

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Т.К. Бәсенов атындағы Сәулет, құрылыс және энергетика институты

Энергетика кафедрасы

Нұрасыл Мағжан Ержанұлы

Электрэнергетикалық жүйелердегі апат алдындағы жиіліктің өзгеруі

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5B071800 – Электр энергетикасы

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Т.К. Бәсенов атындағы Сәулет, құрылыс және энергетика институты

Энергетика кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі м.а.

PhD, ассистент профессор

 Е.А. Сарсенбаев

«15» 05 2019 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Электрэнергетикалық жүйелердегі апат алдындағы жиіліктің өзгеруі»

5B071800 – Электр энергетикасы мамандығы бойынша

Орындаған

Нұрасыл М.

Пікір беруші

АЭЖБУ «Электр машиналар және электр жетегі» кафедрасының меңгерушісі, техн. ғыл. канд.

Ғылыми жетекші

PhD, сениор-лектор

 Калиева К.Ж.

 Балгаев Н.Е.

«14» 05 2019 ж.

«14» 05 2019 ж.

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Т.К. Бәсенов атындағы Сәулет, құрылыс және энергетика институты

Энергетика кафедрасы

5B071800 – Электр энергетикасы

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі м.а.

PhD, ассистент профессор

 Е.А. Сарсенбаев

«28» 01 2019 ж.

**Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Нұрасыл Мағжан Ержанұлы

Тақырыбы «Электрэнергетикалық жүйелердегі апат алдындағы жиіліктің өзгеруі».

Университет проректорының 2018 жылғы «30» қазандағы № 1210-Б бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: «30» сәуір 2019 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: Төрт қосалқы станция, олардың өзара арақашықтығы, км: $L_1=25$, $L_2=35$, $L_3=80$, $L_4=75$, $L_5=140$; жүктемелері, МВт: $P_1=50$, $P_2=50$, $P_3=40$, $P_4=60$; максималдық жүктеменің жылдық сағаты $T_{max}=5350$ сағ; қуат коэффициенті $\cos \varphi=0,65$.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

- а) ЭБЖ жұмыс режимдерінің электр энергияның жиілікке әсерін анықтау;
- б) Электр энергетикалық жүйенің параметрлерін есептеу;
- в) Электр энергетикалық жүйенің моделін құру;
- г) Қ.Т. кезінде жиіліктің өзгеруін анықтау.

Сызбалық материалдар тізімі: Сызбалық материалдарды слайдпен дайындау.

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 10 атау

Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
ЭБЖ жұмыс режимдерінің электр энергияның жиілікке әсерін анықтау	11.03.2019 ж.	<i>жоқ</i>
Электр энергетикалық жүйенің параметрлерін еспетеу	25.03.2019 ж.	<i>жоқ</i>
Электр энергетикалық жүйенің моделін құру	15.04.2019 ж.	<i>жоқ</i>
Қ.Т. кезінде жиіліктің өзгеруін анықтау	29.04.2019 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
Негізгі бөлім	Н. Е. Балгаев, PhD, сениор-лектор	<i>6.05.19.24</i>	<i>[Signature]</i>
Экономика бөлімі	Н. Е. Балгаев, PhD, сениор-лектор	<i>14.05.19.24</i>	<i>[Signature]</i>
Норма бақылау	А.О. Бердибеков, сениор-лектор	<i>15.05.2019</i>	<i>[Signature]</i>

Ғылыми жетекші _____

[Signature]

Н.Е. Балгаев

Тапсырманы орындауға алған білім алушы _____

[Signature]

М.Е. Нұрасыл

Күні _____

« *04* » *01* 2019 ж.

Ғылыми жетекшінің пікірі

Дипломдық жұмыс

(жұмыс түрінің атауы)

Нұрасыл Мағжан Ержанұлы

(білім алушының Т.А.Ә.)

5B071800 – Электр энергетикасы

(мамандық атауы мен шифрі)

Тақырыбы: Электр энергетикалық жүйелердегі апат алдындағы жиіліктің өзгеруі.

Дипломдық жұмыс электро энергетикалық жүйелердегі апат кезіндегі жиіліктің өзгеруін зерттеуге арналған. Электр энергетикалық жүйелерде ең көп орын алатын апат түрі әрине қысқа тұйықталу болып саналады. Жүйенің қысқа тұйықталу болған кездегі өшірілген бөлігінің көлеміне қарай станциялардағы синхронды генераторлардың және турбиналардың жұмысы реттелуі тиіс, яғни бірінші кезекте жиіліктің рұқсат етілген мәннен артып немесе азайып кетпеуін қадағалау қажет.

Дипломдық жұмыста электр энергетикалық жүйенің моделін құру үшін берілген мәліметтер бойынша электр жүйенің негізгі параметрлері есептелген. MATLAB бағдарламасында жүйенің қарапайым моделі құрылған және қысқа тұйықталу кезінде жиіліктің өзгеруі зерттелген.

Сонымен бірге дипломдық жұмыста экономикалық бөлімінің сұрақтары қарастырылған.

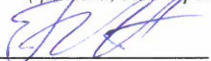
Жұмысты орындау кезінде Нұрасыл Мағжан өзінің теориялық білімдерін пайдалана алатынын, жаңа білім алуға талпынысын және жауапкершілікті сезінетінін көрсетті.

Дипломдық жұмыс тапсырмаға сәйкес толық орындалған және «жақсы» (85%) деген бағаға лайық, ал оның авторы Нұрасыл Мағжан Ержанұлын 5B071800 – «Электр энергетикасы» мамандығы бойынша «Бакалавр» академиялық дәрежесін алуға лайық деп санаймын.

Ғылыми жетекші

«Энергетика» кафедрасының сениор-лекторы

(қызметі, ғыл. дәрежесі, атағы)



қолы

Балгаев Н.Е.

Т.А.Ә.

«16» 05 2019 ж.

РЕЦЕНЗИЯ

Дипломдық жұмыс

(жұмыс түрінің атауы)

Нұраман Мұхамед Ержанұлы

(білім алушының Т.А.Ә.)

53071800 – «Электр Энергетикасы»

(мамандық атауы мен шифрі)

Тақырыбы: Электр энергетикалық жүйелердегі
анал аналогтарын жиіліктің өзгеруі

Орындалды:

графикалық бөлім _____ парақта

түсініктемелік жазба _____ бетте

Дипломдық жұмыс және түйінділік кезінде электр жүйелері жиіліктің өзгеруін зерттеуге бағытталған. Электр энергетикалық жүйелерінің параметрлері есептеліп, MATLAB бағдарламасында моделі құрылған. Дипломдық жұмыс практикалық маңызда.

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Жұмысқа келесідей ескертулер жасалды:
- түйінділік мақаласында қамтамасыз және
сәйкестіктің қателер кездеседі;

ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

Дипломдық жұмыс талаптарға сәйкес тапсырылған және 85% бағаланды, ал жұмыстың авторы Нұраман М.Е. 53071800 – «Электр Энергетикасы» мамандығы бойынша «Бакалавр» дәрежесіне лайық деп санаймын.

РЕЦЕНЗЕНТ

А.Ә.Б.У. «Электр машиналар және
жүйелерінің параметрлерін есептеу және
сәйкестіктің қателер кездеседі»

Кашева К.К.

2019 ж.

Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем

Заявляю, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Нұрасыл Мағжан Ержанович

Название: Электр энергетикалық жүйелердегі апат алдындағы жиіліктің өзгеруі.doc

Координатор: Ерлан Сарсенбаев *Бауғалиев Н. Е.*

Коэффициент подобия 1:3,5

Коэффициент подобия 2:0

Тревога:19

После анализа Отчета подобия констатирую следующее:

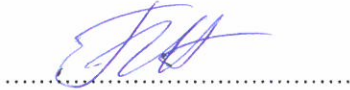
- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, не допускаю работу к защите.

Обоснование:

.....
.....
.....
.....
.....

17.05.1920

Дата



Подпись Научного руководителя

Протокол анализа Отчета подобия

заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения

Заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения заявляет, что ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Нұрасыл Мағжан Ержанович

Название: Электр энергетикалық жүйелердегі апат алдындағы жиіліктің өзгеруі.doc

Координатор: Ерлан Сарсенбаев

Коэффициент подобия 1:3,5

Коэффициент подобия 2:0

Тревога:19

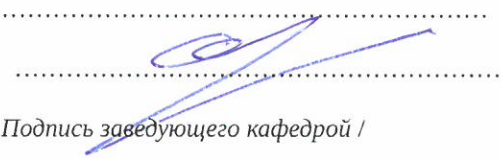
После анализа отчета подобия заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения констатирует следующее:

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, работа признается самостоятельной и допускается к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, работа не допускается к защите.

Обоснование:

.....
.....
.....
.....
.....

17.05.19



Дата

Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения

Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:

допустить к защите

17.05.13

Дата



Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения

АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста Электроэнергетикалық жүйелердегі апат алдындағы жиіліктің өзгеруі қарастырылды.

Диплом жұмысын жазу барысында қосалқы станциялардың активті, реактивті және толық қуатын анықтау, трансформаторлардың санын және қуатын тандау, электр энергетикалық жүйенің параметрлерін есептеу, жиілігін реттеу мәселелері қарастырылды. Жүйенің элементтерін тандау үшін, қысқа тұйықталу токтары есептелді. Қысқа тұйықталудың электр энергетикалық жүйенің жиілігіне әсері зерттелді.

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе рассматривается предаварийное изменение частоты в электроэнергетической системе.

При проектировании решаются задачи, которые заключаются в определении активных, реактивных и полных мощностей подстанции, в выборе числа и мощности трансформаторов, в расчетах параметров электроэнергетической системы, в вопросах регулирования частоты. Для выбора элементов системы произведен расчёт токов короткого замыкания. Исследовано влияние короткого замыкания на частоту электроэнергетической системы.

ANNOTATION

In this thesis work discusses the pre-emergency frequency change in the electric power system.

The design solves the problems that consist in determining the active, reactive and full capacity of the substation, in choosing the number and capacity of transformers, in calculating the parameters of the electric power system, in terms of frequency control. To select the elements of the system, short-circuit currents were calculated. The effect of a short circuit on the frequency of the electric power system is investigated.

МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	6
1	Электр беріліс желілерінің жұмыс режимдерінің электр энергияның жиілігіне әсері	7
1.1	Электр энергиясының негізгі сапа көрсеткіштері	7
1.2	Электр энергия жиілігі өзгеруінің тұтынушылардың жұмысына әсері	10
1.3	Электр энергетикалық жүйеде жиілікті реттеу әдістері	11
1.4	Өтпелі процесс кезінде жиіліктің өзгеруі	13
2	Электроэнергетикалық жүйеде апат алдындағы жиілікті анықтау	17
2.1	Электрэнергетикалық жүйенің схемасы	17
2.2	Электр энергетикалық жүйенің параметрлерін есептеу	18
2.2.1	Электр беріліс желісінің номиналды кернеуін анықтау	19
2.2.2	Желі бойындағы қосалқы станцияларға трансформаторлар таңдау	22
2.2.3	Желілердің сымдарын таңдау	29
2.2.4	Қысқа тұйықталу тогын есептеу	35
2.3	Электрэнергетикалық жүйенің моделін құру	38
2.4	Қысқа тұйықталу кезінде жиіліктің өзгеруін анықтау	38
3	Экономикалық бөлім	43
	Қорытынды	45
	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	46

КІРІСПЕ

Электр энергиясының сапасын нашарлататын басқа құбылыстарға карағанда кернеу жиілігі жалпы жүйелік параметр болып табылады: бір жүйеге қосылған барлық генераторлар электр энергиясын бірдей жиілік – 50 Гц кернеуінде генерациялайды.

Кирхгофтың бірінші заңына сәйкес өндіру мен қуат генерациясы арасындағы қатаң баланс бар. Сондықтан жүктеме қуатының кез келген өзгеруі жиіліктің өзгеруін тудырады, бұл генераторлардың белсенді қуатының өндірілуін өзгертуге әкеледі, ол үшін "турбина - генератор" блоктары электр жүйесіндегі жиіліктің өзгеруіне байланысты турбинаға энергия тасығыштың түсуін реттеуге мүмкіндік беретін құрылғылармен жабдықтайды.

0,2 Гц асатын жиіліктердің өзгеруі электр қабылдағыштар жұмысының техникалық-экономикалық көрсеткіштеріне елеулі әсер етеді, сондықтан жиілік ауытқуының қалыпты рұқсат етілген мәні $\pm 0,2$ Гц тең, ал жиілік ауытқуының максималды рұқсат етілген мәні $\pm 0,4$ Гц құрайды. Апаттан кейінгі режимдерде жиілігі жылына 90 сағаттан аспайтын уақыт ішінде $+0,5$ Гц - 1 Гц-ке дейін ауытқуына рұқсат етіледі.

Айнымалы токтың жиілігі синхронды генератордың бұрыштық айналу жылдамдығына қатысты анықталады, және ол электр энергияның негізгі көрсеткіштерінің бірі болып саналады.

Бұл жұмыста фазалық тұйықталудан қорғау селективті қорғағыш (ақауы бар қосқыш пен бағытты белгілейтін) және селективті емес резервтік қорғағыш түрінде орындалады.

Жиілікті реттеу кезінде келесі шарттар орындалуы тиіс:

1. Активті қуаттың тапшылығына қарамастан энергожүйенің дұрыс жұмыс істеуін қамтамасыз ету. Жиіліктің $f = 45$ Гц, 20с уақыт аралығында $f < 47$ Гц, 60с уақыт аралығында $f < 48,5$ Гц дәрежесіне дейін түсіп кетпеуін қадағалау керек;

2. Тұтынушыларда пайда болған қуат тапшылық әсерінен электр энергетикалық жүйенің бір бөлігін өшіру. Өшіру маңыздылығы төмен тұтынушылардан басталып, ең маңызды тұтынушылар соңында өшеді;

3. Автоматты жиілікті реттеу қалыпты режимге қайтару барысында жиілікті керек дәрежеге дейін көтеру;

Қысқа тұйықталу кезіндегі жүйедегі жиіліктің өзгеруі MATLAB бағдарламасында зерттеледі.

1 Электр беріліс желілерінің жұмыс режимдерінің электр энергияның жиілігіне әсері

1.1 Электр энергиясының негізгі сапа көрсеткіштері

МЕСТ 13109-97 сәйкес электр энергиясы сапасының негізгі көрсеткіштерін ажыратады.

Электр энергиясының сапасын сипаттайтын, қасиеттерін анықтайтын электр энергиясы сапасының негізгі көрсеткіштеріне [1]:

- 1) кернеудің ауытқуы (δU , %);
- 2) кернеудің өзгеру өлшемдері (δU_t , %);
- 3) кернеу тербелісінің мөлшері (ψ , %);
- 4) кернеу қисығының синусоидалы емес коэффициенті (k_U , %);
- 5) тақ (жұп) ретті кернеудің N-гармоникалық құрамдас коэффициенті ($k_U(n)$, %);
- 6) кернеудің кері тізбегінің коэффициенті (k_{2U} , %);
- 7) кернеудің нөлдік тізбегінің коэффициенті (k_{0U} , %);
- 8) кернеу құлауының ұзақтығы ($\Delta t_{\text{пр}}$, с);
- 9) импульстік кернеу ($U_{\text{имп.В}}$, кВ);
- 10) жиіліктің ауытқуы (Δf , Гц).

Жоғарыдағы көрсеткіштерден менің дипломдық жұмысымның тақырыбына сәйкес жиіліктің ауытқуын қарастырамын. Сондай-ақ кернеу ауытқуының жиілікке тікеле әсері жоғары болғандықтан, бұл көрсеткішке де тоқталамын.

Кернеудің ауытқуы.

