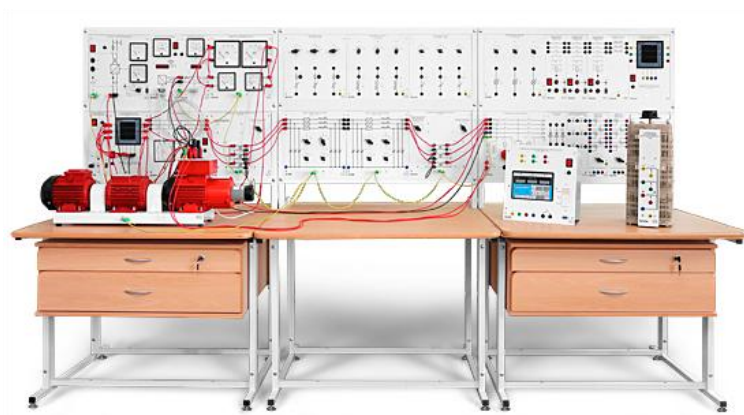


**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ
ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Рудный индустриалдық институты**



**Хабдуллина З.К.
Хабдуллин А.Б.**



ОҚУ ҚҰРАЛЫ

**«ЭЛЕКТРЭНЕРГЕТИКА» МАМАНДЫҒЫНЫҢ ОҚУ
ҮРДІСІНЕ ЭЛЕКТР ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ МОДЕЛІН ЕНГІЗУ**

Рудный, 2018

УДК 621.311(075.8)

ББК 31.2 Я733

Х - 12

Авторлары: Хабдуллина Зәуреш Кинаятқызы, техника ғылымдарының кандидаты, профессор
Хабдуллин Әсет Бәкірұлы, техника ғылымдарының кандидаты, доцент

Рецензенттер: Есимханов Саят Бакирович техника ғылымдарының кандидаты, инженерлік-техникалық факультеттің деканы, А. Байтұрсынова атындағы Қостанай мемлекеттік университеті Шалдыкова Багит Абитовна физико-математических ғылымның үміткері, басқар- инженерных және әлеуметтік- гуманитарлық тәртіптің кафедрасымен, Рудный индустриялық институтының

Хабдуллина, З.К.

Х-12 «Электрэнергетика» мамандығының оқу үрдісіне электр жүйелерінің моделін енгізу: пән бойынша оқу құралы / З.К. Хабдуллина, А.Б. Хабдуллин. – Рудный:РИИ, 2018. – 132б.

ISBN 978-601-7554-90-3

Оқу құралында «Электрэнергетика» мамандығының оқу үрдісіне электр жүйелерінің моделін енгізу инновациялық технологиялар көрсетілген.

Бірінші тарау электр энергетикасы мамандықтарының оқу үдерісінде инновациялық технологиялардың рөлі мен маңыздылығы туралы ақпарат береді. Теориялық материал ұсынылған.

Екінші тарауда барлық модульдердің рөлі және «Электр жүйесінің моделі» туралы техникалық сипаттама берілген.

Үшінші тарауда «Электр желілері мен жүйелер» пәні бойынша үлгілерді тәжірибелік қолдану қарастырылған.

Төртінші тарауда «Электр энергетикасы саласында қолданылатын өткір үдерістер» пәні бойынша модельдерді практикалық қолдану қарастырылған.

Оқу үдерісінде жүзеге асырылатын бағдарлама - бұл бағдарламалық жасақтама пакетін қолдана отырып, нақты зертханалық стенд.

УДК 621.311(075.8)

ББК 21.31 Я73

Рудный индустриялық институтының Ғылыми кеңесінің шешімі бойынша басылады, хаттама №_____ 2018 ж.

ISBN 978-601-7554-90-3

© Хабдуллина З.К., 2018

© Рудный индустриялық институты, 2018

МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ	5
1 ТАРАУ. ЖОҒАРҒЫ БІЛІКТІЛІК ПЕРСОНАЛДЫ ДАЙЫНДАУҒА АРНАЛҒАН ҚАЗАҚСТАНДЫҚ ТРЕНДС.....	7
1.1 Энергетика саласындағы кадрларды даярлаудағы инновациялық дамудың рөлі	7
1.2 Рудный индустриалды институтында «Энергетика» мамандығы бойынша жоғары білікті мамандарды даярлау мүмкіндіктері.....	10
1.3 Тараудың қортындысы	12
2 ТАРАУ. СТЕНДТІҢ ЖАЛПЫ ТЕХНИКАЛЫҚ СИПАТТАМАСЫ.....	13
2.1 Стендтің мақсаты мен құрылысы.....	13
2.2 Стендті қосу сызбасы.....	16
2.3 Жұмыстың жалпы құрылымы мен құрамы	23
2.4 Стенд элементтерінің техникалық сипаттамасы	25
2.5 Тарауға қорытынды	45
3 ТАРАУ. «ЭЛЕКТР ЖҮЙЕСІНІҢ МОДЕЛІНІҢ» ЭЛЕКТР ЖЕЛІСІНІҢ ЖӘНЕ ЭЛЕКТР ЖЕЛІСІНІҢ ТЕХНИКАЛЫҚ СИПАТТАМАСЫ.....	47
3.1 Бір жақты қорегі бар орныққан электр желілерінің сипаттарын зерттеу	47
3.2 Екі жақты қорегі бар орныққан электр желілерінің сипаттарын өлшеу.....	54
3.3 Орнықтандырғыш желілердегі электр энергиясының шығындары	60
3.4 Конденсаторлы батареялардың көмегімен реактивті қуатты компенсациялау жолымен кернеуді реттеу	67
3.5 Тұтынатын активті жүктеме қуатына кернеуді тоқтатудың әсерін анықтау.....	72
3.6 Тұтынатын индуктивті жүктеме қуатына кернеуді тоқтатудың әсерін анықтау.....	77
3.7 Тұтынатын сыйымдылық жүктеме қуатына кернеуді тоқтатудың әсерін анықтау	81
3.8 Сыйымдылық, индуктивті және активті жүктемелердің статикалық сипаттарын зерттеу	85
3.9 Электр энергиясының сапа көрсеткіштерін өлшеу	92
3.10 Тарауға қорытынды	95
4 ТАРАУ. ЭЛЕКТР ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ИНЖЕНЕРЛІГІНЕ ҚОЛДАНУҒА АРНАЛҒАН ӨТКІЗУ ПРОЦЕССІ «ЭЛЕКТР ЖҮЙЕСІНІҢ МОДЕЛЛЕРІ» ТӘЖІРИБЕСІНІҢ ТІЗІМІ.....	97
4.1 Электр желісінің үш фазалы қысқа тұйықталуындағы шексіз қуат көзінен өтпелі талдау	97
4.2 Шексіз қуат көзінен электр желісіне асимметриялық қысқа тұйықталуы бар өтпелі талдау.....	102

4.3 Оқшауланған және бейтарап жерге қосылған желілерде бір фазалы қысқа тұйықталу кезінде өтпелі талдау	105
4.4 Белсенді және реактивті қуаттың желісі мен реттеу үшін синхронды жерасты ұңғымалы генераторларына зерттеу.....	108
4.5 Синхронды генератордың бұрыштық сипаттамаларын анықтау.....	111
4.6 Элементтердің параметрлерінің әсерін зерттеу, схемасы және оның тұрақтылығындағы электр жүйесінің режимі.....	116
4.7 Электр энергетикалық жүйесінде синхронды генератордың қысқа тұйықталу түрінде статистикалық тұрақтылыққа әсерін зерттеу	120
4.8 Динамикалық тұрақтылығы заттай синхронды генератордың ұзақтығын қысқа тұйықталу, электр энергетикалық жүйесіндегі әсерін зерттеу .	124
4.9 Тарауға қорытынды	128
ҚОРЫТЫНДЫ.....	129
ҰСЫНЫЛАТЫН ӘДЕБИЕТТЕР	131

КІРІСПЕ

Ғылым мен техниканың заманауи талаптары жоғары білікті инженерлік кадрларды дайындауды талап етеді. Соңғы жылдары білім беру сапасын арттыру мәселесі ең маңызды және талқыланды. Білім сапасы білім мен кафедра оқытушыларының, сонымен қатар зияткерлік және ерік факультеттерінің студенттері дағдыларын деңгейіне ғана тәуелді емес.

Әр мұғалім жасау технологиясының бейіні бойынша ГЭФ ВПО сәйкес кәсіби құзыреттілігін элементтерін қалыптастыруды қамтамасыз ету үшін қалай, білім беру процесі, әдістері мен оқу-әдістемелік құралдар, қандай нысанда таңдау, қазіргі заманғы ғылым мен техниканың деңгейінде оқыту технологиясы қалай дамыту керектігі, осындай сұрақтарға жауап беру үшін бар.

Кез келген техникалық пән теориялық, тәжірибелік және зертханалық зерттеулерді қамтиды. Олар оның тиісті жалпы мәдени және кәсіби құзыретін қалыптастыру, қажетті білім алу студенті бағытталған. Жақында, үлкен дәрежеде, негізінен, ол практикалық міндеттерді шешу үшін теориялық принциптерін (білім) қолдана білуді жатады, егер емес. Материалды меңгеру дәрежесі көптеген факторларға байланысты: мұғалімдер, нысандардың ведомстволардың, әдістемелік қолдау, оқыту мазмұны мен әдістемелік кешендер пәндер бойынша оқу студенттердің деңгейін,.

Әрине, бұл факторлардың бәріне бір уақытта әсер ету мүмкін емес, бірақ әрбір мұғалім білім сапасын жақсартуға тырысуы керек. Бұл мәселені шешу үшін жаңа ұйымдастырушылық және әдістемелік тәсілдер қажет.

Инженер-техниктерді оқыту мәселесі индустриалды жаңғырту үдерісімен тығыз қарым-қатынаста. Кәсіпорындарда жаңғыртуға кедергі келтіретін үш түр бар. Біріншіден, бұл нақты техникалық тапсырмалардағы кедергілер. Бұл тосқауыл жаңа техникалық құралдарды сатып алу арқылы жойылады. Екіншіден, бизнес-процестердегі кедергілер. Кәсіпорын қызметінің тиімді болуына жағдай жасау қажет. Үшіншіден, мәдени кедергілер. Қызметкерлерді оқыту мәселесі тек кедергілердің үшінші түріне жатады.

Өнеркәсіптік кәсіпорындар кәсіпорындардың қажеттіліктеріне және заманауи шындыққа сәйкес білім алған жаңа қызметкерлерге қажет. Заманауи жағдайларда, соның ішінде өнеркәсіп үшін, ғылыми және инженерлік кадрларды даярлау жүйесі тереңдетілген талдауды және осы мәселені тез арада шешуді талап етеді. Біздің еліміздің индустриалды серпіні іргелі білімге және бірегей инженерлік мектепте негізделген.

Студенттерді даярлауды серіктестеріміздің нақты қажеттіліктеріне бейімдеу үшін біз жаңа оқу бағдарламалары мен бағдарламаларын әзірлеп, енгіземіз. Олар өз белгілеулерді бар, дегенмен, біз, инновацияларды енгізген және үлкен Әрине, ол техникалық оқыту дәстүрлі көзқарастармен әлі болды. Біз осылайша оқыту процесі жақсартуға болады деп санайды, бірақ осы саладағы түбегейлі өзгерістер, сайып келгенде, білікті мамандар біліктілігін

айтарлықтай төмендеуіне әкелуі мүмкін, себебі, кетеді емес, оның негізгі инженерлік дайындық, бар. Біздің кафедрада бітірушілердің сапасын мұқият қадағалап отырамыз.

Жоғары білім берудегі қазіргі заманғы оқу үрдісі қарқынды пайдалану және жаңа ақпараттық технологияларды енгізу арқылы сипатталады.

Жаңа ақпараттық технологияларды білім беру үрдісінде қолдану оқытудың дәстүрлі әдістерін оңтайлы ұштастыру мәселесін қояды.

