терге салыстырмалы талдау жүргізу	Балгаев Н.Е. ғылыми жетекші Ph.D	09.06.2022	<i>[Signature]</i>
Микро ГЭС негізгі жабдықтарын оңтайландыру үшін олардың жұмысын талдау	Балгаев Н.Е. ғылыми жетекші Ph.D	09.06.2022	<i>[Signature]</i>
Оңтайландыру есептерін құрастыру және шешу	Балгаев Н.Е. ғылыми жетекші Ph.D	09.06.2022	<i>[Signature]</i>
Норма бақылау	Бердибеков А.О.	09.06.2022	<i>[Signature]</i>

Ғылыми жетекші _____

Магистрант тапсырманы орындауға алды _____

(Балгаев Н.Е.)

(Баянай А.А.)

Күні " 24 " 01 2022 ж.



КІРІСПЕ

Қазіргі уақытта әлемде жаһандық энергетикалық бірлестік туралы мәселе жиі көтерілуде. Мұндай бірлестіктің міндеттерінің бірі әрбір тұтынушы үшін электр энергиясының қолжетімділігін қамтамасыз ету болып табылады.

Үлкен аудандарда проблема электр энергиясын тасымалдау болып табылады, оны жүзеге асыру үшін бүкіл электр желісінің инфрақұрылымын салу қажет, бұл әрдайым үнемді емес және күрделі ландшафтта мүмкін емес. Егер станция оқшауланған энергия жүйесінде жұмыс істеген кезде апаттан кейінгі залалдың төмендеуін ескеретін болсақ, онда микро-СЭС-ті пайдалану экономикалық пайда әкеледі.

Қазіргі уақытта әлемде микро-су электр станциясын салу мен пайдалануда үлкен тәжірибе жинақталған. Өткен ғасырдың елуінші жылдарымен салыстырғанда 1кВт қуаттылыққа шығындар айтарлықтай төмендеді. Пайдалану персоналына арналған шығындар төмендеді[3]. Сондай-ақ жетілдірілген құрылыс технологиялары есебінен күрделі салымдар да төмендеді.

Жұмыстың өзектілігі. Қазіргі әлемдегі энергетика тақырыбы қарапайым адам үшін өте аз. Көптеген адамдар үшін электр қуаты тек розеткадан алынады. Біреу "мұнай жағу" немесе "газ жағу" туралы біледі, мүмкін "көмір жағу". "Қорқынышты атом" туралы әңгімелер әлі де бар және біреу гидроэлектростанцияны есіне алады. Бұл жұмыста микрогидроэлектр станцияларындағы энергияны тиімді түрлендіру мәселелері қарастырылады: су турбиналары мен генераторлардың түрлерін таңдау, электр энергиясын түрлендіру жүйесінің құрылымы.

Микро-су электроэнергия таза жаңартылатын энергия көзінің тиімді және сенімді нысаны болып табылады. Бұл кішігірім өзендер мен бұлақтардан жаңартылатын энергияны пайдаланудың тамаша әдісі болуы мүмкін. Микрогидропроект өзен түріне арналған, өйткені ол турбинаны қуаттандыру үшін өте аз немесе мүлдем қажет емес. Су турбинадан тікелей ағып, оны басқа мақсаттар үшін пайдалану үшін өзенге немесе ағынға түседі. Бұл жергілікті экожүйеге минималды экологиялық әсер етеді.

Жұмыстың мақсаты. Станцияның автономды жұмысын қамтамасыз ету үшін интеллектуалды модель құру. Зияткерлік құрылғы микро - су электр станциялары үшін су беру, деректер беру, мониторинг және қорғау жүйесін қоса алғанда, электр және механикалық элементтерді бақылаумен жинақы және интеграцияланған болуы тиіс.

- Matlab / Simulink-да су электр станциясының моделін жасау. Гидроэлектростанцияның әртүрлі жұмыс жағдайындағы жұмысын модельдеу және талдау: жүктемені арттыру және азайту, генератор терминалдарындағы қысқа тұйықталу.

1) Микро-СЭС гидроагрегаттарын автоматты басқару жүйелерін енгізу;

2) Микро-СЭС-терді қашықтықтан басқаруды және бақылауды іске асыру;

3) Станцияның жұмысын басқару үшін модельдеу моделін жасау.

Зерттеу міндеттері. Қолданыстағы микро-СЭС-терге салыстырмалы талдау жүргізу, микро-СЭС негізгі жабдықтарын оңтайландыру үшін олардың жұмысын талдау, оңтайландыру есептерін құрастыру және шешу, микро-СЭС-те оңтайландыру жөніндегі іс-шараларды қолдану, микро-СЭС-те эксперименттер жүргізу және эксперимент нәтижелерін талдау.

Зерттеу нысаны. Зерттеу нысаны микро-су электрстанциясындағы электр энергиясы болып табылады.

Зерттеу пәні. Электр энергиясын өндіруді арттыру шараларын әзірлеу.

Зерттеу әдістері. Барлық әдістердің ішінде функционалды талдау әдісі маңызды рөл атқарады, онда жедел есептеулер мен шағын теңдеулер болады, содан кейін алынған нәтижелер тиісті графиктерге ауыстырылады. Matlab бағдарламасын қолдана отырып, электрлік және магниттік тізбектер теориясын жүргізу.

Ғылыми жаңалығы. Микро-су электрстанцияларын динамикалық зерттеу үшін гидравликалық турбинаның сызықты емес моделі жасалды. Matlab / Simulink бағдарламалық жасақтамасында әртүрлі компоненттерге арналған модельдер жасалды. Matlab / Simulink ортасында микро-су электр станциясының имитациялық моделі және оның әртүрлі жұмыс режимдеріндегі өзгерістеріне талдау жасалды.

Зерттеу жұмысының нәтижелерінің жариялануы. Микро-су электр станциясының тиімділігіне әсер ететін жағдайларын талдау нәтижелері «Сәтбаев оқулары 2021». Микро-су электр станциясының негізгі жабдықтарының жұмысына салыстырмалы талдау жасалып, «Сәтбаев оқулары 2022» конференциясында баяндалып, талқыланды.

Диссертацияның құрылымы мен көлемі. Диссертация келесідей құрылымдалған: диссертация туралы шолу ақпараты кіріспеде берілген, жұмыстың негізгі бөлігі үш тарауға бөлінген, содан кейін қорытынды, 13 дереккөзден тұратын пайдаланылған әдебиеттер тізімі берілген. Жұмыс 53 беттен тұрады, 33 сурет пен 6 кестеден тұрады.

1 Микро-су электр станцияларына жалпы шолу

1.1 Қолданыстағы микро-су электр станцияларына салыстырмалы талдау жүргізу

Микро-су электр станциясы - шағын гидроэнергетика объектісі болып табылады. Энергия өндірісінің бұл бөлігі аз қуатты су энергетикалық қондырғылар арқылы су ресурстары мен гидравликалық жүйелердің энергиясын пайдаланумен айналысады. Шағын гидроэнергетика негізінен ірі СЭС су қоймалары келтірген экологиялық залалды болдырмауға ұмтылғандықтан, соңғы онжылдықтарда әлемде қарқынды түрде дамыды.

Микро-СЭС-тің жұмыс істеу принципі оның гидротехникалық құрылыстары электр энергиясын өндіретін генераторды іске қосатын гидротурбинаның қалақтарына түсетін судың қажетті қысымын қамтамасыз ететіндігінде болып табылады. Микро — СЭС-тің жұмыс істеу принципі ірі және шағын су электр станцияларының әрекетіне ұқсас. Айырмашылық тек орнатылған жабдықтың қуаты мен өндірілетін электр энергиясының мөлшеріне байланысты болып келеді.

Электр тогын өндіруді ротордың айналмалы қозғалысы гидравликалық турбинадан берілетін генератор жүзеге асырады. Турбинаның айналмалы қозғалысқа келуі үшін шағын СЭС орнатылған су қоймасында су қысымы жасаланады. Кейбір жағдайларда бір уақытта қысым жасаудың екі әдісін де қолдануға болады. Қысымның әсерінен су ағындары қажетті бағытта қозғалады, олардың қозғалысында турбина орнатылады, оның қалақтарына қозғалатын су массаларының энергиясы енеді. Бұл судың кинетикалық энергиясы турбинамен механикалық беріліс (редуктор) арқылы генератордың білігіне берілетін айналмалы қозғалысқа айналады.

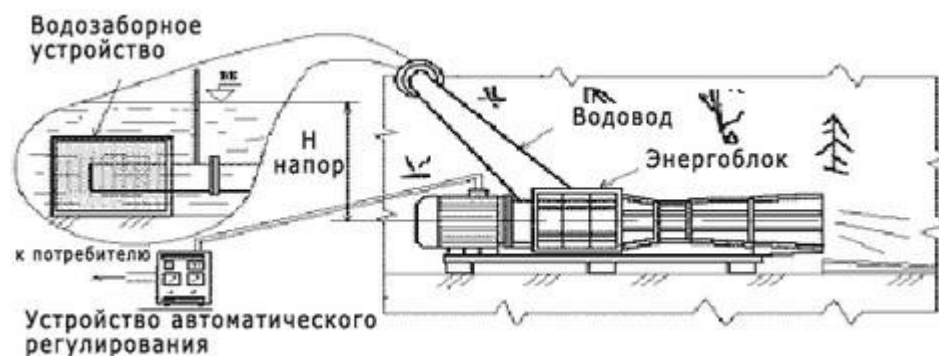
Қолданылатын жабдықтың түріне және оны орнату әдісіне байланысты су электр станциясының жұмыс істеу принципі әртүрлі болады.

"Су доңғалағының" принципі-бұл нұсқада қабылдағыш доңғалақ ішінара оның бетіне параллель суға батырылады. Табиғи канал бойымен қозғалатын су ағындары доңғалаққа орналастырылған пышақтарға қысым жасайды және оны айналдырады. Доңғалақ, өз кезегінде, редуктор және басқа механикалық құрылғылар арқылы генератордың айналмалы қозғалысын жасайды.

Гирлянд түріндегі дизайн-қарама-қарсы жағалаулардан арнайы роторлар орнатылған кабель орнатылады. Су қозғалатын роторларды айналдырады, олардың айналмалы қозғалысы кабельге беріледі. Кабель айналып, айналмалы қозғалысты жағаға орнатылған генераторға береді.

Дарье роторын қолдану-турбинаның жұмыс принципі, ротор қалақтарындағы қысым айырмашылығын пайдалану.

Пропеллер принципін қолдана отырып, құрылғының пышақтары суға салынып, судың әсерінен айналмалы қозғалысқа түседі, ол электр тогын шығаратын генератордың білігіне беріледі.



1-сурет-Микро-СЭС-тің жалпы құрылымы

Бөгеттер. Су қысымын жасау әдісі бөгет салуға негізделген, одан су арнайы шұңқыр (құбыр) арқылы турбинаға ағады.

Деривациялық. Осы типтегі шағын су электр станциясын салу кезінде табиғи су қысымы қолданылады (жылдам, тау өзендері). Бұл жағдайда судың бір бөлігі өзен арнасынан бұрылып, турбинаға жіберіледі, содан кейін су негізгі ағынға жіберіледі.

Бөгет–деривациялық. Электр станциясының бұл түрінде табиғи қысым да, бөгет жасаған қысым да қолданылады.

Еркін ағын. Шағын су электр станциясының бұл түрі қысымды құрылымдарды салуды көздемейді, судың кинетикалық энергиясы оның еркін ағынында, арнайы құрылғыларды орнату арқылы, қалқымалы немесе су астында қалады.

1.2 Микро-су электр станцияларының негізгі жабдықтарының жұмысын оңтайландыру үшін талдау жасау

Микро-су электр станцияларының бөліктері

Гидротехникалық құрылыстарына су қабылдағыш өзеннің негізгі арнасынан деривациялық каналға немесе бірден арынды бассейнге қажетті су көлемін (шығынын) бұруға арналған. Гидроагрегатты қажетті мөлшерде және қажетті уақытта үздіксіз сумен қамтамасыз етумен қатар, ол мұздан, қоқыстан және т. б. қорғайды.

Көбінесе микро-су жүйелері өзен болып табылады, яғни суды сақтау үшін үлкен бөгеттер қажет емес. Бірақ оларға суды басқару үшін кейбір жүйелер қажет.

Су қабылдағыштың су ағынының ең төменгі деңгейінен тасқын деңгейіне дейінгі барлық деңгейлерінде жұмыс істеуі өте маңызды. Ол сондай-ақ шағын су электр станцияларының жабдығын ағыс әкелетін лайдан, құмнан, қиыршық

тастардан немесе басқа қоқыстардан қорғауы керек. Су арудың дұрыс дизайны бүкіл микро-СЭС-тің жұмыс істеуі үшін шешуші фактор болып табылады.

Деривациялық арна су жинау құрылысынан қысымды бассейнге су беру үшін қызмет етеді. Судың табиғи ағуын қамтамасыз ету үшін арнаның бүкіл ұзындығы бойынша еңісі болуы тиіс.

Деривациялық канал кез – нөлден бастап (егер қысым құбыры су қабылдағыштан басталса) бірнеше шақырымға дейін келген ұзындықта болуы мүмкін. Экономикалық тұрғыдан негізделген туынды арналардың көпшілігі Ашық арналар болып табылады, өйткені олар аз көлбеу және үлкен көлденең қимасы бар, сондықтан су қысымының кішігірім жоғалуына әкеледі.

Қысымды бассейн қысым құбырына суды біркелкі беру үшін қолданылады. Ол қысым құбырының сумен су басуын қамтамасыз етеді (ауаны ұстап қалмас үшін және, тиісінше, турбина арқылы су соққысын болдырмау үшін) және су ағынының өзгеретін көлемін реттеу арқылы құбырға су беру режимі. Қысым бассейніндегі су тыныш әрі бурундар мен бұрылыстарсыз болуы керек. Қысым құбырының тесігі әрдайым сумен су басуы тиіс (қысым құбырының тесігінен судың жоғарғы белгісіне дейінгі ең аз қашықтық кемінде 30-40 см болуы тиіс).

Қысымды құбыр қысымды бассейннен гидроагрегатқа су беру үшін қызмет етеді. Ол металл, асбест-цемент, пластмасса, ағаш болуы мүмкін. Құбырдың диаметрі қатаң болуы керек су шығынын қанағаттандыру. Қысымды құбырды траншеяға көмуге, жерге төсеуге немесе тіректерге орналастыруға болады.

Ағызу каналы суды ағызу жолынан өзенге кері бұруға арналған. Судың өзенге құйылатын жері бетонмен немесе таспен нығайтылуы керек, бұл жердің шайылып кетуіне жол бермейді. Кейбір жағдайларда (СЭС конструкциясына байланысты) пайдаланылған судың шығару жолынан шығуында сөндіргіш салу қажет.

Гидромеханикалық жабдықтарына гидротехникалық құрылыстардан басқа, микроСЭС құрамына гидротурбиналар, гидрогенераторлар және электр басқару жүйесі кіреді.

Коммерциялық турбиналар мен генераторлар әдетте жиынтық түрінде сатылады. Өз қолымен жасайтын жүйелер генераторды турбинаның ат күші мен жылдамдығына мұқият сәйкестендіруді талап етеді.

Көптеген жүйелер сонымен қатар жүйе өндіретін төмен вольтты тұрақты ток (тұрақты ток) электр энергиясын 120 немесе 240 вольт айнымалы ток (АС) электр энергиясына түрлендіру үшін инверторды пайдаланады. (Немесе тұрақты токпен жұмыс істейтін тұрмыстық техниканы сатып алуға болады.)

Микро-су энергетикалық жүйенің желіге қосылатыны немесе автономды болуы оның жүйе құрамдас бөліктерінің көптеген теңгерімін анықтайды. Гидротурбина тікелей жұмыс доңғалағының жеткізу жолынан, бағыттаушы аппараттан және шығару жолынан тұрады.

Мысалы, кейбір автономды жүйелер жүйе өндіретін электр энергиясын сақтау үшін батареяларды пайдаланады. Дегенмен, су энергетикалық ресурстар

жел немесе күн ресурстарына қарағанда табиғатта маусымдық сипатта болғандықтан, батареялар микросу энергетикалық жүйелер үшін әрқашан практикалық бола бермейді. Батареяларды пайдалансаңыз, олар турбинаға мүмкіндігінше жақын орналасуы керек, себебі төмен вольтты қуатты ұзақ қашықтыққа беру қиын болып табылады.

Жеткізу жолы - бұл суды тікелей бағыттаушы құрылғыға және қысым құбырынан гидротурбинаның жұмыс доңғалағына жеткізуді ұйымдастыру жүйесі. Онда әртүрлі қосқыштар мен реттеу құрылғылары (фланецтер, клапандар) болуы мүмкін.

Шығару жолы - турбиналық камерадан суды өзенге ағызу үшін ағызуды ұйымдастыру жүйесі.

Турбина микро-су электр станцияларындағы жабдықтардың маңызды элементі болып табылады. Ол ағынды судан энергия алу және оны механикалық жұмысқа айналдыру үшін қолданылады. Турбиналардың негізгі жіктелуі 1.5-кестеде көрсетілгендей, олардың қол жетімді су қысымдары үшін жарамдылығымен анықталады. Микро-су электр станциясының орналасу сипаттамалары қолайлы турбинаны таңдауда шешуші факторлар болып табылады. Сондықтан, көлденең ағынды турбина, әдетте, кейбір жерлерде жазғы маусымда кездесетін жартылай ағын жағдайында қарапайым тиімділігіне байланысты микро-су электр станцияларына ұсынылады (су деңгейі аймақтағы жауын-шашынға байланысты өзгереді).

1-кесте - Жұмыс механизмдері бойынша турбинаның классификациясы

Турбинаның жұмыс принципі	Жоғары қысымды	Орташа қысымды	Төмен қысымды
Импульсті	Пелтон Тюрго Көп-ағынды Пелтон	Көлденең ағынды Көп ағынды Тюрго	Көлденең ағынды
Реактивті		Фрэнсис	Пропеллер Каплан

Импульстік турбиналар

Ең аз күрделі құрылымы бар импульстік турбиналар көбінесе жоғары қысымды микрогидрожүйелер үшін қолданылады. Олар турбина дөңгелегін жылжыту үшін судың жылдамдығына сүйенеді, оны доңғалақ деп атайды. Импульстік турбиналардың ең көп таралған түрлеріне Пельтон дөңгелегі және Турго дөңгелегі жатады.

Пропеллер турбиналары (Каплан турбинасы)

Пропеллер турбинасы турбиналардың барлық түрлерінің ішіндегі ең жоғары жылдамдыққа ие. Бұл ағынның төмен жылдамдығында жоғары айналу

жылдамдығын алуға мүмкіндік береді. Жоғары жылдамдықты турбиналар, өз кезегінде, жоғары жылдамдықты, яғни жеңіл және арзан электр генераторларын қолдануға немесе беріліс құрылғыларының (редукторлар немесе белдік беріліс жүйелері) шығындарын азайтуға мүмкіндік береді. Сондықтан пропеллер турбиналары ең төменгі қысым кезінде қолданылады.

Радиалды осьтік турбиналар (Франсис турбинасы)

Су дөңгелектің сыртынан радиалды-осьтік турбинаның жұмыс доңғалағына түседі және радиус бойымен турбинаның ортасына қарай жылжиды. Күрделі кеңістіктік қисық пішінді қалақтардың арасынан өтіп, су роторға қуат беріп, оның айналуын тудырады. Доңғалақтың бүкіл айналасына дұрыс және біркелкі су беру үшін ол спиральды камерамен қоршалған.

Шелек турбиналары (Пелтон турбиналары)

Турбиналардың бұл түрі үлкен қысым үшін қолданылады. Қысым құбыры гидроэлектростанция ғимаратына кіреді және ағынды турбинаның доңғалағына бағыттайтын саптамамен аяқталады. Саптамадан шығатын су ағыны шелектің бойымен домаланады және оның қозғалыс бағытын керісінше өзгертеді.

Турго турбинасы

Турбинаның Пельтонның жаңартылған нұсқасы. Ол реактивті бүрку тұжырымдамасын қолданады, бірақ пелотоннан екі есе аз турбожет қозғалтқышы реактивті бірден үш шелекке түсетін бұрышта орналасқан. Нәтижесінде Турго дөңгелегі екі есе жылдам қозғалады. Сондай-ақ, ол аз көлемді, аз мөлшерде берілісті қажет етеді немесе мүлдем қажет етпейді және қиындықсыз жұмыс істеу үшін жақсы беделге ие. Турго төмен ағынды ортада жұмыс істей алады, бірақ орташа немесе жоғары қысымды қажет етеді.