Кернеудің ауытқуы – бұл электр энергиясы сапасының ең маңызды көрсеткіштерінің бірі. Кернеудің ауытқуы мынадай формула бойынша болады:

$$\delta U_t = \left(\frac{U(t) - U_n}{U_n} \right) \cdot 100\% \quad (1)$$

мұндағы: $U(t)$ - негізгі жиіліктегі тура тізбектегі кернеудің t уақыт моментіндегі әсер етуші мәні немесе кернеудің жай әсер етуші мәні, кВ;

U_n - номиналды кернеу, кВ.

Үш фазалы жүйе үшін $U(t)$:

$$U(t) = 1/3 (U_{AB}(1) + U_{BC}(1) + U_{AC}(1)) \quad (2)$$

мұндағы: $U_{AB}(1)$, $U_{BC}(1)$, $U_{AC}(1)$ - негізгі жиіліктегі фазааралық кернеулердің әсер етуші мәндері.

Уақыт бойынша жүктемелердің өзгеруіне, кернеу деңгейінің өзгеруіне және басқа да факторларға байланысты желі элементтеріндегі кернеудің құлау шамасы өзгереді, демек $U(t)$ кернеу деңгейі де өзгереді. Нәтижеде желінің әр түрлі нүктелерінде уақыттың бір сәтінде, ал бір нүктесінде-әр түрлі сәттерде кернеудің ауытқулары әр түрлі болады.

1 кВ дейінгі кернеудегі электр қабылдағыштардың қалыпты жұмысы олардың кірісіндегі кернеудің ауытқуы қалыпты мән $\pm 5\%$ және максималды мән $\pm 10\%$ тең болған жағдайда қамтамасыз етіледі. Кернеуі 110-220 кВ желілерде кернеудің максималды ауытқуы $\pm 10\%$ белгіленген.

Қыздыру шамдарымен тұтынылатын қуат, 1,58 дәрежеде жүргізілген кернеуге тікелей пропорционалды, шамдардың жарық қайтарымы - 2,0 дәрежеде, жарық ағыны - 3,61 дәрежеде, шамдардың қызмет ету мерзімі – 13,57 дәрежеде. Люминесцентті шамдардың жұмысы кернеудің ауытқуына тәуелділігі аз болады. Осылайша, олардың қызмет ету мерзімі кернеудің 1% - ға ауытқуы кезінде 4% - ға өзгереді.

Жұмыс орындарын жарықтандырудың төмендеуі кернеудің азаюында орын алады, бұл жұмысшылардың еңбек өнімділігінің төмендеуіне және олардың көруінің нашарлауына әкеледі. Кернеудің үлкен төмендеуі кезінде люминесцентті шамдар жанбайды немесе жыпылықтайды, бұл олардың қызмет ету мерзімінің қысқаруына әкеледі. Кернеу артқан кезде қыздыру шамдарының қызмет ету мерзімі күрт төмендейді.

Электр қозғалтқыштарының айналу жылдамдығы, демек, олардың өнімділігі, сондай-ақ тұтынылатын реактивті қуат кернеу деңгейіне байланысты. Соңғысы желі учаскелеріндегі кернеу мен қуат шығынының шамасына әсер етеді.

Кернеудің төмендеуі электротермиялық және электролиздік қондырғыларда технологиялық процестің ұзақтығын арттыруға, сондай-ақ коммуналдық желілерде теледидар хабарларын тұрақты қабылдау мүмкін еместігіне әкеледі. Соңғы жағдайда айтарлықтай реактивті қуатты өздері тұтынатын және болаттағы қуаттың ысырабы бар кернеу тұрақтандырғыштары қолданылады. Оларды дайындауға тапшы трансформаторлық Болат жұмсалады.

Барлық трансформаторлы қосалқы станцияарындағы (ТҚС) төмен кернеу шиналарында талап етілетін кернеуді қамтамасыз ету үшін қорек ортасындағы кернеуді қарсы реттеу қолданылады. Бұл жерде ең жоғары жүктеме режимінде ТҚС шиналарындағы ең жоғары рұқсат етілетін кернеу, ал ең төменгі жүктеме режимінде - ең төменгі кернеу ұсталады.

Бұл ретте тарату трансформаторларының тармақтарын ауыстырып қосқышын тиісті жағдайға орнату арқылы әрбір трансформаторлық пунктте кернеуді жергілікті реттеу қолданылуы тиіс. Ұштастыра отырып орталықтандырылған және көрсетілген жергілікті кернеуді реттеумен реттелетін және реттелмейтін конденсаторлы қондырғылар қолданылады: сондай-ақ қатысты құралдарына жергілікті кернеуді басқарады.

Жиіліктің ауытқуы.

Жиіліктің ауытқуы турбиналардың айналу жиілігін реттегіштердің жалпы жүктемесінің өзгеруімен және сипаттамаларымен байланысты. Жиіліктің үлкен ауытқулары активті қуаттың жеткіліксіз резерві кезінде жүктеменің баяу тұрақты өзгеруі нәтижесінде туындайды.

Электр энергиясының сапасын нашарлататын басқа құбылыстарға карағанда кернеу жиілігі жалпы жүйелік параметр болып табылады: бір жүйеге қосылған барлық генераторлар электр энергиясын бірдей жиілік – 50 Гц кернеуінде генерациялайды.

Кирхгофтың бірінші заңына сәйкес өндіру мен қуат генерациясы арасындағы қатаң баланс бар. Сондықтан жүктеме қуатының кез келген өзгеруі жиіліктің өзгеруін тудырады, бұл генераторлардың белсенді қуатының өндірілуін өзгертуге әкеледі, ол үшін "турбина - генератор" блоктары электр жүйесіндегі жиіліктің өзгеруіне байланысты турбинаға энергия тасығыштың түсуін реттеуге мүмкіндік беретін құрылғылармен жабдықтайды.

Жүктеменің белгілі бір өсуі кезінде "турбина-генератор" блоктарының қосымша қуаты таусылды. Егер жүктеме ұлғаятын болса, баланс төмен жиілік кезінде орнатылады – жиіліктің ауытқуы пайда болады. Бұл жағдайда номиналды жиілікті ұстап тұру үшін белсенді қуат тапшылығы байқалады.

f_n номиналды мәнінен Δf жиілігінің ауытқуы $\Delta f = f - f_n$ формуласы бойынша анықталады, мұнда f - жүйедегі жиіліктің ағымдағы мәні.

0,2 Гц асатын жиіліктердің өзгеруі электр қабылдағыштар жұмысының техникалық-экономикалық көрсеткіштеріне елеулі әсер етеді, сондықтан жиілік ауытқуының қалыпты рұқсат етілген мәні $\pm 0,2$ Гц тең, ал жиілік ауытқуының максималды рұқсат етілген мәні $\pm 0,4$ Гц құрайды. Апаттан кейінгі режимдерде жиілігі жылына 90 сағаттан аспайтын уақыт ішінде $+0,5$ Гц - 1 Гц-ке дейін ауытқуына рұқсат етіледі.

Кернеудің амплитудалық модуляциясының коэффициенті және фазааралық және фазалық кернеулердің бейбаланс коэффициенті.

Кернеудің амплитудалық модуляциясының коэффициенті кернеудің тербелісін сипаттайды және белгілі бір уақыт интервалынан алынған модульдік кернеудің ең үлкен және ең кіші амплитудасының кернеудің номиналды немесе базалық мәніне тең, яғни.

$$k_{\text{мод}} = (U_{\text{нб}} - U_{\text{нм}}) / (2\sqrt{2}U_{\text{н}}), \quad (3)$$

мұндағы: $U_{\text{нб}}$ және $U_{\text{нм}}$ - модульденген кернеудің тиісінше ең үлкен және ең кіші амплитудасы.

Фазааралық кернеулердің бейбаланс коэффициенті $k_{\text{бб фа}}$ фаза аралық кернеулердің симметриясын сипаттайды және фаза аралық кернеулердің моменті кернеулердің номиналды мәніне тең:

$$k_{\text{бб фа}} = \left(\frac{U_{\text{нб}} - U_{\text{нм}}}{U_{\text{н}}} \right) \cdot 100\%, \quad (4)$$

мұндағы: $U_{\text{нб}}$ және $U_{\text{нм}}$ – үш фазааралық кернеулерден ең үлкен және ең кіші әсер етуші мәндері.

$K_{неб}$ фазалық кернеулердің бейаланс коэффициенті. ϕ фазалық кернеулердің симметриялы еместігін сипаттайды және фазалық кернеулердің номиналды мәніне фазалық кернеулердің бейбалансының қатынасына тең.:

$$K_{неб.\phi} = ((U_{нб.\phi} - U_{нм.\phi}) / U_{н.\phi}) \cdot 100\% \quad (5)$$

мұндағы: $U_{нб.\phi}$ және $U_{нм.\phi}$ - үш фазалы кернеулерден ең үлкен және ең кіші әрекет етуші мәндері;

$U_{н.\phi}$ - фазалық кернеудің номиналды мәні.

1.2 Электр энергия жиілігі өзгеруінің тұтынушылардың жұмысына әсері

Электр энергиясын тұтынушылардың механизмдері мен агрегаттарын олардың жиілікке тәуелділік дәрежесі бойынша бес топқа бөлуге болады [2,3].

Бірінші топ. Жиіліктің өзгеруі дамушы қуатқа тікелей әсер етпейтін тұтынушылар. Оларға: жарық беретін жүктеме, доғалы электр пештер, кедергінің жылдам өзгеруі, түзеткіштер және олардан қоректенетін жүктемелер жатады.

Екінші топ. Қуаты жиіліктің бірінші дәрежесіне пропорционалды өзгертін механизмдер. Мұндай механизмдерге металл кесетін станоктар, шарлы диірмендер, компрессорлар жатады.

Үшінші топ. Қуаты жиілік квадратына пропорционалды механизмдер. Бұл кедергі моменті бірінші дәрежедегі жиілікке сәйкес келетін механизмдер. Дәл осындай кедергі моменті бар механизмдер жоқ, алайда арнайы тетіктердің қатары осы сәтке жақындап келеді.

Төртінші топ. Қуаты жиіліктің кубына пропорционалды желдеткіш мезеті бар механизмдер. Мұндай тетіктерге қарсылықтың статикалық қысымы болмаған немесе шамалы шамасындағы желдеткіштер мен сорғылар жатады.

Бесінші топ. Қуаты жоғары деңгейдегі жиілікке байланысты механизмдер. Мұндай механизмдерге кедергінің үлкен статикалық қысымы бар сорғылар жатады. Мысалы, электр станцияларының қоректік сорғылары.

Тұтынушылардың соңғы төрт тобында жиіліктің төмендеуімен олардың өнімділігі азаяды және жоғарылаумен артады. Бір қарағанда, тұтынушылар үшін жоғары жиілікпен жұмыс істеу тиімді болып саналады, бірақ бұл барлық жағдайларда олай емес.

Сонымен қатар, жиіліктің артуымен асинхронды қозғалтқыштың айналу моменті азаяды, бұл егер қозғалтқыштың қуат қоры болмаса, агрегаттың тежелуіне және тоқтауына әкелуі мүмкін.

Мысал үшін келесі тұтынушылардың жұмысына жиіліктің өзгеруінің әсерін көрейік:

1. Жіп өндіретін фабрика номиналды жиілік өзгерген кезде ақау береді, себебі жіптің және станоктардың қозғалыс жылдамдығы өзгереді, сол себепті жіптің сапасы төмендейді;

2. Жылу электр станцияларының қоректік сорғылары, түтін сорғыштары айналу жиілігіне (n) байланысты: қысым айналу жиілігінің квадратына (n^2) пропорционалды, ал тұтыну қуаты кубына пропорционалды (n^3);

3. Синхронды қозғалтқыштар жүктемесінің активті қуаты жиілікке пропорционалды: жиілік 1% - ға төмендегенде, синхронды қозғалтқыш жүктемесінің активті қуаты 1%-ға азаяды;

4. Жиіліктің 1%-ға төмендеуі кезінде асинхронды қозғалтқыштар жүктемесінің активті қуаты 3% - ға азаяды;

5. Энергожүйе үшін жиіліктің 1% - ға төмендеуі жүктеменің жиынтық қуатының 1-2% - ға азаюына әкеледі.

Егер жиілік $f = 50$ Гц болғанда, электр станцияларының өзіндік мұқтаждықтарының негізгі механизмдерінің өнімділігі нөлге дейін төмендесе 45-46 Гц тең жиілік көшкіні пайда болады. Жиіліктің төмендеуі кезінде генератордың ЭҚК төмендейді, себебі қоздырғыштың жылдамдығы төмендейді және желідегі кернеу де азаяды.

1.3 Электр энергетикалық жүйеде жиілікті реттеу әдістері

Энергия жүйелеріндегі жиілікті автоматты реттеудің мақсаты бірінші кезекте станциялар мен энергия жүйелерінің үнемді жұмысын қамтамасыз ету болып табылады. Энергожүйе жұмысының үнемділігіне жиіліктің қалыпты мәнін ұстап және энергожүйенің параллель жұмыс істейтін агрегаттары мен станциялары арасында жүктемені неғұрлым тиімді қылып бөлмей қол жеткізуге болмайды.

Жиілікті реттеу үшін параллель жұмыс істейтін бірнеше станциялар арасында жүктемені бөлу жүргізіледі. Бұл ретте агрегаттар арасындағы жүктемені жүйе жүктемесінің аз ғана өзгерістері кезінде (5 - 10% дейін) агрегаттар мен станциялардың басым санының жұмыс режимі өзгермейтіндей етіп бөледі.

Жүктеменің ауыспалы сипаты кезінде ең жақсы режим болады, онда станциялардың негізгі бөлігі салыстырмалы өсімдердің теңдігіне сәйкес келетін жүктемені көтереді, ал жүктеменің шағын және қысқа ауытқулары агрегаттардың шағын бөлігі жүктемесінің өзгеруі есебінен жабылады.

Сонымен қатар жұмыс істеп тұрған агрегаттар арасында жүктемені бөлу кезінде олардың барлығы ең жоғары к. б. саласында жұмыс істеуге ұмтылады. Жүктеменің барлық жоспардан тыс өзгерістерін жабу міндеті жүктелетін агрегаттар, яғни жүйедегі жиілікті реттеу келесі талаптарды қанағаттандыруы тиіс:

- ПӘК-і жоғары болуы керек;
- ПӘК-і жүктемеге тәуелді қисық-қисық болуы, яғни жүктемені үлкен диапазонда сақтау.

Жүйенің жүктемесінің едәуір өзгеруі кезінде (мысалы, оның ұлғаюы), барлық жүйе салыстырмалы өсімнің үлкен мөлшерімен жұмыс режиміне ауысқанда, жиілікті реттеу жүйедегі салыстырмалы өсімнің шамасы осындай станцияға жақын болатындай станцияға беріледі.

Жиілік станциясы өзінің белгіленген қуаты шегінде ең үлкен реттеу диапазоны бар. Егер реттеу жиілігі бір станцияға тапсырылуы мүмкін болса, реттеу шарттары практикалық жүзеге асыру үшін күрделі емес болып алынады. Реттеу бір агрегатқа тапсырылатын жағдайларда одан да қарапайым шешім алынады.

Турбиналардың айналым саны энергия жүйесіндегі жиілікті анықтайды, сондықтан жиілікті реттеу турбиналардың жылдамдығын реттегіштерге әсер ету арқылы жүзеге асырылады. Турбиналар, әдетте, жылдамдықты орталықтан тепкіш реттегіштермен жабдықталады.

Будың қалыпты параметрлерінің конденсациялық турбиналары жиілікті реттеу үшін ең қолайлы болып табылады

Будың үлкен сорғыштары бар турбинаның жиілігін реттеу міндетін жүктеу тиімсіз, өйткені олар біріншіден, (өте аз реттеу диапазоны, ал екіншіден, олар ауыспалы жүктеме режимі үшін тиімсіз.