1 ТАРАУ. ЖОҒАРҒЫ БІЛІКТІЛІК ПЕРСОНАЛДЫ ДАЙЫНДАУҒА АРНАЛҒАН ҚАЗАҚСТАНДЫҚ ТРЕНДС

1.1 Энергетика саласындағы кадрларды даярлаудағы инновациялық дамудың рөлі

Арнайы пәндер көптеген оқытушылары, олар келтірілген қандай жоғары студенттерді меңгеру үшін сабақ болуы тиіс, қандай қызық жатыр.

Қазіргі уақытта маман даярлаудағы жаңа сапасын талап етеді, қоғам бизнеске өзін-өзі бағдарланған шығармашылық көзқарас қабілетті, құзыретті қызметкер және сарапшы ғана емес, қажет, ойлау мәдениеті жоғары, жан-жақты дамыған тұлғаның.

Қалай өмір үшін білу үшін студенттерді үйрету және осы мұғалімге, сіз инновациялық нысандары мен оқыту әдістерін пайдалана отырып, түрлі, олардың студенттер тақырыпқа шығармашылық көзқарас ынталандыру, үнемі өзгеріп ортада сәйкестендіру үшін, жаңа ұрпақпен жұмыс істеуге әдістерін үздіксіз жаңарту қабілетті болуы тиіс, қажеттілігі инновациялық технологиялар.

Инновация - теориялық тұрғыдан негізделген, мақсатты және практикалық бағытталған инновация.

Инновациялық білім берудің мақсаты:

- студенттің зияткерлік, жеке және рухани дамуының жоғары деңгейін қамтамасыз ету;

- материалдарды ұсыну дағдыларын игеру үшін жағдай жасау;

Әлеуметтік-экономикалық және кәсіби салалардағы инновацияларды оқыту әдістемесі.

Жоғары білім берудегі дәстүрлі оқу процесі студенттерге академиялық білімді береді, бірақ осы білімдердің нақты кәсіби іс-әрекеттерге байланысы әртүрлі, курстық жұмыс кезінде, диплом алдындағы немесе өндірістік тәжірибеде орын алады. Осы жағдайдағы студентті нақты кәсіби білімі мен сапасымен қамтамасыз ету қиын. Инновациялық білім инновациялық динамиканы игеру процесінде кәсіби білім мен сапаны қалыптастыруға бағытталған. Кәсіпқойлық тұжырымдамасы түлектердің ажырамас сапасына айналады, ол өз кезегінде оқу үдерісінде синтезделді. Студенттің өзін кәсіби білуі білім беру процесінің нәтижесіне әсер етеді, өйткені ол өзін-өзі дамытуға ынталандырады, оқу процесін дамушы тұлғаның қажеттіліктерін қанағаттандыру көзіне айналдырады. Нәтижесінде, студент ресми құқықтықтан шынайы антропоцентризм мемлекетке нақты көшуді жүзеге асырады.

Жеке басымды технологияларға ерекше көңіл бөлінеді - ынтымақтастықта оқыту, жобалау әдісі, даралау мен дифференциация технологиялары, көп деңгейлі оқыту.

Жекешелендіру технологиясы курстық жобамен, дипломдық дизайнмен пәндер сабақтарын өткізуде кеңінен қолданылады. Түлектердің

курстық немесе дипломдық жобаларды қорғаудағы жетістігі жұмыстың тиімділігін көрсетеді.

Ұжымдық оқыту технологиясы сабақтарды өткізуге, семинарлар, әңгімелер, пікірталастар, сұхбаттар түрінде қолдануды табады және студентке қойылған проблемалық жағдайды шешеді.

Университеттегі ынтымақтастықта оқыту арнайы цикл пәндері бойынша зертханалық және практикалық жұмыстарды жүргізу кезінде жүзеге асырылады.

Зерттелетін пәнге деген қызығушылықты дамыту, студенттердің шығармашылық белсенділігін арттыру, олардың тәуелсіз танымдық әрекеттерін қалыптастыру дәстүрлі түрде - сабақтар, дөңгелек үстелдерде сабақ өткізу кезінде қол жеткізіледі.

Оқу құрылымының және сипатының екілік формасы дәстүрлі теориялық және өндірістік сабақтардан басқа оқыту түрлері бойынша айтарлықтай ерекшеленеді. Ол теория мен тәжірибе арасындағы тұтас байланыспен ғана емес, сонымен бірге технологиялық сипатта болатын бірнеше арнайы пәндер туралы базалық білім тақырыптарын біріктіреді.

Бинарлы оқытудың негізі студенттердің танымдық және тәжірибелік қызметін кезең-кезеңмен ұйымдастыру болып табылады. Мұндай сабақтар студенттердің жоғары белсенділігі атмосферасында жанданған, эмоционалды түрде өткізіледі және бірнеше пән бойынша материалдарды қамтиды.

Жүйе мамандықтың үшінші және төртінші курстарының студенттері қатысатын студенттердің практикалық сабақтарының (технологиялық және диплом алдындағы) нәтижелері бойынша мамандандырылған апталар мамандықтары бойынша конференциялар өткізді. Конференцияда студенттер практикада алған әсерлерімен бөлісіп қана қоймай, тәжірибе мамандық бойынша кәсіптік қызметті меңгеруге бағытталғанын растайды; арнайы цикл пәндерін оқып-үйрену, тәжірибе жинақтау, кәсіби ойлауды дамыту, дербес жұмысқа кәсіби дайындықты тексеру, кәсіпорындарда қозғалыс қауіпсіздігін және еңбекті қорғауды қамтамасыз ету бойынша жұмыстарды зерделеуді біріктіру, кеңейту, тереңдету және жүйелеу. Кәсіпорын мамандарының нақты тапсырмаларын орындау кезінде менің теориялық білімдерімді қолдануға тура келді.

Инновациялық технологиялар - арнайы пәндерді білуге студенттерді тексеру жүйесі. Компьютерлік технологияларды (компьютерлік тестілеуді) пайдалануға және қазіргі заманның шындықтарына толықтай сай келетін оқушыларды даярлау деңгейін өлшеудің қазіргі заманғы әдістері жаңа мүмкіндіктерді қамтамасыз етеді, мұғалімнің тиімділігін арттырады. Осы технологиялардың артықшылығы, олар студенттерге жаңа мүмкіндіктер ұсынады. Оқу пәнінің студенті оқытудың пәніне айналады, оқу процесіне саналы түрде қатысады және өз бетімен шешім қабылдайды. Дегенмен, егер мұғалімнің иелігінде болған студенттердің дайындық деңгейі туралы ақпараттың дәстүрлі бақылауы болса, онда ақпаратты жинау және талдаудың жаңа компьютерлік әдістерін қолданып, ол қол жетімді және оқытылған. Оқу үрдісіне байланысты шешімдерді саналы түрде жасауға, студенттерге және

мұғалімдерге бизнеске араласуға мүмкіндік береді. Компьютерлік тестілеу білімдерін бақылаудың күші - тестілеу барысында үлкен көлемде материалдарды қамту мүмкіндігі және сол арқылы студенттің білімінің шын мәнінде кең көрінісін алуға мүмкіндік береді, бұл оқу үрдісінің нәтижелерін бағалаудың объективтілігін, егжей-тегжейін және дәлдігін арттыруға мүмкіндік береді.

Арнайы пәндерді оқытуда инновациялық технологиялар объектісі ретінде оқушылар мен оқытушылардың бірлескен жұмысы ретінде зерттеу және зерттеу жұмыстары маңызды рөл атқарады, зерттеуге тән негізгі кезеңдерден тұрады: мәселені тұжырымдау; осы тақырып бойынша теорияны зерттеу; зерттеу әдістерін таңдау және оларды практикалық меңгеру; жинау, талдау және қорыту; қорытындылар. Оқу және ғылыми-зерттеу қызметі ғылыми сипатқа ие. Ғылыми-зерттеу қызметі - ғылыми жұмыстарды жүргізудің нақты түрі, яғни, ғылымда қалыптасқан таным принциптері мен әдістерінің негізінде объектіні, процесті, құбылыстарды, олардың құрылымын, байланыстары мен қарым-қатынастарын жан-жақты, сенімді түрде зерделеу және олар туралы білімді тәжірибелік қызметте қолдану.

Ғылыми-зерттеу жобаларын жүзеге асыру және студенттік магистратураны нақты зерттеу дағдыларын тапсырмалар: өз алгоритмдері жасауға, ауызша жазбаша ойларын және, қажетті ақпаратты іріктеуді және талдауды жүзеге асыру, ғылыми әдебиеттермен жұмыс істеу, зерттеу проблемасын қараңыз гипотезаны дамыту, ұғымдардың анықтамасы берілген, дәлелдер және логикалық егжей-тегжейлі деректерді ұсыну; олардың жетістіктерін объективті бағалау.

Бейнематериалдарды, компьютерлік презентацияларды қолдану арқылы арнайы пәндер сабақтарын өткізу оқытуда күшті ынталандыру болып табылады. Студенттердің психикалық процестері белсендіріледі: қабылдау, назар, есте сақтау, ойлау; әлдеқайда белсенді және тезірек когнитивті қызығушылықтың толқуы. Ақпараттық технологиялар әр түрлі нысандарда ақпаратты ұсынып, оқу процесін тиімдірек етеді. Белгілі бір материалды зерттеу үшін қажетті уақытты үнемдеу орташа 30% құрайды, ал алынған білім еске сақтауда айтарлықтай ұзағырақ болады. Сондай-ақ таңдаған оқыту технологиясын ұштастыра отырып, акт қолдану білімнің білім беру, вариация, саралау және даралау сапасының қажетті деңгейін қамтамасыз етеді.

Осыған байланысты келесі қорытындыларды шығара аламыз:

- жаңа материалды меңгеру, оқушыларға ұсынылған ақпаратты оңай қабылдау;
- жұмыс барысында студенттер кеңістіктік және логикалық ойлауды дамытады;
- студенттердің жұмысының қарқынын оңтайландыру, әрине, қол жеткізілді;
- компьютерлік анимация көмегімен қиын жағдай туғызу мүмкіндігі бар, студенттер оқуға деген ынта-жігер береді.

Компьютерлік презентацияларды пайдаланып сабақ алу қарапайым кәсіппен салыстырғанда тиімдірек болады.

Жоғары білімнің негізгі міндеті студенттерді алдағы жұмысқа дайындау, орта деңгейдегі басшылар мен кәсіпорындардың жоғары деңгейін қамтамасыз ету болып табылады.

Жұмысқа дайындыққа мыналар кіреді:

- білім негіздерімен байланыстыру;
- кәсіби дағдыларды қалыптастыру.

Маман, олардың жұмысын жоспарлауға жағдайды талдау негізінде жедел шешімдер қабылдауға, төлемдерді жүзеге асыруға, прогресс және олардың жұмыс нәтижелерін бақылауға мүмкіндігі болуы тиіс.

Жұмыс барысында дағдылар қалыптасады. Шеберлікті дамыту үшін әрекеттерді, жаттығуларды, жаттығуларды қайталау қажет. Қабілеттерін қалыптастыру тиісті міндеттерді бірнеше студент орындау кезінде орын: міндеттері, оқу тапсырмаларын, түрлі есептеулерді сынақтан, жағдайларды талдау, нақты практикалық зертханаларын үрoлненіe.

Дағдыларын қалыптастыруға бағытталған инновациялық технологияларды мәні олар қызметінің жолдарын меңгеруге болатынын шешімі процесінде студенттердің міндеттері қамтамасыз ету болып табылады.

Демек, инновациялық білім берудің негізгі функциялары қарастырылуы мүмкін:

- студенттің және оқытушының жеке тұлғаның қарқынды дамуы;
- бірлескен қызметті және коммуникацияны демократияландыру;
- оқу үрдісін гуманизациялау;
- шығармашылық сабаққа және белсенді оқытуға бағдарлану, болашақ мамандық ретінде өзін-өзі қалыптастырудағы студенттің бастамасы;
- болашақ маманның инновациялық ой-өрісін қалыптастыруға ықпал ететін оқытудың құралдарын, әдістерін, технологияларын және материалды-техникалық базасын жаңғырту.