Көлденең ағынды турбина

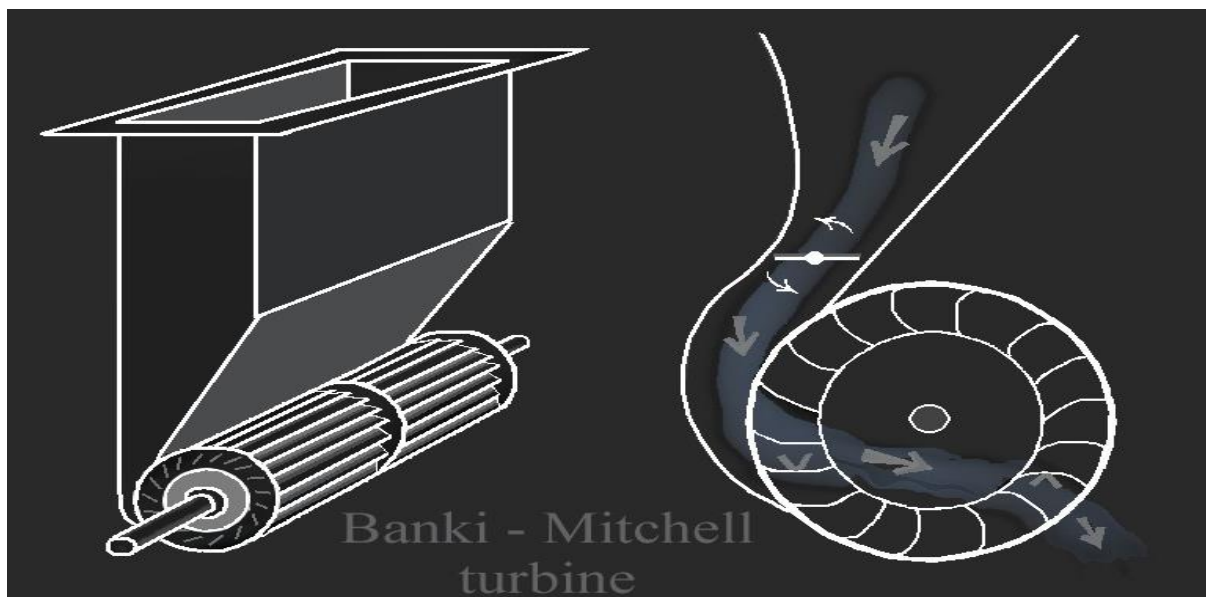
Көлденең ағынды турбинаны алғаш рет австралиялық инженер А. Г. М. Митчелл ойлап тапты, ол оған 1903 жылы патент алды. Турбина классикалық көлденең осьті су дөңгелегін жетілдірген француз инженері (1788-1867) Понселе теориясына негізделген.

Кейін Донат Банки Германияда 1912-1919 жылдар аралығында турбина туралы бірқатар мақалалар жариялады. Банк шабуылдың бұрышы мүмкіндігінше аз болуы керек екенін және осы бұрыштың негізінде пышақтың ішкі және сыртқы бұрыштарын, сондай-ақ пышақтың қисықтығын есептеді.

Осылайша, көлденең ағынды турбиналар Митчелл турбиналары немесе жай Банка турбиналары деп атала бастады. 1920 жылдары Вайсенбургтегі (Бавария, Германия) Ossberger компаниясы өндіріс құқығына ие болды және турбинаның сериялық өндірісін бастады. Нәтижесінде көлденең ағынды турбиналар Оссбергер турбиналары деп те атала бастады. Содан бері әлемде

көлденең ағынды турбинаның кейбір дамуы жүргізілді, бұл жақсартылған өнімділікті көрсетті.

Микро-су электр станцияларында көлденең ағынды турбинаны кеңінен қолдану көбінесе оның қарапайым құрылысына, инвестицияның төмен құны мен қарапайым тиімділігіне байланысты. Классикалық көлденең ағынды турбиналар екі параллель дөңгелек дискілерден тұратын цилиндрлік пішінді дөңгелектен тұрады, олар периметр бойымен бірнеше қисық көлденең пышақтармен және су ағынын шабуылдың ішкі бұрышымен жүгірушінің бүкіл ұзындығына бағыттайтын тікбұрышты көлденең саптамадан тұрады. Көлденең ағынды турбина дегеніміз-доңғалақ суды радиалды бағытта ішке қабылдайтын және оны радиалды бағытта сыртқа шығаратын су турбинысы деп түсініледі, доңғалақтың диаметрі, атап айтқанда, ағынның жылдамдығына байланысты емес, бірақ доңғалақтың ені ағынның жылдамдығына байланысты болуы мүмкін.



2-сурет-Көлденең ағынды турбина

Көлденең ағынды турбинаның жұмыс принципі

Көлденең ағыны бар турбинаның жұмыс принципі суретте көрсетілген. Көлденең ағын судың тікбұрышты ағыны саптама арқылы жүгіргіштің шеңберіне пышақтарды соғуға бағытталған. Су көлденең ағыны бар турбинадағы екі сатыдан өтеді, сондықтан энергия екі сатыдағы доңғалақ пышақтарымен судан алынады. Алдымен су қалақшалардың бойымен бағыттағыштың сыртқы жағынан оның ішкі жағына қарай ағып кетеді. Ағынның бір бөлігі қалақшалардың арасында ұсталады және қиылыспайтын ағын деп аталады. Қалған су ішкі бағыттағышты кесіп өтеді, осылайша "көлденең ағын" термині периметрдің ішкі жағындағы қосымша қалақшаларға тиіп, бағыттағыштың сыртқы периметрі бойынша біріктіріледі. Көлденең ағынды турбина келесі бөліктерден тұрады:

1) Дөңгелектің жиегіндегі пышаққа сәл бұрышпен соққы беру үшін тікбұрышты су ағынын бағыттайтын саптама ағынның жалпы энергиясын кинетикалық энергияға айналдырады.

2) Цилиндр пішінді жүгіруші, екі параллель дөңгелек дискілерден тұратын, периметрдің айналасында иілген көлденең пышақтар сериясымен біріктірілген, су энергиясын механикалық энергияға айналдырады. Үлкен ені бар рельстерде қалақтарды қолдауға арналған аралық дискілер бар.

3) Көлденең ағыны бар турбинаның жұмыс доңғалағының ортасынан өтетін білік моментті генераторға жібереді.

4) Доңғалақты жабатын және қозғағышты саптамамен және шығатын түтікпен байланыстыратын корпус, әдетте, турбина шығатын түтікпен жұмыс істеген кезде ауа клапанымен қамтамасыз етіледі.

5) Көлденең ағынды турбинаның жаңа дамуы болып табылатын сору құбыры суды өзенге жібермес бұрын қалған кинетикалық энергияның бір бөлігін қалпына келтіру арқылы доңғалақ арқылы тиімді қысымды арттырады.

6) Шығару құбырын пайдалану кезінде су энергиясын оңтайлы пайдалану үшін турбина корпусындағы вакуумдық қысымды реттейтін ауа клапаны.

Тиімділігі жоғары реакциялық турбиналар энергия өндіру жылдамдығына емес, қысымға тәуелді. Реакциялық турбинаның барлық қалақтары сумен тұрақты байланыста болады. Бұл турбиналар көбінесе ірі гидроэнергетикалық нысандарда қолданылады.

Күрделілігі мен қымбаттығына байланысты реактивті турбиналар әдетте микроэлектрэнергетика жобаларында қолданылмайды. Ерекшелік-бұл ескек турбиасы, ол әр түрлі конструкцияларға ие және қайықтың есу бұрандасы сияқты жұмыс істейді.

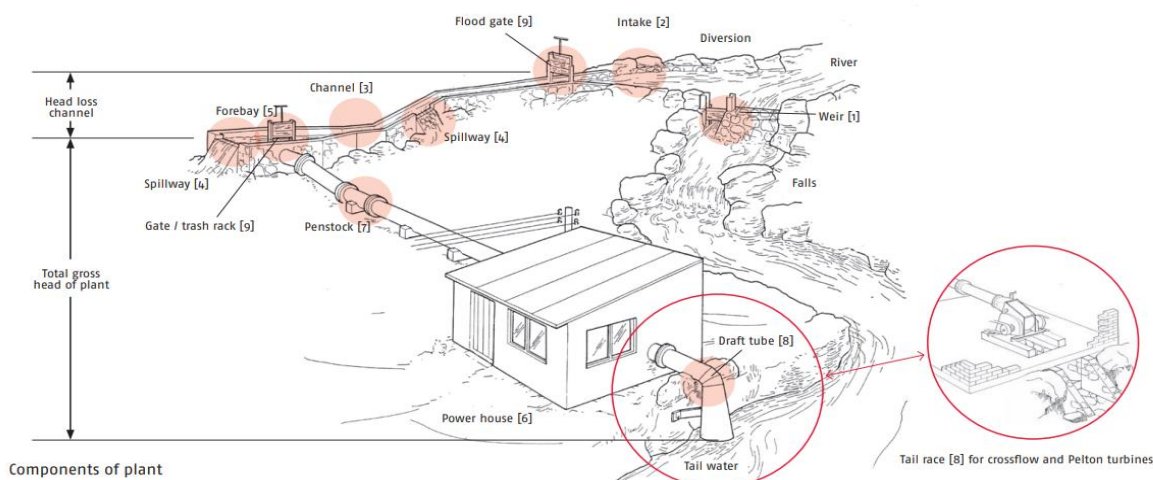
Тасымалдау құрылғылары

Айналмалы энергияны турбинадан генераторға беру үшін беріліс құрылғылары қажет. Кейбір микроСЭС конструкциялары энергияны білік арқылы тікелей беруді қамтамасыз етеді (қозғағыш пен генератор роторы бір білікте болады). Басқа жүйелер беріліс (белдік немесе редуктор) жұмыс доңғалағының айналу жылдамдығын генератордың роторын өзгерте алады және оны өзгеріссіз бере алады.

Электротехникалық жабдық

Гидрогенератор-бұл гидротурбинамен айналатын электр тогының генераторы. Әдетте гидрогенератор синхронды роторы гидротурбинаға қосылған генератор (тікелей немесе беріліс механизмдері арқылы). Генераторлық режимде қарапайым асинхронды электр қозғалтқышын қолдануға рұқсат етіледі, яғни бұл электр қозғалтқышының гидротурбинадан айналуы да электр тогын береді, бірақ асинхронды режимде. Алайда, мұндай қолдану шектеулі олар белсенді қуат генераторлары және реактивті қуатты тұтынушылар болып табылады. Сондықтан асинхронды генераторлар реактивті

қуат көзі бар жүйеде ғана жұмыс істей алады. Реактивті қуат жүктемеге параллель қосылған конденсаторлардың есебінен немесе пайдалану қасиеттерін жақсарту мақсатында келеді.



3– сурет – Микро-су электр станциясының бөлшектері

Жоғарыдағы суретте микро-су жүйесін қалай реттеуге болатындығы көрсетілген. Суды бұру үшін өзендегі су деңгейі тосқауылмен, бөгет [1] арқылы көтерілуі қажет. Су өз ағысымен тоғанға [2] шығарылады және ландшафттардың контурлық сызықтары бойынша каналмен [3] тасымалданады. Су төгінділер [4] судың шамадан тыс қатты ағынымен зақымданудан қорғайды. Судың ағысы баяулайды және пенстокқа [5] кіретін алдыңғы бөлікте жиналады, қысым құбыры [7] суды электр станциясына тасымалдайды онда энергияны түрлендіру турбинасы [6] немесе генератор жабдықтары орнатылған. Турбина – ағынды судың айналасында айналатын микро-су энергетикадағы ядро. Бөліктің қысымы мен ағынына байланысты турбиналардың әр түрлі түрлері қолданылады сондай-ақ турбиналар біліктің айналуы және генераторды басқару үшін қолданылады. Содан кейін су тартатын құбыр [8] немесе шлейф арқылы, ал көлденең ағын кезінде Пелтон турбиналары арқылы ағызылады. [1].

Шалғай аудандарды электрмен жабдықтауда шығындарды азайту тәсілдерінің бірі микро – су электр станциялары, атап айтқанда, еркін ағынды микро – СЭС-тің дизельді электр станцияларымен бірге кешенді пайдалану болып табылады. Алыс елді мекендер әдетте, өзендердің жағасында орналасқан, бұл электр энергиясын жеткізуге байланысты шығындарды азайтады. Сонымен қатар, микро – СЭС-тің жұмысы үшін үлкен су қоймаларының болуы қажет емес. Олар кішігірім өзендер мен тіпті бұлақтардың ағымының энергиясын қолдана отырып жұмыс істей алады.

Экономикалық тиімділігіне келетін болсақ, мұнда микро-су электр станцияларының көптеген артықшылықтары бар. Заманауи технологияларды ескере отырып жасалған станцияларды басқару оңай, олар толығымен автоматтандырылған болып табылады. Осылайша, микро – СЭС адамның қатысуын қажет етпейді.

Сарапшылардың айтуынша, микро – СЭС-те өндірілетін токтың сапасы кернеу мен жиілік бойынша МЕСТ талаптарына сәйкес келеді. Бұл ретте микро – СЭС дербес те, электр желісінің құрамында да жұмыс істей алады. [3].



4 – сурет – Қолмен жасалған автономды микро – СЭС

Микро-СЭС-те келтірілген шығындар басқа электр станцияларына қарағанда төмен, сондықтан да электр энергиясының құны төмен болуы қажет. Микро-СЭС артықшылықтарына ауаның ластануының болмауы, энергия ресурстарының тұрақты табиғи жаңаруы, электр энергиясының төмен өзіндік құны, ұзақ қызмет ету мерзімі, пайдалану шығындарының аздығы жатады.

Микро-СЭС-тің кемшіліктері ретінде мыналарды атап өтуге болады: қыс мезгілінде су ағысының күрт қысқаруы (өзендердің қатып қалуына немесе ағысын толығымен тоқтатуына байланысты, құрылысының ұзақ мерзімге созылуы, белгіленген қуаты 1 кВт бойынша үлкен үлестік күрделі салымдарды жатқыза аламыз.

Қорытындылай келе, қазіргі заманғы су энергетика саласы, әсіресе шағын ағындардың энергиясын пайдалануы ең үнемді ғана емес, сонымен қатар электр энергиясын өндірудің экологиялық таза әдістерінің бірі деп айта аламыз. [2].

1.2 Дүние жүзіндегі және Қазақстанда микро-су электр станцияларын қолдану

Дүние жүзіндегі су энергетикасының экономикалық әлеуеті 8100 млрд кВт/сағ деп бағаланады, шағын және микро-СЭС-тер су электр

станцияларының жалпы экономикалық әлеуетінің шамамен 10%-ын құрайды. [4]

Шағын гидроэнергетиканы дамытудағы жалпыға танымал көшбасшы шағын СЭС және микро-СЭС құрылысын өте қарқынды жүргізіп жатқан Қытай Республикасы болып табылады. 2009 жылғы деректерден Қытайдағы ауылдық СЭС-тің жалпы қуаты 50 млн. кВт, сондай-ақ жылдық электр энергиясын өндіру 150 млрд. кВт*сағ асқаны мәлім. Осылайша, ауылдық шағын және микро-СЭС маңызды елді электр энергиясымен жабдықтаудың мемлекеттік жүйесінің құрамдас бөлігіне айналды.

Үндістанда шағын және микро-су электр станцияларының ауқымды құрылысы жүргізілуде. Бүгінгі таңда іске қосылған шағын және микро-СЭС-тің белгіленген қуаты 200 КВт құрайды, тағы 4 мың осындай СЭС салу жобаланып отырғаны белгілі.

Екінші дүниежүзілік соғыс басталғанға дейін 6800 микро су электр станциясы жұмыс істеген Польшада шағын өзендердің энергиясын пайдаланудың жақсы дәстүрлері бар. Шағын және микро-СЭС Австрия, Финляндия, Норвегия және Швейцарияда кеңінен қолданылады.

ЕО елдеріндегі шағын су энергетикасын қайта құру және дамыту мәселелерін Еуропалық жаңартылатын энергия көздері жөніндегі комиссиясы және Еуропалық шағын су энергетикасы қауымдастығы (ESHA) үйлестіреді, олар Жаңартылатын энергия көздері жөніндегі директиваларды әзірлеп, қабылдаған.

2000 жылдардың аяғында ЕО-да 14 488 шағын және микро-СЭС жұмыс істеп тұрды. Негізінен Германияда (42,8%), Францияда (11,9%), Австрияда (11,7%), Швецияда (11,1%) және Италияда (10,4%). 2000 жылы Еуропадағы шағын және микро-СЭС-тердің орташа қуаты шамамен 700 кВт болды, жалпы орнатылған қуаты шамамен 10 ГВт, яғни жалпы гидроэнергетикалық қуаттың 9% немесе электр генераторларының жалпы орнатылған қуатының шамамен 2%-ын құрайды.

Еуропа шағын гидроэнергетика салаларында жетекші орын алады және бүгінгі таңда ең жақсы заманауи технологиялары бар. Азия елдерінде, әсіресе Қытай мен Үндістан бірте-бірте гидроэнергетиканы пайдалануда көшбасшыға айналуда. Шағын гидроэнергетика саласындағы заманауи жетістіктер Австралия мен Жаңа Зеландия мемлекеттерінде байқалады. Су энергиясының пайдаланудың ежелден дәстүрі бар Канада елдің шалғай аймақтарындағы қымбат дизельдік генераторларды алмастыру үшін микро-су энергетикасын дамытуда.

Оңтүстік Америка мен Африка нарықтарының да потенциалы зор. Ресейде шағын су энергетикасын дамытудың жағдайы салыстырмалы түрде әлдеқайда төмен. Ресей отандық гидроэнергетиканың дамуын тек ірі электр станцияларын құруға бағыттау жұмыс істеп тұрған көптеген шағын су электр станцияларының тоқтатылуына және жойылуына, олар үшін құрал-жабдықтардың өндірісінің жойылуына әкелді. Жалпы Ресейде шағын және

микро-СЭС-тердің экономикалық әлеуеті 200 млрд кВт/сағ құрайды, бірақ оны 1-2%-дан аз пайдаланады.

2-кесте - Су энергиясын өндіруде ең көп үлес алатын елдер

	2017 жылы электр энергиясын өндіру (млрд кВт.с)	2018 жылы электр энергиясын өндіру (млрд кВт.с)	Орнатылған қуат (Гвт)	Дүние жүзіндегі электр энергиясының жалпы өндірісіндегі гидроэнергиян ың үлесі (%)
Қытай	522,4	548,9	196,8	22
Канада	369,5	363	88,9	61
Бразилия	365,8	387	69	85
АҚШ	254,8	272,1	78,1	6
Ресей	167,5	176	47,4	21
Норвегия	138,1	124,9	27,5	98
Үндістан	113,1	104,4	33,6	16
Венесуэла	86,7	85,8	14,6	69
Жапония	75,4	75,1	27,2	7
Швеция	68,3	64,4	16,2	44

60-тан астам елде су электр станциялары тұтынылатын электр энергиясының жалпы көлемінің кемінде 50% - ын қамтамасыз етеді. Олар сонымен қатар басқа да маңызды қызметтерге - су тасқыны мен суару қажеттіліктеріне кепілдік береді. 2006 жылы ірі ГЭС - тің орнатылған қуаты әлемде 770 кВт-қа, ал олардағы электр энергиясын өндіру-2725 ТВт-қа жетті.

Елімізде айтарлықтай судың энергетикалық әлеуеті бар – 170 млрд кВт/сағ, оның 30 млрд-ы пайдалану үшін экономикалық тиімді. Су энергетика ресурстары Қазақстан аумағында біркелкі таралмаған, негізінен шығыс және оңтүстік-шығыс аймақтарда шоғырланған. Солтүстік және Орталық Қазақстанда елдің су энергетикалық ресурстарының әлеуетті тек 1,7% құрайды.

Қазақстан Республикасының (ҚР) жұмыс істеп тұрған СЭС-терінің қуаты жылына 8,32 млрд кВт/сағ электр энергиясын өндірумен 2068 КВт құрайды (генерациялаушы қуаттар мен электр энергиясын өндіру құрылымында 12%). Су ресурстарын бірнеше ірі және орта станциялар – Ертістегі Бұқтырма, Өскемен және Шұлбі, Іле өзеніндегі Қапшағай, Сырдариядағы Шардара, Шарын өзеніндегі Мойнақ станциялары пайдаланады.

Қазақстан Республикасының шағын су энергетикасы бойынша да айтарлықтай әлеуеті бар. Республикада ұзындығы 10 км-ден асатын 2174 өзен бар, олардың жалпы ұзындығы 83,2 мың км. Ұзындығы 10 км – ден 50 км – ге дейінгі өзендер саны 1889 (86.9%), 50-ден 100 км-ге дейін-130 (6%), 100 км-ден астам-155 (7.1%) құрайды. Осылайша, өзендердің 90% - ы шағын су санатына

жатады, бұл оларды шағын гидроэнергетика қажеттіліктері үшін пайдаланудың экономикалық орындылығын анықтайды.

Жаңартылатын энергия көздерінің жалпы көлемінде ең үлкен үлесті шағын су электр станциялары алады. Елімізде 2009 жылы шағын СЭС-тер бойынша электр энергиясын өндіру 379,6 млн кВт/сағ құрады (жалпы белгіленген қуат 97,6 КВт).

ТМД-ның басқа елдеріндегі сияқты Қазақстанда да орталықтандырылған энергиямен жабдықтауға көшуге байланысты жұмысы тоқтатылған көптеген микро-СЭС-тер жұмыс істеді. Қазіргі уақытта жұмыс істеп тұрған шағын су электр станциялары жабдықтарды қайта құруды және жаңғыртуды қажет етеді.

Мысалы, Үлкен Алматы өзенінде 9 деривациялық микро-СЭС-тен каскад жатыр, ол техникалық жаңғыртуды және құрылымдар мен негізгі құрылыстарды күшейтуді қажет етеді. Каскадтың жалпы белгіленген қуаты 43.7 КВт құрайды, көп жылдық орташа өндіру – 203.2 млн кВт.сағ. каскадтың ең ірі станциялары-жоғарғы СЭС-1 және СЭС-2.

Елдегі электр қуатының тапшылығын жабу мақсатында Қазақстан Республикасының оңтүстік өңірлерінде бұрын жұмыс істеп тұрған шағын гидротехникалық құрылыстарды реконструкциялау және қалпына келтіру жұмыстары жүргізілуде. Олар Алматы облысының Фабричный кентінде (қуаты 600 кВт) қалпына келтірілді, Есік СЭС-ін қайта құру жұмыстары жүргізілуде.