Қажетті реттеу диапазонын қолдау үшін жиілікті реттейтін станцияның қуаты жүйенің жүктемесінің 8 - 10% - нан кем болмауы тиіс, ол жеткілікті реттеу диапазоны болуы тиіс. Жылу электр станцияларының реттеу диапазоны олардың белгіленген қуатына тең бола алмайды. Сондықтан, жиілікті реттейтін жылу станциясының қуаты қазандықтар мен турбиналардың түрлеріне байланысты қажетті реттеу диапазонынан екі-үш есе артық болуы тиіс.

Қажетті реттеу диапазонын құру үшін гидростанцияның ең аз белгіленген қуаты жылумен салыстырғанда айтарлықтай аз болуы мүмкін. Гидростанцияларда реттеу диапазоны, әдетте, белгіленген қуатқа тең. Гидростанция жиілігін реттеу кезінде турбинаны іске қосу сәтінен бастап жүктемені теру жылдамдығында шектеу жоқ. Алайда, гидростанциялардың жиілігін реттеу реттеуші аппаратураның белгілі күрделенуімен байланысты.

Қуат бойынша бұғаттаумен реттеу әдісі.

Бұл әдіс біріктіруге кіретін энергия жүйелерінің әрқайсысы жиілікті реттеуге егер жиіліктің ауытқуы ондағы жүктеменің өзгеруінен туындаған жағдайда ғана тартылуы болып табылады. Әдіс Біріккен энергия жүйелерінің келесі қасиеттеріне негізделген.

Егер қандай да бір энергожүйеде жүктеме артса, онда жиіліктің азаюына берілетін айырбас қуатының азаюы ілеспе болады, ал қалған энергожүйелерде жиіліктің азаюына берілетін айырбас қуатының артуы ілеспе болады.

Бұл барлық агрегаттар статикалық реттеу сипаттамаларына ие болғандықтан, жиілікті қолдауға ұмтыла отырып, берілетін қуатты ұлғайтады. Осылайша, жүктеменің Өзгеруі пайда болған энергия жүйесі үшін жиілік ауытқу белгісі мен айырбас қуатының ауытқу белгісі сәйкес келеді, ал қалған энергия жүйелерінде бұл белгілер бірдей емес.

Әрбір электр энергетикалық бір реттеуші станция бөлінеді, онда жиілік реттегіштері мен айырбас қуатының бұғаттаушы релесі орнатылады.

Сондай - ақ жүйенің бірінде жиілікті реттеуші, айырбастау қуатының блокталған релесін, ал көрші энергия жүйесінде-жиілік релесінің блокталған алмасу қуатының реттеуші орнатуға болады.

Екінші тәсіл, егер номиналды жиілік кезінде айырбастау қуатын реттеушінің іс-әрекетіне жол берілетін болса, бірінші тәсілдің алдында артықшылығы болады.

Осы энергия жүйесіндегі жүктеме өзгерген кезде жиілік пен алмасу қуатының ауытқу белгілері сәйкес келеді, реттеу тізбегі бұғатталмайды және жиілік реттегішінің әрекетімен осы жүйенің агрегаттарындағы жүктеме артады немесе азаяды. Басқа энергожүйелерде жиілік пен алмасу қуатының ауытқу белгілері әртүрлі және сондықтан реттеу тізбектері блокталады.

Бұл әдіс бойынша реттеу үшін қосалқы станция мен жиілікті немесе айырбастау ағынын реттейтін станция арасындағы телеарналардың болуы талап етіледі. Блоктаумен реттеу әдісі энергожүйелер бір-бірімен тек бір байланыспен қосылған жағдайларда табысты қолданылуы мүмкін.

1.4 Өтпелі процесс кезінде жиіліктің өзгеруі

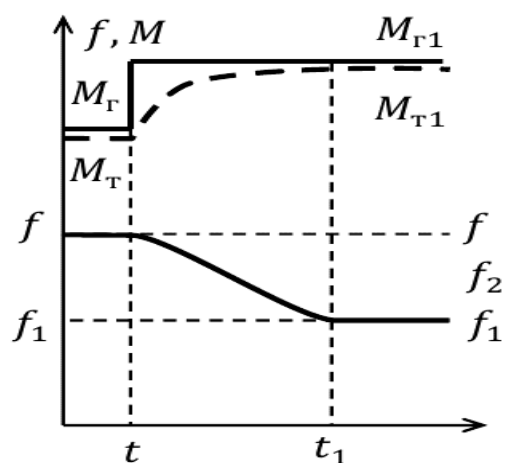
Жиілікті МЕСТ 13109 97-ді регламенттейтін деңгейде ұстап тұру электр энергетикалық жүйелердің қуатты генераторларымен жүзеге асырылады. Өнеркәсіптік кәсіпорындардың электр қабылдағыштары олардың елеусіз болуына байланысты энергожүйенің жиынтық өндіруші қуатымен салыстырғанда қуат қоректендіруші желідегі жиіліктің ауытқуына елеулі әсер ете алмайды. Бірақ, электр қабылдағыштардың тұрақты жүктемесімен желідегі кернеудің айтарлықтай өзгеруін, демек, қоректендіруші кернеу жиілігінің тербелісін туындататынын ескеру қажет. Негізгі жиіліктердің тербелісіне жылдам шұғыл тербелістер әсер етеді және белсенді қуатты генерациялаудың шұғыл төгінділері энергия жүйесіндегі авариялық жағдайлар.

Бастапқы қозғалтқыштардың сипаттамалары. Электр энергетикасы жүйесіндегі жиілікті өзгерту арқылы реттейді, генераторлардың активті қуатты желіге беруі. Генератордың белсенді қуаты бастапқы қозғалтқыш — бу, газ немесе гидравликалық турбинаның жұмысына байланысты, сондықтан жиілікті реттеу процесін талдау үшін бастапқы қозғалтқыштардың жұмысын және олардың сипаттамаларын қарастыру қажет.

Бастапқы қозғалтқыштар, әдетте, жылдамдық реттегіштерімен жабдықталған қалақтарға энергия тасығышты беруді өзгертуге мүмкіндік беретін турбиналардың айналу жылдамдығы оның айналу жылдамдығы өзгерген кезде турбиналар. Реттеу болмаған кезде энергия тасығышты турбинаға беру жиілік өзгерген кезде өзгермейді. Осылайша, бастапқы білікке қуат және тиісінше генератордың белсенді қуаты желідегі жиілікке байланысты емес.

Реттеу болған жағдайда энергия жүйесінде жиіліктің төмендеуі турбинаның қалақшаларына бу беруді өзгертетін турбиналардың жылдамдығын реттегіштермен қадағаланады. Жиіліктің төмендеуі кезінде реттегіш бу құбырының ысырмасына әрекет етеді, турбинаға бу беруді арттыра отырып, бастапқы қозғалтқышының қуатын P_T арттыра отырып, ротор білігінің механикалық моментін, онымен байланысатын $M_T = P_T/\omega$, мұндағы $\omega = 2\pi f$ - турбина роторының бұрыштық жиілігі.

Қалыпты орныққан режимде турбина және генератордың жүктемеге жұмыс істеген кезінде турбинаның механикалық айналу моменті M_T генератордың тежеуіш электр моментімен M_G турбогенератордың белгілі бір айналу жылдамдығы мен сәйкес жиілікте f теңеседі, яғни $M_T = M_G$ (1-сурет).

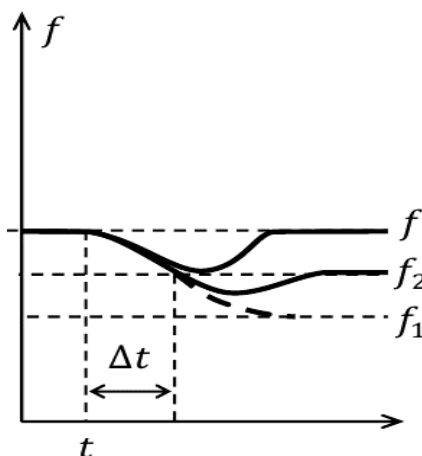


1-сурет – Жиіліктің реттелуі процесі

Моменттер теңдігі бұзылған кезде айналу жылдамдығы мен энергия жүйесіндегі жиіліктің өзгеруі басталады. t уақыт кезінде энергетикалық

жүйесіндегі жүктеменің өсуінен туындаған моменттер теңдігінің бұзылуын қарастырайық. Бұл ретте генератордың тежеуіш электромагнитті моменті $M_{Г1}$ турбинаның айналмалы механикалық моментінен артып кетеді ($M_T < M_{Г1}$) және турбогенератор тежеле бастайды.

Турбинада жылдамдық реттегіші болмаған кезде жиіліктің төмендеуі механикалық моменттің генератордың тежеуіш электр моментіне тең болған $M_{Т1} = M_{Г1}$ уақытқа t_1 дейін жалғасады, яғни айналу жылдамдығының және энергетикалық жүйесіндегі жиіліктің f_1 жаңа мәндері орнығады (1-сурет).



2-сурет – Жиіліктің аperiodтық реттелу процесі

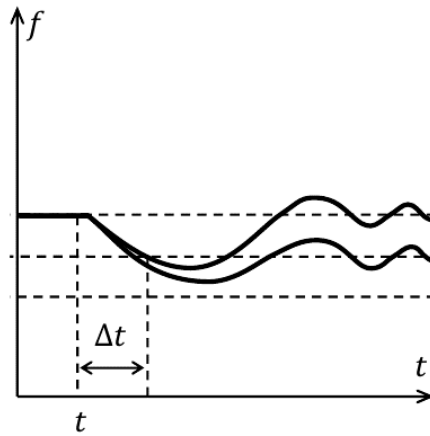
Δt кешігу уақытымен Автоматты жылдамдық реттегіші, процесс сипатын өзгертеді. Жылдамдық реттеуішінің әрекетімен және, бұдан әрі көрсетілгендей, қуат жүйесіндегі жиілік реттеуішінің жүктемесінің өсуі кезінде жиілік бастапқы жиілік жиілігіне дейін қалпына келтірілуі мүмкін режим немесе жаңа құрылғы жиілігі орнатылады $f_2 > f_1$. Бұл ретте процесің сипаты аperiodикалық (2-сурет) немесе тербелмелі (3-сурет) болуы мүмкін.

Реттеудің сипаттамасы кезінде бастапқы қалпына келтірілетін жиілік мәні астатикалық деп аталады. Егер жүктеме өзгерген кезде өтпелі процесс аяқталғаннан кейін бастапқы құрылғыдан ерекшеленетін жаңа жиілік құрылғы орнатылады f_2 , бастапқыдан жақсы f содан кейін статикалық реттеу болады.

Генератордың активті қуатына байланысты жиілікті реттеу сипаттамалары 4-суретте көрсетілген.

1 сызық - ол реттеудің болмауына сәйкес келеді, яғни генератордың активті қуаты жиіліктің кез келген ауытқуы кезінде өзгермейді f_0 .

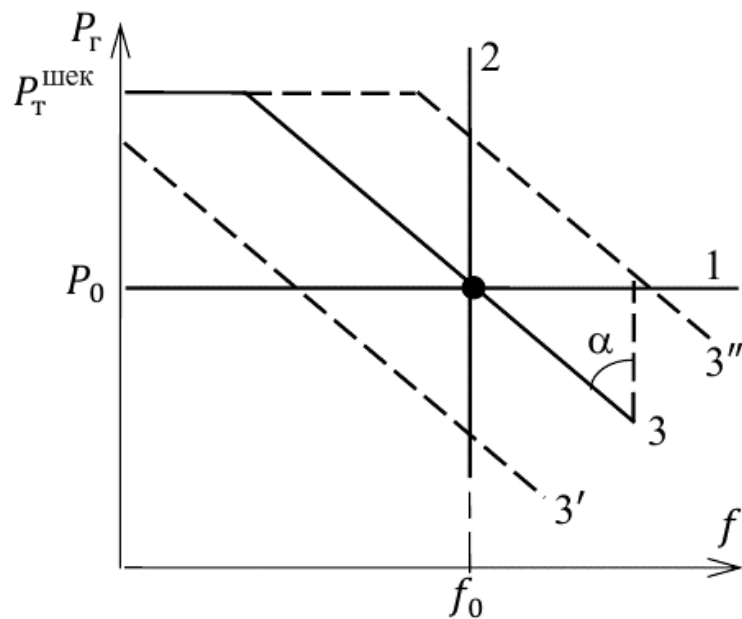
Мұндай сипаттама егер турбинада айналу жылдамдығының реттегіші жоқ болса, ондай жағдайда мүмкін.



3-сурет- Жиіліктің тербелмелі реттелу процесі

2-сызық – астатикалық сипаттамаға сәйкес келеді, яғни қуаттың кез-келген өзгеруінде реттеуіш бастапқы жиілікті қалпына келтіреді.

3-сызық – сипаттамасы статизмге ие. Статизм коэффициенті деп салыстырмалы бірліктерде қуат осіне сипаттаманың көлбеу бұрышының тангенсіне түсіріледі (4-сурет).



1 – реттелусіз; 2 – астатикалық; 3, 3' - статикалық

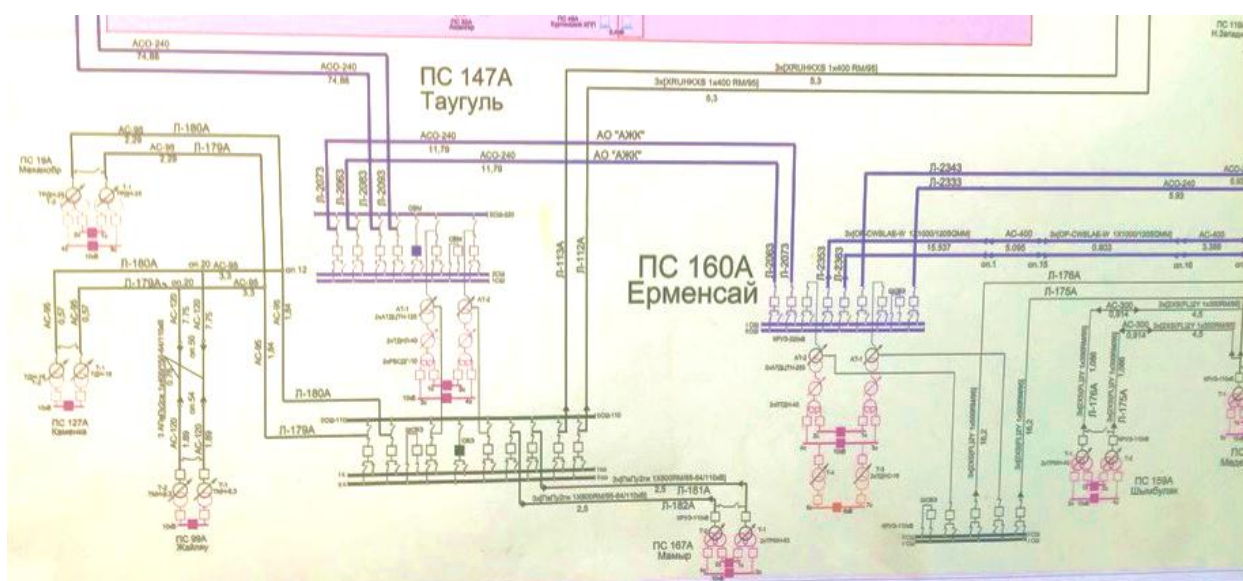
4-сурет – Генератордың сипаттамалары

2 Электрэнергетикалық жүйеде апат алдындағы жиілікті анықтау

2.1 Электр энергетикалық жүйенің схемасы








Мен бұл схеманы дипломдық практиканы өтіп жүрген кезімде мәліметтер жинағыма енгізіп қойған болатынмын. Осы схема көмегімен Алматы қаласының Бостандық ауданының электрмен қамтамасыздандырылған. Апат жағдайында осы сұлбаның көмегімен басқарады.