1.2 Рудный индустриалды институтында «Энергетика» мамандығы бойынша жоғары білікті мамандарды даярлау мүмкіндіктері

Рудный индустриалдық институты - аймақтық техникалық колледжі, облыс және Қазақстан Республикасы экономикасының кадрлық қажеттіліктерін қамтамасыз ету. Мамандығы «Электр энергетикасы» бойынша білім беру «электр және жылу энергиясын,» «Энергия және ақпараттық жүйелер» кафедрасының кафедрасында жүргізіледі. Студенттерді дайындау 1995 жылдан бастап жүзеге асырылады.

Қатысушы 10 жоғары оқу орындарының ішінен 5-ші орынға ие Аккредиттеу және рейтингтің тәуелсіз агенттігі жүргізген 2016 жылы оқу сарапшылар салаларда Қазақстан Республикасының жоғары оқу орындарының тәуелсіз рейтингі бойынша мамандығы «Қуат».

Соңғы жылдары университет оқу-зертханалық базаны белсенді түрде жаңартып келеді. Кафедрада білім беру қызметтерін насихаттау үшін әртүрлі технологияларды қолдану жүйелік сипатқа ие:

- «Энергетика» мамандығы аймақ пен ҚР үшін маңызды;
- мамандық - арнайы пәндер бойынша оқу-зертханалық базаны жаңарту;
- облыс өнеркәсібімен тығыз байланыс бар;
- еңбек нарығының, түлегі жұмысқа жоғары пайыздық мамандығының түлектері үшін сұраныс бар;
- оқытудың модульдік құрылымы, жүктемені біркелкі бөледі және студенттің жұмысын тұрақты бақылауды қамтамасыз етеді;
- мамандығы бойынша Қазақстандағы және шетелдегі жоғары оқу орындарындағы студенттердің академиялық ұтқырлығы қолданылады;
- «Энергетика» мамандығы 2016 жылдың желтоқсанында халықаралық мамандандырылған аккредитациядан өтті;
- мамандық бойынша дуальды оқыту жүйесі қарқынды дамып келеді;
- мамандықтың білім беру қызметіне ақпараттық-коммуникация технологиясы енгізілуде;
- 3 тілдің моделі енгізілуде.

Мамандықты дамытудың басым бағыттары:

1. Бәсекеге қабілетті кадрларды сапалы даярлауды қамтамасыз ету:

- 2017-2018 оқу жылындағы магистратура бағдарламаларының ашылуы;
- 2017-2021 жж. Қазіргі заманғы оқу курстарын дайындауға бағытталған жұмыстар кешенін;
- кәсіпорындармен ынтымақтастық дуальды оқыту жүйесінің элементтерін енгізу: филиалы ЖШС «Компания Арасан» ақ «KEGOC» ақ, «ССГПО», содан кейін «Сарыарқа Автопром» және салалық «Рудный филиалы» «Сарбайс жүйе аралық электр желілері»;

Әлемдік трендтер контексіндегі білім беру бағдарламаларының мазмұнын жаңғырту.

- білім беру қызметтерінің сапасын арттыру үшін заманауи бағдарламалық қамтамасыз етуді енгізу арқылы ақпараттық және коммуникациялық технологияларды дамыту;
- келесі пәндер бойынша ағылшын тілінде сабақ өткізу тәжірибесін кеңейту:
- «электр желілері мен жүйелері - 2018-2019 оқу жылы;
- жаңартылатын энергия көздері - 2019-2020 оқу жылы;
- электр энергетикасы саласында cad - 2020 - 2021 оқу жылы.
- арнайы пәндер бойынша виртуалды және нақты зертханалық кешендерді құру және сатып алу:
- 2018-2019 оқу жылында. Жыл - 7 млн. Тонна;
- 2019-2020 оқу жылында. Жыл - 5 млн. Тонна;
- 2020-2021 оқу жылында. Жыл - 4 млн. Тонна.
- сыртқы және ішкі академиялық ұтқырлықты дамыту;

- оқу процесінің мамандығы бойынша «энергетикалық аудит» жүргізу әдіснамасын енгізу;

3. Кафедраның инфрақұрылымын дамыту:

2017 күнтізбелік жылы «энергия үнемдейтін технологиялар» инновациялық зертханасын құру;

- мамандық лабораторияларының заманауи дизайнын жасау;
- кәсіптік мамандықтар бойынша оқу орталығының шеңберінде мамандықтың барлық түлектерін аттестаттауды қамтамасыз ету;
- өнеркәсіптік және әлеуметтік қызметкерлер үшін біліктілігін арттыру курстарын тұрақты негізде ұйымдастыру;
- мамандықтың оқу және ғылыми процесіне инновациялық жабдықтарды бейімдеу.

4. Зерттеудің тиімділігін және қазақстанның индустриялық-инновациялық дамуына қосқан үлесін қамтамасыз ету:

- жоғары рейтингі (импакт-факторы) бар журналдарда профессор-оқытушылар құрамының мақалаларын жариялау және авторлық куәлікті алуға өтініш беру.

1.3 Тараудың қортындысы

Берілген тарауда энергетика және жылуэнергетика кафедрасында жоғары білікті мамандарды даярлаудың заманауи үрдістері ұсынылған. Материалдар келесі кезектілікте ұсынылады:

- энергетика секторындағы кадрларды даярлаудағы инновациялық дамудың рөлі;
 - Рудный Индустриалды Институтында «Энергетика» мамандығы бойынша кадрлар даярлаудың негізгі басымдықтары;
 - Төмендегідей мәселелерді шешуді қамтитын бес негізгі басымдық:
 - Бәсекеге қабілетті кадрларды сапалы даярлауды қамтамасыз ету;
 - Жаһандық трендтер контексіндегі білім беру бағдарламаларының мазмұнын жаңғырту;
 - Зерттеудің тиімділігін және Қазақстанның индустриялық-инновациялық дамуына қосқан үлесін қамтамасыз ету;
 - Студент жастарға жаңа Қазақстандық патриотизмді тәрбиелеу, «Менгеик ЕЛ» ұлттық идеясының рухани-адамгершілік құндылықтарын нығайту, салауатты өмір салтын қалыптастыру.
 - Төрағасы үшін жоспарланған іс-шараларды іске асыру;
 - «Энергетика» мамандығы бойынша оқу үрдісінің сапасын арттыру;
 - Заманауи жабдықтарды пайдалана отырып, жаңа оқу бағдарламаларын әзірлеу;
 - Бітірушілердің бәсекеге қабілеттілігін жоғарылату үшін оқу үдерісінде прогрессивті оқыту жүйесін қолдану негізі;
 - Оқу үдерісіне заманауи жабдықтарды пайдалану мамандық бойынша студенттер контингентін көтеу;
- Оқытушылар мен студенттердің баспа қызметін кеңейту.

2 ТАРАУ. СТЕНДТІҢ ЖАЛПЫ ТЕХНИКАЛЫҚ СИПАТТАМСЫ

2.1 Стендтің мақсаты мен құрылысы

«Электр желісінің моделі» зертханалық стенді (одан әрі стенд) мына курстар бойынша практикалық және зертханалық жұмыстарды өткізуге арналған: «Электрэнергетикадағы өтпелі үрдістер», «Релелік қорғаныс және автоматика», «Электрэнергетикадағы АЖЖ», «Электрлік желілер және жүйелер».

Стенд орнатылған электрэнергетикалық жүйелердің жұмыс режимін, әртүрлі қысқа тұйықталу кезінде электрмагниттік және электромеханикалық өтпелі үрдістерді сапалы моделдеуге, синхроннды генераторлардың параллелді жұмысы кезінде динамикалық және статикалық тұрақтылығына әсер етуші факторларды зерттеуге, релелік қорғаныс пен автоматиканы зерттеуге мүмкіндік береді.

Стендтің ерекшелігі оның модульділігі. Стенд екі зертханалық үстелден құралады, олардың каркастарында жеке модулдер орнатылады, сонымен қатар стенд құрамына арнайы үстелде орнатылған жеке дербес компьютер мен электромашиналық агрегатқа арналған үстел кіреді.

Дербес компьютер стендтің маңызды бөлшектерінің бірі болып саналады. Стендтің құрамына кіретін арнайы бағдарланған бағдарламалық қамсыздандырудың көмегімен, ол осциллографтауға қолданылады, берілгендерді көрсетуге, көп каналды осциллограф пен жазба құралы ретінде, сонымен қатар электрэнергетикалық нысандарды нақты уақыт масштабында басқару мен қорғауға арналған.

Электромашиналық агрегат	1 д.
Стендтің қорек модулі	1 д.
Үш фазалы желі модулі	1 д.
Қуатты өлшеу модулі	1 д.
Іске қосу модулі	1 д.
«Жиілікті өзгерткіш» модулі	1 д.
Өлшеуіш модуль	1 д.
Кіріс – шығыс модулі	1 д.
«Жылдамдықты өлшеу» модулі	1 д.
«Индуктивті жүктеме» модулі	1 д.
«Сыйымдылықты жүктеме» модулі	1 д.
«Активті жүктеме» модулі	1 д.
Агрегат модулі	1 д.
Бір фазалы трансформатор модулі	2 д.
Синхрондау модулі	1 д.
Ажырату модулі	3 д.
Электр өткізгіш желі модулі	2 д.
Дербес компьютер	1 д.
Каркасты үстел	2 д.
Электромашиналық агрегаттың үстелі	1 д.

Дербес компьютердің үстелі	1д.
Күштік кабельдер мен желілерді біріктіргіш кешен	1 д.
Стендтің техникалық сипаты	1 д.
Зертханалық жұмысты орындауға арналған әдістемелік нұсқау	1 д.
Бағдарламалық қамсыздандырылуы бар компакт-дискі	1 д.

Стендтің жалпы көрінісі 2.1. суретінде көрсетілген. Зертханалық стендтің үстелдерінің каркастарында екі қатар болып жеке модулдер орналасады. Стендтің барлық модулдері бірдей габаритті өлшемдерге ие беткі бөлігінде: 200x248 мм. Стендтің модулдерін өз қалауынша орнатуға болады, алайда (2.1сурет) суретінде көрсетілгендей етіп орналастырған тиімді:

Екі зертханалық үстел бір-біріне жақын орналастырылады. Үстіңгі бөлігінде солдан оңға қарай өлшеуіш модулдер, жүктеме модулі мен стендтің қорек модулдері орнатылады:

- іске қосу модулі;
- «Жиілікті өзгерту» модулі;
- қуатты өлшеу модулі;
- өлшеуіш модул;
- кіріс-шығыс модулі;
- «Жылдамдықты өлшеу» модулі;
- сәйкесінше индуктивті, сыйымдылық және активті жүктеме модулдері;
- стендтің қорек модулі.