Алматы СЭС каскады Алматы облысында, үлкен және Кіші Алматы өзендерінде орналасқан. 1944-1954 жылдары іске қосылған жалпы қуаты 49.15 КВт 11 шағын су торабынан тұрады.

Шағын су ағындарының 90% - ға жуығы жоғары және орта арналы учаскелерде шоғырланғанын атап өту қажет, мұнда электр энергиясының барынша тапшылығын бастан кешіп отырған, шашыраңқы тұтынушылар ауылдық және таулы жерлерде орналасқан. Электр энергетикасын дамытудың ең тиімді тәсілдерінің бірі-шағын және орта энергетиканың әлеуетін пайдалану. Шағын және орта энергетика елдің энергетикалық қауіпсіздігін арттыруға, шалғай және қатынауы қиын аудандардың тұрғындарын электрмен қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Бірінші тарау бойынша қорытынды

Бұл тарауда микро-су электр станцияларының әлемде қолданылуы, сипаттамалары, түрлері және таралуы қарастырылды. Микро-су электр станцияларына арналған турбинаның қолайлы конструкциясын таңдау кезінде мұндай турбинаны орташа немесе шамалы техникалық білімі бар адамдар пайдаланатыны назарға алынды. Сондықтан, қазіргі зерттеуде өте күрделі құрылымды, проблемалық техникалық қызмет көрсетуді және күрделі өндірістік процесті болдырмау үшін ерекше күтім жасалды.

2 Микро-су электр станцияларын оңтайландыру шараларын әзірлеу

Электр энергиясы – елдің дамуы үшін қажет негізгі элемент. Ел неғұрлым дамыған болса, соғұрлым көп электр энергиясы қажет болады. Дегенмен, еліміздің шалғай аудандарында электр желілерінің қолжетімділігі шектеулі болғандықтан электр жарығынсыз қалған өркениеттер көп. Бұл мәселені шешу үшін арзан және экологиялық таза электр энергиясын өндіру үшін жаңартылатын ресурстарды пайдалана отырып, қолжетімді электр станциясын дамытуды қарастыру керек.

Тасымалдау мен технологияға қолжетімділік шектеулеріне ену қабілетіне байланысты шалғай елді мекендердің электр энергиясына қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін маңызды және перспективалы қуат ресурсы ретінде микро-гидротехника шешімдердің бірі болып табылады. Шын мәнінде, микро-су электр станциясы (МСЭС) 100 кВт-қа дейін қуат өндіруге қабілетті. Дегенмен, бұл белгіленген мөлшерден бірнеше азырақ өндіретін МСЭС-тер бар. Сондықтан шалғай елді мекендердің электр энергиясына деген жоғары сұранысын қанағаттандыру үшін микро-су электр станциясын оңтайландыруды қолға алу қажет.

Осылайша, зерттеудің мақсаты генератордың қуаты мен орнатылған желіге сәйкес қол жетімді сумен және қысымды қалпына келтірумен МСЭС-тің жұмысын талдау және оңтайландыру болып табылады. Бұл зерттеу қол жетімді су ағыны мен өзен деңгейіне негізделген МСЭС үшін негізгі жабдықтың техникалық сипаттамаларын алу үшін орындалады.

Оңтайландыру әдістері

1) Ақаулықтарды жою блок-схемасы

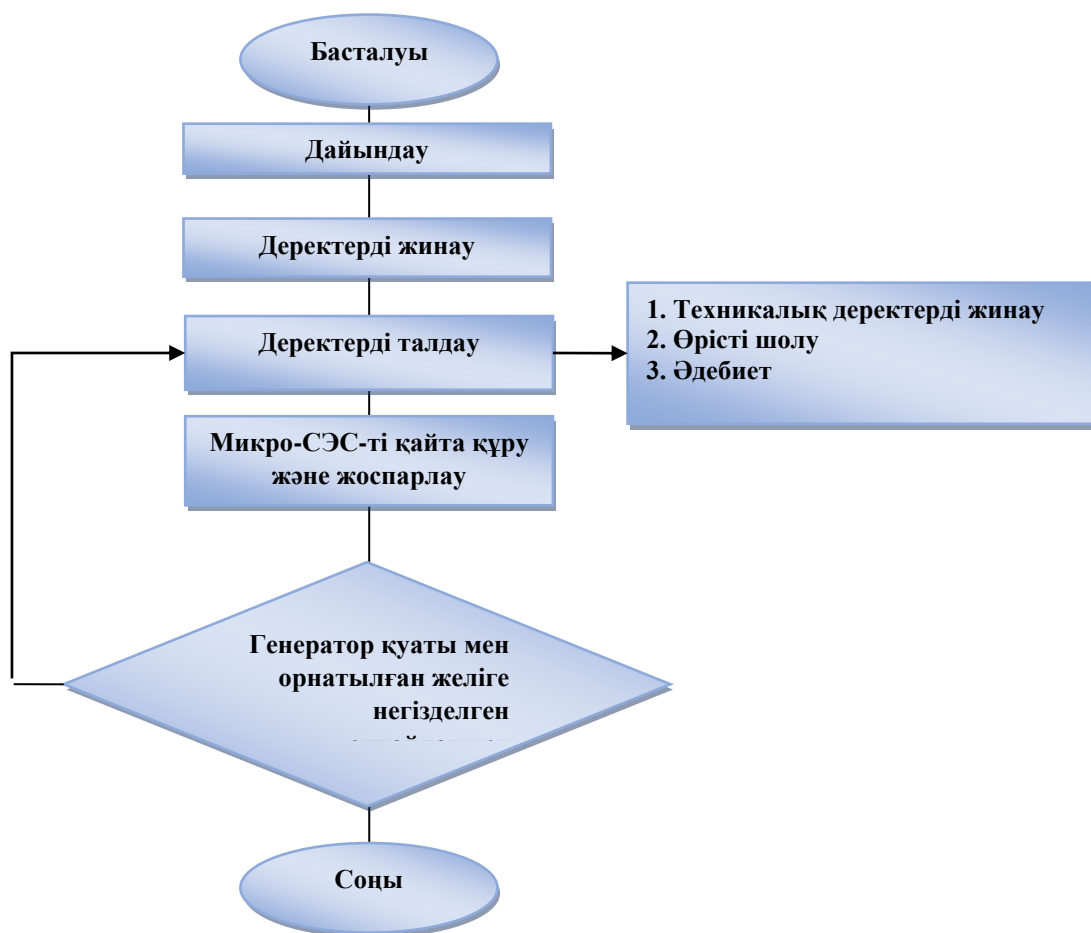
МСЭС жұмысын талдау және оңтайландыру үшін дайындауды, деректерді жинауды, деректерді талдауды және өңдеуді, сондай-ақ МСЭС жоспарын және қайта жаңартылуын қамтитын бірнеше қадамдарды орындау қажет. Ақаулықтарды жоюдың блок-схемасы 5-суретте көрсетілген.

2) Дайындау

Дайындық қажетті деректерді анықтау, проблемаларды шешуге қатысты теориялық негіз алу үшін әдебиеттерді зерттеу және объектідегі жағдайларға шолу жасау үшін орналасқан жерді зерттеу арқылы жүргізілді.

3) Деректер жинау

Деректер бастапқы және қосымша деректерді пайдалану арқылы жиналады. МСЭС-ті суару арналарының орналасуы мен жай-күйін қоса алғанда, бастапқы деректер далалық зерттеу жүргізу арқылы алынады, ал суару арналарының аумақтық картасы мен егжей-тегжейлі мәліметтерді қамтитын қосалқы деректер зауыттан алынады.



5-сурет-Ақаулықтарды жою блок-схемасы

4) Деректерді талдау және өңдеу

Деректерді талдау және өңдеу бастапқыда техникалық деректерді, жергілікті шолуды (далалық зерттеу) және әдебиетті қоса алғанда, бірнеше бастапқы деректерді жинау арқылы жүргізіледі. Содан кейін кіріс бірнеше кезеңмен өңделеді:

а) деректерді жинау

Бастапқы және қайталама деректер техникалық және техникалық емес түрде біріктіріліп, мұқият талданады. Егер деректер жеткіліксіз болса, оларды алдымен жабдықтау қажет болады.

б) деректерді өңдеу

Содан кейін алынған мәліметтер ең оңтайлы және тиімді нәтиже алу үшін талданады.

5) Микро-СЭС-ті жоспарлау және қайта құру

МикроСЭС-ті жоспарлау және қайта жобалау деректерді талдау және өңдеу нәтижелері бойынша техникалық және техникалық емес түрде жүргізіледі.

а) Техникалық

Техникалық нәтижелер МГЭС-те электр қуатын өндіруді оңтайландыру үшін пайдалануға болатын қысым құбырын, көлденең ағынды турбинаны және

басқа құралдарды, технологияларды және жергілікті материалды қайта құру болады.

б) *Техникалық емес*

Техникалық емес нәтижелер микро-СЭС-тің даму жоспарына негізделген.

2.1 Гидротехникалық құрылыстарды оңтайландыру шаралары

Бұл тарауда көлденең ағыны бар турбинаның негізгі элементтерінің (жұмыс дөңгелегі мен саптама) кейбір геометриялық параметрлері үшін оңтайлы мәндерді белгілеу бөлшектері ұсынылады және талқыланады. Көлденең ағынды турбинада саптама мен цилиндр пішінді доңғалақ бар. Тік бұрышты көлденең қимасы бар саптама ағынды энергияны кинетикалық энергияға айналдырады, суды белгілі бір әсер ету бұрышымен дөңгелектің бүкіл ұзындығына бағыттайды. Цилиндр тәріздес жүгіргіш периметрі бойынша бірнеше қисық көлденең қалақтармен біріктірілген екі параллельді дөңгелек дискілерден тұрады. Жүгіруші судың энергиясын механикалық энергияға айналдырады.

Өнімділікті арттыру және оңтайландыру

Көлденең ағынды турбинаның жұмысын сипаттайтын негізгі параметр оның тиімділігі болып табылады, ол жұмыс доңғалағының қалақшаларынан алынған энергияның турбинаға кіргенге дейін қол жетімді су энергиясына пайыздық қатынасы болып табылады. Энергияны түрлендірудің бұл негізгі процесі сипатталған ПӘК теңдеуі (5.1), көлденең ағынды турбина беретін қуаттың жұмыс доңғалағының қалақтары арқылы өтетін су қуатына қатынасы ретінде анықталады.

$$\eta = \frac{P_{\text{шығ}}}{P_{\text{кір}}}$$

мұндағы, $P_{\text{шығ}}$ - турбина шығаратын қуат.

Қуат T моментін жұмыс дөңгелегінің айналу жиілігіне ω қарапайым көбейту арқылы есептеледі.

$P_{\text{кір}}$ - бұл турбинаға берілетін қуат $P_{\text{кір}} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$ -ге тең;

ρ — судың тығыздығы;

g - ауырлық үдеуі;

Q - турбинаның су шығыны;

H - жалпы қысым.

Геометриялық параметрлер көлденең ағынды турбинаның екі негізгі компонентінің (доңғалақ пен саптама) қасиеттерін білдіреді.

Оларға мыналар жатады қалақшалар саны n_b , диаметрлердің қатынасы d_2/d_1 , бағыттағыштың сыртқы диаметрі d_1 , білік диаметрі d_s , қалақтардың

калындығы t_b , бірінші сатыдағы кіріс бұрышы β_1 , бірінші кезеңнің шығу бұрышы β_2 , қалақтардың қисаюы r_b , соққы бұрышы α_1 , саптаманың артқы қабырғасының пішіні, саптаманың кіру доғасы λ , мойын ені s_c және т.б.

Алайда, осы турбиналардағы осындай параметрлердің өзгеруіне байланысты ағынның күрделі құрылымына аз немесе мүлдем мән берілмеді. Ағынның мұндай сипаттамалары (үш өлшемді және күрделі гидродинамикалық күштері бар екі фазадан тұрады) осындай турбиналардың өнімділігі мен қызмет ету мерзіміне айтарлықтай әсер етуі мүмкін. Бұл зерттеу турбинаның барлық геометриялық параметрлерін өзгерту арқылы микро-су электр станциялары үшін көлденең ағынды турбинаның жұмысын оңтайландыру мақсатында жүргізілді. Ол осындай параметрлердің өзгеруінің ағынның сипаттамаларына және турбина ішіндегі гидродинамикалық күштерге әсерін талдауға бағытталған. Айта келгенде, олар турбинаның қуатын, айналу моментін және тиімділігін анықтайды.

Турбинаның жұмыс қалақшаларының санын оңтайландыру (n_b)

Жүгіру қалақтарының саны көлденең ағынды турбинаның маңызды геометриялық параметрлерінің бірі болып табылады, өйткені қалақтардың көмегімен энергия судан алынады. Сондықтан доңғалақ қалақтардың оңтайлы санын таңдау арқылы турбинаның жұмысын жақсарту және оңтайландыру маңызды. Белгілі бір турбина үшін тым көп жүгіргіш қалақтарды таңдау үйкеліс жоғалтуларын, жүгіргіштің салмағын және турбинаның құнын жоғарылататынын атап өткен жөн. Алайда, қалақтардың тым аз саны, әдетте, қалақтардың артқы жағындағы ағынның бөлінуін азайтады. Жұмыс қалақтарының санын өзгерту арқылы көлденең ағынды турбинаның жұмысына эксперименттік зерттеу жүргізілді Khosrowpanah және т. б. Бұл эксперименттің нәтижелері доңғалақтың қалақтарының саны тиімділікке қатты әсер ететіндігін көрсетті. Оңтайлы қалақтардың саны 15, жүздері 10-нан 20-ға дейінгі жүгіргіштермен жүргізілген тәжірибелер сериясында анықталды. 1996 жылы Коста Перейра мен Боргес көлденең ағынды турбинаға эксперименттік зерттеу жүргізді, олардың саны 10-нан 25-ке дейін өзгерді. Ерекше және таңқаларлық олар қалақшалар санының өнімділікке әсері анық емес деген қорытындыға келді. Олгун да, Ульку да, Десай да, Азиз де көлденең ағынды турбинаның тиімділігіне жұмыс қалақтары санының әсерін зерттеу үшін тәжірибелер жүргізді. Олгун мен Үлку 20, 24 және 32 жүзі бар жүйрікке қарағанда 28 жүзі бар жүйрік тиімдірек деген қорытындыға келді. Дегенмен, Десай мен Азиз жүгіруші қалақтардың санын 15-тен 30-ға дейін көбейту арқылы көлденең ағынды турбинаның тиімділігі артқанын анықтады. Алдыңғы бірнеше зерттеулерге сәйкес, жұмыс пышақтарының көбеюі көлденең ағынды турбинаның жұмысына жағымды әсер етеді, ал басқа зерттеулерде олай емес. Сондықтан бұл қарама-қайшылықты шешу және көлденең ағынды турбинаның жақсы жұмыс істеуі үшін қажет жұмыс қалақтарының оңтайлы санын анықтау өте маңызды. Осы мақсатқа жету үшін ағымдағы зерттеуде белгілі бір қалақтардың геометриялық бөлшектері таңдалды. Олар 2.1-кестеде келтірілген.

3 – кесте - Сыналған жүгірушінің қалақтарының саны туралы толық ақпарат

Геометриялық параметр	Ерекшелігі
Қалақтар саны	$n_b = ?$ 15,20,25,30,35&40
Сыртқы диаметрі	$d_1 = 300$ мм
Диаметрлердің қатынасы	$d_2/d_1 = 0.67$
Соққы бұрышы	$\alpha_1 = 16^\circ$
Кіріс жүзінің бұрышы	$\beta_1 = 150.166^\circ$
Қалақшаның ішкі бұрышы	$\beta_1 = \beta_2 = 90^\circ$
Шығу қалақшасының бұрышы	$\beta_2 = 29.834^\circ$
Қалақшаның қалыңдығы	$t_b = 3.6$ мм
Қалақшаның қисықтық радиусы	$r_b = 47.65$ мм
Саптаманың кіріс доғасы	$\lambda = 90^\circ$
Мойын ені	$s_0 = 60$ мм
Саптаманың ені	$N_w = 150$ мм
Біліктің (осьтің) диаметрі	$d_s = 40$ мм

Бұл зерттеулер бойынша саптамада да, жүгіргіште де су ағынының беткі жылдамдығының сызықтары көрсетілген. Олар барлық жағдайларда су жүгірушінің бір бөлігінен өтетінін анық көрсетеді. Қалақшалар санының ағынның шығу бұрышына әсері айқын. Жүгіргіштің қалақтарының санын көбейту жүгіргіштен шығатын судың шығу бұрышын арттырады. Ағынның айтарлықтай кедергісі нәтижесінде, доңғалақ пышақтарының саны көбейген кезде, доңғалаққа судың түсу жылдамдығы артады. Жүгіргіштің қалақтарының санын көбейту жүгіргіштен шығатын су үшін қол жетімді аймақты азайтады. Бұл сонымен қатар доңғалақтың екінші сатысында ағынның (белсенділіктің) жоғарылауына әкеледі. Болжам бойынша, барлық жағдайда негізгі ағынның кейбір бөлінуі, әсіресе саптаманың конвергентті бөлігінде және жүгіргіш кіреберісіне жақын жерде анықталды. Дегенмен, бұл толық түсінікті емес және қосымша түсіндіруді қажет етеді. Бұл жүгіруші қалақтардың санын көбейту жүгірушіге кіру және шығу кезінде ағып жатқан судың жылдамдығының жоғарылауына әкелетіні туралы алдыңғы нәтижелер жиынтығынан жасалған қорытындыны растайды.

Жүгіру қалақтарының санының көлденең ағынды турбинаның тиімділігіне әсері көрсетілген. Жүгіру қалақтарының санының 15-тен 30-ға дейін ұлғаюы көлденең ағынды турбинаның тиімділігіне қолайлы әсер ететіні анық. Мұны, біріншіден, жүздер арқылы судан алынатын энергия жүгіруші қалақтарының санының ұлғаюымен артуымен, екіншіден, суретте көрсетілгендей жүгіруші қалақтарының саны азайған сайын көлденең емес ағынның артуымен түсіндіруге болады. Доңғалақ пышақтарының санын 30-дан 40-қа дейін одан әрі арттыру тиімділіктің төмендеуіне жағымсыз әсер етеді.

Мұны, біріншіден, інжірде көрсетілгендей, доңғалақ пышақтарының саны көбейген сайын соқтығысу кезіндегі шығындар көбейетіндігімен түсіндіруге болады. В. 1 және В. 2, екіншіден, доңғалақтың салмағын жоғарылату арқылы, үшіншіден, доңғалақ пышақтары ағынның азаюына әкеледі, бұл өз кезегінде ағынның жылдамдығын арттырады және доңғалақ пышақтарының шығуында кері ағынды тудырады. Осыған сәйкес, жүгірушінің байқалған қалақтарының ең тиімді саны 30 болды, онда тиімділік 73,387% құрады. Демек, жүгірушінің пышақтарының оңтайлы санын 30 деп санауға болады, бұл Десай мен Азиздің тұжырымына сәйкес келеді. Олардың нәтижелері көлденең ағынды турбинаның тиімділігі доңғалақ қалақтарының санын 15-тен 30-ға дейін көбейту арқылы артқанын көрсетті.

Доңғалақ қалақтарының диаметрінің арақатынасын оңтайландыру

Диаметрлердің қатынасы ағынның сипаттамаларына және көлденең ағынды турбинаның ішіндегі гидродинамикалық күштерге айтарлықтай әсер етеді, өйткені ол иық қалақтарының ұзындығын реттейді, ал бұл өз кезегінде иық қалақтарының арасындағы өту енін реттейді. Қалақтар арасындағы тар жол кері ағуды тудыруы мүмкін. Екінші жағынан, қалақтар арасындағы кең өту стратификацияға әкелуі мүмкін. Донат Банкінің "жаңа Вассер турбинасы" мақаласының аудармасын ұсынған Мокмор мен Меррифилд зертханалық турбинада тәжірибелік зерттеу жүргізді. Ол Банкі сипаттамаларына сәйкес 0,66 диаметрлі қатынасы бар. Диаметр қатынасының көлденең ағынды турбинаның тиімділігіне әсерін Десай мен Азиз де эксперименталды түрде зерттеді. Олар ішкі және сыртқы диаметрлердің қатынасы 0,68 0,6 -0,75 қатынасы диапазонында турбинаның жоғары тиімділігін қамтамасыз етеді деген қорытындыға келді. Олгун эксперименттік зерттеуі диаметрі 0,67 болатын көлденең ағынды турбина диаметрі 0,54, 0,58 және 0,75 болатын көлденең ағынды турбиналарға қарағанда тиімдірек деген қорытындыға келді. Диаметр коэффициентінің турбинаның көлденең ағынының коэффициенттерінің жұмысына әсері туралы жан-жақты түсінік беру, 0.56, 0.60, 0.65, 0.66, 0.67, 0.68 және 0,70 осы жұмыста зерттеу үшін тандалды.