АЭЖ-1 қызмет көрсету аймағы (5-сурет) Гоголь көшесінен бастап Дархан ықшам ауданына дейін, Айша бибі ықшам ауданынан бастап Тілендиев көшесіне дейін, яғни Алмалы, Алатау, Жетісу, Түркісіб аудандарын қамтиды.



5-сурет – АЭЖ–1 қызмет көрсететін ауданы

5-суреттегі электр беріліс желілерінің түстеріне байланысты кернеулері келесідей:

	500 кВ
	220 кВ
	110 кВ
	35 кВ
	10 кВ
	6 кВ
	0,4 кВ

Қызмет көрсетілетін абоненттерінің саны, тұрмыстық – 53765, келісім шарт бойынша – 2263.

1-кесте – АЭЖ-1 негізгі жабдықтары мен желілерінің жағдайы

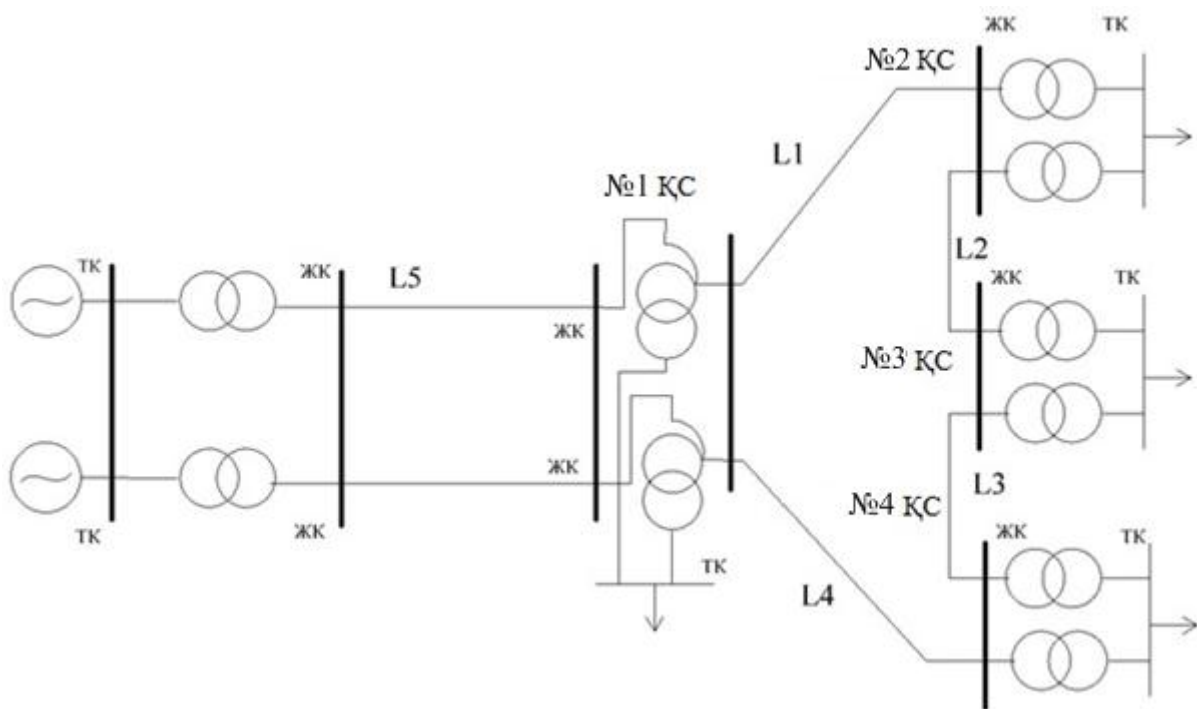
Кернеу класы бойынша электр тораптары	Электр тораптарының жалпы ұзындығы, км	Пайдалану талаптарына сәйкес келеді		Пайдалану талаптарына сәйкес келмейді	
		км.	%	км.	%
ВЛ-0,38 кВ	381,17	328,222	86	52,948	14
ВЛ-6-10 кВ	54,285	38	70	16,285	30
Жалпы ӘЖ	435,455	366,222	84	69,233	16
КЛ-0,38 кВ	80,18	44,099	55	36,081	45
КЛ-6-10 кВ	360,349	245,842	68	114,507	32
Жалпы КЖ	440,529	289,941	66	150,588	34

2.2 Электр энергетикалық жүйенің параметрлерін есептеу

Электр энергетикалық жүйенің жұмыс режиміне қысқа тұйықталудың әсерін анықтау үшін оның негізгі күштік элементтерінің, яғни трансформатор және автотрансформаторлардың, әуе желілерінің параметрлерін анықтау қажет. Бұл параметрлерді келесі бастапқы берілгендер (2-кесте) және схема үшін есептеймін. Электр торабының жалпы сұлбасы 6-суретте көрсетілген.

2-кесте - Тораптың бастапқы мәндері

Қосалқы станциялардың қуаты, МВт	P1	50
	P2	50
	P3	40
	P4	60
Ұзындығы, км	L1	25
	L2	35
	L3	80
	L4	75
	L5	140
Қуат коэффициенті, $\cos\varphi$	0,65	
Максималды жұмыс уақыты T_{max} , сағ	5350	



6-сурет - Электр торабының жалпы сұлбасы

2.2.1 Электр беріліс желсінің номиналды кернеуін анықтау

Тұтынушыларды электр энергиясымен жабдықтайтын сұлбалар қуат көзінің сенімділік шарттары, электр қабылдағыштарындағы кернеу ауытқуының рұқсат етілген мәніне, даму келешегіне, электрмен жабдықтау жүргізілетін аймақтың географиялық ерекшеліктеріне байланысты болады. Осыған сәйкес есептеулер 7-суретте көрсетілген сұлбалар бойынша жүргізіледі.

Электр беріліс желісінің номиналды кернеуі келесі параметрлерге байланысты: таратылатын қуат және сол қуат таратылатын қашықтық. Негізінен желі кернеуі эмпирикалық формулалармен анықталады. Бұл жобада кернеу Стилл және Илларионов формулалары бойынша анықталады. Стилл формуласы электр беріліс желісінің ұзындығы - 250 км-ге дейін болса және тасымалдау қуаты 60 МВттан төмен болған жағдайда қолданылады. Стилл формуласының жалпы көрінісі келесідей.

$$U = 4.34\sqrt{L+16 \cdot P}, \quad (6)$$

мұндағы P -активті қуат,
 L -желінің ұзындығы,
 U -желінің кернеуі.

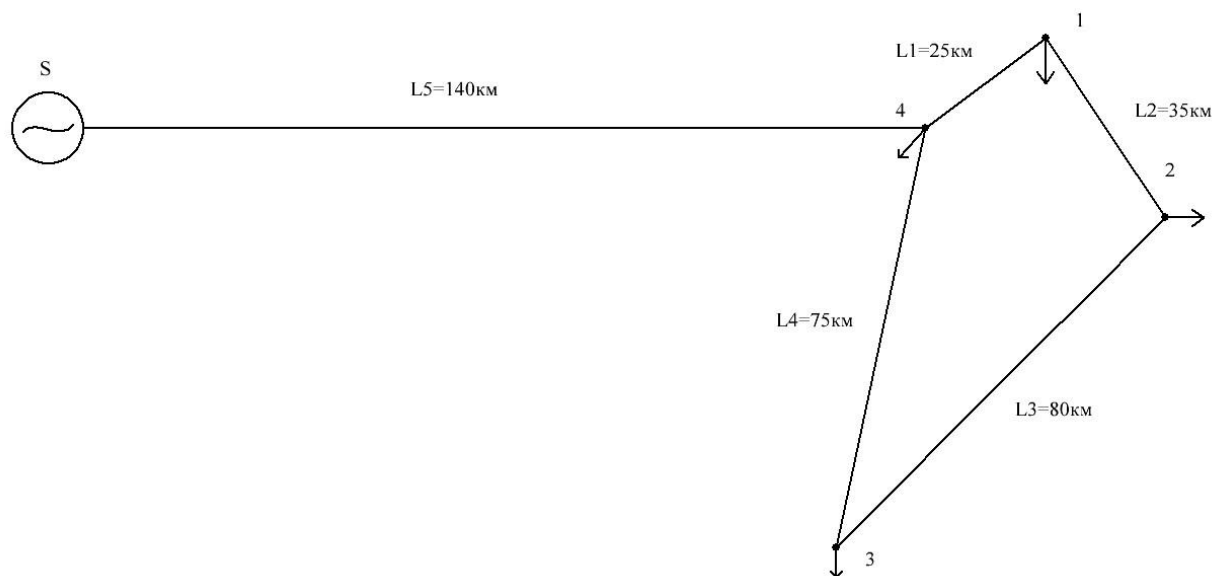
Қосалқы станциялар арасындағы кернеулердің және олардың стандарт кернеуге жуықталған мәндері (6) бойынша келесідей:

$$U_1 = 4.34\sqrt{L+16 \cdot P} = 4.34\sqrt{25+16 \cdot 50} = 124.64 \text{ кВ} \approx 220 \text{ кВ}$$

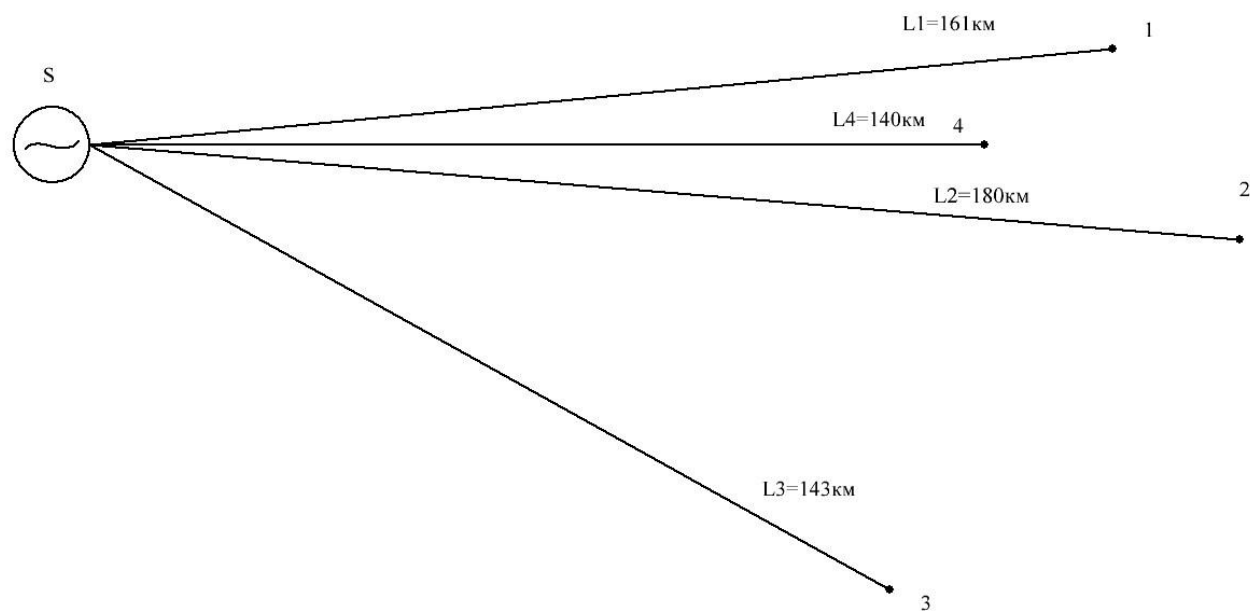
$$U_2 = 4.34\sqrt{L+16 \cdot P} = 4.34\sqrt{35+16 \cdot 50} = 125.38 \text{ кВ} \approx 220 \text{ кВ}$$

$$U_3 = 4.34\sqrt{L+16 \cdot P} = 4.34\sqrt{80+16 \cdot 40} = 116.44 \text{ кВ} \approx 220 \text{ кВ}$$

$$U_4 = 4.34\sqrt{L+16 \cdot P} = 4.34\sqrt{75+16 \cdot 60} = 139.62 \text{ кВ} \approx 220 \text{ кВ}$$



а) Тұйықталған сұлба



ә) Тұйықталмаған сұлба

7-сурет-Тұйықталған және тұйықталмаған желінің сұлбалары

Қоректендіруші қосалқы станциямен №1 қосалқы станцияның арасындағы тасымалданатын қуат мәні Стилл формуласының шартына сәйкес келмейтінді, себебі қуаттың мәні 60 МВттан көп. Сол үшін Илларионов формуласымен анықталады. Илларионов формуласы электр беріліс желісінің ұзындығы 1000 км-ге дейін және тасымалданатын қуат 60 МВт-тан жоғары болғанда жағдайларда қолданылады, яғни келесідей анықталады.:

$$U_5 = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{L} + \frac{2500}{P}}} = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{140} + \frac{2500}{200}}} = 249.45 \text{ кВ} \approx 500 \text{ кВ}$$

Анықталған кернеу мәндері рұқсат етілген кернеу шығыны бойынша тексеріледі. Тексеру келесі формуламен анықталады.

$$\Delta U = \frac{P \cdot r_0 \cdot l + Q \cdot x_0 \cdot l}{U_{\text{ном}}}, \quad (7)$$

мұндағы: r_0 – желінің меншікті активті кедергі, Ом/км; $r_0 = 0.2$ Ом/км;

x_0 – желінің меншікті реактивті кедергі, Ом/км; $x_0 = 0.4$ Ом/км;

P - активті қуат;

l - желінің ұзындығы;

Q - реактивті қуат.

Қосалқы станциялардың арасындағы желілердегі кернеу шығындары (7) бойынша келесідей:

$$\Delta U_1 = \frac{P \cdot r_0 \cdot l + Q \cdot x_0 \cdot l}{U_{\text{ном}}} = \frac{50 \cdot 0.2 \cdot 25 + 58.5 \cdot 0.4 \cdot 25}{220} = 3.79 \text{ кВ};$$

$$\Delta U_2 = \frac{P \cdot r_0 \cdot l + Q \cdot x_0 \cdot l}{U_{\text{ном}}} = \frac{50 \cdot 0.2 \cdot 35 + 58.5 \cdot 0.4 \cdot 35}{220} = 5.313 \text{ кВ};$$

$$\Delta U_3 = \frac{P \cdot r_0 \cdot l + Q \cdot x_0 \cdot l}{U_{\text{ном}}} = \frac{40 \cdot 0.2 \cdot 80 + 46.8 \cdot 0.4 \cdot 80}{220} = 9.716 \text{ кВ};$$

$$\Delta U_4 = \frac{P \cdot r_0 \cdot l + Q \cdot x_0 \cdot l}{U_{\text{ном}}} = \frac{60 \cdot 0.2 \cdot 75 + 70.1 \cdot 0.4 \cdot 75}{220} = 13.65 \text{ кВ};$$

$$\Delta U_5 = \frac{P \cdot r_0 \cdot l + Q \cdot x_0 \cdot l}{U_{\text{ном}}} = \frac{200 \cdot 0.2 \cdot 140 + 233.8 \cdot 0.4 \cdot 140}{500} = 37.39 \text{ кВ}.$$

Кернеудің есептелген мәндеріне сәйкес электр торабының стандартты бекітілген номиналды кернеу қатарынан 220 кВ, бас тарату қосалқы станциясына 500 кВ таңдалды.