Зертханалық стендтің төменгі қатарында солдан оңға қарай мына модулдер орналасқан:

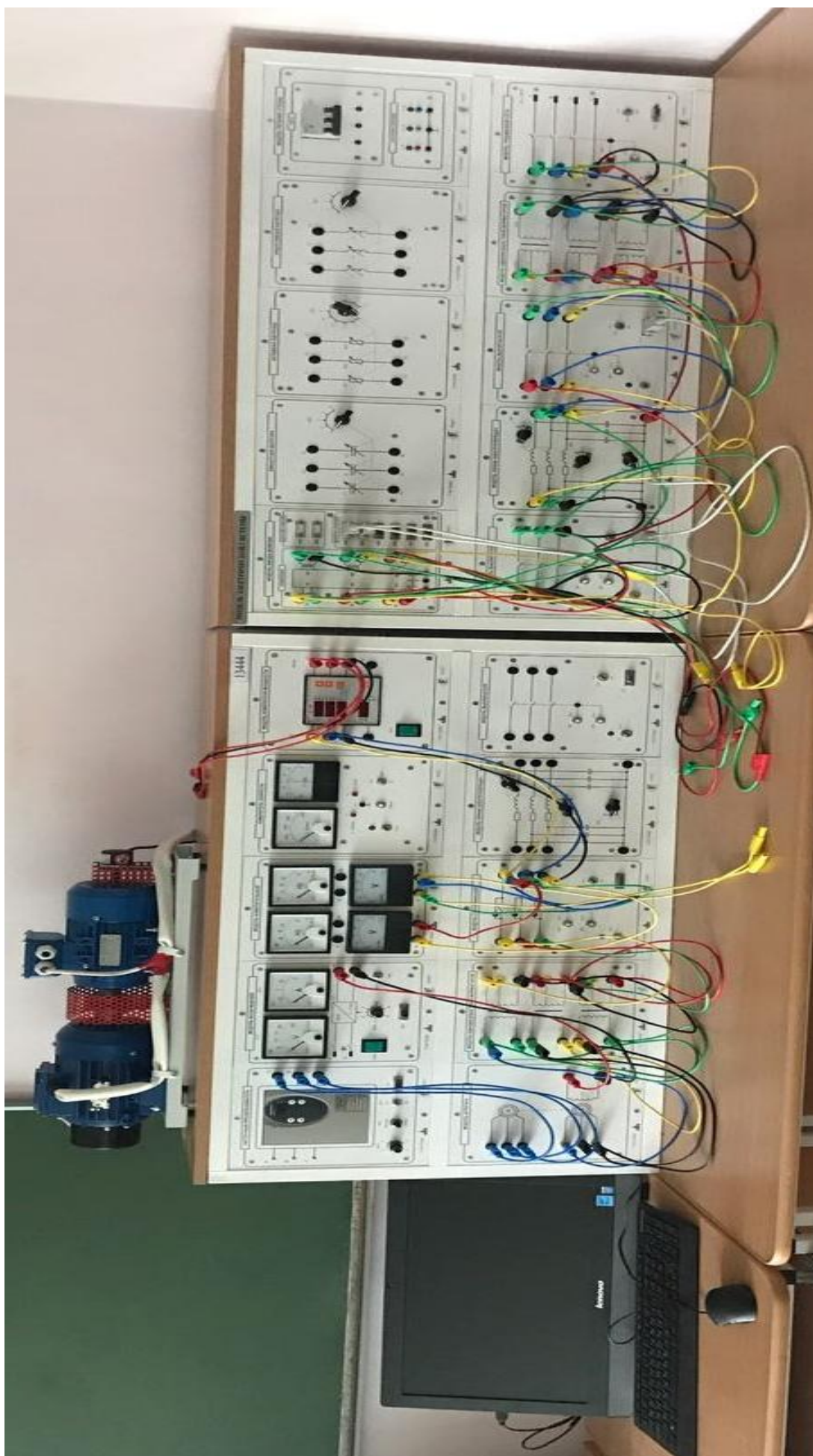
- агрегат модулі;
- бір фазалы трансформаторлардың модулі;
- синхрондау модулі;
- ажырату модулдері;
- электр өткізу желілерінің модулі;
- үш фазалы желі модулі орналасқан.

Зертханалық үстелдердің сол жағында электромашинналық агрегат орналасады, кабельдер агрегат модуліне қосылады. Зертханалық үстелдердің оң жағында дербес компьютер орналасқан үстел бар.

Тұғырдың техникалық сипаттамалары мыналарды қамтиды:

Техникалық сипаттамалары

- сызықтық кернеумен үш фазалы желіден электр қоректену...
3x380/220 В
- Қорек кернеуінің жиілігі 50 Гц
- Қолданылатын қуат, кем емес 1000 В А
- Габаритті өлшемдер 3200x1350x650 мм
- Масса, артық емес 300 кг
- Жұмысшы температуралар диапазоны +10...35°C
- Ылғалдылық 80% дейін.

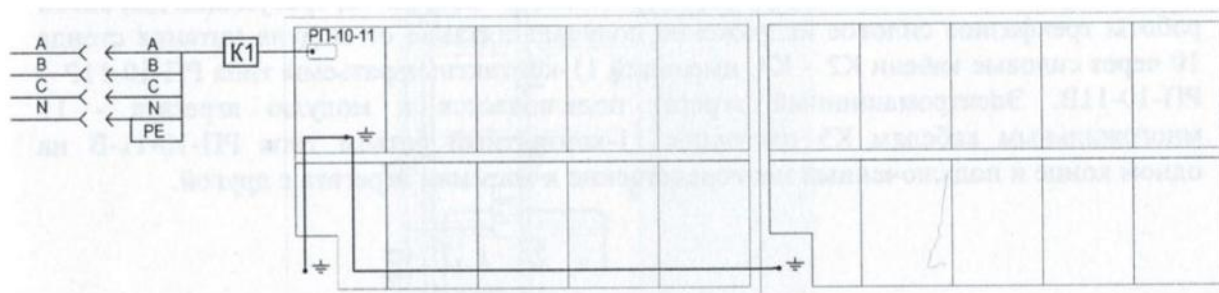


2.1 сурет - Зертханалық стендтің жалпы көрінісі

2.2 Стендті қосу сызбасы

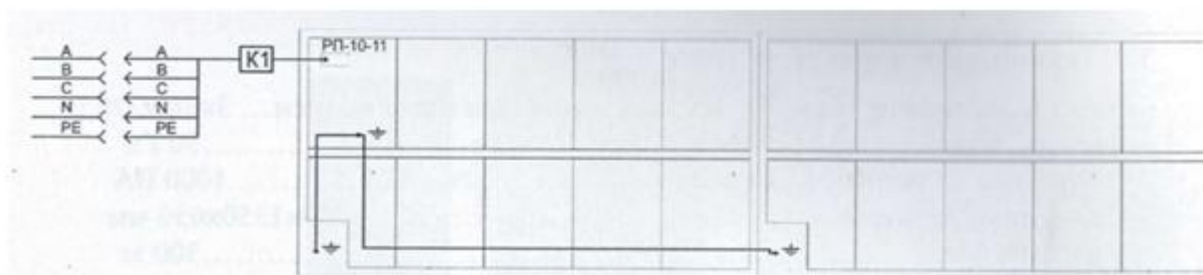
Стендті қоректендіру үш фазалы бес немесе төрт өткізгіш желімен қамтамасыздандырылады (қорек желісінің түрінен тәуелсіз) номиналды сызықтық кернеуімен 380В, күштік кабелмен К1, 11-контактілі разьемі бар РП-10-11 типтегі бір шығысында (НАЗАР АУДАРЫҢЫЗ! Басқа тұсы кабелдің үш фазалы желіге тапсырыс берушінің вилкісі арқылы қосылады, ол стендтің құрамына кірмейді). Стендтің қосылу түрлерінің нұсқасы 2.2 - 2.4 суреттерде көрсетілген. Блок аралық қосылыстардың сызбасы 2.5-2.7 суреттерінде көрсетілген.

Стендте электр тогымен жараланудан қорғаныс орнатылған, метал корпустары мен каркастарды жерлендіру әдісі арқылы. Қорғаныс жерлендіру міндетті түрде жасалған! Каркастағы сонымен қатар қорек модуліндегі стендтерді жерлендіру үшін жерлендіру болттары қаралған, қорек кабелінде қорғаныс РЕ өткізгіш қарастырылған. Стендтің бірнеше қосылу нұсқалары қарастырылған стендтің эксплуатациялауымен қоса электр желісінің түрінен тәуелсіз. Жүйе TN-C-S. РЕ мен N қосу керек, стендтің қорек кабелдерін стендті қорек желісіне қосар кезде. Сонымен қатар жерлендіргіш болттарды қорғаныс өткізгіштеріне жалғау керек стендтің каркастары мен қорек модулінде орналасқан (2.2сур).



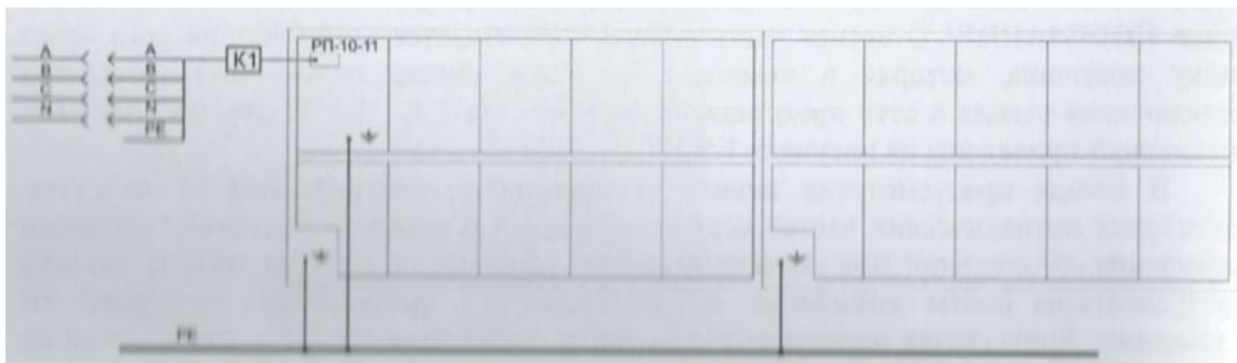
2.2 сурет – Жерлендіру сызбасы TN-C-S

ТТ жүйесі розеткадағы РЕ өткізгішімен. Жерлендіру қорек кабеліндегі РЕ өткізгіші арқылы жүргізіледі. Қорек модулі мен каркастардағы жерлендіргіш болттар жалғанған болу керек (2.3сур.).



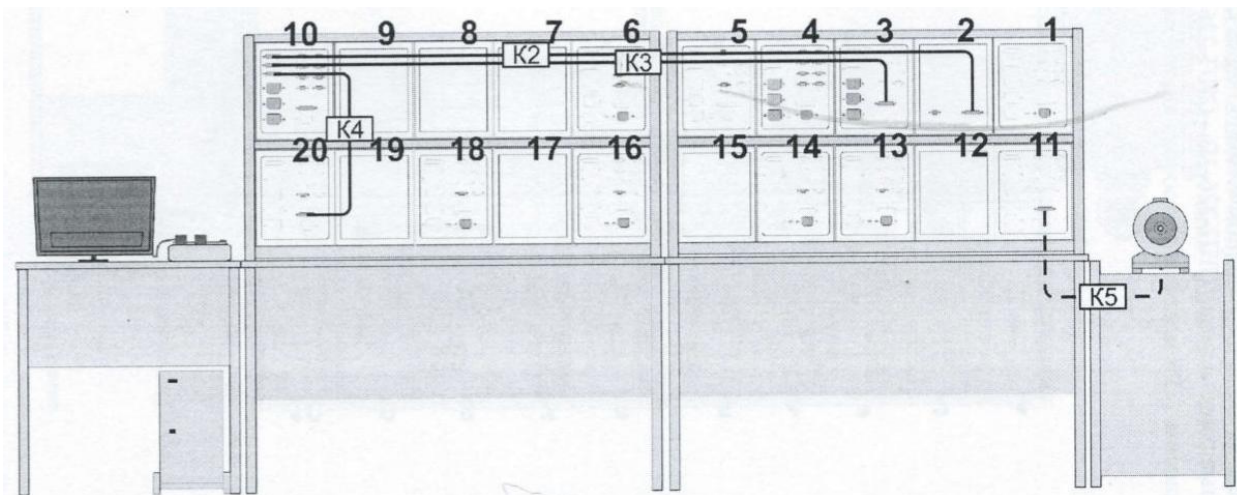
2.3сурет – ТТ жерлендіру жүйесі

Ғимаратта жерлендіруші шинаның көмегімен ТТ жүйесі. Жерлендіруші шинасы бар стендтің қорек модулінде және каркастардағы жерлендіргіш болттар арқылы жерлендіру жүргізіледі. Қорек кабелінде РЕ өткізгіш изоляцияланады (2.4сур.).