Судың беткі жылдамдығы мен қысымының контурлары диаметрлердің сұйықтық ағынына әсер етуін нақты көрсету үшін ортаңғы жазықтыққа қолданылды. Бұл сызбалар диаметрлердің ішкі ағынға қатынасы мен көлденең ағынды турбинаның ішіндегі гидродинамикалық күштердің әсерін айқын көрсетеді, мұнда жұмыс пышағының профилі диаметрлердің қатынасы арқылы реттеледі. Бір қызығы, диаметрлердің қатынасы төмендеген кезде доңғалақ білігінде соқтығысу артады, ал саптаманың тарылған бөлігіндегі және доңғалақтың кіреберісіндегі ағынның бөлінуі скапула радиусының қисықтығының жоғарылауына байланысты азаяды, бұл жұмыс пышақтары арасындағы өтулерді тарылтады. Диаметрлердің арақатынасының жоғарылауы пышақтардың қисықтық радиусының төмендеуіне байланысты пышақтардың ұзындығына қатты әсер етеді, бұл пышақтардың ұзындығының төмендеуіне байланысты судан алынатын энергияны азайтады. Тиісінше, диаметрі 0,65

болатын доңғалақ пышағының профилі жоғары қуат шығынына әкелуі мүмкін деп күтілуде, өйткені доңғалақ білігіндегі соқтығысу айтарлықтай азаяды және пышақтың ұзындығы мен қисықтығы артады, бұл, әрине, тиімділіктің жоғарылауына әкеледі.

Өте орташа тиімділік гидравликалық конструкцияның оңтайлы еместігін және жыл сайынғы өнімділікті күрт төмендететін және турбинаны зақымдауы мүмкін кейбір маңызды мәселелердің (мысалы, кавитация, діріл және т.б.) туындауы мүмкін екенін білдіреді.

2.2 Электр механикалық бөлігін оңтайландыру шаралары

Гидрогенератор - бұл электр генераторы мен гидравликалық турбинадан тұратын, механикалық жетек ролін атқаратын құрылғы.

Гидрогенераторлар, әдетте, басқа қондырғыларға қарағанда аз жұмыс жылдамдығына ие (500 айн/мин аспайды), бірақ турбиналардың диаметрі 25 метрге жетуі мүмкін. Бұл генераторлардың тік орналасуына және олардың жұмысының ерекшелігіне байланысты. Турбинаны айналдыру үшін құлаған су ағынының энергиясы қолданылады.

Гидрогенератордың конструкциясы, ең алдымен, электр станциясы жұмыс істейтін жағдайлармен анықталады (судың қысымын, ауа-райының жағдайын және т.б. ескеріледі). Сондықтан әр ГЭС үшін өз генераторлары жасалынады. Жалпы жағдайда гидрогенератор ротордан, статордан, крестовиналардан, тіректерден және мойынтіректерден тұрады. Орамаларды салқындатуға арналған құрылғылар да орнатылады.

3 – кесте - Генератордың түрлері

Түрлері	Артықшылығы
Тік орналасқан	Су ағынымен туындаған жүктемелерге төзімді болып келеді
Көлденең орналасқан	

Тік генераторлардың екі негізгі түрі бар:

- Аспалы
- Қолшатыр тәріздес

Гидрогенераторлар негізінен тіректердің орналасуымен ерекшеленеді. Аспалы генераторларда тірек статордың жақтауында орналасқан жоғарғы крестовина сүйеніп орналасқан. Қолшатыр тәріздес генераторларда тірек ротордың астында орналасқан және жеңіл құрылымның төменгі крестовинасына сүйенеді. 200 айн/мин дейінгі айналу жиіліктері кезінде көбінесе қолшатыр тәріздес гидрогенераторлар қолданылады. Айналу жиілігі

250 айн/мин жоғары болған кезде тік гидрогенераторлар тек қана аспалы түрде орындалады. [3].

Генераторлар механикалық энергияны электр энергиясына айналдырады. Ертедегі су электр жүйелерінің көпшілігі ерте коммерциялық электр жүйелеріне сәйкес келетін тұрақты ток әртүрлі болғанымен, қазіргі уақытта әдеттегі тәжірибеде тек үш фазалы айнымалы ток генераторлары қолданылады. Жеткізілетін желінің сипаттамаларына байланысты өндіруші мыналарды таңдай алады:

Синхронды генераторлар: олар генераторды желіге қосқанға дейін шығыс кернеуін басқару үшін кернеу реттегішімен байланысты тұрақты ток электр немесе тұрақты магнитті қоздыру жүйесімен (айналмалы немесе статикалық) жабдықталған. Олар генераторды желіге қосқан кезде энергия жүйесіне қажет реактивті энергияны береді. Синхронды генераторлар желіден оқшауланып жұмыс істей алады және қуат өндіре алады, өйткені қозу желіге тәуелді емес.

Асинхронды генераторлар: олар кернеуді реттеу мүмкіндігі жоқ және жүйе жиілігіне тікелей байланысты жылдамдықта жұмыс істейтін қарапайым асинхронды қозғалтқыштар. Олар өздерінің магниттік күші арқылы реактивті энергияны жұтып, қоздыру тогын тордан алады. Конденсаторлар банкін қосу сіңірілген реактивті энергияны өтей алады. Олар желіден ажыратылғанда генерациялай алмайды, себебі олар өздерінің қоздыру тогын қамтамасыз ете алмайды. Дегенмен, олар электрмен жабдықтаудың қажетті сапасы өте жоғары болмаған кезде арзан шешім ретінде өте шағын автономды қосымшаларда қолданылады.

1 КВт-тан төмен синхронды генераторлар асинхронды генераторларға қарағанда қымбатырақ және генератордың қуаты электр жүйесінің жүктемесінің едәуір бөлігін құрайтын электр жүйелерінде қолданылады. Асинхронды генераторлар арзанырақ және тұрақты желілерде қолданылады, онда олардың қуаты электр жүйесінің жүктемесінің аз бөлігін құрайды. Тиімділігі 100 кВт машина үшін 95% болуы керек және 1 КВт шығыс қуаты кезінде 97% дейін артуы мүмкін. Синхронды генераторлардың тиімділігі біршама жоғары. Әдетте, қуат бірнеше МВА-дан асқан кезде синхронды генератор орнатылады.

Жақында реттелетін және тұрақты айналу жылдамдығы (VSG) бар жүйелер қол жетімді болды, онда турбинаның айналу жылдамдығы кең диапазонда тербелуі мүмкін, ал кернеу мен жиілік тұрақты және бұрмаланбайды. Генераторды тұрақты ток желісі арқылы желіге қосу үшін қолданылатын жиілік түрлендіргіші генератор айнала бастағанға дейін желімен "синхрондалуы" мүмкін. Бұл тәсіл көбінесе өнімділікті арттыру және шығындарды азайту құралы ретінде ұсынылады. Алайда, есу турбиналарын пайдалану кезінде, егер сіз тек доңғалақтың реттелуін ауыстырсаңыз, шығындарды азайтуға қол жеткізу мүмкін емес. Қос реттелетін Каплан турбинымен салыстырғанда энергия өндірісін жақсарту мүмкін емес. Алайда, айнымалы жылдамдықпен жұмыс істеу қолайлы шешім болып көрінетін бірқатар жағдайлар бар, мысалы, қысым айтарлықтай өзгерген кезде.

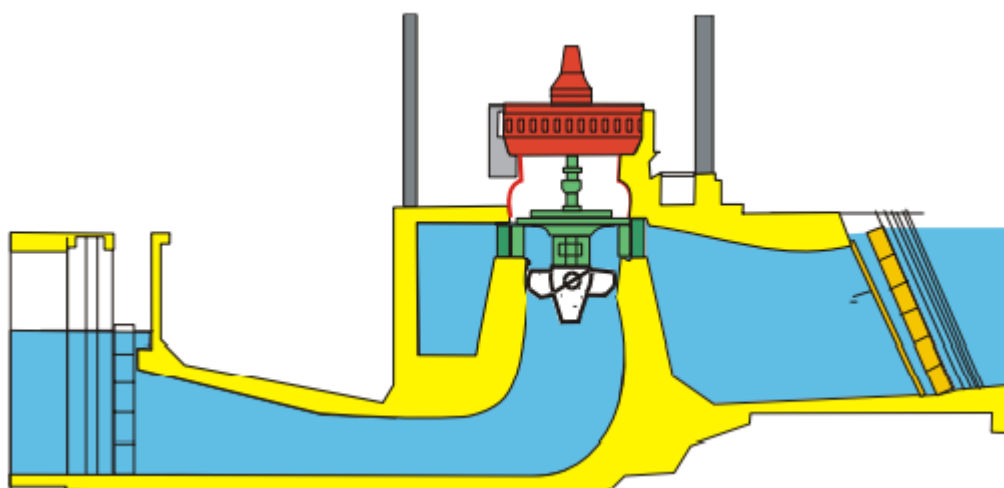
Генератордың жұмыс кернеуі қуаттың жоғарылауымен артады. 400 В немесе 690 В стандартты генерациялық кернеулер стандартты тарату трансформаторларын Шығыс трансформаторлары ретінде пайдалануға және станцияның электр жүйесіне беру үшін генерацияланған токты пайдалануға мүмкіндік береді. МВА-ға жақын генераторлар әдетте бірнеше кВ-қа дейінгі жоғары жұмыс кернеуіне арналған және арнайы трансформатордың көмегімен желіге қосылады. Бұл жағдайда электр станциясының қосалқы қуаты үшін тәуелсіз НТ/ЛТ трансформаторы қажет.

5-кесте - Шағын генераторлардың типтік тиімділігі

Номиналды қуаты [кВт]	Ең жақсы тиімділігі
10	0,910
50	0,940
100	0,950
250	0,955
500	0,960
1000	0,970

Генератордың конфигурациясы

Генераторлар турбинаның конфигурациясына қарамастан көлденең немесе тік осьпен жасалуы мүмкін. - Сур. 6.34 Каплан тік осьтік турбинасы 214 айн/мин жылдамдықпен айналады, 28 полюсті айнымалы ток генераторына тікелей қосылады. Ұшқыш көбінесе жылдамдық тербелістерін тегістеу үшін қолданылады және турбинаны басқаруға көмектеседі.



6-сурет-Каплан турбинасына тікелей қосылған тік осьті генераторы

Генераторларды сипаттаудың тағы бір өлшемі-олардың мойынтіректерінің орналасуы. Мысалы, Фрэнсис турбинасының консольдік қозғағышын қолдайтын күшейтілген мойынтіректері бар генераторды орнату

жиі кездеседі. Осылайша, ось турбина керек өтуге сорғыш құбыр жақсартады, жалпы ПЭК-і. Дәл осындай шешім көбінесе Пелтон турбиналарында қолданылады.

Бұл генераторлар кішкентай болған кезде оларда ашық салқындату жүйесі болады, бірақ үлкенірек қондырғылар үшін ауа-су жылу алмастырғыштарымен жабдықталған жабық салқындату тізбегін пайдалану ұсынылады.

Қоздырғыштар

Синхронды генератор үшін қоздыру тогын негізгі біліктен басқарылатын қоздырғыш деп аталатын шағын тұрақты ток генераторы бере алады. Осы тұрақты ток генераторы сіңіретін қуат генератордың жалпы қуатының 0,5-1,0% құрайды. Қазіргі уақытта статикалық қоздырғыш әдетте тұрақты ток генераторын алмастырады, бірақ әлі де жұмыс істейтін айналмалы қоздырғыштар көп.

Айналмалы қоздырғыштар

Негізгі генератордың да, қоздыру генераторының да қоздыру катушкалары әдетте негізгі білікке орнатылады. Үлкен генераторларда тұрақты магниттен қозатын пилоттық қоздырғыш қолданылады. Ол негізгі қоздырғышқа қозу тогын береді, ол өз кезегінде генератордың роторына қозу тогын береді.

Щеткасыз қоздырғыштар

Шағын генератордың статорда қоздыру катушкалары бар және ротор орамаларында айнымалы ток шығарады. Қатты күйдегі түзеткіш білікпен бірге айналады, айнымалы ток шығысын кішкентай генератордан тікелей генераторға айналдырады, ол негізгі генератордың айналмалы қоздыру катушкаларына щеткаларды қажет етпестен беріледі. Кернеуді реттеуге шағын генератордың қоздыру катушкаларындағы токты реттеу арқылы қол жеткізіледі.

Статикалық қоздырғыштар

Статикалық қоздырғыш - айналмалы қоздырғыштың орнына генератор өрісінің катушкаларына тұрақты ток беретін торға қосылған түзеткіш. Кернеу мен қуат коэффициентін басқару айналмалы құрылғымен бірдей жұмыс істейді. Статикалық қоздырғыштар берік, техникалық қызмет көрсету оңай және жоғары тиімділікке ие. Генератор кернеуінің тербелістеріне жауап өте жақсы.

Кернеуді реттеу және синхрондау. Асинхронды генераторлар.

Асинхронды генератор біркелкі магниттелуді қамтамасыз ету үшін үш фазалы желіден реактивті қуатты сіңіруі керек. Желіден қуат статор ағынының жылдамдығын және, демек, ротор білігін қозғалысқа келтіретін синхронды жылдамдықты анықтайды.

Іске қосу кезінде турбина жылдамдық релесі негізгі желілік қосқышты жапқан кезде генератордың синхронды жылдамдығынан сәл жоғары жылдамдыққа жетеді. Осы гиперсинхронды күйден генератордың жылдамдығы желіге ток беру арқылы синхронды жылдамдыққа дейін төмендейді. Жылдамдықтың синхронды жылдамдықтан ауытқуы тұрақты жұмыс аймағында тепе-теңдікке ие жетек немесе қарсылық моментін тудырады.

Синхронды генераторлар

Синхронды генератор турбинаның айналуына байланысты оны желіге қоспас бұрын іске қосылады. Турбинаны біртіндеп үдете отырып, генератор кернеуді, жиілікті, фазалық бұрышты және айналу бағытын реттей отырып, желімен синхрондалуы керек. Барлық осы мәндер дұрыс басқарылған кезде генераторды желіге ауыстыруға болады. Оқшаулағышта немесе желіден тыс жұмыс істеген жағдайда кернеу реттегіші жүктемеге қарамастан берілген тұрақты кернеуді қолдайды. Желілік қуат жағдайында контроллер берілген қуат коэффициентін немесе реактивті қуатты қолдайды.

Турбинаны басқару

Турбиналар белгілі бір таза қысым мен ағынға арналған. Осы параметрлерден кез келген ауытқу шұралар, қалақтар, форсункалар немесе клапандар сияқты басқару құрылғыларын ашу немесе жабу жолымен тұрақты шығу қуатын, кірудегі су бетінің деңгейін немесе турбинаның шығынын ұстап тұру үшін өтелуге тиіс. Оқшауланған желіге қосылған тізбектерде басқару керек параметр-бұл жиілікті басқаратын турбинаның айналу жылдамдығы. Автономды жүйеде, егер генератор шамадан тыс жүктелсе, турбина баяулайды, сондықтан турбинаның тоқтап қалмауын қамтамасыз ету үшін су шығынын көбейту керек. Егер бұл үшін су жеткіліксіз болса, онда жүктеменің бір бөлігін алып тастау керек немесе турбинаны өшіру керек. Керісінше, егер жүктеме азайса, турбинаға ағын азаяды немесе оны тұрақты ұстап тұруға болады, ал қосымша энергияны генератордың терминалдарына қосылған электр балласты жүктемесіне тастауға болады.

Бірінші тәсілде жылдамдықты (жиілікті) реттеу әдетте ағынды басқару арқылы жүзеге асырылады; ысырманың ашылуы есептелгеннен кейін, атқарушы қозғалтқыш серво қозғалтқышына қажетті команда береді, бұл серво қозғалтқышының өзегін тартуға немесе тартуға әкеледі. Қор шын мәнінде есеп айырысу жағдайына жететініне кепілдік беру үшін электрондық жетекке кері байланыс беріледі. Бұл құрылғылар "жылдамдықты реттегіштер" деп аталады.

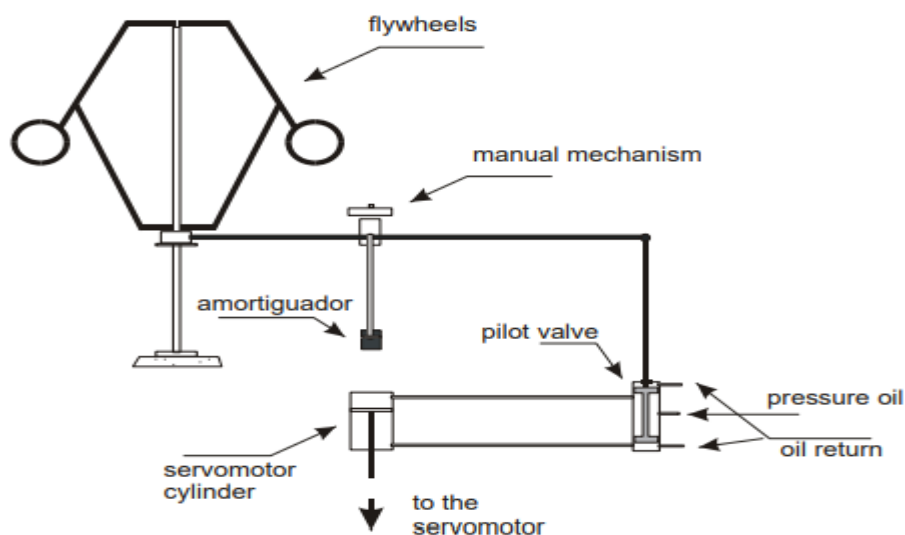
Екінші тәсілде толық жүктеме, тұрақты қысым және тұтыну кезінде турбина есептелген жылдамдықта жұмыс істейді, осылайша генератордың толық жүктемесін қолдайды; ол тұрақты жылдамдықта жұмыс істейді. Егер жүктеме азайса, турбина жылдамдығын арттыруға тырысады. Жиілікті өлшейтін электронды сенсор ауытқуды анықтайды, ал сенімді және арзан электрондық жүктеме реттегіші берілген қарсылықты қамтиды және осылайша жүйенің жиілігін дәл қолдайды. Бірінші тәсілді ұстанатын контроллерлерде

қуат шектеулері жоқ. Екінші тәсілмен жұмыс істейтін электрондық жүктеме реттегіштері сирек 100 кВт қуаттан асады.

Жылдамдық реттегіштері

Реттегіш-бұл жылдамдықтың ауытқуын анықтайтын және оны серво қозғалтқышының позициясының өзгеруіне айналдыратын құрылғылар мен механизмдердің тіркесімі. Жылдамдық сенсоры берілген мәннен ауытқуды анықтайды; бұл ауытқу сигналы турбинаға су ағынын басқаратын гидравликалық немесе электрлік жетекті қоздыру үшін түрлендіріледі және күшейтіледі. Су шығыны аз болған Фрэнсис турбинасында қақпаларды бұру керек. Бұл гидравликалық күштер мен үйкеліс күштерін жеңу және қақпаны жартылай жабық күйде ұстау немесе оларды толығымен жабу үшін қуатты реттегішті қажет етеді.

Ескі таза механикадан механикалық-гидравликалық, электрогидравликалық және механикалық-электрлік реттегіштердің бірнеше түрлері бар. Таза механикалық реттегіш өте кішкентай турбиналармен қолданылады, өйткені оның басқару клапаны оңай жұмыс істейді және көп күш жұмсамайды. Бұл реттегіштерде турбина білігімен басқарылатын шыбынның массалық механизмі қолданылады. Бұл құрылғының шығыс сигналы - шыбынның осі турбинаның айналу жылдамдығына байланысты төмендейді немесе көтеріледі-турбинаға кіре берісте орналасқан клапанды тікелей басқарады.



7-сурет-Механикалық жылдамдықты реттегіш

Бұрын ең жиі қолданылатын түрі май қысымының реттегіші болды (7-сурет), ол сонымен қатар таза механикалық реттегіште қолданылғаннан жеңілірек және дәлірек флайбол механизмін пайдаланады. Турбина шамадан тыс жүктелген кезде ұшатын шарлар баяулайды, шарлар түсіп кетеді және сервомотордың жоғарғы камерасына қол жеткізуді ашу үшін пилоттық

клапанның жеңі көтеріледі. Қысым астындағы май сервомотордың жоғарғы камерасына вентильдік қақпалар механизмін айналдыру, ағынды арттыру, демек, айналу жылдамдығы мен жиілігін арттыру үшін түседі.

Қазіргі электрогидравликалық реттеушіде генератор білігінде орналасқан сенсор турбинаның жылдамдығын үздіксіз анықтайды. Кіріс сигналы жиынтық түйінге беріледі, онда ол жылдамдықтың анықтамалық мәнімен салыстырылады. Егер жылдамдық сенсорының сигналы анықтамалық сигналдан өзгеше болса, онда ол қате сигналын (оң немесе теріс) шығарады, ол күшейтілгеннен кейін серво қозғалтқышына қажетті мағынада әрекет ете алады. Әдетте, жетек майды сақтауға арналған науадан, жүйеге жоғары қысымды май беруге арналған электр қозғалтқышының жетегі бар сорғыдан, қысыммен май сақталатын аккумулятордан, майды басқару клапандарынан және гидравликалық цилиндрден тұратын гидравликалық қуат блогымен (6.10-сурет) жұмыс істейді. Барлық осы басқару жүйелері, сипатталғандай, Қақпаның орнын үнемі алға-артқа реттеу арқылы жұмыс істейді. Жүйені өзгерту кезінде жылдамдықтан немесе одан төмен ауытқулары бар қақпақтарды және / немесе бағыттаушы пышақтарды жылдам және тұрақты реттеуді қамтамасыз ету үшін қосымша құрылғы қажет. Суретте көрсетілгендей, май қысымын реттегіштерде. 6.37.бұл басқару клапанын ашуды кешіктіретін "пробирка" орнату арқылы жүзеге асырылады.

Электрогидравликалық реттегіштерде күрделілік деңгейі әлдеқайда жоғары, сондықтан реттеу пропорционалды, интегралды және туынды (PID) болуы мүмкін, бұл басқару процесінде минималды өзгерістерді қамтамасыз етеді.