2.2.2 Желі бойындағы қосалқы станцияларға трансформаторлар таңдау
Электр торабының сұлбасына сәйкес екі трансформаторлы қосалқы станция қолданылады, онда трансформатордың қуаты келесі формулалар бойынша есептеледі.

$$S_{ec} = \frac{P}{\cos \varphi}, \quad (8)$$

мұндағы: P – активті жүктеме, МВт,
 $\cos \varphi$ – қуат коэффициенті.

$$S_{трн} \geq \frac{S_{ec}}{2 \cdot 0,7}, \quad (9)$$

мұндағы: $S_{трн}$ - трансформатордың қуаты, МВА;
 S_{ec} - толық жүктеме.

Қосалқы станциялардағы трансформаторлар жүктеме мен номиналды кернеу бойынша таңдалады.

№1 қосалқы станциясы үшін

$$S_p = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{50}{0.65} = 76.923 \text{ МВА}$$

$$S_{тр} = \frac{S_p}{1.4} = \frac{76.923}{1.4} = 54.945 \text{ МВА}$$

№3 қосалқы станциясы үшін

$$S_p = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{50}{0.65} = 76.923 \text{ МВА}$$

$$S_{тр} = \frac{S_p}{1.4} = \frac{76.923}{1.4} = 54.945 \text{ МВА}$$

№4 қосалқы станциясы үшін

$$S_p = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{40}{0.65} = 61.538 \text{ МВА}$$

$$S_{\text{тр}} = \frac{S_p}{1.4} = \frac{61.538}{1.4} = 43.955 \text{ МВА}$$

Басты қосалқы станциясы үшін

$$S_p = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{200}{0.65} = 307.692 \text{ МВА}$$

$$S_{\text{тр}} = \frac{S_p}{1.4} = \frac{307.692}{1.4} = 219.78 \text{ МВА}$$

№2 қосалқы станциясы үшін

$$S_p = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{60}{0.65} = 92,307 \text{ МВА}$$

$$S_{\text{тр}} = \frac{S_p}{1.4} = \frac{92,307}{1.4} = 65,933 \text{ МВА}$$

Қосалқы станциялардың реактивті қуатын анықтау

Қосалқы станциялар тұтынатын реактивті қуат келесі формуламен анықталады:

$$Q_{ij} = \sqrt{S_n^2 - P_n^2}, \quad (10)$$

Басты және №1-4 қосалқы станциялардың реактивті қуаты:

$$Q_1 = \sqrt{S_1^2 - P_1^2} = \sqrt{76.923^2 - 50^2} = 58.456$$

$$Q_2 = \sqrt{S_2^2 - P_2^2} = \sqrt{76.923^2 - 50^2} = 58.456$$

$$Q_3 = \sqrt{S_3^2 - P_3^2} = \sqrt{61.538^2 - 40^2} = 46.764$$

$$Q_4 = \sqrt{S_4^2 - P_4^2} = \sqrt{307.692^2 - 200^2} = 233.825$$

$$Q_4 = \sqrt{S_4^2 - P_4^2} = \sqrt{92,307^2 - 60^2} = 70,146$$

Электр беріліс желісінің номиналды кернеуін, трансформаторлардың қуатын анықтай келе келесідей трансформаторлар таңдалды: №2 қосалқы станциясына ТРДНС-63000/220 типті; №3 қосалқы станциясына ТРДНС-63000/220 типті; №4 қосалқы станциясына ТРДНС-63000/220 типті; №1 қосалқы станциясына АДЦТН-500000/500/220 типті автотрансформатор таңдалды. 3-кестеде таңдалған трансформаторлар мен автотрансформатордың параметрлері берілген.

3-кесте - Таңдалған трансформатор мен автотрансформатордың параметрлері

Трансформатор типі	S _{ном} , МВА	Кернеу ді реттеу	Каталогты берілгендері								
			U _{ном.орам} , кВ			U _к , %			P _{к.т} , кВт	P _{б.ж} кВт	I, %
			ЖК	ОК	ТК	Ж-О	Ж-Т	О-Т			
ТРДНС-63000/220	63	±12%	230	-	6,3	11,5	-	-	300	82	0,8
АДЦТН-500000/500/220	500	-12% ÷ +10%	500	230	20	12	50	35	950	150	0,15

№3 қосалқы станциясы үшін ТРДНС-63000/220 типті трансформаторының параметрлерін анықтау [4] әдібиеттегі нұсқаулық бойынша орындалады.

ТРДНС-63000/220 типті трансформатордың кедергілері келесідей анықталады [4]:

$$R_{тр} = \frac{\Delta P_{кт} \cdot U_{ном}^2}{1000 \cdot S_{ном}^2} = \frac{300 \cdot 230^2}{1000 \cdot 63^2} = 3.998 \text{ Ом}$$

$$X = \frac{U_{к\%} \cdot U_{ном}^2}{100 \cdot S_{ном}} = \frac{11.5 \cdot 230^2}{100 \cdot 63} = 96.563 \text{ Ом}$$

Қуат коэффициенті бойынша толық және реактивті қуатты анықтау

Толық және реактивті қуаттарды анықтағанда желідегі активті қуат шығыны, зарядтық шығыны, реактивті қуат шығыны ескеріледі.

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U_{ном}} \cdot R_{тр} = \frac{50^2 + 58.456^2}{230} \cdot 3.998 = 0.447 \text{ МВА}$$

$$\Delta Q = \frac{P^2 + Q^2}{U_{ном}} \cdot X_{тр} = \frac{50^2 + 58.456^2}{230} \cdot 96.563 = 10.8 \text{ МВАр}$$

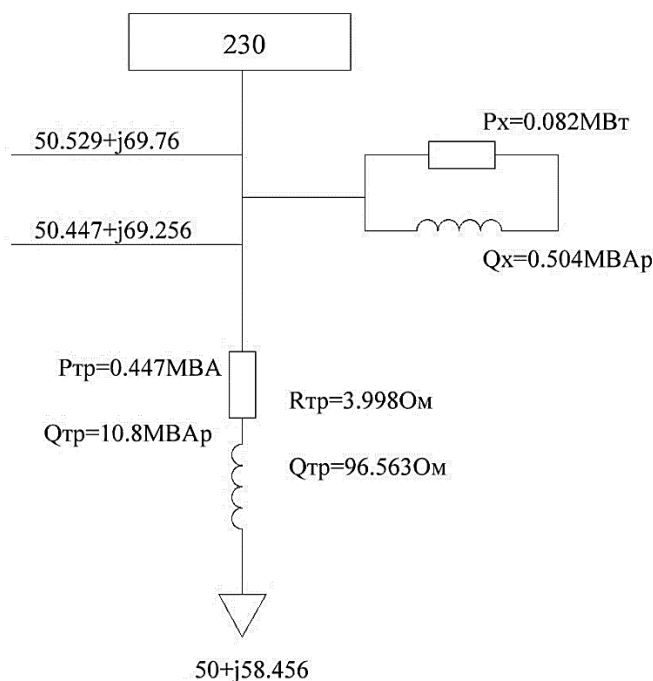
$$P'_1 + jQ'_1 = (P + \Delta P) + j(Q + \Delta Q) = (50 + 0.447) + j(58.45 + 10.8) = 50.447 + j69.256 \text{ МВА}$$

$$\Delta Q = \frac{I_0 \cdot S_H}{100} = \frac{0.8 \cdot 63}{100} = 0.504 \text{ МВАр}$$

$$\Delta P_0 = P_{\text{б.ж}} = 0.082 \text{ МВт}$$

$$\Delta P''_1 + jQ''_1 = (50.447 + 0.082) + j(69.256 + 0.504) = 50.529 + j69.76 \text{ МВА}$$

ТРДНС-63000/220 типті трансформаторының алмастыру сұлбасы және анықталған параметрлері 8-суретте көрсетілген.



8-сурет-ТРДНС-63000/220 типті трансформаторының алмастыру сұлбасы және параметрлері

№3 қосалқы станциясы сияқты №4 қосалқы станциясы үшін де трансформаторының параметрлері анықталады

$$R_{\text{тр}} = \frac{\Delta P_{\text{кт}} \cdot U_{\text{НОМ}}^2}{1000 \cdot S_{\text{НОМ}}^2} = \frac{300 \cdot 230^2}{1000 \cdot 63^2} = 3.998 \text{ Ом}$$

$$X = \frac{U_{\text{к\%}} \cdot U_{\text{НОМ}}^2}{100 \cdot S_{\text{НОМ}}} = \frac{11.5 \cdot 230^2}{100 \cdot 63} = 96.563 \text{ Ом}$$

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U_{\text{НОМ}}^2} \cdot R_{\text{тр}} = \frac{40^2 + 46.764^2}{230^2} \cdot 3.998 = 0.286 \text{ МВА}$$

$$\Delta Q = \frac{P^2 + Q^2}{U_{\text{НОМ}}^2} \cdot X_{\text{тр}} = \frac{40^2 + 46.764^2}{230^2} \cdot 96.563 = 6.912 \text{ МВАр}$$

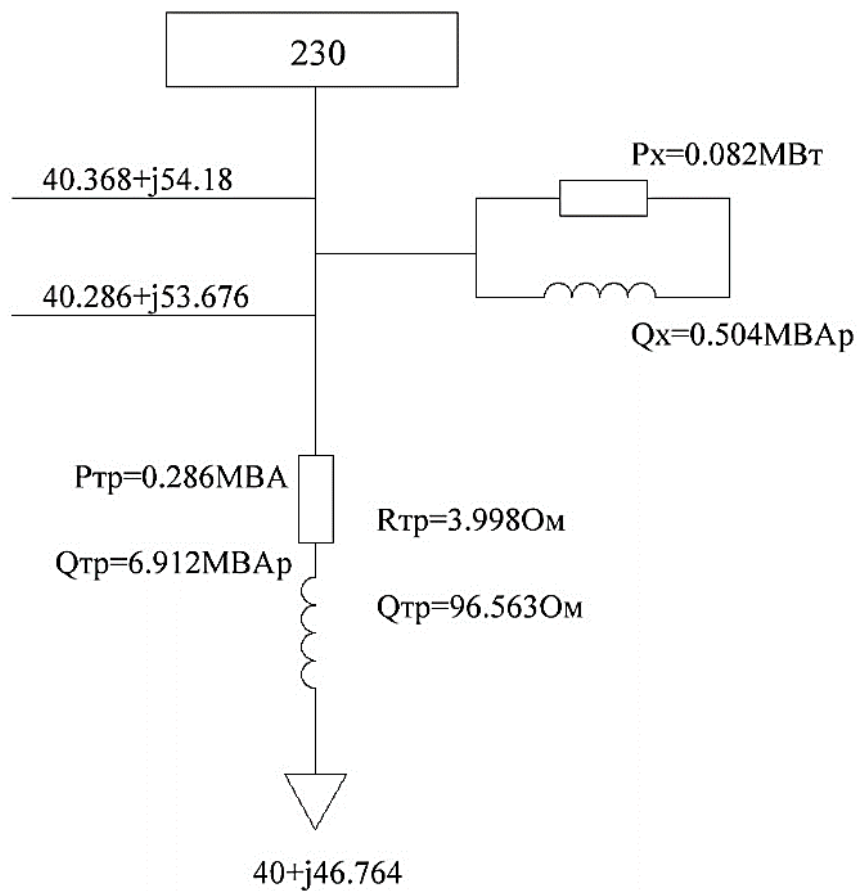
$$P_3' + jQ_3' = (P + \Delta P) + j(Q + \Delta Q) = (40 + 0.286) + j(46.764 + 6.912) = 40.286 + j53.676 \text{ МВА}$$

$$\Delta Q = \frac{I_0 \cdot S_{\text{н}}}{100} = \frac{0.8 \cdot 63}{100} = 0.504 \text{ МВАр}$$

$$\Delta P_0 = P_{\text{б.ж}} = 0.082 \text{ МВт}$$

$$\Delta P_3'' + jQ_3'' = (40.286 + 0.082) + j(53.676 + 0.504) = 40.368 + j54.18 \text{ МВА}$$

№4 қосалқы станциясы үшін трансформаторының алмастыру сұлбасы және есептелген параметрлері 9-суретте көрсетілген.



9-сурет-№4 қосалқы станциясы үшін трансформатордың алмастыру сұлбасы және параметрлері

№1 қосалқы станциясы үшін АДЦТН-500000/500/220 типті автотрансформаторының параметрлері де [4] бойынша анықталады.

АДЦТН-500000/500/220 типті автотрансформаторының кедергілері келесідей анықталады:

$$R_{\text{тр}} = \frac{\Delta P_{\text{кт}} \cdot U_{\text{ном}}^2}{1000 \cdot S_{\text{ном}}^2} = \frac{950 \cdot 500^2}{1000 \cdot 500^2} = 0.95 \text{ Ом}$$

$$R_1 = R_2 = R_3 = 0.5 \cdot R_{\text{тр}} = 0.5 \cdot 0.95 = 0.475 \text{ Ом}$$

Әр фазаның қысқа тұйықталу кернеулері келесі формуламен анықталады.

$$U_{\text{К1}} = 0.5 \cdot (U_{(\text{жк-ок})} + U_{(\text{жк-тк})} - U_{(\text{ок-тк})}) \quad (11)$$

$$U_{\text{К1}} = 0.5 \cdot (U_{(\text{жк-ок})} + U_{(\text{жк-тк})} - U_{(\text{ок-тк})}) = 0.5 \cdot (15 + 50 - 35) = 13.5\%$$

$$U_{\text{К2}} = 0.5 \cdot (U_{(\text{ок-тк})} + U_{(\text{жк-ок})} - U_{(\text{жк-тк})}) = 0.5 \cdot (35 + 12 - 50) = -1.5\%$$

$$U_{\text{К3}} = 0.5 \cdot (U_{(\text{жк-тк})} + U_{(\text{ок-тк})} - U_{(\text{жк-ок})}) = 0.5 \cdot (50 + 35 - 12) = 36.5\%$$

$$x_1 = \frac{13.5 \cdot 500^2}{100 \cdot 500} = 67.5 \text{ Ом}$$

$$x_2 = \frac{0 \cdot 500^2}{100 \cdot 500} = 0 \text{ Ом}$$

$$x_3 = \frac{36.5 \cdot 500^2}{100 \cdot 500} = 182.5 \text{ Ом}$$

Автотрансформатордың активті, реактивті және толық қуатын анықтау.