2.4 сурет - ТТ жерлендіру сызбасы (жерлендіргіш шинамен)

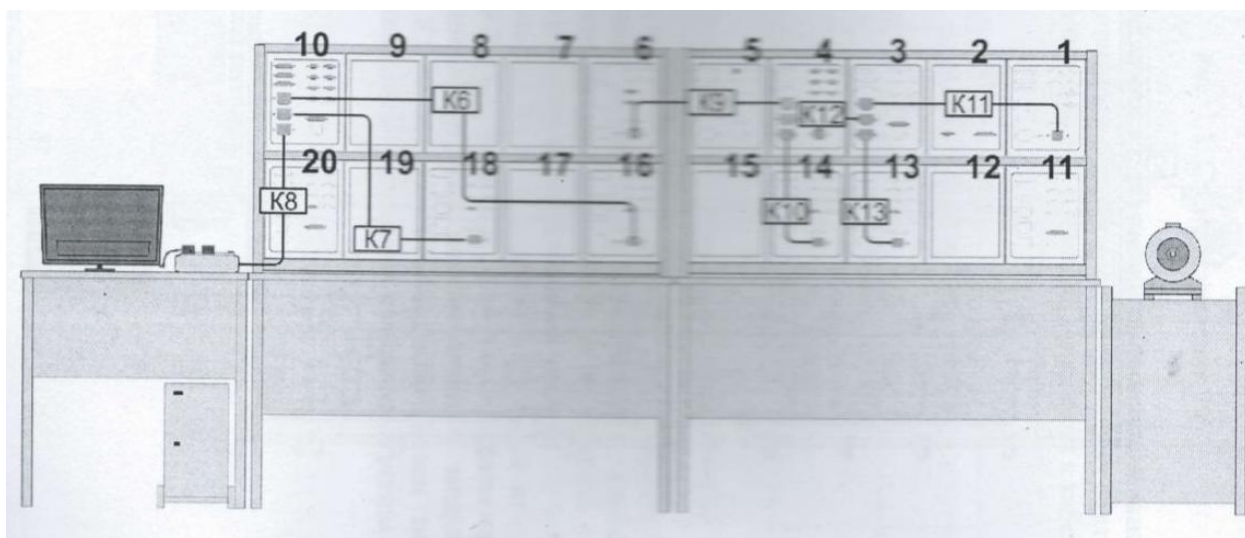
Күштік керенеумен қоректенетін моудлдердің үш фазалы блок аралық қосылысы сур.2.5 көрсетілген. Үш фазалы желі моудлі - 20, қуатты өлшеу модулі - 3 және жиілікті өзгерту модулі - 2, өз жұмысына үш фазалы күштік кернеуді қажет ететін модул 10 стендтің К2 - К4 күштік кабелдер арқылы РП-10-11Р - РП-10-11В түрдегі ажыратқыштар контактілер 11. Электромашинналық агрегат - 11 агрегат модуліне қосылады көп өзекті кабелдерге К5, 11-контактілі ажыратқыш түрдегі РП-10-11-В бір жағында және агрегат клемаларымен екінші жағына қосылу арқылы.



2.5сурет – Блок аралық үш фазалы керну қорегіне қосылу сызбасы

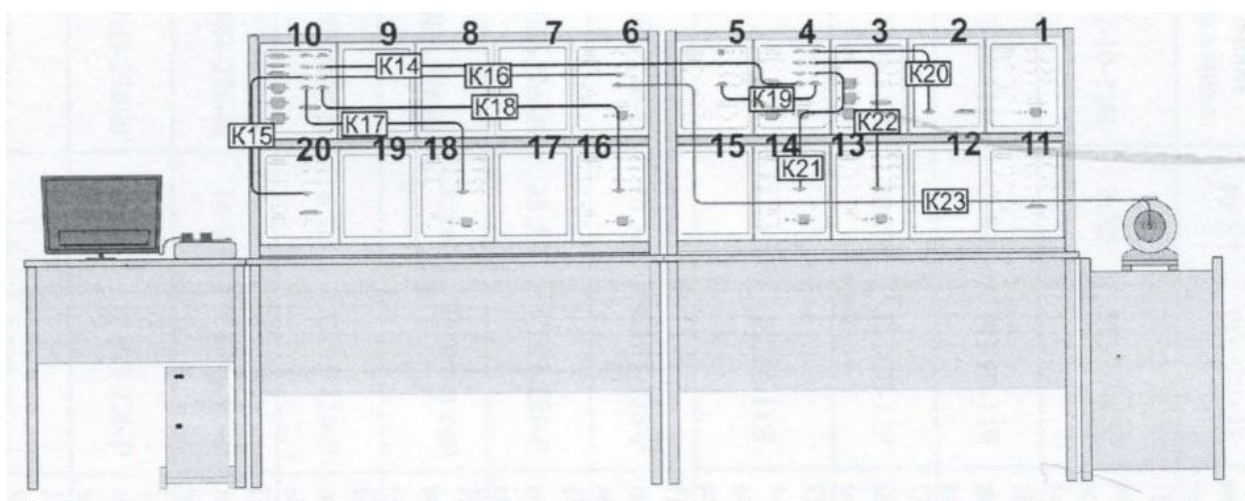
Блок аралық бір фазалы күштік кернеу қорек модуліне қосылу сызбасы 2.6 суретінде көрсетілген. Ажыратқыштар модулі 14, 16, 18 іске қосу модулі 1, бұрыш пен жылдамдық өлшегіш 6, синхронндау 13, сонымен қатар желілік сүзгі(пилот-желдендіргіш), өз жұмысына бір фазалы күштік кернеу қорегін қажет ететін модулдер стендтің10 қорек модулінен алады, қуатты өлшеу

модуліндегі қоректіжелдендіргіш 3 және өлшенуші 4, К6...К13, күштік кабелдер арқылы, СНП-226-3В - СНП-226-Р түріндегі ажыратқыш контактрлер 3.



2.6 сурет - Блок аралық бір фазалы кернеу қорегіне қосылу сызбасБ

Блок аралық әлсіз ағынды кернеу қорегіне модульдерді қосу сызбасы 2.7 суретінде көрсетілген. Ажыратқыш модульдері 14, 16, 18, жиілікті өзгерткіш 2, бұрыш пен жылдамдықты өлшеуіш 6, кіріс-шығыс 5, үш фазалы желі 20, синхронндау 13, өз жұмысына +5В/-Н2В/-12В төмен вольтті кернеуді қажеттететіндер 10 стендтің қорек модулінен қоректенеді және 4 өлшеуіш модулінің төмен вольтті желдеткішінен, К14... К23 стандартты кабельдері арқылы, DB-9М - DB-9F түрдегі 9 кантактілі өлшемдері барларынан қоректенеді.



2.7 сурет – Блок аралық әлсіз берілетін кернеуден қоректенуге қосылу сызбасы (DB9 өлшемдер)

2.1 кесте - Зертханалық стендтің желілер тізімі

Желі №	Желінің жазылуы	(модуль, өлшем) қайдан келеді	Өлшем (желідегі) Түрі	(модуль, өлшем) қайда беріледі	Өлшем (кабелдегі) Түрі	Желі жұмысының мәні
1	K1	Желі	Тапсырысшының вилкасы	10:X1	РП-10-11В	Зертханалық стенд үшін үш фазалы қорек кернеуін беру
2	K2	10:X2	РП-10-11В	2:X2	РП-10-11Р	Жиілікті өзгерту модуліне үш фазалы күштік қорек кернеуін беру
3	K3	10:X3	РП-10-11В	3:X1	РП-10-11Р	Қуатты өлшеу модуліне үш фазалы күштік қорек кернеуін беру
4	K4	10:X4	РП-10-11В	20:X1	РП-10-11Р	Үш фазалы желі модуліне үш фазалы күштік қорек кернеуін беру
5	K5	Электромашинный агрегат	-	11 :X1	РП10-11В	Электрмашинный агрегат модуліне электрмашинный агрегатты қосу
6	K6	10:X5	СНП-226-В	16X1	СНП-226-Р	Ажырату модуліне бір фазалы күштік қорек кернеуін беру
7	K7	10:X6	СНП-226-В	18:X1	СНП-226-Р	Ажыратқыш модуліне бір фазалы күштік кернеу қорегін беру

2.1 кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7
8	K8	10.X7	СНП-226-B	Желілік сүзгі	Розетка F түрін дегі	ДК бір фазалы күштік кернеу қорегін желілік сүзгі арқылы беру
9	K9	4X2	СНП-226-B	6:X1	СНП-226-P	Жылдамдықты өлшеу модуліне бір фазалы күштік кернеу қорегін беру
10	K10	4:X4	СНП-226-B	14:X1	СНП-226-P	Ажыратқыш модуліне бір фазалы күштік кернеу қорегін беру
11	K11	3:X2	СНП-226-B	1:X1	СНП-226-P	Іске қосу модуліне бір фазалы күштік кернеу қорегін беру
12	K12	3:X3	СНП-226-B	4:X1	СНП-226-P	Өлшеуіш модул қорегін желдеткішке бір фазалы күштік кернеу қорегін беру
13	K13	3:X4	СНП-226-B	13:X1	СНП-226-P	Синхронндау модуліне бір фазалы күштік кернеу қорегін беру

2.1 кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7
14	K14	10:X11	DB-9M	4:X5	DB-9F	Өлшеуіш модулдің қорегін желдеткішке төмен вольтті кернеу қорегін беру
15	K15	10:X12	DB-9M	20:X2	DB-9F	Үш фазалы желі модуліне төмен вольтті кернеу қорегін беру
16	K16	10:X13	DB-9M	6:X2	DB-9F	Жылдамдықты өлшеу модуліне төмен вольтті кернеу қорегін беру
17	K17	10:X14	DB-9M	18:X2	DB-9F	Ажыратқыш модулге төмен вольтті кернеу қорегін беру
18	K18	10:X15	DB-9M	16:X2	DB-9F	Ажыратқыш модулге төмен вольтті кернеу қорегін беру
19	K19	4:X12	DB-9M	5:X1	DB-9F	кіріс-шығыс модуліне төмен вольтті кернеу қорегін беру
20	K20	4:X9	DB-9M	2:X2	DB-9F	ДК модуліне төмен вольтті кернеу қорегін беру
21	K21	4:X 11	DB-9M	14:X2	DB-9F	Ажыратқыш модуліне төмен вольтті кернеу қорегін беру

2.1 кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7
22	K22	4:X10	DB-9M	13:X2	DB-9F	Синхронндау модуліне төмен вольтті кернеу қорегін беру
23	K23	Электро-машинналық агрегат	-	6.X3	DB-9M	Энкодерлік қозғалтқышы бар жылдамдықты өлшегіш модульге импульстік сигналдарды беру
24	K24	Компьютер	USB-A	5;X2	USB-B	Кіріс-шығыс модулінің дербес компьютермен байланысы (сызбаларда көрсетілмеген)

Ескерту:

2.2 - 2.7 суреттерде стенд керісінше түсірілген, сондықтан стенд модульдері былайша белгіленген: Стендтің қорек модулі (10 орын), кіріс-шығыс модулі (5 орын), қуатты өлшеу модулі (3 орын), іске қосу модулі (1 орын), жиілікті өзгерту модулі (2 орын), үш фазалы желі модулі (20 орын), жылдамдықты өлшеу модулі (6 орын), ажырату модулі (14, 16, 18 орын), өлшеуіш модуль (4 орын), бір фазалы трансформаторлар модулі (12,19 орын), ЛЭП модулі (15,17 орын), синхронндау модулі (13 орын), агрегат модулі (11 орын).

Қосылу сызбаларында компьютер мен USB-кабелдің қорек желілері көрсетілмеген.

Зертханалық стендте қолданылатын желілер тізімі 2.1. кестеде келтірілген

Стендтің қоректенуі үш фазалы желіден $U=380/220V$ номиналды кернеу арқылы іске асады. Үш фазалы қорек кабелдерінің контактілерінің түйісуі 2.2 кестеде көрсетілген.