2.3 Электрлік бөлігін оңтайландыру шаралары

Микрогидрогенераторлар жеткілікті тұрақты статикалық қысымды қамтамасыз ететін жеткілікті үздіксіз сумен қамтамасыз етілген жерде жақсы жұмыс істейді. Су қабылдағыштағы судың орташа жылдық деңгейі қандай екенін анықтау керек, өйткені ол жыл бойына шығатын қуатты анықтау үшін статикалық қысым үшін қолданылады.

Алынған суды сақтаудың кез-келген жүйесі (мысалы, бөгет, бункер) судың жеткілікті тұрақты ағынымен судың тұрақты немесе тепе-теңдік деңгейін сақтайды. Қоймалардағы су деңгейі болған кезде: жоғары, генератордың шығыны деңгей төмендегенше артады төменде генератор ағынының жылдамдығы деңгей көтерілгенге дейін төмендейді.

Бұл судың тепе-теңдік деңгейі жүйе үшін есептелген статикалық қысым болады. Алайда, бастапқы кезеңде оны анықтау қиын болуы мүмкін, өйткені бұл генератор арқылы және негізінен су көзі арқылы судың ағып кетуіне байланысты. Учаскедегі су шығынын өлшеу оңай емес және бөгетті уақытша

орнату қажет болуы мүмкін. Генератор арқылы су ағынын әртүрлі су қысымдары үшін итеративті дизайн әдістерімен анықтауға болады.

Микро-су электр станциясының электр жабдықтарына айнымалы ток генераторлары, трансформаторлар, ажыратқыштар және басқа да коммутациялық және қорғаныс құрылғылары кіреді.

Барлық сымдар жергілікті /аймақтық стандарттарға сәйкес орындалуы керек.

- Пайдаланылған барлық айнымалы және тұрақты кабельдер жүйеде күтілетін максималды ток, кернеу және температураға есептелуі керек.

- Барлық айнымалы және тұрақты кабельдер ток өткізгіштік, кернеудің төмендеуі және өткізгіштердің басқа да минималды өлшемдеріне қойылатын талаптарды қанағаттандыруы керек. Сонымен қатар, олардың өлшемдері кернеудің төмендеуін азайту үшін болуы керек, егер жергілікті /аймақтық стандарттар болмаса, айнымалы ток тізбектері үшін тарату нүктесінің максималды мәні 5% ұсынылады.

- Генератордың кабельдері жергілікті/аймақтық стандарттарға сәйкес төселуі керек. Әдетте, ол кез-келген механикалық (немесе қозғалмалы бөліктерден), термиялық және экологиялық зақымданудан қорғалуы керек, сонымен қатар ылғалдың алдын алады. Бұған тиісті түрде бекітілген HD құбырларын пайдалану арқылы қол жеткізуге болады.

- Сымдар жүйелері тиісті қыстырғыштармен, седлалармен немесе қысқыштармен немесе сым жүйесін зақымдамайтын және сым жүйесінің материалы немесе кез келген сыртқы әсерлер әсер етпейтін құралдармен бекітілуі керек. Кабельдер және/немесе қоршаулар коррозияға төзімді және ұзақ мерзімділікті қамтамасыз ететін тиісті бекіткіштермен белгілі бір уақыт аралығында бекітіледі. Негізгі тірек құралы ретінде пластикалық кабель байламдары ұсынылмайды.

- Кабельдер жабдық пен персоналға кенеттен және тікелей тиіп кетпеу үшін тиісті түрде аяқталуы және судың түсуінен қорғауды қамтамасыз етуі керек.

- Барлық кабельдер жергілікті/аймақтық стандарттарға сәйкес өлшемдері берілген артық токтан қорғау құрылғысымен қорғалуы керек.

- Антенна сымдары жүргізілетін жерде, орнату жергілікті/аймақтық сым стандарттарына сәйкес талап етілетін минималды саңылауларға, максималды аралықтарға және т.б. сәйкес келуі керек.

- Егер жер асты сымдары қабылданса, кабельдер HD қоршауларында тиісті тереңдікте төселуі керек және жерасты орнату аспектілері бойынша жергілікті/аймақтық стандарттарға толығымен сәйкес келуі керек.

- Жалпы сымдар жабдық өндірушісінің нұсқауларында көрсетілген қосымша талаптарға сай болуы керек.

Барлық микрогидроқондырғылар ақаулықтар болған жағдайда қоректендіруді автоматты түрде ажыратуға арналған қандай да бір тарату құрылғысының нысаны болуы тиіс.

Коммутатордың мақсаты-қажет болған жағдайда қуат көзін оқшаулау (техникалық қызмет көрсету), сонымен қатар электр энергиясының ағынын

бақылау. Қорғаныс жабдығы қалыпты жағдайларда жұмыс істеуі тиіс және ақаулық туындаған кезде қоректендіру көзін ажыратуы тиіс.

Қорғау келесі талаптарға сай болуы керек:

- Қорғаныс талаптарына қатысты жергілікті / аймақтық сым стандарттарын сақтаңыз.

- Қауіпсіздік құрылғысы пайдалану үшін тиісті түрде есептелуі керек және номиналды токтарды тоздырмай ұстауы керек.

- Қорғаныс құрылғысы жабдықтың немесе персоналдың қандай да бір зақымдануы туындағанға дейін тізбекті уақтылы оқшаулауы тиіс. Қауіпсіздік құрылғысы шамадан тыс жүктеме мен қысқа тұйықталудан қорғау үшін тиісті өлшемдерге ие болуы керек. Қорғау құрылғысы жүйеде күтілетін қысқа тұйықталудың болжамды токтарына есептелуі тиіс.

- Қауіпсіздік құрылғысы алдымен ең жақын қорғаныс құрылғысы, содан кейін екінші үлкен және т.б. қуат бөлудің әртүрлі кезеңдері болған кезде іске қосылуын қамтамасыз ету үшін жұмыс барысында үйлестіруді/тануды қамтамасыз етуі керек.

- Барлық розеткалар мен қуат розеткалары жергілікті /аймақтық стандарттарда талап етілетін тиісті номиналды қуаты мен өшіру тогы бар қалдық ток құрылғыларымен қорғалуы керек.

4 Микро-су электр станцияларында оңтайландыру шараларын қолдану

Микро-су электр станциялары су тарату желілерінде жиі орнатылуда. Қолданыстағы жүйеде шамалы өзгерістер болған кезде, мысалы, турбиналар ретінде сорғыларды қолдану арқылы артық қысымды қолдануға болады. Бірақ көбінесе мұндай жүйелерде артық су бар. Бұл артық суды, мысалы, Пелтон турбиналарын қолдану арқылы пайдалануға болады. Сонымен қатар, құрылғыны басқару процедурасы кірісті барынша арттыру үшін оңтайландырылған.

Пайдаланылған сынақ мысалында суға деген қажеттілік айтарлықтай өзгереді. Осындай қатты өзгеретін жағдайларда микро-су энергетикалық жүйелерді пайдалану үшін құрылғыны басқару механизмі жасалды. Алдыңғы зерттеулерде қарапайым басқару құрылғысы қолданылды, онда резервуардағы су деңгейіне байланысты турбинадағы саптаманың ауданы бақыланады.

3.1 MATLAB SIMULINK бағдарламасында микро-су электр станциясының моделін құру

Математикалық модель берілген параметрлер мен бастапқы шарттар жиынтығынан жүйенің әрекетін болжауға мүмкіндік беретін аналитикалық шешімдерді табу үшін қолданылады. Компьютерлік модельдеу модельдеу жүйелерін ауыстыру ретінде қолданылады, олар үшін аналитикалық шешімдер мүмкін емес [4].

Модельдеу негізінен келесі топтарға бөлінеді:

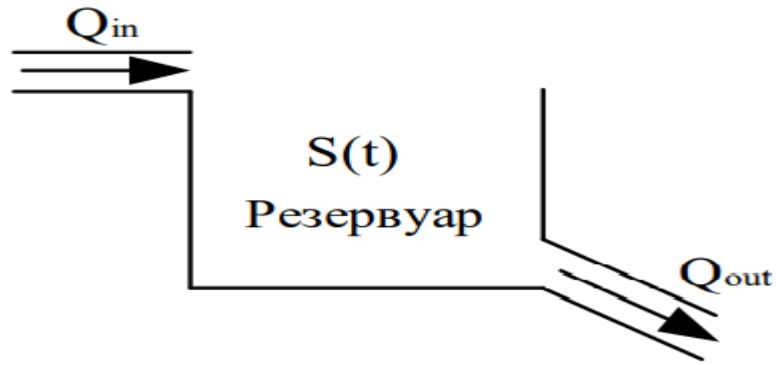
- Статикалық және динамикалық модельдеу;
- Дискретті оқиғаларды модельдеу және үздіксіз модельдеу;
- Детерминистік және стохастикалық модельдеу.

Гидравликалық жүйені модельдеу

Төменде гидроэлектростанцияның гидравликалық компоненттерін модельдеу сипатталған.

Су қоймасының моделі

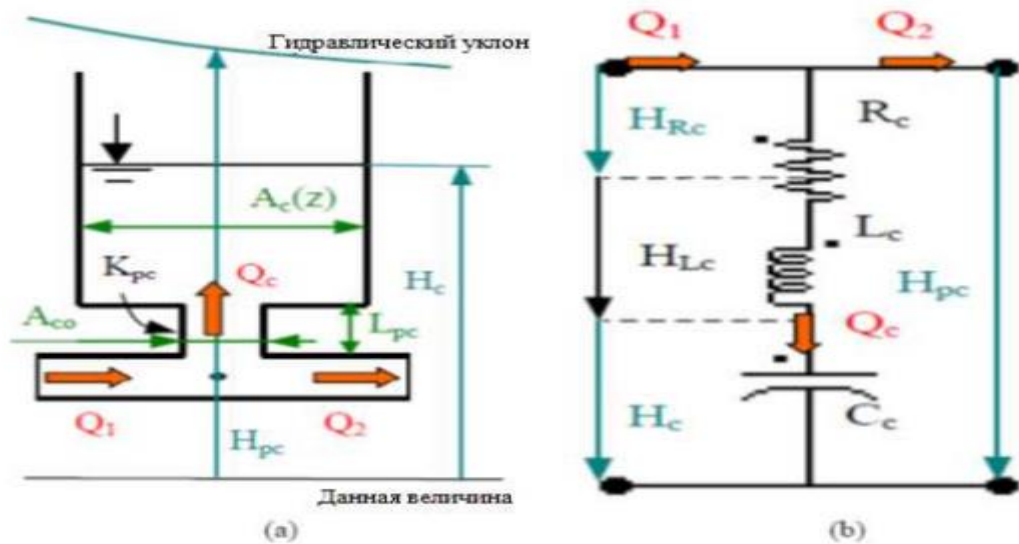
Су қоймасы оны толтыру уақытына байланысты модельденеді. Су қоймасының моделі 8-суретте көрсетілген.



8-сурет- Су қоймасының моделі

Кеңейтуге арналған бактің моделі

Кіріс шығыны, деңгейдің өзгеруі және инерция кеңейту цистернасының моделімен сипатталады.



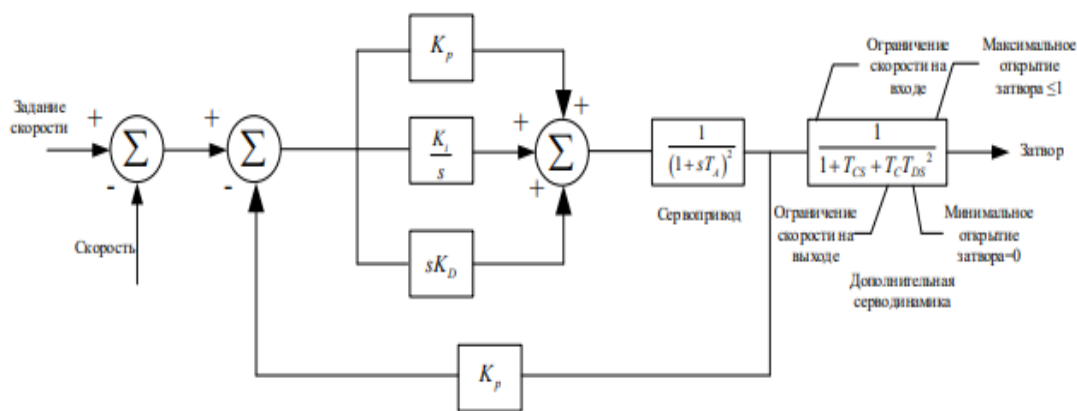
9-сурет - Кеңейтуге арналған бактің моделі, (а) электр эквивалентті схемасының моделі (b)

Реттегіш моделі

Генератордың жылдамдығы немесе жүктеменің өзгеруі реттеушімен бақыланады. Ол ысырманың күйін басқару үшін кері байланыс сигналы ретінде жылдамдықты өзгертуді қамтиды. Ауытқу сипаттамасы тұрақты параллельді жұмысты қамтамасыз ету үшін бірнеше блоктары бар жылдамдық реттегішінде қамтамасыз етіледі. Сондай-ақ генераторлар арасында жүктемені біркелкі бөлуді қамтамасыз ету үшін жылдамдықты төмендету көзделеді.

Пропорционалды-интегралды-дифференциалды әрекет электр гидравликалық реттегіштер үшін қарастырылған, олар өтпелі кірісті азайту

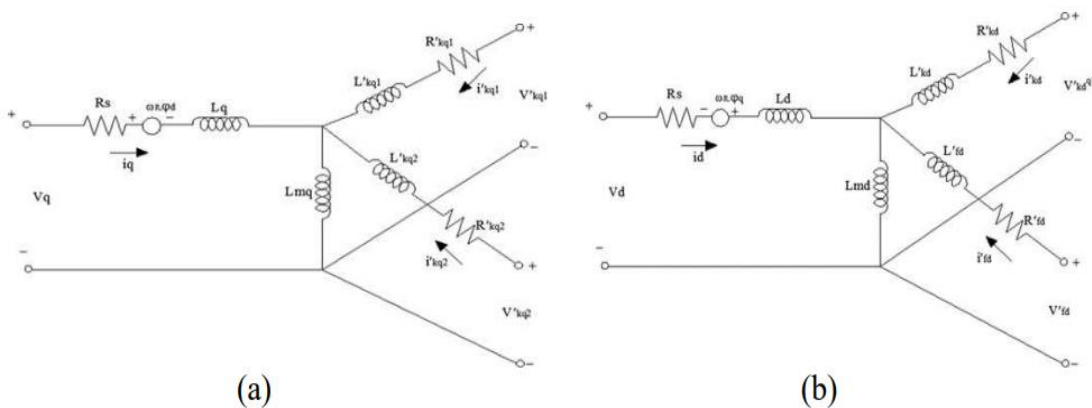
және көбейту кезінде тезірек әрекет ету мүмкіндігін қамтамасыз етеді. Су беру уақыты көп қондырғылардың оқшауланған жұмысы үшін туынды әрекетті қолданған жөн. Реттегіштің пропорционалды, интегралды және дифференциалды моделі 10-суретте көрсетілген.



10-сурет-ПИД реттегіш моделі

Синхронды генератор моделі

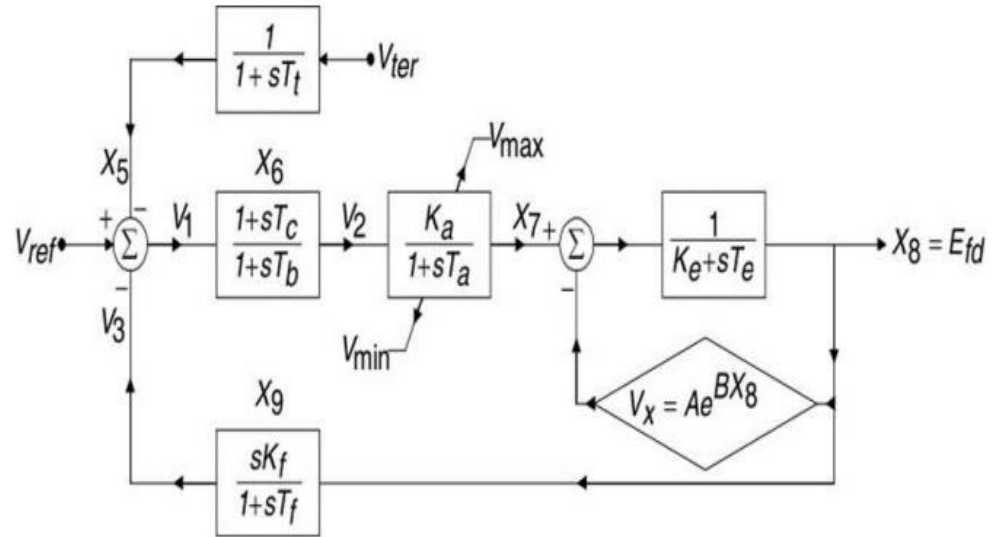
Синхронды машина моделі машинаның электрлік және механикалық сипаттамаларын есепке алу үшін қолданылады және статор орамасының, өрістің және демпфердің динамикасын ескереді. Айналмалы сілтеме 11-суретте көрсетілгендей машинаның синхронды моделінің эквивалентті тізбегін көрсету үшін қолданылады. Ротордың электрлік шамалары мен параметрлері статор тарапынан қарастырылады, олар айнымалылар арқылы анықталады. Синхронды машина моделінде статор орамаларына ағатын токтар қабылданады, ал машинадан ағатын токтар синхронды машина (I_a, I_b, I_c, I_d, I_q) қайтаратын өлшенген статор токтары болып табылады [11].



11-сурет-Синхронды машина моделі (a) q-осінің эквивалентті моделі (b) D-осінің эквивалентті моделі [11]

Қоздыру жүйесінің моделі

Қоздыру жүйесі синхронды машинаның қоздыру орамасына тұрақты ток беру үшін қолданылады. Сондай-ақ, ол өрістің кернеуін басқару арқылы электр жүйесінің тұрақты жұмыс істеуі үшін қажет бақылау және қорғау функциясын орындайды.



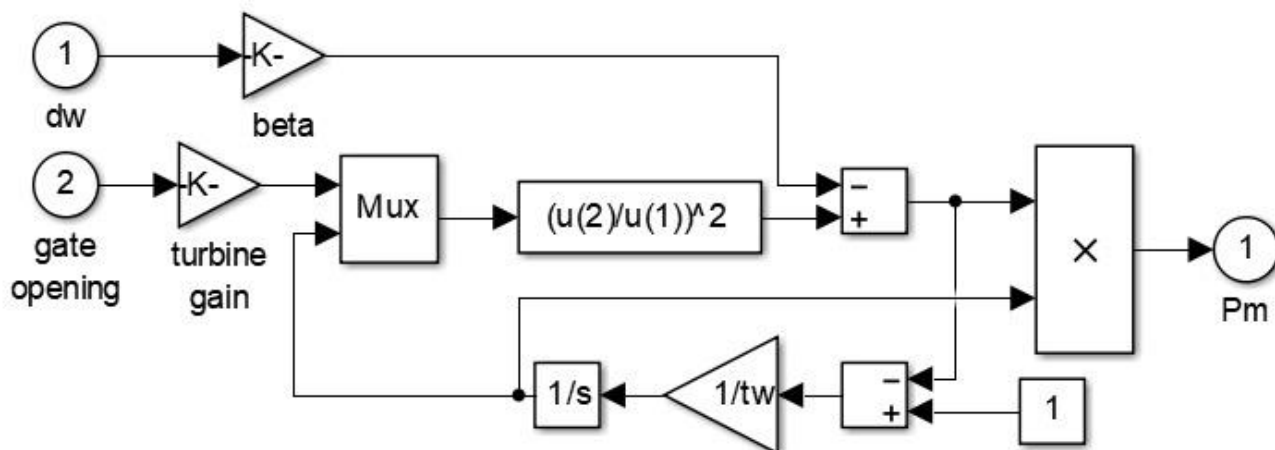
11-сурет-Тұрақты ток қоздыру жүйесінің моделі

3.2 Микро-су электр станцияларының динамикалық сипаттамаларын зерттеу

Су электр станциясының әртүрлі компоненттері Matlab / Simulink ортада модельденді.

Гидротурбинаның моделі

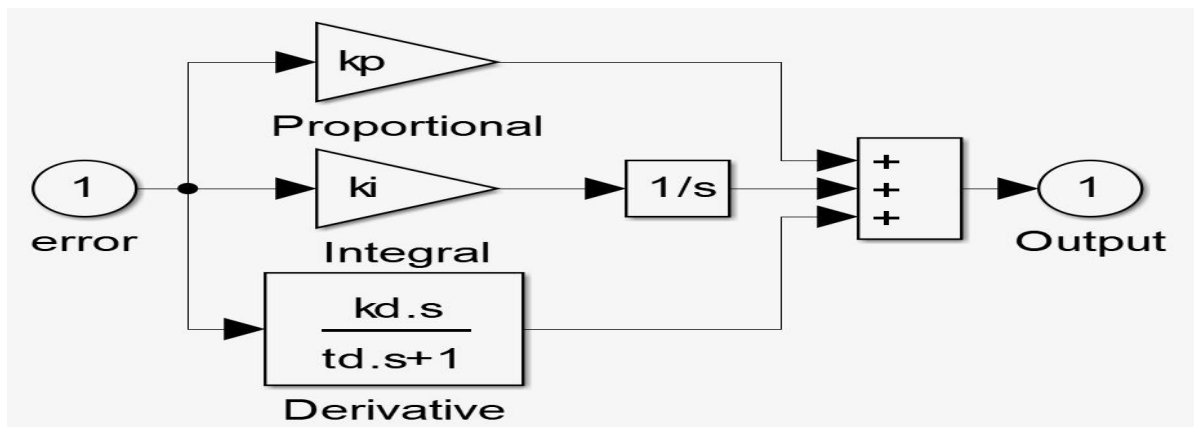
Гидротурбиналар сызықтық емес жүйемен модельденіп 12-суретте көрсетілген.