Қуат коэффициенті бойынша толық қуаты, реактивтік қуаты және автотрансформатордың жүктелуі (8)-(9) формулалар бойынша анықталады.

$$S_{30} = \frac{60}{0.65} = 92.307 \text{ МВА}$$

$$Q_{30} = \sqrt{92.307^2 - 60^2} = 70.146 \text{ МВАр}$$

$$S_{70} = \frac{140}{0.65} = 215.384 \text{ МВА}$$

$$Q_{70} = \sqrt{215.384^2 - 140^2} = 163.677 \text{ МВАр}$$

$$\Delta P_{33} = \frac{60^2 + 70.146^2}{500^2} \cdot 0.475 = 0.016 \text{ МВт}$$

$$\Delta Q_{33} = \frac{60^2 + 70.146^2}{500^2} \cdot 182.5 = 6.219 \text{ МВАр}$$

$$P'_{33} + jQ'_{33} = (60 + 0.016) + j(70.146 + 6.219) = 60.016 + j76.365 \text{ МВА}$$

$$\Delta P_{32} = \frac{140^2 + 163.677^2}{500^2} \cdot 0.475 = 0.088 \text{ МВт}$$

$$\Delta Q_{32} = \frac{140^2 + 163.677^2}{500^2} \cdot 0 = 0 \text{ МВАр}$$

$$P'_{32} + jQ'_{32} = (140 + 0.088) + j(163.677 + 0) = 140.088 + j163.677 \text{ МВА}$$

$$P'_{31} + jQ'_{31} = (60.016 + 140.088) + j(76.365 + 163.677) = 200.104 + j240.042 \text{ МВА}$$

$$\Delta P_{31} = \frac{200^2 + 240.042^2}{500^2} \cdot 0.475 = 0.185 \text{ МВт}$$

$$\Delta Q_{31} = \frac{200^2 + 240.042^2}{500^2} \cdot 67.5 = 26.357 \text{ МВАр}$$

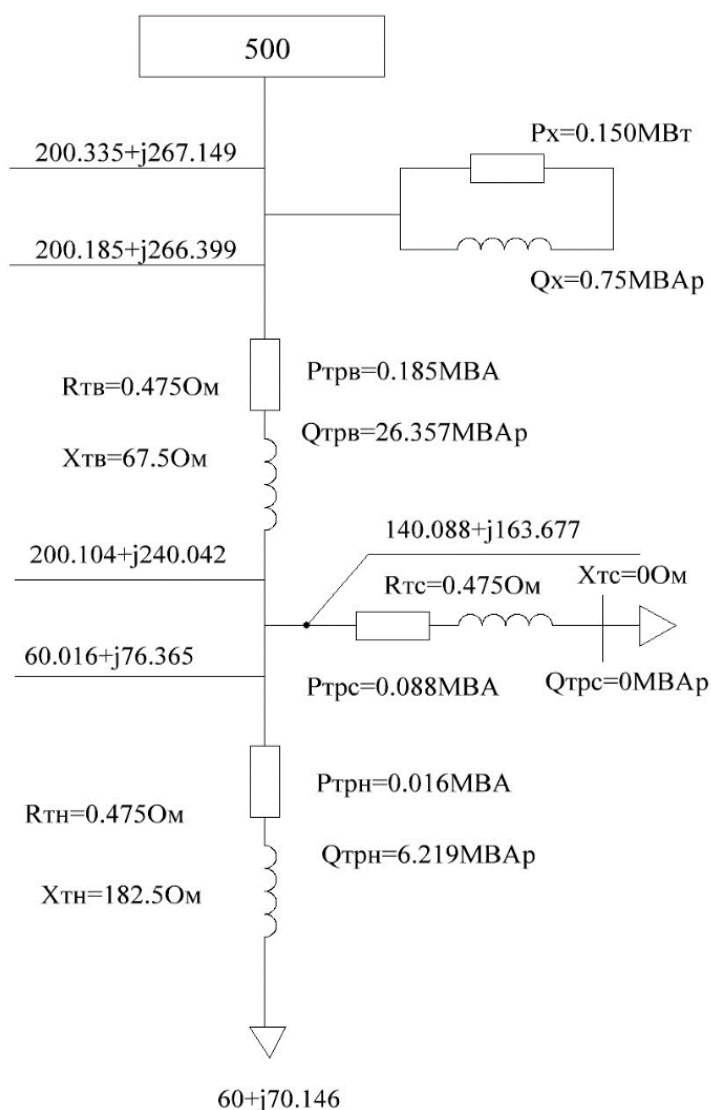
$$P'_4 + jQ'_4 = (200 + 0.185) + j(240.042 + 26.357) = 200.185 + j266.399 \text{ МВА}$$

$$\Delta P_0 = P_{\text{б.ж}} = 0.150 \text{ МВт}$$

$$\Delta Q_{\mu} = \frac{I_0 \cdot S_n}{100} = \frac{0.15 \cdot 500}{100} = 0.75 \text{ МВАр}$$

$$\Delta P''_4 + jQ''_4 = (200.185 + 0.150) + j(266.399 + 0.75) = 200.335 + j267.149 \text{ МВА}$$

№1 қосалқы станциясы үшін АТДЦТН-500000/500/220 типті автотрансформаторының алмастыру сұлбасы және параметрлері 10-суретте көрсетілген.



10-сурет - №1 қосалқы станциясы үшін АДЦТН-500000/500/220 типті автотрансформаторының алмастыру сұлбасы және параметрлері

Қорытындылай келе бұл бөлімде әр қосалы станцияға таңдалған трансформаторлардың паспорттық параметрлеріне негізделіп, олардың кедергілері мен шығындары есептелді.

2.2.3 Желілердің сымдарын таңдау

Электр энергетикалық жүйенің тұйықталған схемасы үшін желінің параметрлерін есептеу.

Электр энергетикалық жүйенің келесі күштік элементі бұл – электр беріліс желілері болып саналады. Электр беріліс желілерінің параметрлерін анықтау олардың қималарын есептеу және маркасын таңдау арқылы орындалады.

Сымның қимасы есептік токты анықтау арқылы токтың экономикалық тығыздығы шартына тексеру арқылы анықталады [5,7].

Желінің әрбір бөлігіндегі токтары анықталады, ол тасымалданатын қуат пен кернеуге байланысты келесі формуламен табылады [5].

$$I_{\text{ес}} = \frac{S_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}}, \quad (12)$$

Электр беріліс желілеріндегі токтардың мәндері (12) формулаға сәйкес:

$$I_{01} = \frac{\sqrt{139,999^2 + 163,675^2}}{\sqrt{3} \cdot 500} = 248 \text{ A};$$

$$I_{12} = \frac{\sqrt{4,186^2 + 4,894^2}}{\sqrt{3} \cdot 220} = 16 \text{ A};$$

$$I_{41} = \frac{\sqrt{45,813^2 + 53,561^2}}{\sqrt{3} \cdot 220} = 185 \text{ A};$$

$$I_{23} = \frac{\sqrt{54,186^2 + 63,35^2}}{\sqrt{3} \cdot 220} = 219 \text{ A};$$

$$I_{34} = \frac{\sqrt{94,186^2 + 110,114^2}}{\sqrt{3} \cdot 220} = 380 \text{ A}.$$

Экономикалық қиманы таңдау келтірілген шығынның минималды болу шартынан табылады [7]. Экономикалық қима токтың экономикалық тығыздықтары нормаланған мәніне сай таңдалады, және келесі формуламен есептеледі:

$$S_{\text{эк}} = \frac{I}{j_{\text{эк}}}, \quad (13)$$

мұндағы $j_{\text{эк}}$ – токтың экономикалық тығыздығы.

Алюминий материалынан жасалған сымдар үшін токтың экономикалық тығыздығы $j_{\text{эк}} = 1,5 \text{ A/mm}^2$ тең.

Басты және №1 ҚС арасындағы желі сымның қимасы (13) бойынша:

$$S_{\text{эк01}} = \frac{248}{1,5} = 165,3 \text{ мм}^2.$$

Табылған мәнге сәйкес АС-300/48 маркалы алюминий-болат сым таңдалды. Апаттық режимдегі тогы:

$$I_{\text{доп}} = 690 \text{ А}$$

№1 және №2 ҚС арасындағы желі сымның қимасы (13) бойынша:

$$S_{\text{эк12}} = \frac{16}{1,5} = 10,6 \text{ мм}^2.$$

Табылған мәнге сәйкес АС-240/39 маркалы алюминий-болат сым таңдалды. Апаттық режимдегі тогы:

$$I_{\text{доп}} = 610 \text{ А}$$

№4 және №1 ҚС арасындағы желі сымның қимасы (13) бойынша:

$$S_{\text{эк41}} = \frac{185}{1,5} = 123,3 \text{ мм}^2.$$

Табылған мәнге сәйкес АС-240/39 маркалы алюминий-болат сым таңдалды. Апаттық режимдегі тогы:

$$I_{\text{доп}} = 610 \text{ А}$$

№2 және №3 ҚС арасындағы желі сымның қимасы (13) бойынша:

$$S_{\text{эк23}} = \frac{219}{1,5} = 146 \text{ мм}^2.$$

Табылған мәнге сәйкес АС-240/39 маркалы алюминий-болат сым таңдалды. Апаттық режимдегі тогы:

$$I_{\text{доп}} = 610 \text{ А}$$

№3 және №4 ҚС арасындағы желі сымның қимасы (13) бойынша:

$$S_{\text{эк34}} = \frac{380}{1,5} = 253,3 \text{ мм}^2.$$

Табылған мәнге сәйкес АС-300/48 маркалы алюминий-болат сым таңдалды. Апаттық режимдегі тогы:

$$I_{\text{доп}} = 690 \text{ A}$$

Таңдалған сым маркасы мен есептелген қиманың мәні туралы мәліметтер 4-кестеде енгізілді.

4-кесте – Таңдалған сым маркасы мен есептелген қиманың мәні туралы мәліметтер

Аймақтар	I_{ec} , А	$S_{эк34}$, мм ²	Сым маркасы, мм ²	$I_{доп}$, А
0-1, L=140км	248	165,3	АС-300/48	690
1-2, L=35км	16	10,6	АС-240/39	610
2-3, L=80км	219	146	АС-240/39	610
3-4, L=75км	380	253,3	АС-300/48	690
4-1, L=25км	185	123,3	АС-240/39	610

Электр беріліс желісінің салыстырмалы параметрлерін анықтау [7] әдебиеттегі нұсқаулық бойынша орындалады.

Сымның параметрлері келесі формулалармен анықталады [7].

Меншікті активті кедергі, Ом/км

$$r_0 = \frac{\rho}{S}. \quad (14)$$

Сымның радиусы, мм

$$r_{\text{сым}} = \frac{D_{\text{сым}}}{2}. \quad (15)$$

Меншікті реактивті кедергі, Ом/км

$$x_0 = 0,144 \cdot \lg \left(\frac{D_{\text{орт}}}{r_{\text{сым}}} \right) + 0,0157. \quad (16)$$

Меншікті реактивті өткізгіштік, См/км

$$b = \frac{7,58 \cdot 10^{-6}}{\lg(D_{\text{орт}}/r_{\text{сым}})}. \quad (17)$$

Электр беріліс желілеріндегі фаза сымдарының арасындағы орташа геометриялық арақашықтық келесіге тең:

$$D_{\text{орт}} = \sqrt[3]{D_{1-2} \cdot D_{2-3} \cdot D_{1-3}}. \quad (18)$$

Тұйықталған желінің кедергілері келесі формулалар арқылы есептеледі.

Желінің активті кедергісін келесі формула арқылы есептеледі

$$R_i = r_0 \cdot l. \quad (19)$$

Желінің реактивті кедергісін келесі формула арқылы есептеледі

$$X_i = r_0 \cdot l. \quad (20)$$

Желінің реактивті өткігіштігін келесідей есептеледі

$$B_i = b_0 \cdot l. \quad (21)$$

Желінің соңындағы зарядтық қуатты келесі формуламен есептеледі

$$Q_{ci} = \frac{1}{2} \cdot U_{\text{ном}}^2 \cdot B_i. \quad (22)$$

(14)-(22) формулаларға сәйкес басты және №1 ҚС желісі үшін салыстырмалы параметрлері есептеледі:

$$r_{01} = \frac{17,24}{300} = 0,057 \text{ Ом/км};$$

$$r_{\text{сым01}} = \frac{0,0241}{2} = 0,012 \text{ м};$$

$$D_{\text{орт}} = \sqrt[3]{D_{1-2} \cdot D_{2-3} \cdot D_{1-3}} = 14$$

$$x_{01} = 0,144 \cdot \lg \left(\frac{14}{0,012} \right) + 0,0157 = 0,457 \text{ Ом/км};$$

$$b_{01} = \frac{7,58 \cdot 10^{-6}}{\lg(14 / 0.012)} = 2,472 \cdot 10^{-6} \text{ СМ/кМ};$$

$$R_{01} = 0.057 \cdot 140 = 7,98 \text{ Ом};$$

$$X_{01} = 0.457 \cdot 140 = 63,98 \text{ Ом};$$

$$B_{01} = 2,472 \cdot 10^{-6} \cdot 140 = 346,08 \cdot 10^{-6} \text{ СМ};$$

$$Q_{01} = \frac{1}{2} \cdot 500^2 \cdot 34,608 \cdot 10^{-5} = 43,26 \text{ МВар}.$$

(14)-(22) формулалардың негізінде басты және №1 ҚС-лар арасындағы желінің параметрлері есптелгендей қалған ҚС-лар арасындағы желілердің параметрлерін есептейміз. Есептеу нәтижелері 5-кестеде көрсетілген.

5-кесте-Тұйықталған жүйенің электр беріліс желісінің параметрлері

Аймақтар	r_n ,Ом/кМ	R_n ,Ом	x_n ,Ом/кМ	X_n ,Ом	b_n ,СМ/кМ	B_n ,СМ	Q_{cn}^k ,МВар
0-1, L=140кМ	0.057	7.98	0.457	63.98	$2,472 \cdot 10^{-6}$	$346,08 \cdot 10^{-6}$	43,26
1-2, L=35кМ	0.071	2.485	0,428	14.98	$2,642 \cdot 10^{-6}$	$9.247 \cdot 10^{-5}$	2.237
2-3, L=80кМ	0.071	5.68	0,428	34.24	$2,642 \cdot 10^{-6}$	$21.136 \cdot 10^{-5}$	5.114
3-4, L=75кМ	0.057	4.275	0.422	31.65	$2,685 \cdot 10^{-6}$	$20,137 \cdot 10^{-5}$	4.873
4-1, L=25кМ	0.071	1.775	0,428	10.7	$2,642 \cdot 10^{-6}$	$6,6 \cdot 10^{-5}$	1.597

Электр энергетикалық жүйенің тұйықталмаған схемасы үшін желінің параметрлерін есептеу.

Энергетикалық жүйенің бұл схемасы да жоғарыдағы нұсқаулық

бойынша есептеледі. Таңдалған сым маркалары және желінің параметрлерін есептеу нәтижелері 6 және 7-кестелерде көрсетілген.