2.2. кесте – Зертханалық стендтің желілік кабелдерінің түйісуі

РП10-11 контактісі	Б1	А1	А2	А3	А4
Кабелдің шығысы	Қорғаныс жерлендіру (PE)	нейтраль (N)	«А» фазасы	«В» фазасы	«С» фазасы

2.3 Жұмыстың жалпы құрылымы мен құрамы

Стенд өзінің тағайындалу күшіне орай келесі негізгі электромеханикалық тізбектер, күштік түрлендіргіштер, өлшеуіш элементтерден құралады, олар «Электрэнергетикадағы өтпелі үрдістер», «Релелік қорғаныс пен автоматика», «Электрэнергетикадағы АЖЖ», «Электірлік желілер мен жүйелер» бөлімдері бойынша зертханалық жұмысты орындауға арналған. Ол үшін стенд құрамына келесі элементтер кіргізілген:

1. Электромашинналық агрегат пен агрегат модулі. Агрегат приводтық электр қозғалтқышынан (асинхронды машина), синхронды генератордан және жылдамдықтың импульсті датчигінен тұрады. Агрегат модулі күштік тізбектер мен жылдамдық датчигінің қосылыстарын жеңілдетеді.

Жылдамдықтың импульсті датчигін және жиілікті өзгерту блогін қолдану, жылдамдықты өлшеу модулінде орналасқан кернеу, сымбаларды аналогті кері байланыс арқылы жылдамдықпен жинауға және синхронды машинаның 5 бұрыш жүктемесі арқылы жинауға мүмкіндік береді.

2. Қорек модулі (стендтің қорек модулі, үш фазалы желі модулі)қысқа тұйықталу режимі кезінде стенді қорғаушы әрі 380В үш фазалы кернеу берумен, бір фазалы кернеу 220В пен төмен вольтті кернеу қоректерімен $\pm 12\text{В}$, $+5\text{В}$ қамтамасыз етуші.

3. Күштік модулдер (жиілікті өзгерту және іске қосу модулі) электромашинналық агрегатқа кернеу беруге арналған: жиілікті өзгертіш күштік бақыланатын айнымалы ток кернеуін электр қозғалтқышқа беруді қамтамасыз етеді ($3 \times 0 \dots 380 \text{ В}$), айналу жиілігін тексеруші, моменттердің өзгеріссіз мәнін ұстап тұрушы; іске қосу модулі синхронды генератордың іске қосу орамдарын тұрақты ток кернеуімен қамтамасыз етеді $0 \dots 100 \text{ В}$, $0 \dots 2\text{А}$. қос модул де қолмен және автоматты түрде жұмыс жасайды.

4. Жүктеме модулі (индуктивті, сыйымдылық және белсенді) зерттелетін үш фазалы тізбектерге қосымша бақыланатын кіріс индуктивтіліктерімен, сыйымдылықтармен және резисторлармен қамтамасыз етеді.

5. Өлшеуіш модулдер (қуатты өлшеу, қлшеуіш, жылдамдықты өлшеу) келесілерді орындауға мүмкіндік береді:

- айнымалы ток сипаттарын сандық құралмен өлшеуге (U , I , f , P , $\cos \phi$);
- жылдамдықты өлшеуге n (электр машиналарының айналу жиілігі) және жүктеме бұрышын ϕ ;
- сандық құралдармен жиілікті және айнымалы кернеуді өлшеуге.

6. Зертханалық жұмыс модулдері (бір фазалы трансформаторлар, синхронндау, электр өткізу желілері, ажыратқыштар) электр желісін модулдеуге және зерттеуге мүмкіндік береді. Синхронндау және ажыратқыш модулдер қолмен және автоматты режимдерде жұмыс жасайды.

7. Дербес компьютер мен кіріс-шығыс модулі сигналдарды өлшеуге, тіркеу мен осциллографтауға, DeltaProfi арнайы бағдарламалық қамсыздандырумен автоматты басқаруға және қашықтықтан басқару функцияларын іске асыруға қолданылады.

Кіріс-шығыс модулі автоматты режимде стенд модулдерімен басқару және өтпелі үрдістерді осциллографтау мақсатында кіріс/шығыс платалары арқылы кернеу мен ток датчиктері арқылы DeltaProfi mod.5.4.3 дербес компьютерге аналогті және дискретті сигналдарды енгізу мен шығаруға арналған.

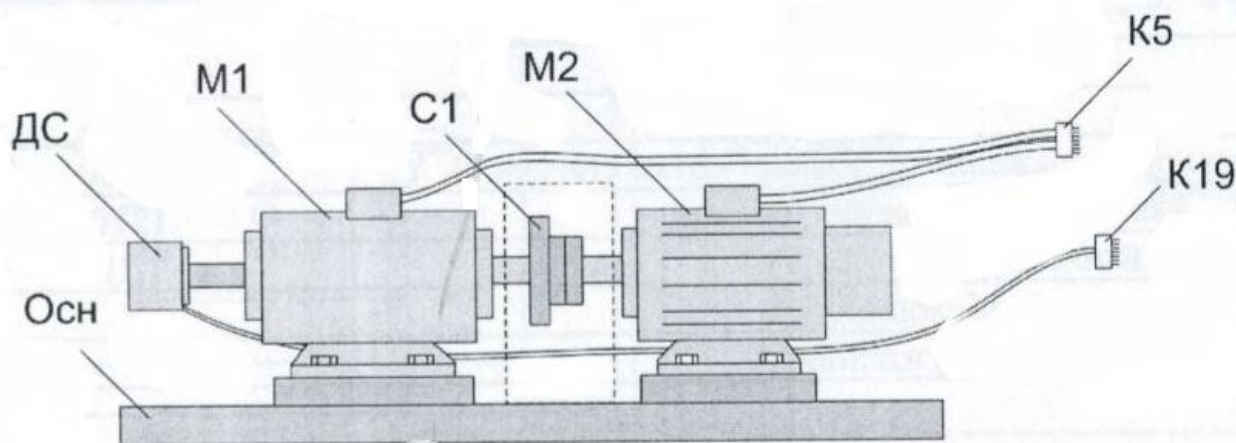
2.4. Стенд элементтерінің техникалық сипаттамасы

Электромашинналық агрегат

Электромашинналық агрегат бір орамда үш электр машиналарының бірігуін келтіреді (2.8 сур.):

- приводты қозғалтқыш (асинхроннды машина) (M1);
- синхроннды генератор (M2);
- импульсті жылдамдық датчигі (ДС).

Электрлік машиналар приводты қозғалтқыштың Осы негізінде құрылды, синхроннды генераторлар бір бірімен С муфтасы арқылы байланысқан. Жылдамдық датчигі асинхроннды машинамен – муфтаның көмегі арқылы байланысқан, ол машина валында орналасқан. Электромашинналық агрегаттың K5 күштік желісі агрегаттың XI модулімен байланысады, жылдамдық датчигінің кабелі K23 – жылдамдықты өлшеу модулімен X2 байланысады.



2.8 сурет – Жылдамдық датчигі бар электромашинналық агрегат

Импульсті датчик қозғалтқыштың айналу жылдамдығын бақылауға мүмкіндік береді. Егер зертханалықжұмысты орындау барысында аналогті сигнал, кешенде қозғалтқыштың айналымына пропорционалды жылдамдықты енгізу қажет болса, оны жиілікті өзгерткіштің - кернеу (ТТЧН) көмегімен алуға болады, жылдамдықты өлшеу модулінде орналасқан.

Электрмашинналық агрегат жұмыстарды орындау барысында үстелге орнатылады, ол зертханалық стендтің сол жағында орнатылған және стендтің сырт жағынан жылдамдықты өлшеу және агрегат модулдеріне қосылады (1.7сур.). Ол қажет болған жағдайда агрегат модулінің алдыңғы панеліне, электр машинасына қосылуға мүмкіндік береді.

Асинхроннды қозғалтқыштың төлқұжаттық және есептік мәндері 2.3 кестеде көрсетілген, синхроннды генератордікі 2.4 кестеде, ал жылдамдық датчигінікі 2.5 кестеде.

2.3 кесте - Асинхроннды қозғалтқыштың төлқұжаттық және есептік мәндері (приводтық)

Сипаттама атауы	Мәні
Түрі	АИС71В4УЗ
Қуаты, Вт	370
Статор орамының номиналды кернеу көрегі, В. Y	3x380
Айналудың номиналды жиілігі, ор/мин	1370
Статор фазасының номиналды тогі, А	1,18
cos ϕ	0,7
Номиналды момент. Н м	1.4
Статордың активті қарсылығы r_2 мс, Ом	19
Механикалық шығындар, Р _{мех} Ад, Вт	11

2.4 кесте - Синхроннды машинаның төлқұжаттық және есептік мәндері

Сипаттама атауы	Мәні
Түрі	АИС71ВУЗ
Қуаты, Вт	370
Статор орамының номиналды кернеу көрегі, В. Y	3x380
Айналудың номиналды жиілігі, ор/мин	1370
Статор фазасының номиналды тогі, А	1,18
Қоздырудың номиналды тогі, А	1
Қоздырудың максималды тогі, А	2

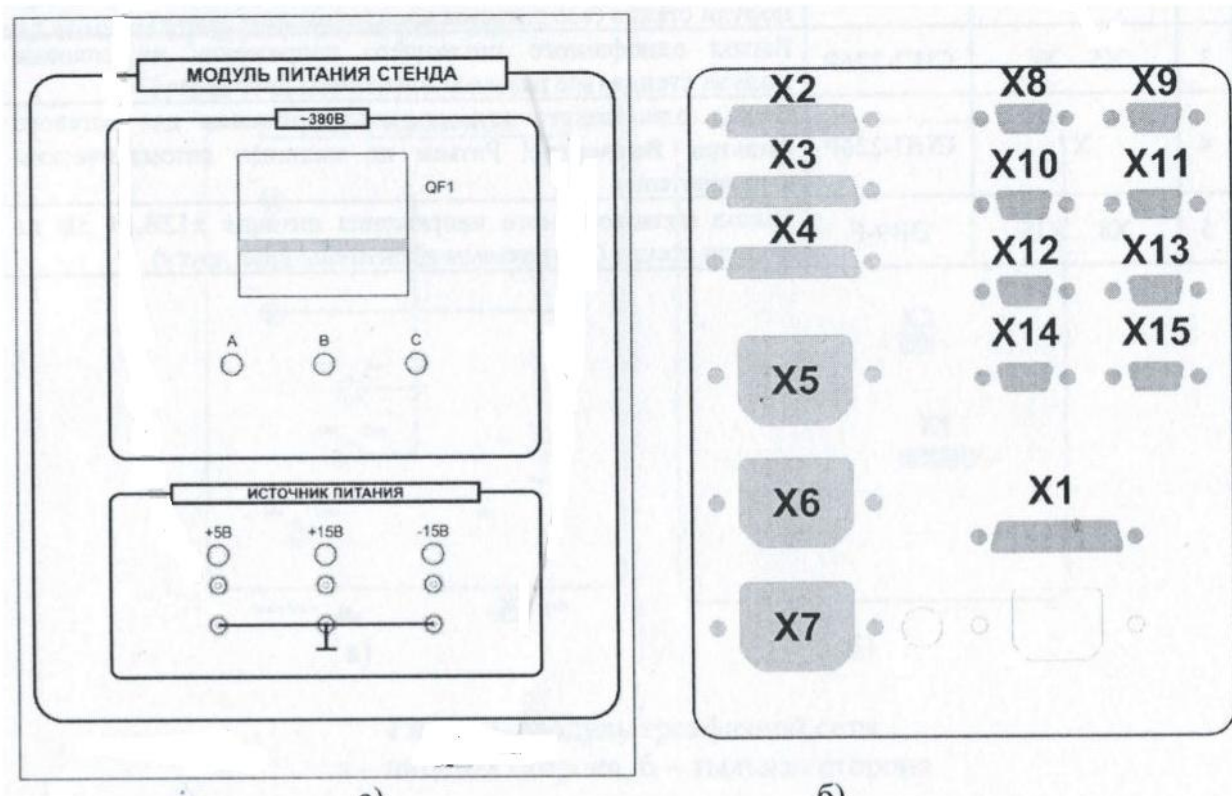
2.5 кесте - Импульсті жылдамдық датчигінің төлқұжаттық және есептік мәндері

Сипаттама атауы	Мәні
Түрі	TRD-S500VD
Қоректендіруші кернеу, В	=5
Рұқсат етілген қабілеттілігі, имп/ор	500 —

Құралдардың қорек модулі

Стендін қорек модулі (СҚМ) зертханалық стендт желісіне үш фазалық кернеуді енгізуге арналған, стендті қысқа тұйықталу тоғынан қорғауға және

күштік пен төмен вольтті қоректендіруші кернеуді стенд модуліне беруге. Модулдің сырт келбеті 2.9 суретте көрсетілген.