12-сурет-Сызықтық емес ішкі жүйеге арналған гидротурбина моделі Matlab / Simulink

ПИД реттегіш моделі

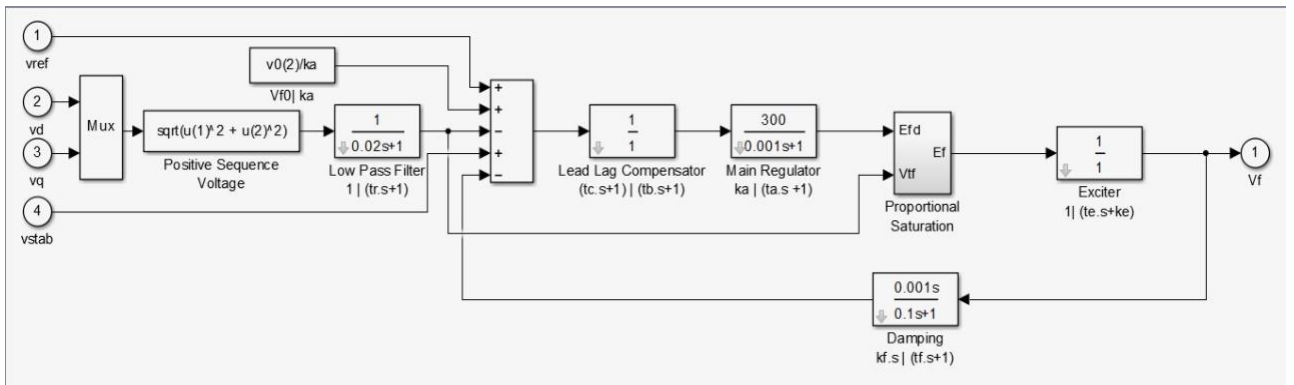
ПИД реттегіш 13-суретте көрсетілген. Ол айналу жылдамдығының ауытқуы туралы сигналды қамтиды, егер ол қосылмаған болса, онда кері ретінде байланыс сигнал ысырманың күйін басқару үшін қолданылады.



13-сурет-ПИД контроллерінің ішкі жүйесіне арналған моделі Matlab / Simulink.

Қоздыру жүйесінің моделі

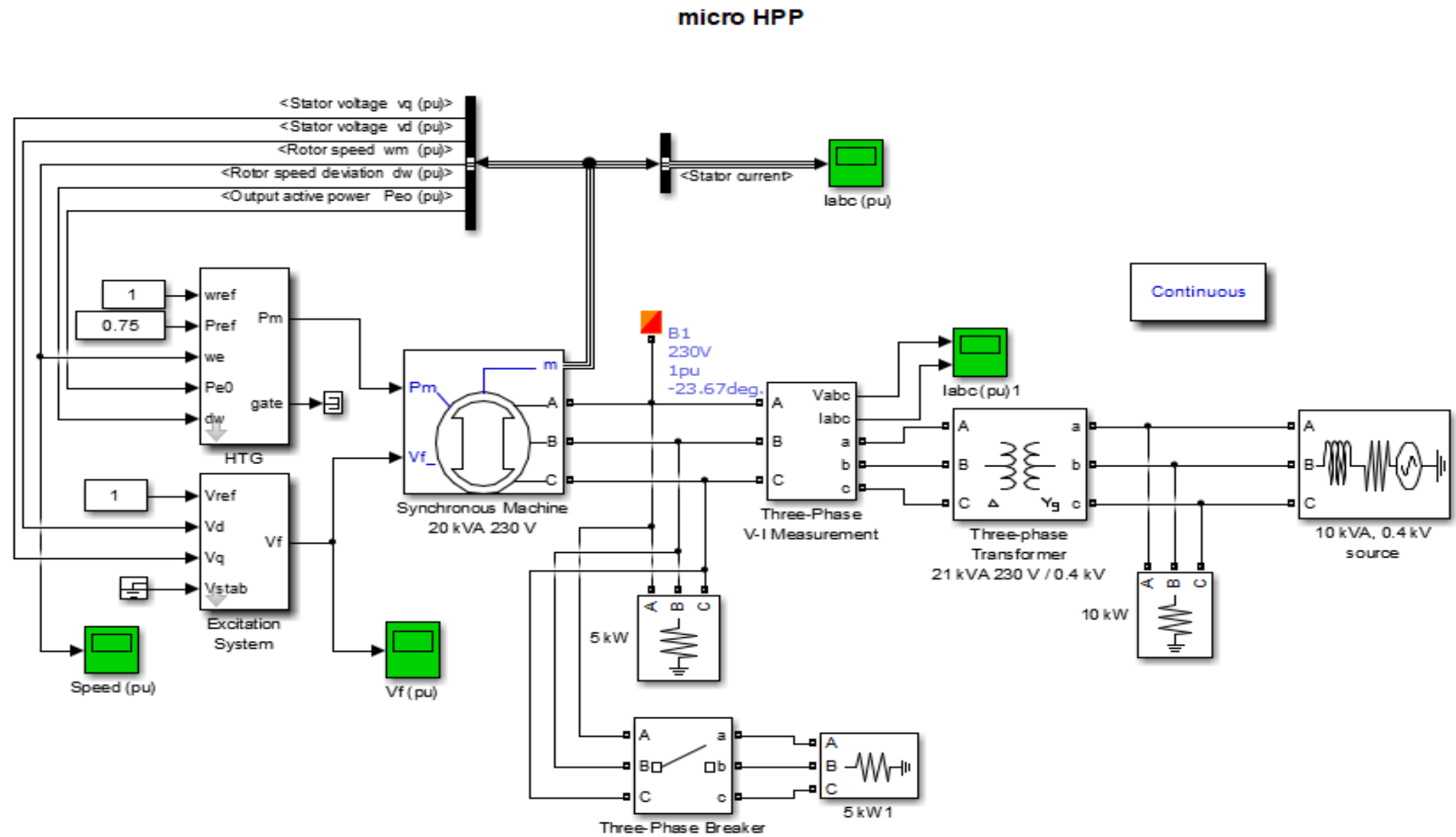
Қоздыру жүйесі қолданылады (14-сурет). Стандартты кіріктірілген Matlab кітапханасындағы DACIA типті IEEE қоздыру жүйесінің моделі / Simulink гидроэлектростанцияны модельдеу үшін қолданылады.



14-сурет-жүйенің ішкі жүйесіне арналған Matlab / Simulink моделі dc1a типті IEEE қоздыру

Су электр станциясының толық моделі

Су электр станцияның жеке компоненттері біріктірілген Matlab / Simulink ортасында гидроэлектростанцияның толық моделін қалыптастыру, ол әртүрлі режимдерде модельдеу және талдау үшін қолданылады жұмыс. 14-суретте гидроэлектростанцияның толық моделі көрсетілген, Matlab / Simulink ортасында жасалған.



15-сурет - Микро-су электр станциясының моделі Matlab / Simulink

Келесі деректер әртүрлі жұмыс жағдайларында гидроэлектростанцияны модельдеу үшін қолданылады.

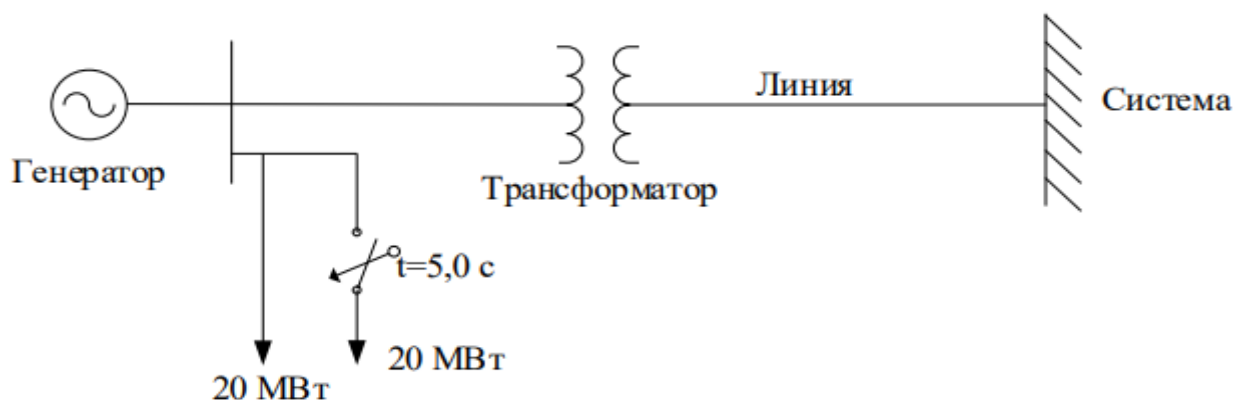
6 – кесте - Модельдеу үшін пайдаланылатын деректер

Жалпы			
Биіктігі			
20			
Жобалық шығын			
142,5 м ³			
2. Турбина			
Түрі			
ПЛ 20			
Қуаты			
20 кВт			
3. Генератор			
Түрі			
Тік білік, синхронды			
Қуат			
20 кВА			
Кернеуі			
230 В			
4. Трансформатор			
Түрі			
Екі-фазалы			
Саны			
1			
Қуат			
21 кВА			
Номиналды кернеу			
230 кВ / 0,4 кВ			
5. Электр беріліс желісі			
Номиналды кернеу			
500 кВ			
Максималды ұзындығы			
140 км			
6. ПИД реттегіш параметрі			
Тұрақты рецессия $R_p = 0.05$			
Пропорционалды күшейту $K_p = 1.0$			
интегралдық күшейту $K_i = 0,2$			
Туынды коэффициент $K_d = 0,1$			
Сервомоторлы күшейту $K_a = 3,33$			
Сервомотор уақыты $T_a = 0,07$ с			
Ысырманың максималды ашылуы = 0,975 с.б.			
Қақпаның минималды ашылуы = 0.01 О. Е.			
7. Қоздыру жүйесінің параметрі			
$K_A=300$	$T_A=0,001$ с	$K_E=1,0$	$V_{f0}=1,29071$
$T_E=0$	$T_B=0,0$	$T_C=0.0$	$T_R=20e^{-3}$
$K_F=0,001$	$T_F=0,1$ с	$E_{FMIN}=-11.5$	
$E_{FMAX}=11,5$	$K_P=0,0$	$V_{t0}=1.0$	

Matlab / Simulink ортасында модельдеу нәтижелері және талқылау 14-суретте көрсетілген су-электростанцияның динамикалық әрекетін модельдеу келесі үш жағдайда жүзеге асырылады.

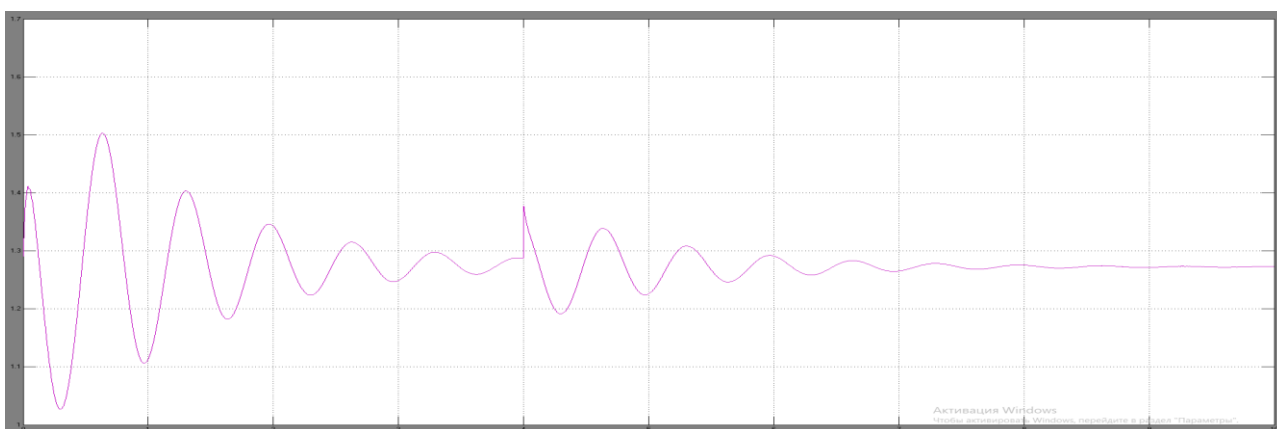
1 жағдай: жүктемені арттыру

Бұл жағдайда *Matlab / Simulink* моделі 15-суретте көрсетілген, ал бір сызықты диаграмма 16-суретте көрсетілген.

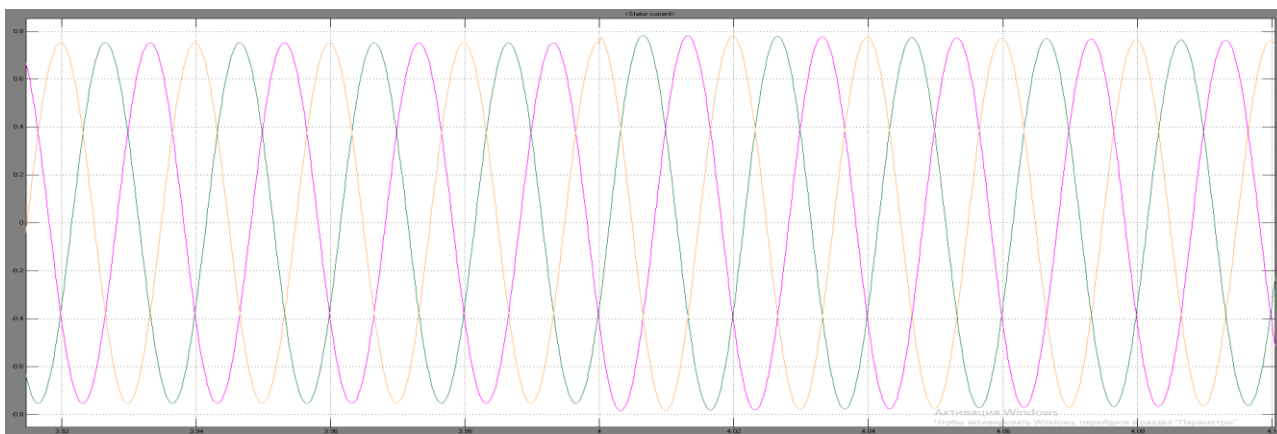


16-сурет-жүктеме арттыру жағдайда бір жолдық диаграмма

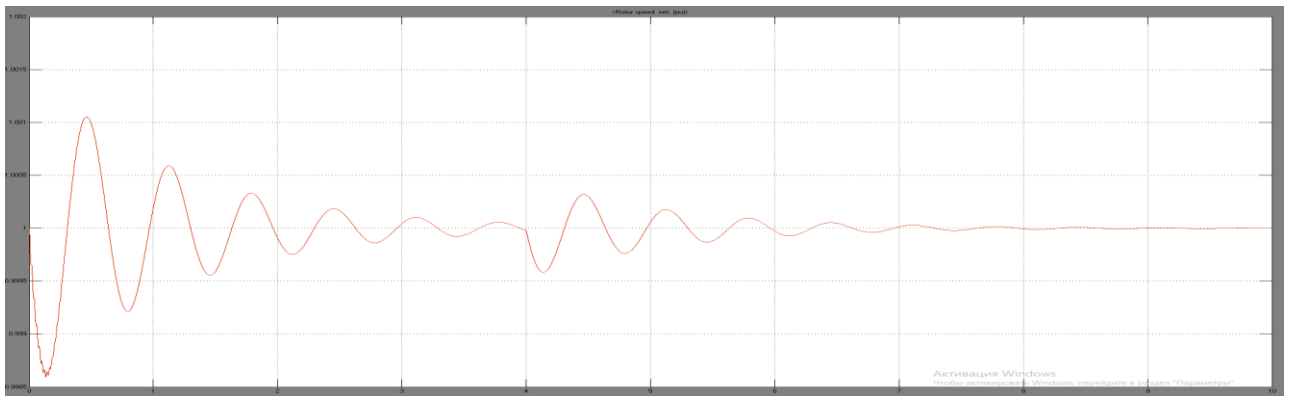
Бастапқы жүктеме 20 КВт құрайды. Ауытқу 20 КВт жүктемені арттыру арқылы жасалады. Имитация 10,0 секунд ішінде жүзеге асырылады. Барлық шамалар салыстырмалы бірліктерде көрсетілген. 21-суретте генератор кернеуінің өзгеруі, 8-суретте генератор тогының өзгеруі, 9-суретте жүктеме тогының өзгеруі, 11-суретте ротордың айналу жылдамдығының өзгеруі, 13-суретте қозу кернеуінің өзгеруі көрсетілген.



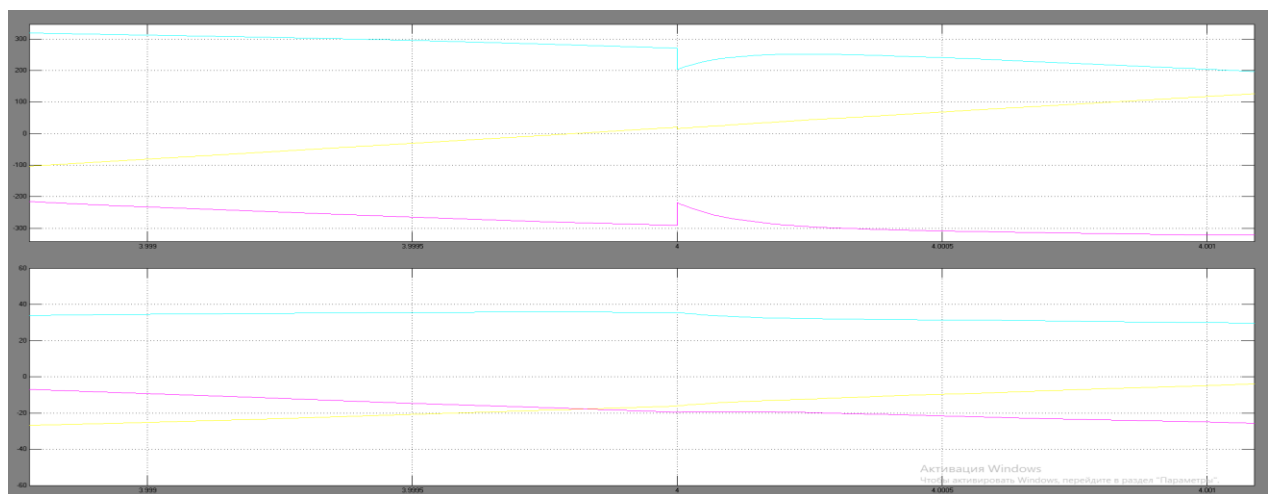
17-сурет-генератордың кернеуі



18-сурет-Генератор тогы



19-сурет-ротордың айналу жылдамдығы



20-сурет-Токтар мен кернеулердің осциллограммасы (Үш фазалы кернеу мен ток өлшегіш)

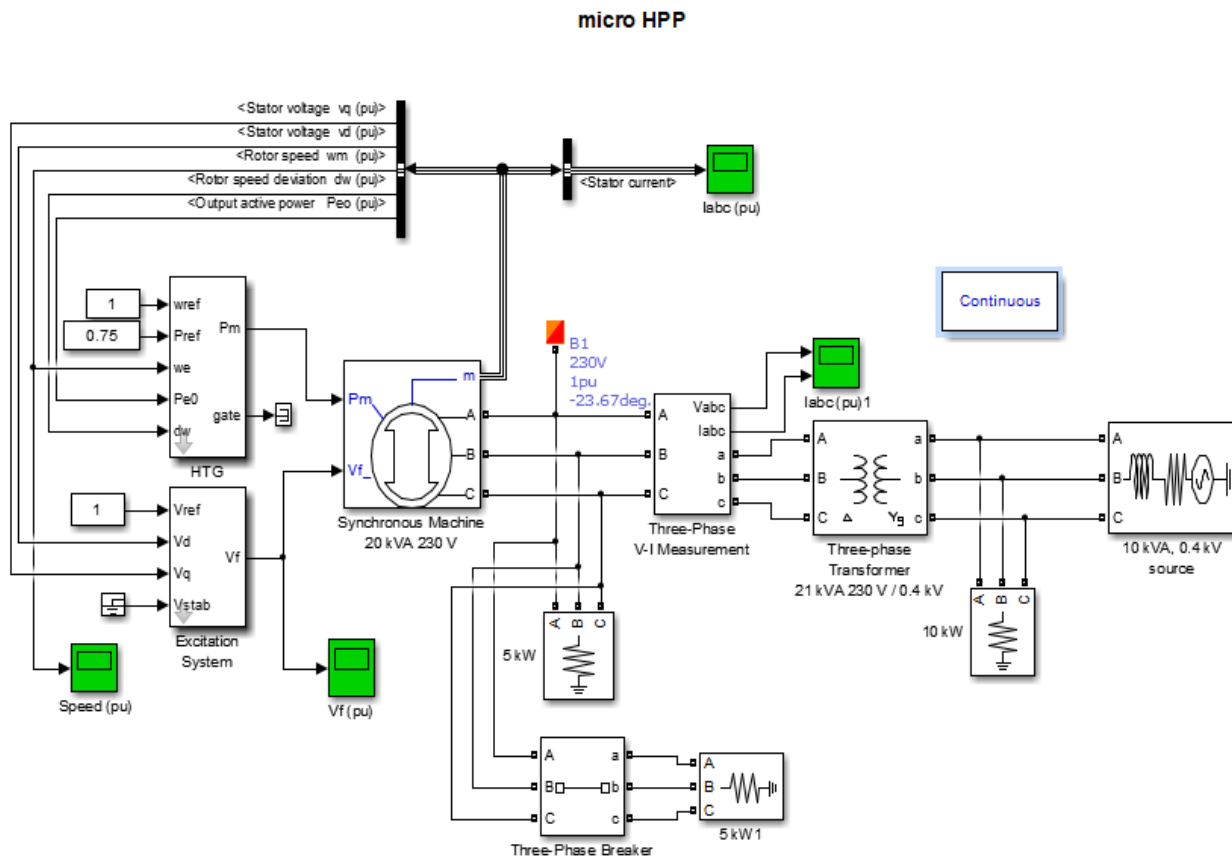
Бастапқыда генератордың кернеуі, ротордың жылдамдығы және желінің кернеуі 1,0 с.б., ал генератор тогы мен желінің тогы сәйкесінше 0,65 с.б. және 0,35 с.б. Жүктеме тогы 0,1 с.б., электр қуаты 0,75 с.б., қоздыру кернеуі 1,10 с.б., генератордың жүктеме бұрышы 27 градус, механикалық қуаты 0,755 с.б. және ысырманьң ашылу шамасы 0,726 с.б.