6 – кесте – Тұйықталмаған жүйе үшін таңдалған сымдардың маркалары

Аймақтар	I_{ec} , А	$S_{эк34}$, мм ²	Сым маркасы, мм ²	$I_{дон}$, А	r_{cm} , см
0-1, L=93,7км	217,53	145,02	АС-185/24	520	0,98
0-2, L=133,7км	255,97	170,647	АС-185/24	520	0,98
0-3, L=150,км	223,9	149,3	АС-185/24	520	0,98
0-4, L=80км	352,04	234	АС-240/39	710	2,16

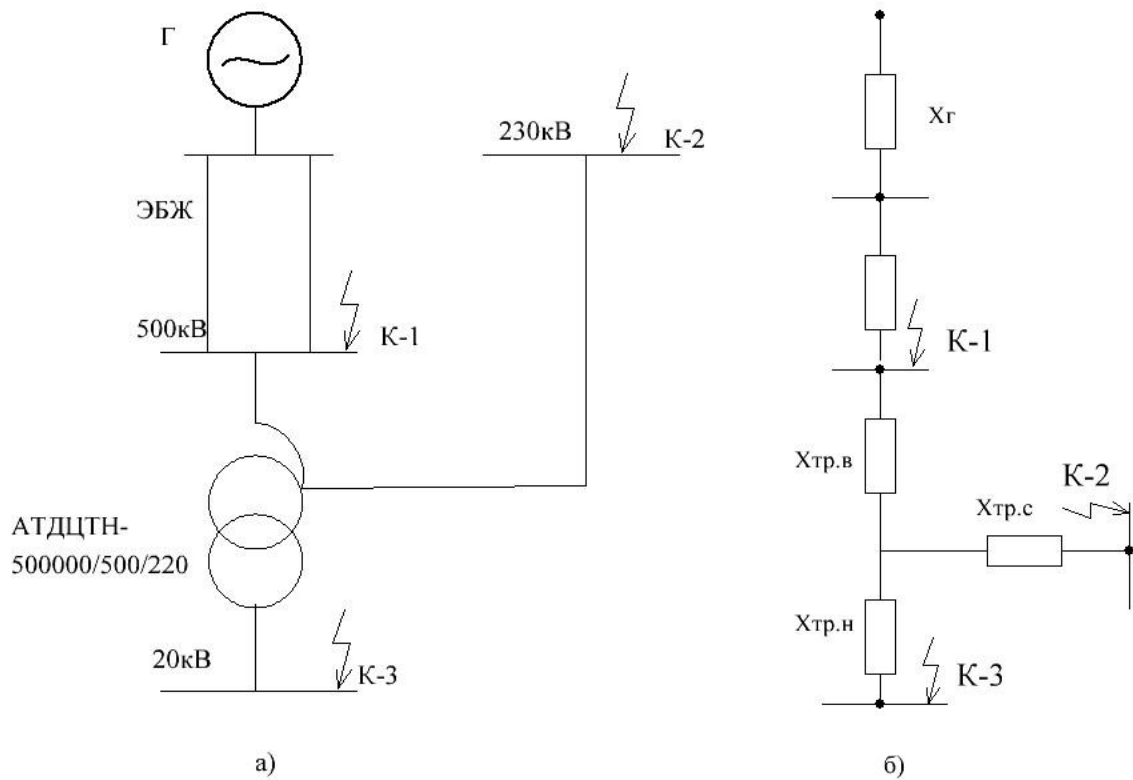
7-кесте - Тұйықталмаған жүйенің электр беріліс желісінің параметрлері

Аймақтар	r_n , Ом/км	R_n , Ом	x_n , Ом/км	X_n , Ом	b_n , См/км	B_n , См	Q_{cn}^x , Мвар
0-1, L=161км	0,071	11.431	0.428	68.908	$2,642 \cdot 10^{-6}$	$42.536 \cdot 10^{-5}$	10.29 3
0-2, L=180км	0,071	12.78	0,428	77.04	$2,642 \cdot 10^{-6}$	$47.556 \cdot 10^{-5}$	11.50 8
0-3, L=143км	0,071	10.153	0,428	61.204	$2,642 \cdot 10^{-6}$	$37.78 \cdot 10^{-5}$	9.14
0-4, L=140км	0,071	9.94	0,428	59.92	$2,642 \cdot 10^{-6}$	$36.988 \cdot 10^{-5}$	8.953

2.2.4 Қысқа тұйықталу тогын есептеу

Берілген жүйенің бір бөлігінің қысқа тұйықталу тогын табу және сол параметрлерге сәйкес аппараттар таңдау (ҚТ) [8,9] әдебиеттердегі нұсқаулық бойынша орындалады.

Апаттық режимді талдауға таңдап алынған аймақ А-І. Оның структуралық және алмастыру сұлбалары 11-суретте көрсетілген.



11-сурет- Апаттық режим орындалатын аймақтың структуралық (а) және алмастыру сұлбалары (б)

Қысқа тұйықталуды есептеу салыстырмалы бірліктерде еспетеледі. Ол үшін салыстырмалы бірлікте базистік параметрлерді таңдап аламыз.

Базистік қуат:

$$S_0 = 100 \text{ MVA.}$$

Базистік кернеулер:

$$U_{\text{баз}K_1} = 500 \text{ кВ,}$$

$$U_{\text{баз}K_2} = 230 \text{ кВ,}$$

$$U_{\text{баз}K_3} = 20 \text{ кВ.}$$

Қысқа тұйықталу тогы АТДЦТН-500000/500/220 типті автотрансформатор арқылы өтетіндіктен оның паспорттық мәлеметтерін пайдаланамыз (7-кесте).

Қысқа тұйықталу тогын анықтауда қолданылатын тұрақты шамалар 8-кестеде келтірілген.

7-кесте–АТДЦТН-500000/500/220 типті автотрансформаторының паспорттық берілгені.

Трансформатор типі	Sном, МВА	Реттеу шектері	Каталогты берілгендері								
			Уном.орам, кВ			Uк, %			Pқ.т, кВт	Pб.ж кВт	I, %
			ЖК	ОК	ТК	Ж-О	Ж-Т	О-Т			
АТДЦТН-500000/500/220	500	-12% ÷ +10%	500	230	20	12	50	35	950	150	0,15

8-кесте-Қысқа тұйықталу тогын анықтауға арналған тұрақтылар

Кернеу мәндері	t, с	K _{сок}	T _а , с
500 кВ үшін	0,5	1,78	0,185
230 кВ үшін	0,7	1,78	0,2
20 кВ үшін	0,85	1,78	0,22

Барлық есептелініп шығарылған мәндердің топтастырылған жиынтығы 9 - кестеде көрсетілген.

9-кесте – Қысқы тұйықталу болған аймақтардағы қысқа тұйықталу токтары

Нүкте/ Параметр	K1	K2	K3
U _ж	500 кВ	230 кВ	20 кВ
I _б	0,11 кА	0,25 кА	2,8кА
I _{КТ}	0,73 кА	1,05 кА	6,68 кА
i _{соккы}	1,8 кА	2,63 кА	16,7 кА
I _{ес}	578 А	1256 А	2667 А
B _к	2,21 кА ²	6,22кА ²	298,41кА ²

Есептелген параметрлерді MATLAB бағдарламасында құрылған моделге енгізіп, энергетикалық жүйеде апат болған кезде жиіліктің өзгеруін зерттеймін.

2.3 Электр энергетикалық жүйенің моделін құру

Электр энергетикалық жүйенің моделін MATLAB бағдарламасының электр энергетикалық жүйелерді модельдеу және симуляциялау компоненті SimPowerSystems көмегімен құрамыз. 12-суретте электр энергетикалық жүйенің құрастырылған моделі көрсетілген. Модельдегі элементтердің параметрлерін енгіземіз. Модельдегі трансформаторлар және электр беріліс желілерінің енгізілген параметрлері 13-16-суреттерде көрсетілген.

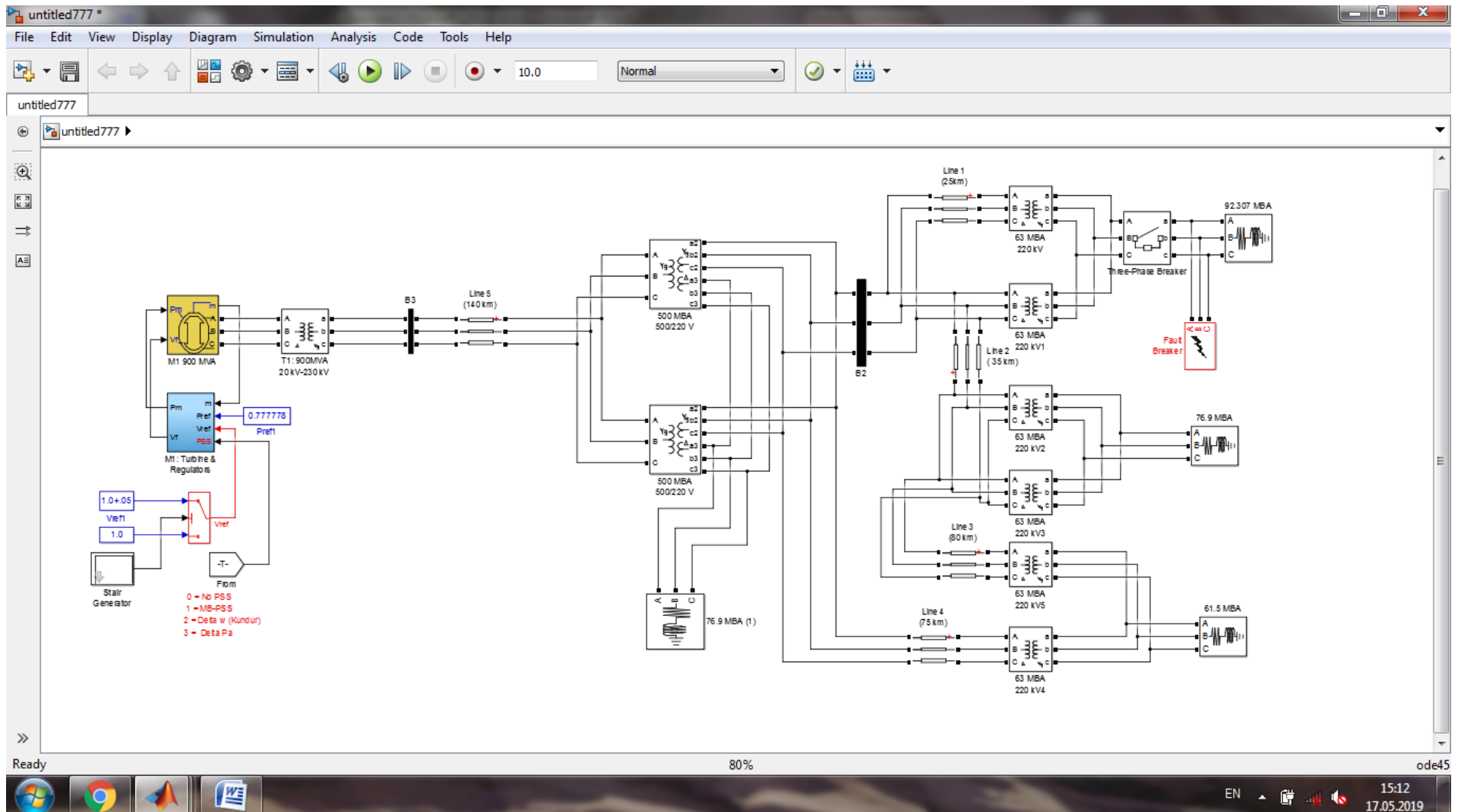
2.4 Қысқа тұйықталу кезінде жиіліктің өзгеруін анықтау

№2 ҚС-да қысқа тұйықталу болғанда қоректендіруші станциядағы жиіліктің өзгеруін зерттейміз.

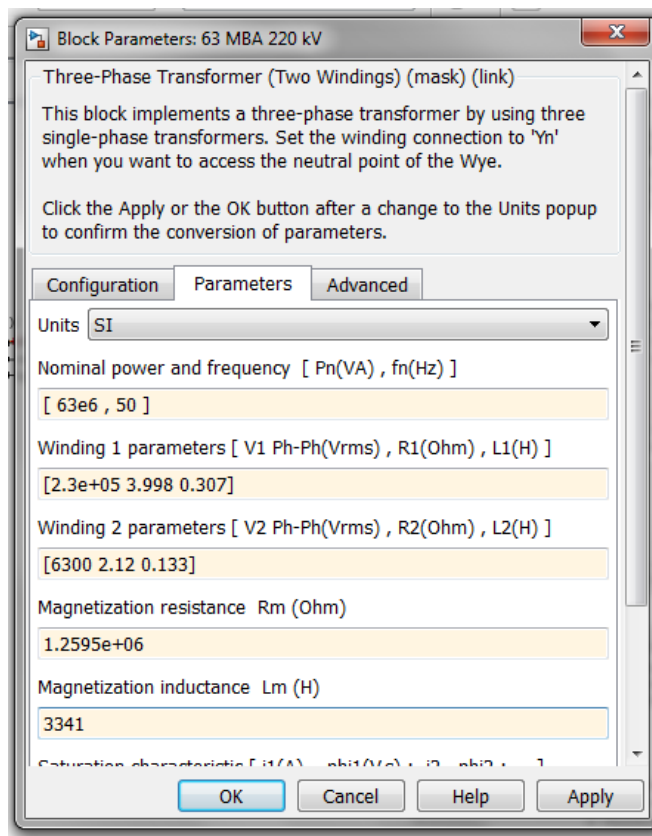
17-суретте жиілік реттеуіші жоқ СГ-да қысқа тұйықталу кезінде жиіліктің өзгеруі көрсетілген.

18-суретте жиілік реттеуішке ие СГ-да жиіліктің қысқа тұйықталу кезінде жиіліктің өзгеруі көрсетілген.

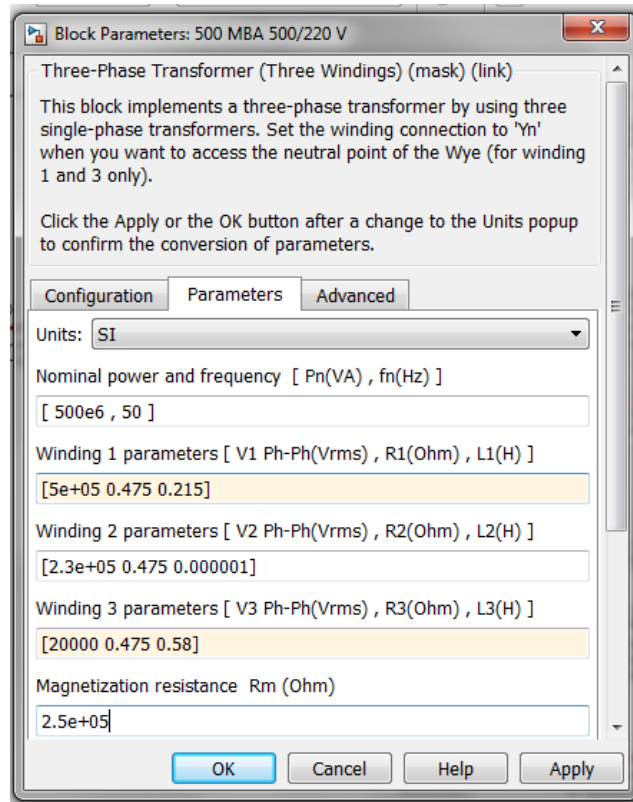
Суреттерден байқайтынмыз жиілік реттеуішке СГ-да жиілік қысқа тұйықталу кезінде өзгеруі өте аз болады.