а – беткі бөлігі, б – сыртқы бөлігі

2.9 сурет – Стендтің қорек модулі

Модулдің беткі бөлігінде мыналар орналасқан:

- автоматты ажыратқыш QF1 түріндегі iEK BA47-29 СЮ 10А/400В;
- қорек көзінің екінші қайнары РТ45В түріндегі, ± 12 В, + 5В кернеулі стенд элементтерін қоректендіруді қамтамсыз етеді;
- бақылау мен индикация элементтері (жарық диодтары және клеммлар) берілген күштік кернеуді индикациялау үшін, ЖИП кернеу деңгейін бақылау құрылғыларының көмегімен және төмен вольтті кернеудің бар болуы кезінде.

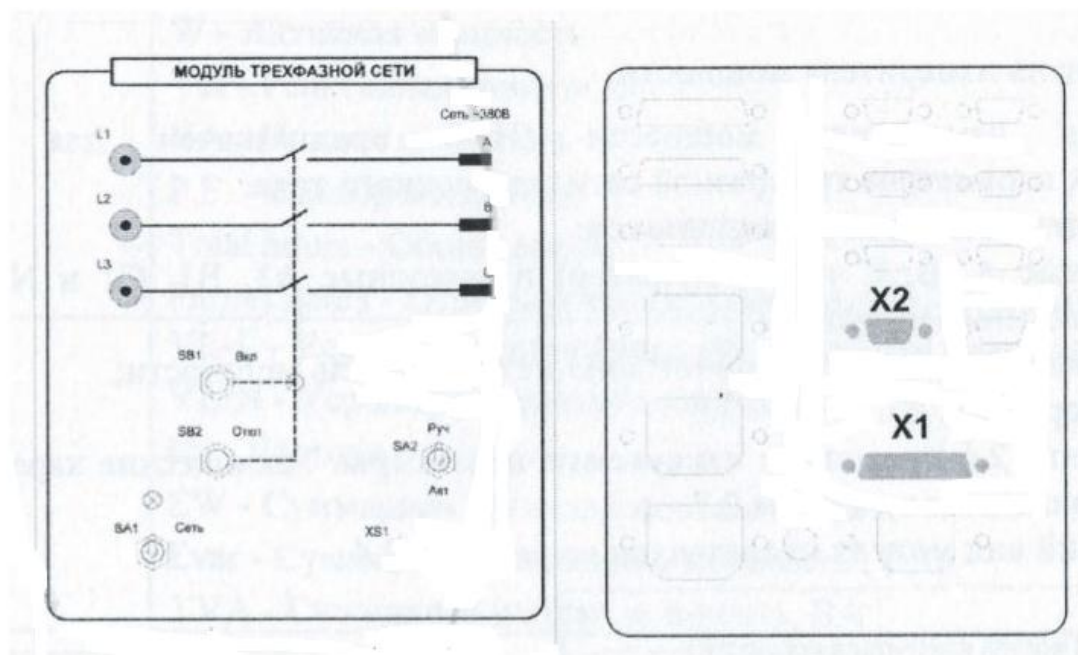
Стенд модулідері мен кернеу қорегіне қосылу үшін модулдің сырт жағынан қосқыштар орналастырылған. Қосқыштардың мәні 2.6 кестеде көрсетілген.

Үш фазалы желі модулі

Практикалық шексіз қуат көзі ретінде зертханалық жұмыс сызбаларына қолданылады және желіден модульге үш фазалық қорек кернеуін беруге қолданылады. Модул үш фазалық күштік ажыратқыш үлгісі ретінде қолданылады және қос каналды қолмен басқарылатын

2.6 кесте – Стендтің қорек модулінің қосқыштарының түрлері мен сипаттамасы

№	Қосқыш мәні	Қосқыш түрі	Қосқыштың орнатылу сипаты
1	X1	РП10-11В	Стендтің үш фазалық қорек кернеуінің кірісі (үш фаза А, В, С, нейтраль N, жерлендіру РЕ)
2	X2...X4	РП10-11Р	Стендтің күштік модулдеріне үш фазалық қорек кернеуінің шығысы (барлық қосылыстар бір біріне ұқсас)
3	X5...X6	СНП-226Р	Стендтің күштік модулдеріне бір фазалық қорек кернеуінің шығысы (барлық қосылыстар бір біріне ұқсас)
4	X7	СНП-226Р	Желілік сүзгіге бір фазалық қорек кернеуінің кірісі. Ескерту! Қосылыс автоматты ажыратқышпен қорғанбаған.
5	X8...X15	DB9-F	Төмен вольтті қорек кернеуінің кірісі $\pm 12В$, $+ 5В$ стенд модулдеріне (барлық қосылыстар бір біріне ұқсас)



а – беткі бөлігі, б – сыртқы бөлігі
2.10 сурет - Үш фазалы желі модулі

Модулдің беткі бөлігінде мыналар орналастырылған:

- тумблер SA1 «Желі», модулдің қорегінің кіріс/шығысын қамтамасыз етеді және қоректің қаншалықты жететіндігін көрсететін сәйкес жарық диодын;
- клеммалар L1...L3, А,В және С фазасының 380В айнымалы кернеуі және практикалық түрде шексіз қуаты бар шиналар;

- SB1 «Қосу» және SB2 «Сөндіру» батырмалары жарық диодына сәйкес үш фазалы желі модулінің ажыратқышын басқаруға арналған (қосып/сөндіруді), ол ағымдағы жағдайды бейнелейді (қосулы/сөндірулі);

- тумблер SA2, модульдің жұмыс режимін таңдауды қамтамасыз ететінді, қосымшада «Қолмен» ажыратқышты қолмен басқаруды жүзеге асырады SB1 және SB2 батырмалары арқылы, қосымша «Авт» ажыратқышты автоматты басқару XS1 арқылы жүзеге асырады, ол модульдің беткі бөлігінде орналасқан;

- ажыратқыш XS1 түріндегі DB9, SA2 тумблері «Авт» басқару жүйесінде болған кезде, ажыратқышты қашықтықтан басқаруға мүмкіндік береді. Ажыратқыштарды тағайындау 2.7 кестеде келтірілген.

2.7 кесте - Үш фазалы желі модулінің ажыратқыштарын тағайындау

№	Ажыратқыштың белгіленуі	Ажыратқыштың Түрі	Ажыратқышты тағайындау
1	XI	РПКМ1В	Үш фазалы қорек кернеуінің кірісі-380В стэндтің қорек модулінен (ажыратқыштар X2...X4 стэнд қорегінің модулінің)
2	X2	DB9-M	Төменгі вольтті қорек кернеуінің кірісі $\pm 12V$. + SB

Қуатты өлшеу модулі

Қуатты өлшеу модулі (ҚӨ) айнымалы тоқты үш фазалы желінің электрлік сипаттарын өлшеуге арналған.

Панельдің беткі бөлігінде мыналар орналасқан:

-кірістер А, В, С және N (генератор) мен шығыстар A1, B1, C1 және N (жүктеме) модульдің қосылу клеммалары;

- «Желі» батырмасы қуатты өлшеуішке қорек беру үшін;

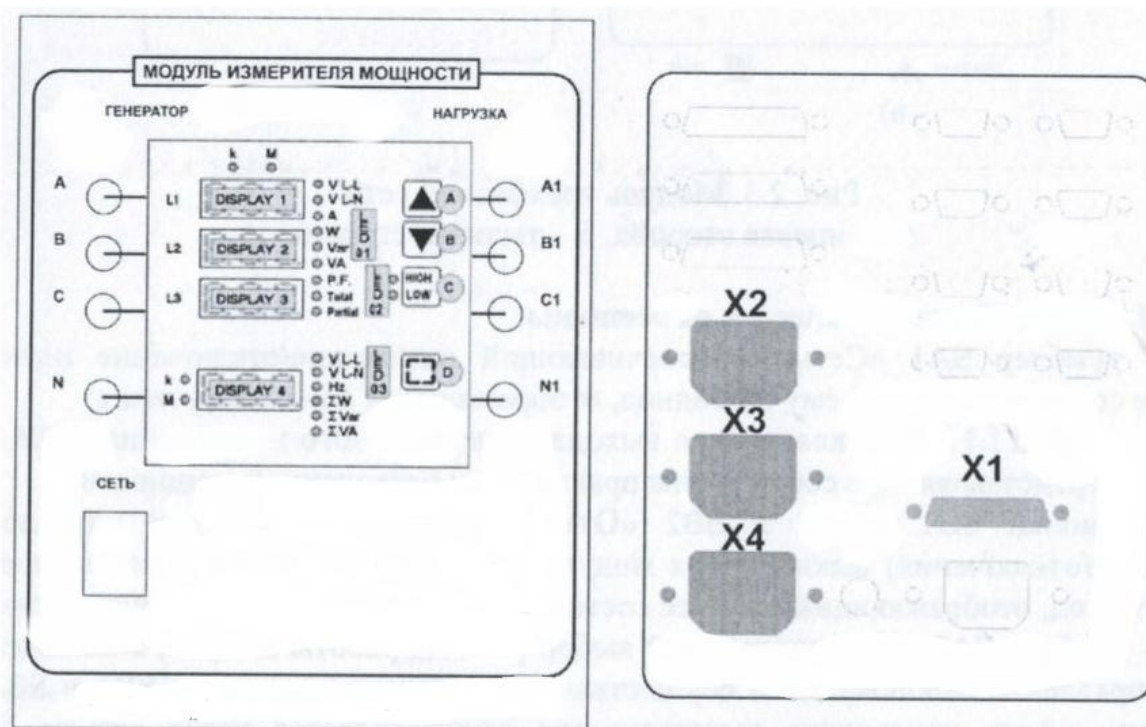
-DM K 20 приборы.

2.8 кестеде өлшенетін сипаттар келтірілген. Өлшеуіштің техникалық сипаттары 2.9 кестеде берілген.

Модульдің сырт келбеті 2.11 суретінде көрсетілген.

2.8 кесте - LED01 және LED03 тобының жарық диодты индикаторлары үшін өлшенетін сипаттар кестесі

LED01	VL-L – сызықтық (фаза аралық) кернеу VL-N – фазалық кернеу A – ток W – активті қуат Var – реактивті қуат VA –толық қуат P.F. – қуат факторы Total hours – жалпы уақыт Partial hours – жеке тіркелетін уақыт (Жеке уақыт)
LED03	VL-L – сызықтық орташа (фаза аралық) кернеу VL-N –фазалық орташа кернеу Hz – жиілік EW – суммарлық активті қуат, Ватт Evar –суммарлық реактивті қуат, BAr EVA – суммарлық толық қуат, B A



а – беткі бөлігі; б – сыртқы бөлігі
2.11 сурет - Қуатты өлшеу модулі

2.9 кесте - Өлшеуіштің техникалық сипаттары

Сипат	Өлшеу диапазоны	Қалдық
Сызықтық кернеу, В	60-830	±0.35%
Фазалық кернеу, В	30-480	±0.35%
Тоқ, А	0,05-6	±0.5%
Жиілік, Гц	45-65	±0.1 Гц
Активті қуат, Вт ($\cos\varphi$ 0.7-1)/($\cos\varphi$ 0.3-0.7)		±1% / ±1.25%
Толық қуат, ВА	-	±0.5%
Реактивті қуат, Вар ($\cos\varphi$ 0.7-1)/($\cos\varphi$ 0.3-0.7)	-	±1% / ±1.25%

Дисплейдің оң жағында басқарма батырмалары орналасқан:

А және В батырмалары өлшеу түрін таңдау үшін қызмет етеді, олар жарық диодты индикаторлар тобына LED01 жіберіледі.