Электр қуаты 0,75 с.б. бастапқы мәнінен 0,8 с.б. дейін артады және 11-суретте көрсетілгендей 7,0 секундтан кейін тұрақты күйге жетеді, ал ротордың жылдамдығы осы уақытта төмендеді, бірақ 12-суретте көрсетілгендей 7,0 секундтан кейін тұрақты мәнге жетті. Жүктеме артқан кезде қозу кернеуі шамамен 1,3 с.б. дейін артады және ол 3,0 секунд ішінде ауытқиды және 4.12 суретте көрсетілгендей 8,0 секундтан кейін тұрақты мәнге жетеді. Сондай-ақ, генератордың жүктеме бұрышы 28 градусқа дейін артады және ол 2,0 секунд ішінде ауытқиды, ал бастапқы тұрақты мәнге 7,0 суретте көрсетілгендей 4.13 секундтан кейін қол жеткізіледі. Механикалық қуат жүктеме $t = 5,0$ секундта жоғарылаған сайын артады және ол 3,0 секундқа созылады және 15-суретте көрсетілгендей 8.0 секундтан кейін тұрақты мәнге жетеді. Жүктеменің жоғарылауына байланысты желі тогы 15-суретте көрсетілгендей 0,3 О. Е.-ден

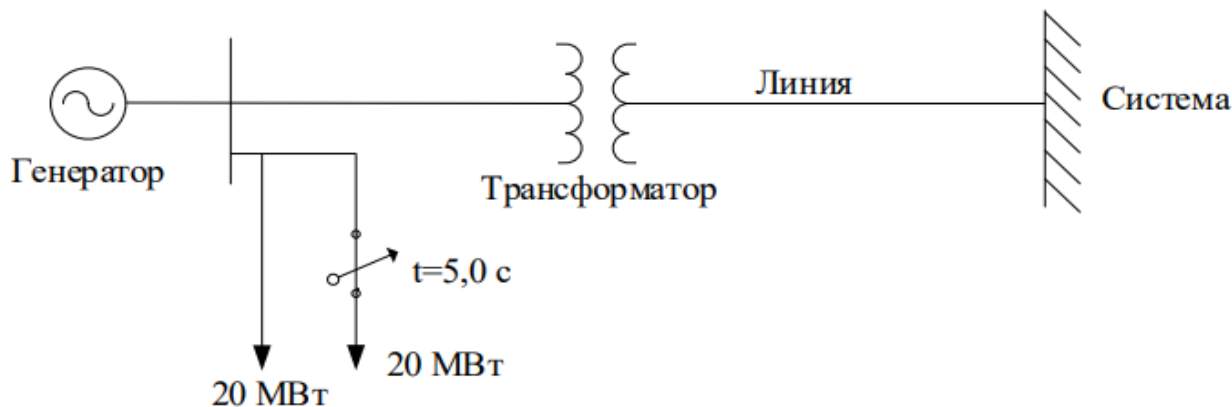
0,29 О. е дейін төмендейді. 16-суреттен жүйеге жүктеме артқан кезде ысырманың ашылу мөлшері азаяды және 2,0 секунд ішінде ауытқиды және 7,0 секундқа дейін бастапқы тұрақты мәнге оралады.

II жағдай: жүктемені азайту

Бұл жағдайда Matlab / Simulink моделі 4.18 суретте көрсетілген, ал бір сызықты диаграмма 4.19 суретте көрсетілген.

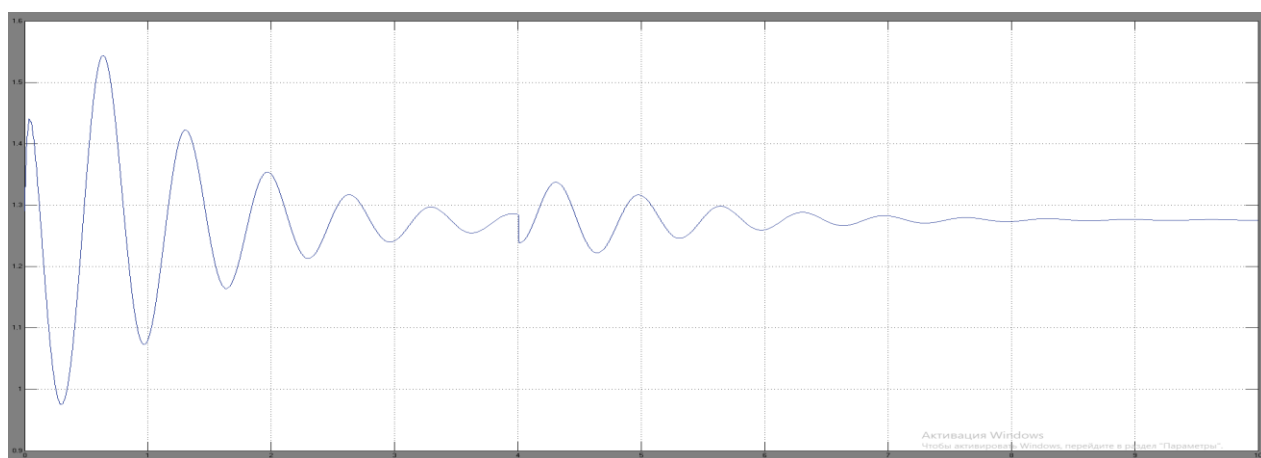


21-сурет-Аз жүктеме кезіндегі гидроэлектростанциясының моделі Matlab / Simulink

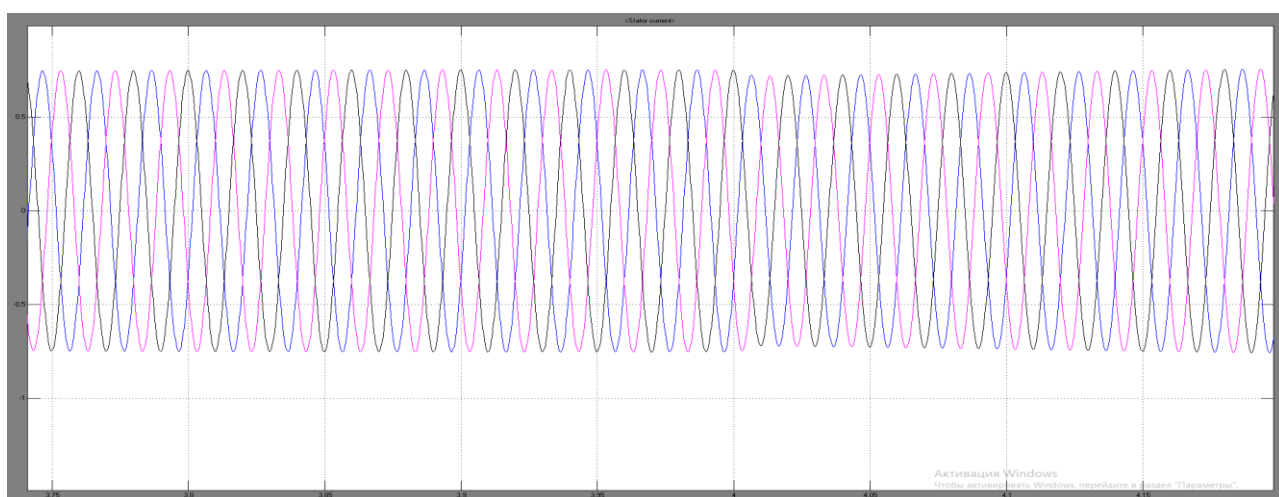


22-сурет-Жүктемені азайту үшін бір сызықты сұлбасы

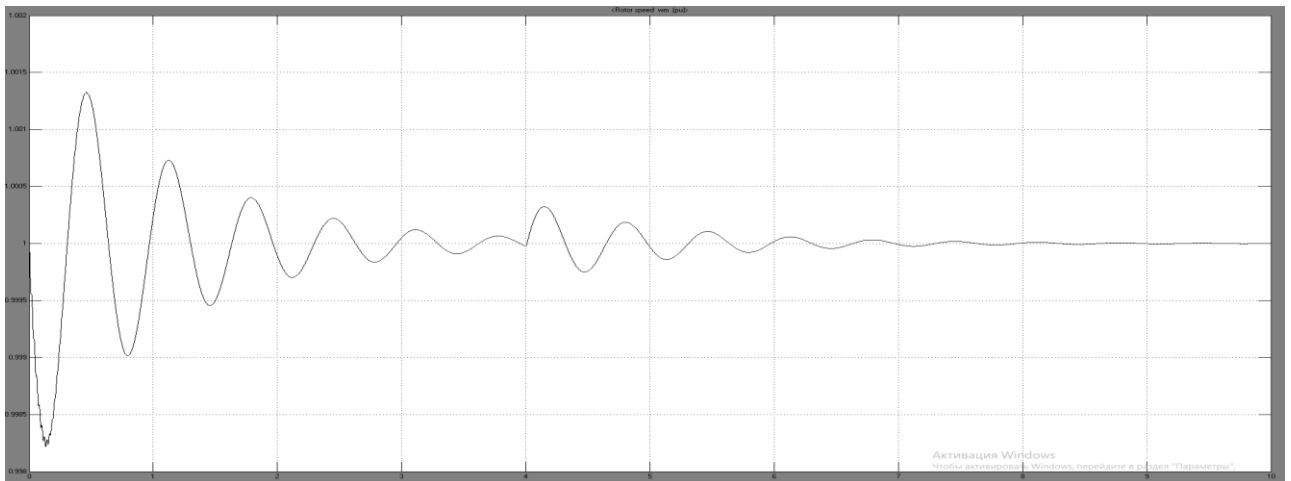
Бастапқыда 20 КВт - бұл желідегі жалпы жүктеме, $t = 5,0$ секундта жалпы жүктемеден 20 КВт жүктемені азайту арқылы бұзушылық енгізілді, ал модельдеу 10,0 секунд ішінде жүзеге асырылады. Барлық шамалар салыстырмалы бірліктерде көрсетілген. 4.20 - 4.30 суреттерінде уақытша сипаттамалар берілген. 4.20-суретте генератор кернеуінің өзгеруі, 4.21-суретте генератор тогының өзгеруі, 4.22-суретте жүктеме тогының өзгеруі, 4.23-суретте генератордың электр қуатының өзгеруі көрсетілген. 4.24-суретте ротор жылдамдығының өзгеруі, 4.25-суретте қозу кернеуінің өзгеруі, 4.26-суретте генератордың жүктеме бұрышының өзгеруі, 4.27-суретте механикалық қуаттың өзгеруі көрсетілген. 4.28 желі кернеуінің өзгеруін, 4.29 суретте желі тогының өзгеруін, ал 4.30 суретте ысырманың ашылу шамасының өзгеруін көрсетеді.



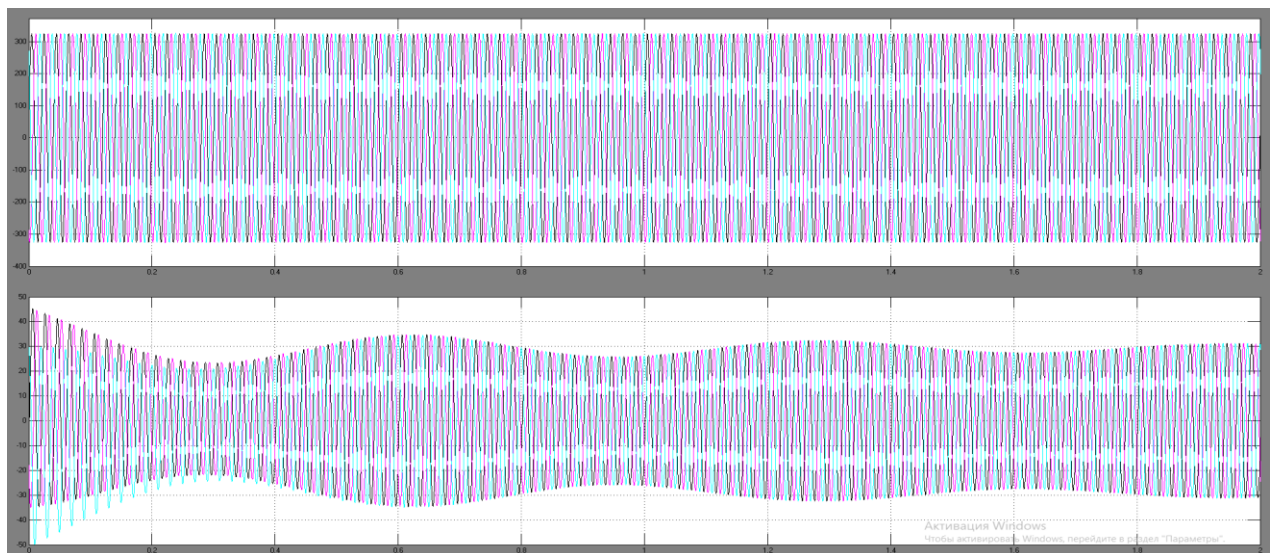
23-сурет-генератордың кернеуі



24-сурет-Генератор тогы



25-сурет-ротордың айналу жылдамдығы



26-сурет-Токтар мен кернеулердің осциллограммасы (Үш фазалы кернеу мен ток өлшегіш)

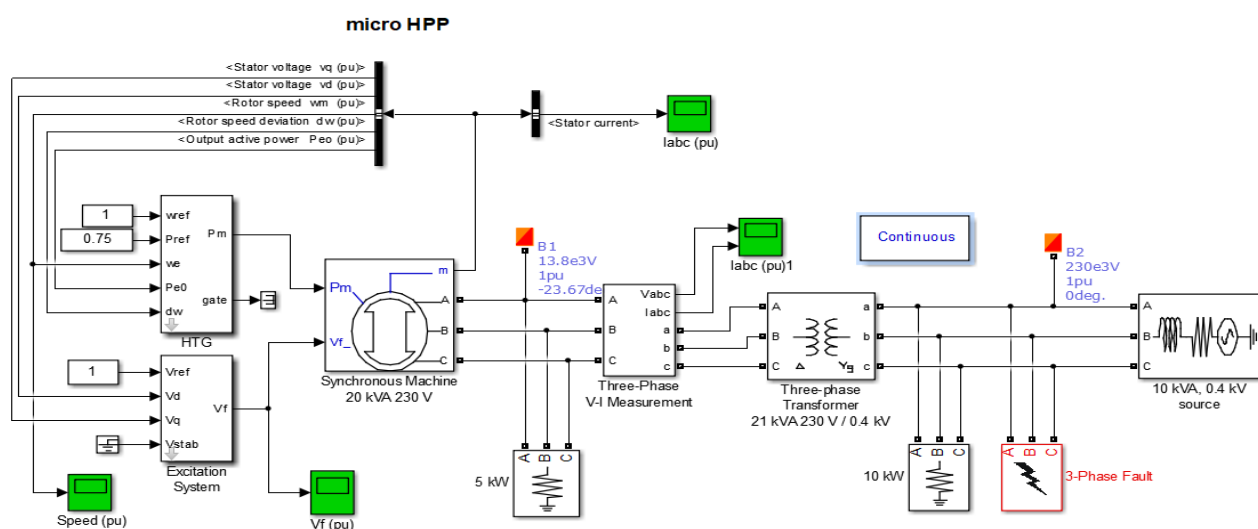
Бастапқыда генератордың кернеуі, ротордың жылдамдығы және желінің кернеуі 1,0 с.б., ал генератор тогы мен желінің тогы 0,65 құрайды. Тиісінше E және 0,29 с.б. Жүктеме тогы 0,2 0.Е., электр қуаты 0,75 с.б., қозу кернеуі-1,10 генератордың жүктеме бұрышы - 27 градус, механикалық қуаты-0,751 с.б. және ысырманың ашылу шамасы 0,726 с.б. Жүктеме азайған кезде генератордың кернеуі мен желінің кернеуіне әсер етпейтінін көруге болады, ал $t = 5,0$ секундта генератор тогының аздап төмендеуі байқалады, генератор тогы 6,0 секундта белгіленген мәнге жетеді. 23-суретте көрсетілгендей 7,0 секундтан кейін тұрақты мәнге жетеді, ал ротордың жылдамдығы артады, бірақ 24-суретте көрсетілгендей 7,0 секундтан кейін тұрақты мәнге жетті. Жүктеме азайған кезде қозу кернеуінің төмендеуі байқалады.

Жүктеме азайған кезде қозу кернеуінің шамамен 1,0 с.б. дейін төмендеуі байқалады және ол 3,0 секунд ішінде ауытқиды және 25-суретте көрсетілгендей

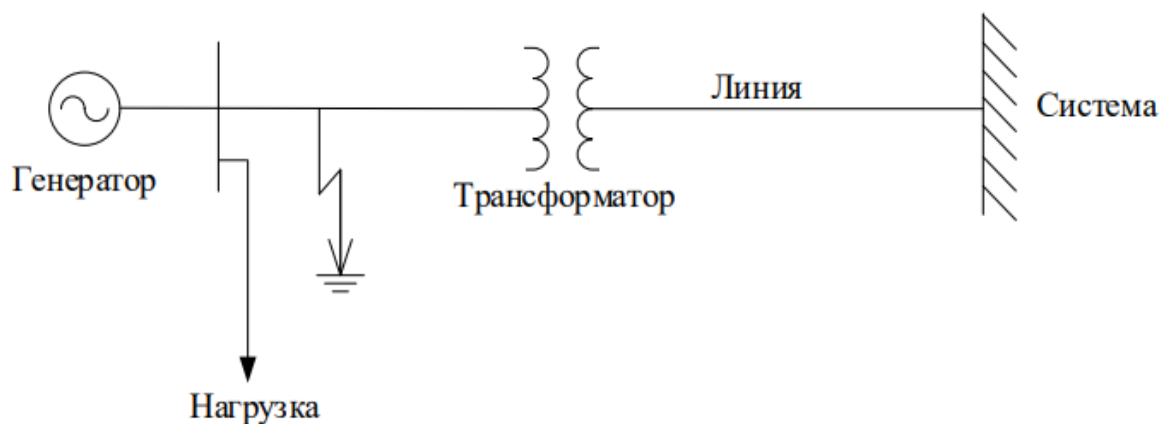
8,0 секундтан кейін тұрақты мәнге жетеді. Сондай-ақ, генератордың жүктеме бұрышы 26 градусқа дейін төмендейді және ол 2,0 секунд ішінде ауытқиды және 7,0 суретте көрсетілгендей 4.26 секундтан кейін бастапқы тұрақты мәнге жетеді. Механикалық қуат $t = 5,0$ секундта азаяды және 3,0 секундқа созылады және 26-суретте көрсетілгендей 8,0 секундтан кейін тұрақты мәнге жетеді. Жүктеменің төмендеуіне байланысты желі тогы 0,35 0-ге дейін артады. Жүктеме жүйеден шыққан кезде ысырманың ашылу мөлшері артып, 2,0 секунд ішінде өзгеріп, 7,0 секундқа дейін бастапқы тұрақты мәнге оралатыны көрінеді.

III жағдай: қысқа тұйықталу

Бұл жағдайда Matlab / Simulink моделі 4.31 суретте көрсетілген, ал бір сызықты диаграмма 4.32 суретте көрсетілген.

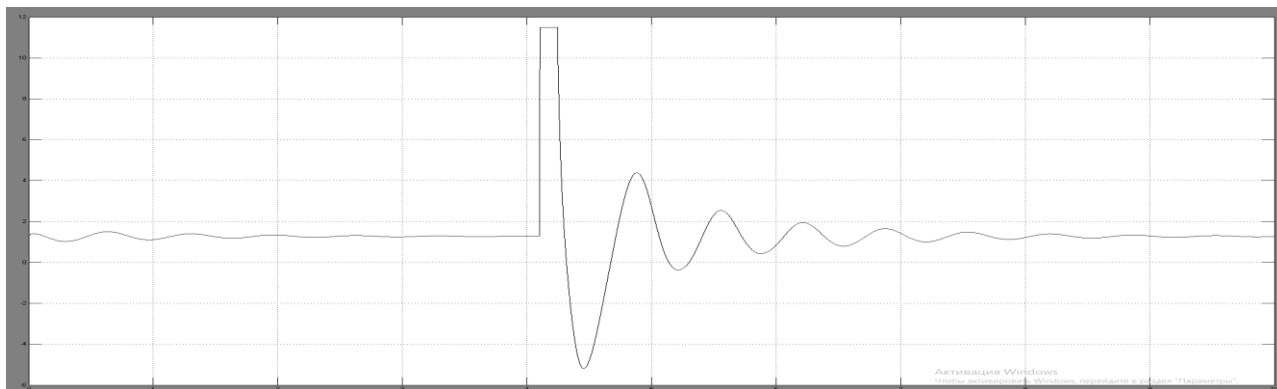


27-сурет-қысқа тұйықталуды модельдеуге арналған су электр станциясының моделі Matlab / Simulink.