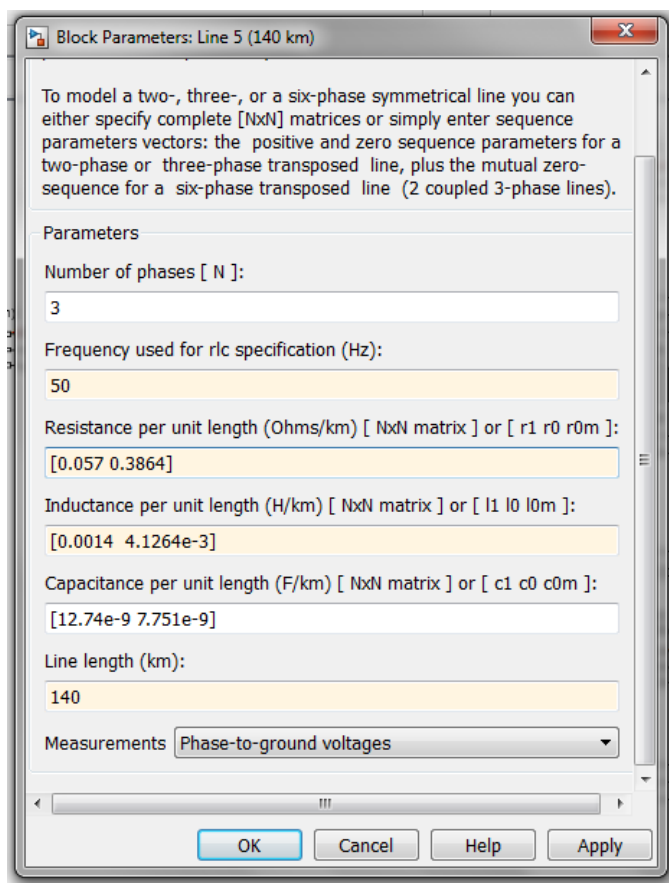
12-сурет – Электр энергетикалық жүйенің моделі



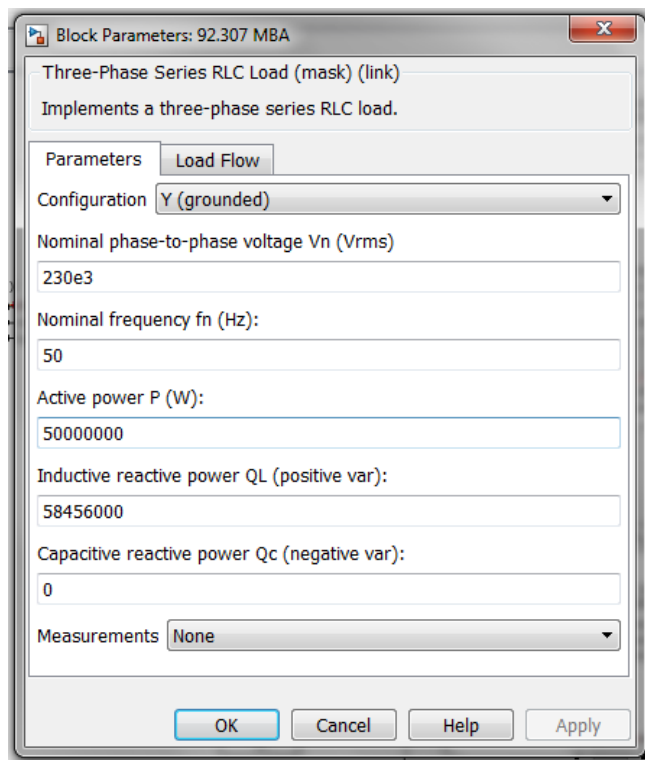
13-сурет – ТРДНС-63000/220 трансформаторының параметрлері



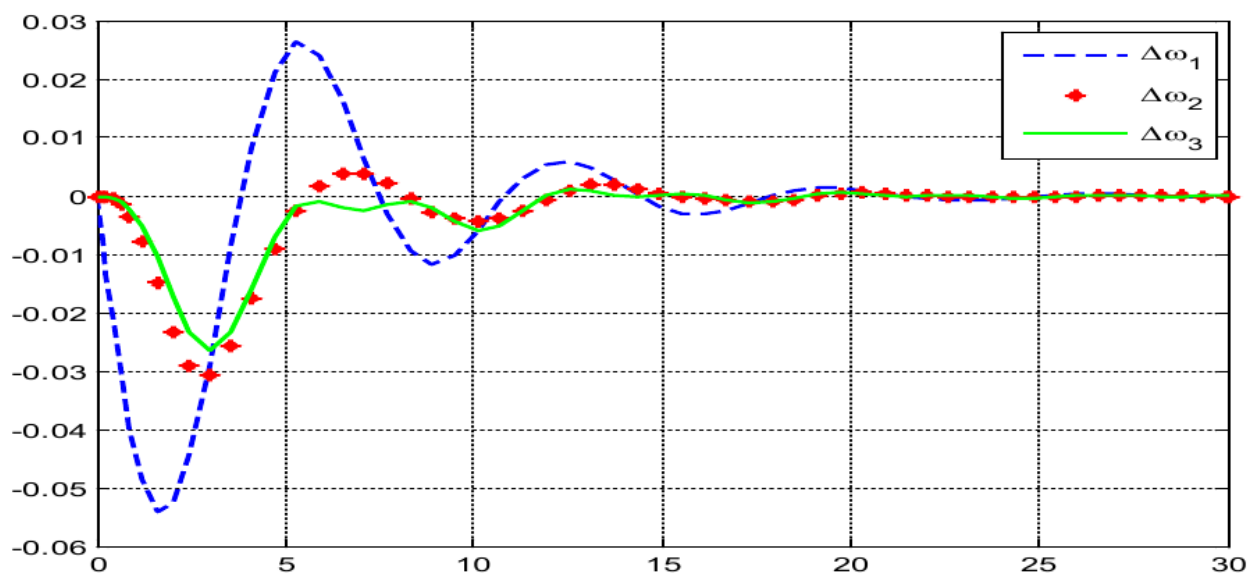
14-сурет – АТДЦТН-500000/500/220 трансформаторының параметрлері



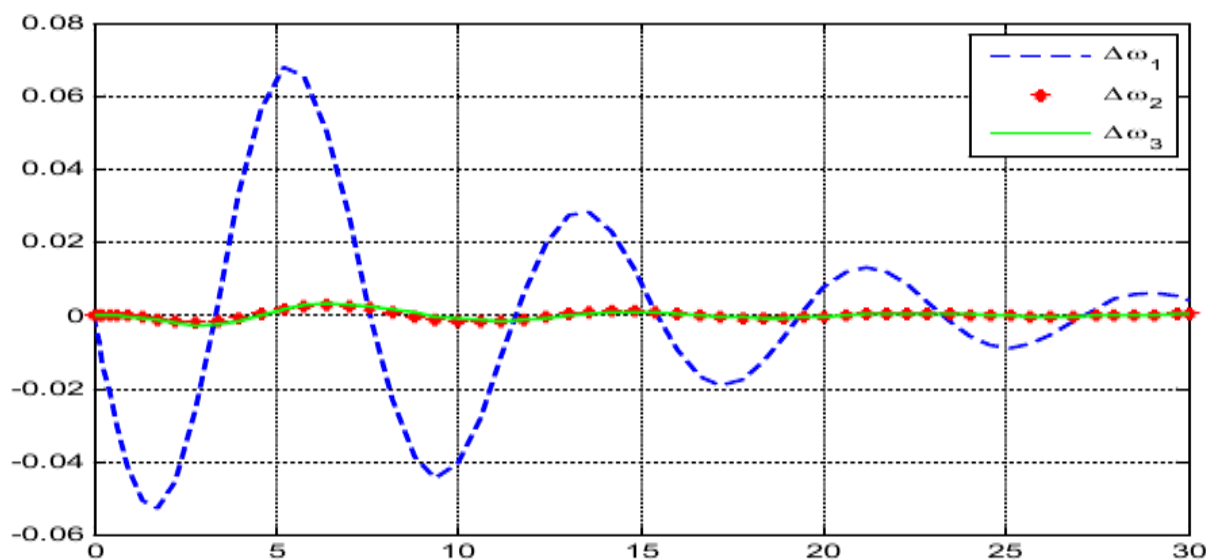
15-сурет – Электр беріліс желісінің параметрлері



16-сурет – №2 ҚС-ның жүктемесінің параметрлері



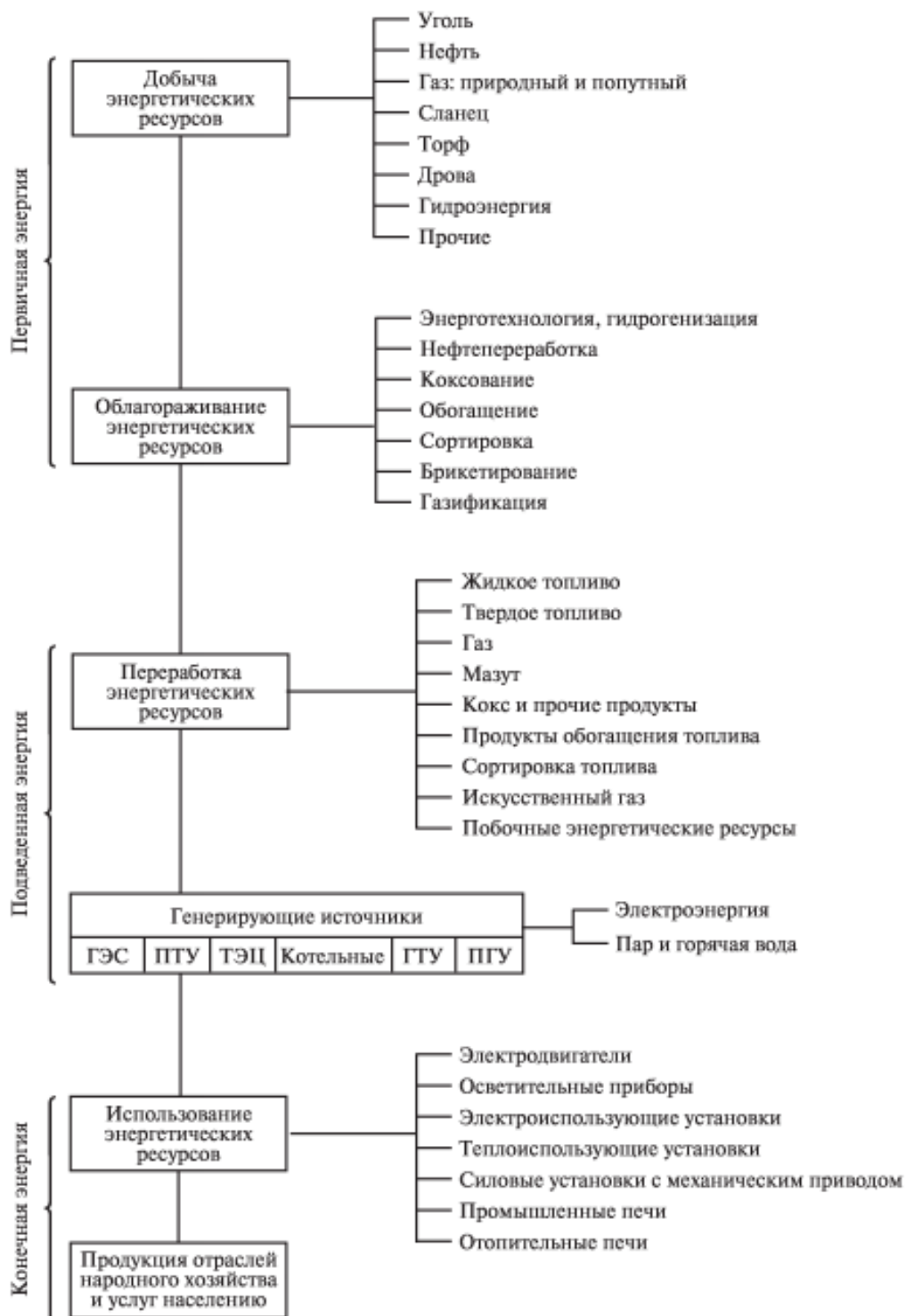
17-сурет – Жиілік реттеуіші жоқ СГ-да жиіліктің өзгеруі



18-сурет – Жиілік реттеуішке ие СГ-да жиіліктің өзгеруі

3 Экономикалық бөлім

Энергетикалық ресурстарды түрлендіру үрдістерінің ірілендірілген схемасы 19-суретте көрсетілген.



19-сурет – Негізгі энергетикалық тізбектердің ірілендірілген схемасы

Экономикалық даму проблемаларын шешу, ұтымды ұйымдастыру схемасын таңдау кезінде кәсіпорын саланың негізгі технологияларының ерекше ерекшеліктерін ескеруі қажет.

Энергожүйелер қазіргі уақытта талап етілетіндей сонша энергия мен қуат беруі тиіс:

$$\mathcal{E}_{\text{өн}} = \mathcal{E}_{\text{тұт}} + \mathcal{E}_{\text{ш}};$$

$$Q_{\text{өн}} = Q_{\text{тұт}} + Q_{\text{ш}},$$

мұндағы $\mathcal{E}_{\text{өн}}$ - өндірілген электр энергиясы, кВт·сағ; $\mathcal{E}_{\text{тұт}}$ - тұтынылған электр энергиясы, кВт·сағ; $\mathcal{E}_{\text{ш}}$ - тасымалдау кезіндегі электр энергиясының ысырабы, кВт·сағ; $Q_{\text{өн}}$ - өндірілген жылу энергиясы, ГДж; $Q_{\text{тұт}}$ - тұтынылған жылу энергиясы, ГДж; $Q_{\text{ш}}$ - тасымалдау кезіндегі жылудың ысырабы, ГДж.

Бұл технология энергия жүйелерінің сенімді жұмысына және электр энергиясының сапасына жоғары талаптарды тудырады. Сенімділік энергетикадағы маңызды талаптардың бірі болып табылады. Энергия жүйесінде сенімділіктің тиісті деңгейін қамтамасыз ету үшін:

- резервтеу, яғни энергия жүйелеріне жөндеу жүргізу үшін және берілетін энергия сапасын қолдау үшін істен шыққан агрегаттарды ауыстыру үшін қажетті қуат резервтерін құру, сондай-ақ отынның, судың және т. б. резервтік қорларын қалыптастыру;

- энергия жүйесіндегі генерациялайтын қондырғылардың кең өзара алмасуы. Энергияны тасымалдау және оны тұтынушылардың пайдалану сатыларында да көп мақсаттылық бар;

- өнім түрлерінің өзара алмасуы, яғни қондырғыларда әртүрлі энергия тасымалдаушыларды қолдану мүмкіндігі.;

- энергия тұтынудың жоғары серпінділігі. Бұл генерациялайтын қондырғылардың маневрлігіне қойылатын жоғары талаптарды шарттайды, өйткені әрбір уақыт сәтінде тұтынушыға талап етілетін энергияның осындай мөлшерін өндіру қажет;

- түрлі типтегі генерациялайтын қондырғыларды қамтитын энергия жүйелерін құру қажеттілігі.

Нәтижесінде сенімділік жоғарылайды, резервтер азаяды, демек, қаражат үнемделеді, қондырғылардың бірлі-жарым қуаты ұлғаяды, отынның жылдық және меншікті шығындары төмендейді, жөндеу жұмыстарының тиімділігі артады, ресурстарды неғұрлым толық және ұтымды пайдалану жүзеге асырылады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық жобада алдыға қойылған негізгі міндет, Электроэнергетикалық жүйеде апат жағдайындағы жиіліктің өзгеруін анықтау. Ол үшін алдымен мен трансформаторларды тандап алдым, олардың параметрлерін есептеп, содан кейін қысқа тұйықталу тоғын таптым. Соңында есептеулердің нәтижелерін MATLAB программасына салу арқылы моделін құрастырдым. Электр беріліс желілерінің жұмыс режимдерін қарастырдым. Ал сапа көрсеткіштеріне келетін болсам кернеудің ауытқуы мен жиіліктің ауытқуын анықтап, ашып дипломдық жұмысыма енгіздім. Сонымен қатар өтпелі процесс кезінде жиіліктің өзгеруін, оның тұтынушыға әсері қандай болатынын зерттеп білдім. Экономикалық жағынан электр станциясында немесе қосалқы станцияда апат болған жағдайда жиіліктің өзгеруінің салдарынан электр қондырғылары мерзімінен бұрын істен шығатындығы тиімсіз. Әр істен шыққан аппарат экономикалық жағынан шығын алып келеді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. МЕСТ 13109-97. Электр энергияның сапасы.
2. Жданов П. С. Вопросы устойчивости электрических систем / Жданов П. С. – М. : Энергия, 1979. – 456 с.
3. Маркович И. М. Режимы энергетических систем / Маркович И. М. – М. : Энергия, 1969. – 394 с.
4. Веников В. А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах / Веников В. А. – М. : Высшая школа, 1985. – 472 с.
5. Проектирование линий электропередачи сверхвысокого напряжения./Под редакцией Г.Н.Александрова. СПб.: Энергоатомиздат, 1993 – 560 с.
6. Правила устройства электроустановок. – М.: Энергоатомиздат, 1986 – 648 с.
7. Александров Г.Н. Передача электрической энергии переменным током. – М.% Знак, 1998 – 272 с.
8. Александров Г.Н., Лунин В.П. Управляемые реакторы. СПб. Изд. Северо-Западного филиала АО «ГВЦ Энергетики», 2000 – 155 с.
9. Методические указания по применению неполнофазных режимов работы основного оборудования электроустановок 330-1150 кВ. Авторы Ю.И.Лысков, Н.П.Антонова, О.Ю.Демина и др. РАО «ЕЭС России», СПО ОРГРЭС, 1999.
10. Александров Г.Н. Установки сверхвысокого напряжения и охрана окружающей среды. – Л.: Энергоатомиздат, 1989 –36 с.