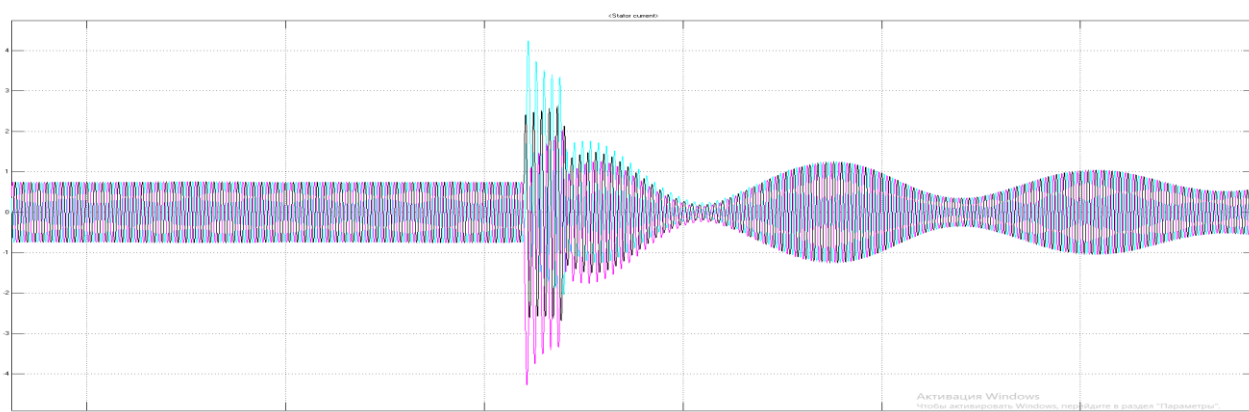


29-сурет-үш фазалы қысқа тұйықталу үшін бір сызықты сұлбасы

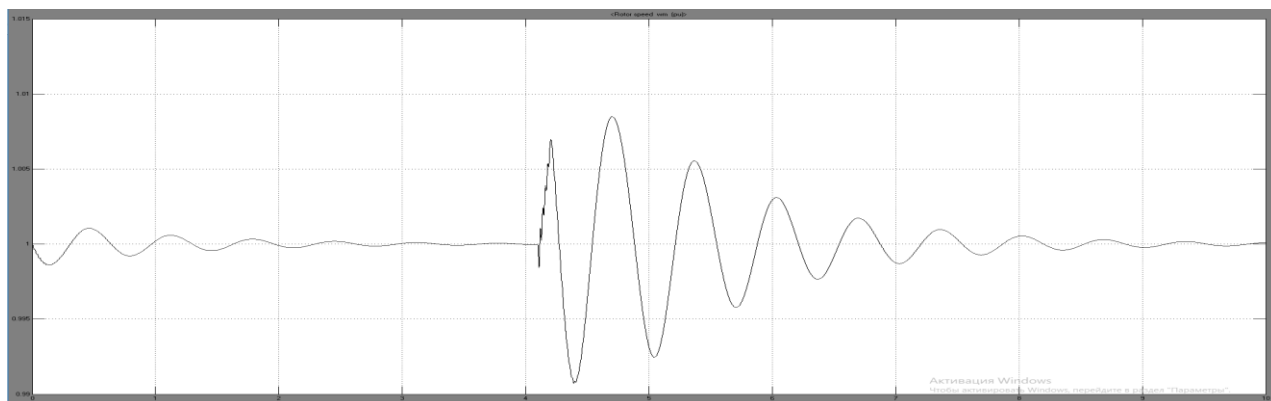
Генератордың терминалдарындағы үш фазалы тұйықталу қарастырылады. Модельдеу 10,0 секунд ішінде жүзеге асырылады. Барлық шамалар салыстырмалы бірліктерде көрсетілген. 30-суретте генератор кернеуінің өзгеруі, 31-суретте генератор тогының өзгеруі, 32-суретте жүктеме тогының өзгеруі, 33-суретте ротордың айналу жылдамдығының өзгеруі, 34-суретте қозу кернеуінің өзгеруі, 35 желі кернеуінің өзгеруін көрсетеді, 15-суретте желі тогының өзгеруі.



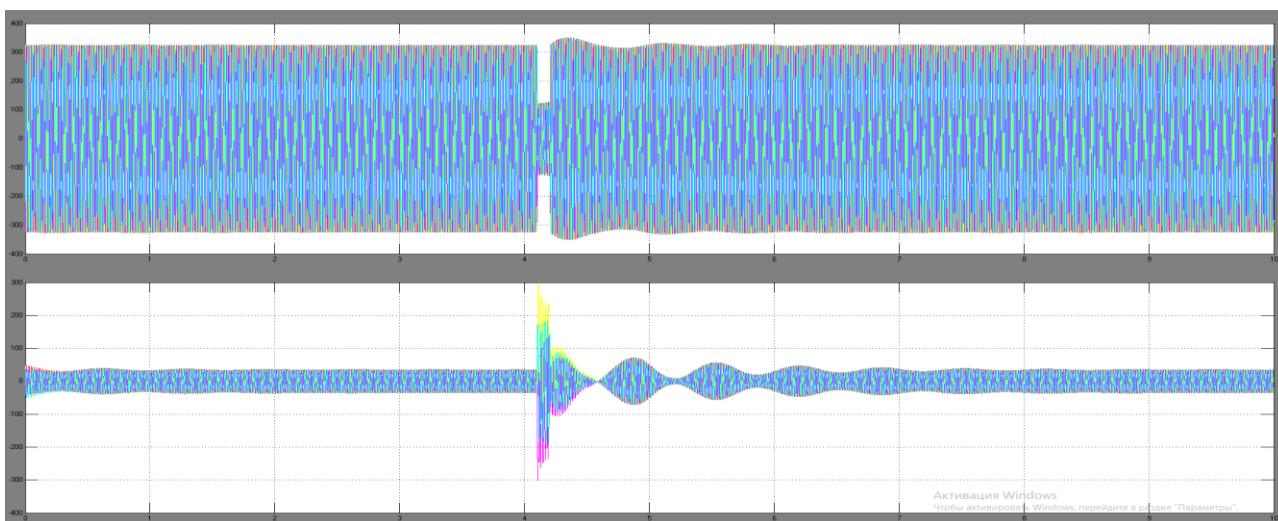
30-сурет-генератордың кернеуі



31-сурет-Генератор тогы



32-сурет-ротордың айналу жылдамдығы



33-сурет-Токтар мен кернеулердің осциллограммасы (Үш фазалы кернеу мен ток өлшегіш)

Бастапқыда генератордың кернеуі, ротордың жылдамдығы және желінің кернеуі 1,0 с.б., ал генератор тогы мен желінің тогы сәйкесінше 0,65 с.б. және 0,29 с.б. құрайды. Жүктеме тогы шамамен 0,1 0.Е., электр қуаты 0,75 с.б., қоздыру кернеуі - 1,10 с.б., генератордың жүктеме бұрышы - 27 градус, механикалық қуаты - 0,751 с.б. және ысырманың ашылу шамасы 0,725 с.б. $t = 5,0$ секунд кезінде генератордың терминалдарында жерге үш фазалы тұйықталудың пайда болуына байланысты генератордың кернеуі мен тогы бастапқы деңгейден нөлге дейін төмендейді 1,0 с.б. және 0,1 с.б. мәндері тиісінше, суреттерде көрсетілгендей және қысқа тұйықталу $t = 5,2$ секундта жойылғаннан кейін 2,0 секунд ішінде өтпелі күйде қалады және 7,0 секундтан кейін тұрақты мәнге жетеді. Зақымдану кезінде генератор тогы мен желі тогы шамамен 11,0 с.б. және 2,0 с.б. сәйкесінше 3,0 секунд ішінде өтпелі күйде қалады суреттерінде көрсетілгендей 8,0 секундтан кейін тұрақты мәнге жетеді.

Генератордың жүктеме бұрышы 14-суретте көрсетілгендей бастапқы 27 градус мәнінен 170 градусқа дейін едәуір артады және 4,0 секунд ішінде өзгеріп, 9,0 секундтан кейін тұрақты мәнге жетеді. Механикалық қуат азаяды және 4.40 суретте көрсетілгендей 4,0 секундқа созылады және 0.751 0 мәніне жетеді.Е. Желінің кернеуі 1,0 с.б. бастапқы мәнінен шамамен 0,7 с.б. дейін азаяды және 2,0 секунд ішінде өтпелі күйде қалады және 14-суретте көрсетілгендей 7,0 секундтан кейін белгіленген 1,0 с.б. мәніне жетеді. Ысырманың ашылу шамасы 0,74 с.б. бастапқы мәннен 0,725 с.б. дейін артады және 4.43-суретте көрсетілгендей 4,0 секунд ішінде ауытқиды және 9,0 секундтан кейін белгіленген мәнге қол жеткізуге ұмтылады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл диссертациялық жұмыста микро-су электр станцияның әртүрлі элементтерін математикалық модельдеу жүргізілді. Су электр станциясының элементтері әртүрлі жұмыс жағдайларында біріктірілген және модельделген: жүктеменің өзгеруі, генератордың терминалдарындағы үш фазалы тұйықталу. Matlab / Simulink гидроэлектростанциясының моделі Matlab / Simulink моделінің кейбір модификациясынан кейін Matlab / Simulink ортасында орындалатын жағдайлар үшін нақты уақыт режимінде модельденеді. Matlab / Simulink дамыған моделі және микро-су электр станцияның жұмысы келесі жұмыс жағдайлары үшін тексеріледі:

- 1) Жүктемені арттыру;
- 2) Жүктемені азайту;
- 3) Қысқа тұйықталу.

Сонымен қатар, су электр станцияға гидравликалық өтпелі талдау ПИД реттегішінің әртүрлі мәндерінде жүргізілді. Алынған нәтижелерден ПИД реттегішінің әр түрлі күшейту мәні гидравликалық өтпелі кезеңге әсер ететіндігін көруге болады, егер ПИД контроллерінің туынды реттегішінің пайдасы пропорционалды және интегралды кірістің өсуімен салыстырғанда жоғарыласа. Демек, туынды пайда көбейген кезде жүйе өте тұрақсыз болады. Осылайша, микро-су электр станцияның тұрақты жұмысы үшін туынды өсу коэффициентінің төмен мәні ұсынылады.

Зерттеуге қосқан үлесі:

- Су электр станцияларды динамикалық зерттеу үшін гидравликалық турбинаның сызықтық емес моделін жасау;
- Matlab / Simulink бағдарламалық жасақтамасындағы әртүрлі компоненттерге арналған модель жасау;
- Matlab / Simulink ортасында шағын гидроэлектростанцияның модельдеу моделін жасау және оның әр түрлі жұмыс режимдеріндегі әрекетін талдау.

Осы магистрлік диссертацияны одан әрі дамыту жөніндегі ұсыныстар:

- 1) Модельдеу моделін су қоймасы параметрлерінің әсерін ескере отырып жасауға болады.
- 2) ПИД реттегіші әзірленген модельдеу моделі үшін қарастырылады. Модельдеу моделін басқару жүйелері үшін жасанды интеллектті ескере отырып жасауға болады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 [https://energypedia.info/wiki/MicroHydroPower\(MHP\)Plants#Financing](https://energypedia.info/wiki/MicroHydroPower(MHP)Plants#Financing) [1].
- 2 Радкевич А.А. «Технико-экономическое обоснование для строительства малых ГЭС» с.1-5 [2].
- 3 Мель М. И. «Экономическая эффективность использования микро-ГЭС» с.1-5 [3].
- 4 Bilal Abdullah Nasir «Design Considerations of Micro-hydro-electric Power Plant» 2014. page.1-2 [4].
- 5 Берг Л. Гидроэнергетика тұрақты даму факторы ретінде. Гидроэнергетика. Жаңа әзірлемелер мен технологиялар: алтыншы ғылыми-техникалық конференция, баяндамалар мен баяндамалар. Санкт-Петербург. "ВНИИГ им. Б. Эл. Веденеева". 2012. 130-167 Б. [5].
- 6 Никишин к. а., Толстихина Е. А., Сема Е. г., Толстихина Л. В. Микро-СЭС-ті салу үшін Сібірдің оңтүстік аймақтарының гидроэнергетикалық ресурстарын пайдалану жастар көзімен Электр энергетикасы-2016: VII және жастар Халықаралық ғылыми-техникалық конференциясының материалдары, 19-23 қыркүйек 2016 ж., Қазан. - Т. Қазан: Қазан. мемлекет. энергия. ун-т, 2016. -379. [6].
- 7 https://studref.com/stroitelstvo/zatvory_gidrotehnicheskikh_sooruzheniy [7].
- 8 Электротехническая библиотека Гидроэлектростанции, часть 3-2, Гидротурбины. Методики оценки технического состояния. [8].
- 9 Б.В. Лукутин, С.Г. Обухов, Е.Б. Шандарова «Автономное электроснабжение от микрогидроэлектростанции». [9].
- 10 Электрондық ресурс <https://electricps.ru/gidrogenerators>. [10].
- 11 «Optimization of the Performance of Micro Hydro-Turbines for Electricity Generation» Rajab Y.S. The programme of research was carried out in the School of Engineering & Technology, University of Hertfordshire, Hatfield, UK May 2014 [56-221]. [11].
- 12 «New Methods of Application of Micro Hydroelectric Power Plants at Existing Hydraulic Structures: Schemes, Parameters, Efficiency» M. Mukhammadiyev B. Urishev, E. Kan1 and K. Juraev [1-10]. [12].
- 13 ESHA 2004 «Guide on How to Develop a Small Hydropower Plant» [154-196][13].

Баянай Ақбота Ақжолқызының

7M0711300 – Э лектр техникасы және энергетика мамандығы бойынша
**«Микро-су электр станцияларында электр энергиясын өндіруді ұлғайту
үшін іс-шаралар әзірлеу»** тақырыбындағы магистрлік диссертациясына
ғылыми жетекшінің

ПІКІРІ

Диссертациялық жұмыс микро-су электр станцияларының өндіретін қуатын арттыруға арналған. Микро-су электр станциялары таза жаңартылатын энергия көзінің тиімді және сенімді түрі болып табылады. Бұл электр станциялар кішігірім өзендер мен бұлақтардан энергиясын пайдаланудың таптырмас әдісі болып табылады. Мұндай су электр станцияларында су ағыны турбинадан тікелей өтеді, яғни микро-су электр станциялары суды бөгейтін күрделі су құрылыстарын талап етпейді. Бұл жергілікті экологиялық жүйеге минималды әсер етеді. Сондықтан микро-су электр станцияларын құру және олардың өндіретін қуатын арттыру өзекті мәселелерден болып табылады.

Микро-су электр станцияларыда электр энергиясын өндіруді арттыру үшін, бірінші кезекте әлемдегі және Қазақстандағы қолданыстағы микро-су электр станцияларының негізгі жабдықтарына талдау жасалған. Талдау нәтижелері бойынша микро-су электр станциялардың гидротехникалық құрылыстарды, электрмеханикалық бөлікті, электрлік бөлікті оңтайландыру шаралары жасалған.

Жасалған оңтайландыру шараларының электр энергиясын өндіруге әсерін зерттеу мақсатында MATLAB/Simulink бағдарламасында микро-су электр станциясының моделі құрылған және электрлік жүйенің әртүрлі жұмыс режимдеріндегі жағдайлары зерттелген.

Магистрант Баянай А.А. диссертациялық жұмыста жоспарланған мақсаттарды орындап, оң нәтижелерге қол жеткізді. Диссертация автордың жеткілікті жоғары деңгейде өз бетінше орындаған аяқталған зерттеу жұмысы болып табылады. Жұмыстың жалпы сипаттамасына тоқталатын болсам, оның құрылысының анықтығын, материалдың жүйелі талдануын және мазмұнды берудің жүйелілігін атап өтуге болады. Зерттеушінің осы мәселе бойынша бар ғылыми дереккөздерді терең және сапалы зерделеуі, тақырыпты ашу барысында оларға шебер сүйену және диссертациялық жұмыс мәтініндегі жекелеген ережелерді орынды пайдалануы сөзсіз еңбегі болып табылады.

Жоғарыда айтылғандардың барлығы бұл жұмыстың ондағы алға қойылған проблемалары жағынан да, оны шешу жолдары жағынан да жаңашыл, өзіндік аяқталған зерттеу жұмысы екендігін көрсетеді.

Баянай Ақбота Ақжолқызы 7М0711300 – «Электр техникасы және энергетика» мамандығы бойынша «техника ғылымдарының магистрі» академиялық дәрежесін алуға лайық және магистрлік диссертациясын қорғауға жіберіледі.

Ғылыми жетекші
«Энергетика» кафедрасының ассистент-профессоры,

PhD

(лауазымы, ғыл. дәрежесі, атағы)

Балгаев Н.Е.

(колы)

« 08 » 06 2022 ж.

Баянай Ақбота Ақжолқызының

7M07113-Электротехника және энергетика
мамандығы бойынша

«Микро-су электр станцияларында электр энергиясын өндіруді ұлғайту үшін іс-шаралар әзірлеу» тақырыбындағы магистрлік диссертациясына

СЫН-ПІКІР

Диссертация кіріспеден, үш тараудан, қорытындыдан, әдебиеттер тізімінен тұрады. Жұмыс баспа мәтінінің 54 бетінде орындалған.

Таңдалған тақырып өте өзекті және практикалық маңызы бар, ол микро-су электр станцияларында электр энергиясын өндірудің мәселелерін зерттеуге бағытталған. Диссертация тақырыбы бойынша мақсаттар, міндеттер қойылып, зерттеу тақырыбы мен объектісі анықталды.

Мақсаттар мен міндеттерге сүйене отырып, диссертация үш тараудан тұрады. Барлық тараулар зерттеу тақырыбын толығымен ашуға мүмкіндік беретін нақты логикалық дәйектілікпен құрылған. Әр бөлім автор қойған мақсаттарға қол жеткізуге әкелетін нақты мәселені шешуге арналған.

Бірінші тарауда микро-су электр станцияларының бөліктеріне шолу және талдау жасалаған.

Екінші тарау микро-су электр станцияларының гидротехникалық, электромеханикалық, электрлік бөлігін оңтайландыруға арналған іс шараларға талдау жүргізуге арналған.

Үшінші тарауда, екінші тараудың есептік деректері негізінде, Simulink пакеті мен SimPowerSystems блок кітапханасын қолдана отырып, MATLAB бағдарламалық ортасында микро-су электр станциясы модельденген. Микро-су электр станциясының жұмысы үш режимде зерттелген, яғни асқын жүктеме кезінде, жүктеменің күрт азаюы кезінде және қысқа тұйықталу кезінде турбинаның, генератордың және электр жүйесі параметрлерінің өзгеруі зерттелген.

Диссертация магистранттың нормативтік және әдістемелік материалдарды жақсы білетіндігін, статистикалық мәліметтерді талдай алатындығын және алынған ақпаратты практикалық мақсатта қолдана алатындығын айтады. Жұмыс нақты деректерді, арнайы әдебиеттерді қолдана отырып, сауатты тілде жазылған, дұрыс жасалған.

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУЛЕР

Диссертациялық жұмыс бойынша келесі ескертулер бар:

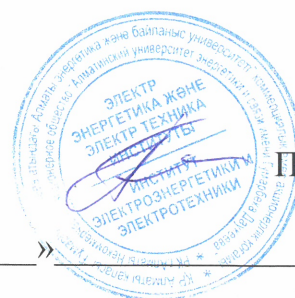
- жұмыстың экономикалық бөлімі қарастырылмаған, микро-су электр станциясының құнын экономикалық есептеу қажет.

ЖҰМЫСТЫ БАҒАЛАУ

Жоғарыдағы ескерту ұсыныс сипатында болып, магистрлік диссертацияның ғылыми құнын төмендетпейді, сондықтан, магистрлік диссертация "өте жақсы" (95%) бағаға лайық, ал оның авторы Баянай Ақбота Ақжолқызы 7М07113 – «Электр техникасы және энергетика» мамандығы бойынша «техника ғылымдарының магистрі» дәрежесіне лайықты.

Пікір беруші

АЭЖБУ,
«Электр машиналар және электр жетегі»
кафедрасының профессоры, техн.ғыл.докторы



П.И.Сагитов

« _____ » 2022 ж.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Баянай Ақбота Ақжолқызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Магистерская диссертация

Название работы: Микро-су электр станцияларында электр энергиясын өндіруді ұлғайту үшін іс-шаралар әзірлеу

Научный руководитель: Нуржан Балгаев

Коэффициент Подобия 1: 4.3

Коэффициент Подобия 2: 2.8

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 3

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

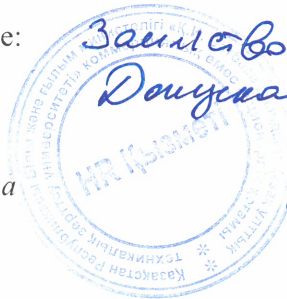
После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

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

Обоснование:

2022-06-07

Дата



Handwritten signature of Nurzhan Balgaev

Нуржан Балгаев

проверяющий эксперт