- өлшеу, L1, L2, L3 фазаларына қатысты сәйкесінше 1,2,3 диспоейге шығарылады;

-жарық диодты индикаторлар "к" және "М" (үстінде) нәтиженің мыңдық немесе миллиондық екендігін көрсетеді;

С батырмасы LED 02 индикаторлар тобының жарық диодты функцияларының бірінің қосылғандығын білдіру үшін қолданылады немесе барлық функцияны тоқтатуға.

Д батырмасы арқылы СДИ үш функциясының бірін LED03 тобындағы

таңдауға мүмкіндік береді және оларды ДИСПЛЕЙ 4 бейнелеуге.

Берілген режимдер үш фазалы кешендерді орташалау үшін қолданылады.

ДИСПЛЕЙ 4 өлшеудің бірліктерін көрсету үшін (сол жақта) "к" және "М" жеке көбейткіштері бар.

Модулдің сыртқы бөлігінде ажыратқыштар орналастырылады стенд модулінің қорек кернеуін қосу мен адырату үшін. Ажыратқыштарды тағайындау 2.10 кестеде келтірілген.

2.10 кесте –Қуатты қлшеу модулінің ажыратқыштар түрі мен тағайындалуы

№	Ажыратқыштың белгіленуі	Ажыратқыштың Түрі	Ажыратқышты тағайындау
1	XI	РП10-11-В	Үш фазалы қорек кернеуінің кірісі ~ 3х380/220В стендтің қорек модулінен (ажыратқыштар Х2...Х4 стендтің қорек модулінің)
2	Х2...Х4	СНП-226-Р	Бір фазалы қорек кернеуінің шығысы (желдеткіш) -220В стендтің модуліне (барлық ажратқыштар біріне бірі ұқсас).

Іске қосу модулі

Іске қосу модулі синхроннды машинаның орамдарын іске қосуға арналған.

Панелдің беткі бөлігінде мыналар орналасқан:

- «Желі» батырмасы МВге қорек беру үшін;
- Тумблер SA1 «Қолмен»/«Авт» басқару режимдерін таңдау үшін.

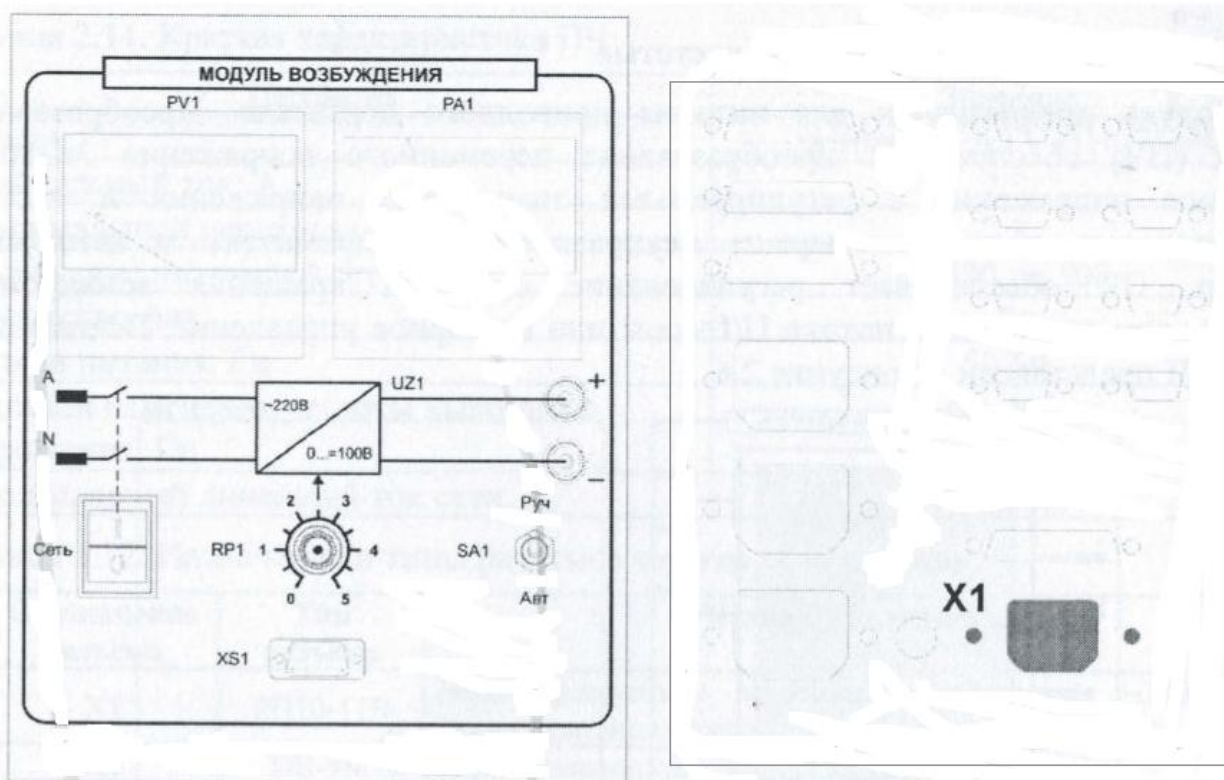
Қосымша «Авт» басқару ішкі кіріс сигналынан жүзеге асырылады;

- потенциометр RP1 тапсырманы қамтамасыз етеді;
- ажыратқыш XS1 сыртқы сигналдарды беру үшін қызмет етеді;
- приборлар PV1 және PA1 тоқ пен кернеудің шығысын қамтамасыз етеді. Модульдің сырт келбеті 2.12 суретінде көрсетілген. Техникалық сипаттамалары 2.11 кестеде берілген.

Модульдің беткі бөлігінде ажыратқыштар орналастырылады қорек кернеуін қосу үшін. Ажыратқыштардың түрі мен тағайындалуы 2.10 кестеде берілген.

2.11 кесте - Іске қосу модулі ажыратқыштарының түрі мен тағайындалуы

Техникалық сипаттамалары:	
Қоректендіруші кернеу	-220В
Номиналды шығыс тоғы	0,8 А
Максималды шығыс тоғы	2 А
Сыртқы басқару сигналы	=0...10В.



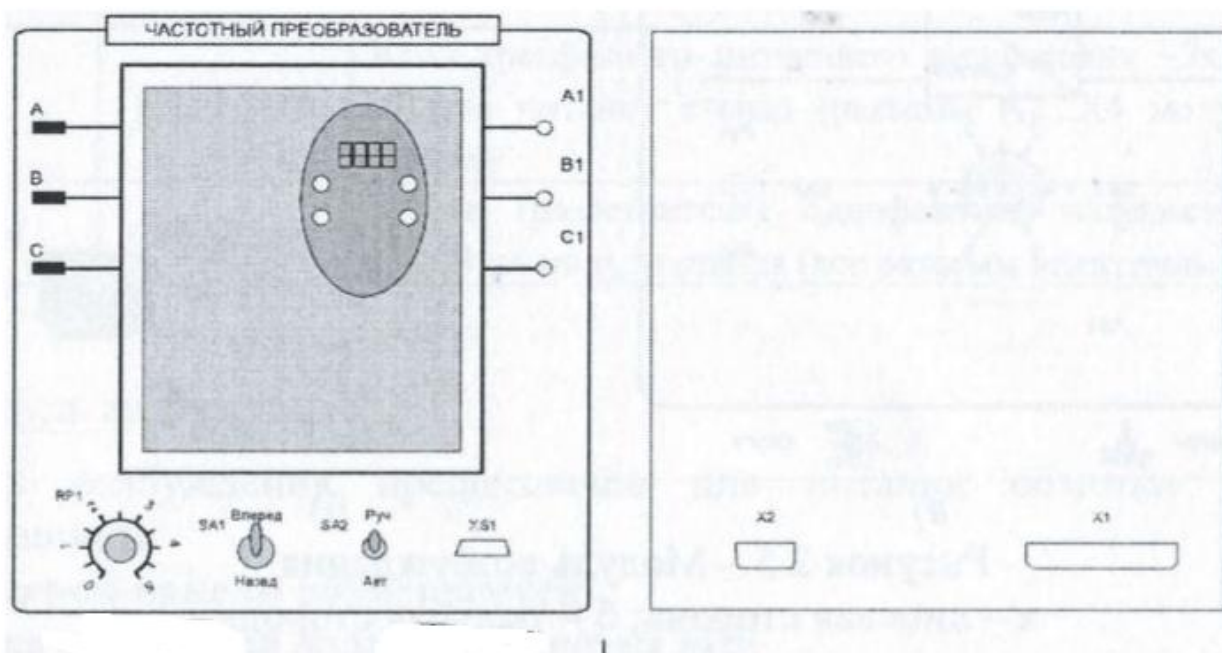
а – беткі бөлігі; б – сыртқы бөлігі
2.12 сурет – Іске қосу модулі

Назар аудар! Іске қосу модулін жүктемеге қоспай тұрып іске қосуға болмайды. Модульді номиналдан жоғары токпен жұмыс істеу тек аз уақытқа рұқсат етіледі.

2.12.11 кесте - Ажыратқыштың моделі өлшемі типі және атауы.

№	Ажыратқыштың белгіленуі	Ажыратқыштың Түрі	Ажыратқышты тағайындау
1	XI	СНП-226-B	Бір фазалы қорек кернеуінің кірісі ~220В стендтің қорек модулі.

Модуль «Жиілікті өзгерткіш» приводтық қозғалтқышты қоректендіруге арналған. Жиілікті өзгерткіш (ЖӨ) айнымалы 3х3 80В кернеуді үш фазалы орныққан мәндегі кернеу мен жиілікке өзгертуді қамтамасыз етеді. Жиілікті өзгерткіш басқарылмайтын түзейткіш пен автономды инвертордан құралған. ЖӨ векторлы басқару немесе $U/f=const$ тұрақты ағындағы асинхроннды қозғалтқыштың айналу жылдамдығын реттеуді қамтамасыз етеді. Модульдің сырт келбеті ЖӨ 2.13 суретінде көрсетілген.



а – беткі бөлігі; б – сыртқы бөлігі

2.13 сурет - «Жиілікті өзгерткіш» модулі

Панелдің беткі бөлігінде мыналар орналасқан:

- жиілікті өзгерткіш Altivar-31 дисплейімен және сипаттарды енгізу батырмаларымен;
- күштік клеммалар үш фазалы шығыс кернеуінің A1, B1 және C1;
- потенциометр RP1 тапсырманың аналогты сигналы;
- қайта қосқыш SA1 синхронды қозғалтқыштың айналу бағытын таңдау үшін (берілген модификациялық модульде SA1 кез-келген жағдайда тек қана қозғалтқыштың бір айналу бағытын береді);
- қайта қосқыш SA2 жұмыс режимін таңдағыш;
- ажыратқыш XS1 (ДК) дербес компьютерді және ЖӨ автоматты режимде басқаруға арналған.

Модуль қолмен басқару және автоматты басқару жүйесінде жұмыс жасайды, режимді SA2 қайта қосқышы арқылы таңдайды. Қолмен басқару жүйесінде сигналды басқару потенциометрмен RP1 беріледі.

Жиілікті өзгерткіштің қысқаша сипаттамасы 2.13 кестеде көрсетілген.

Модульдің сыртқы бетінде ажыратқыштар орналастырылады қорек кернеуіне қосылу үшін. Ажыратқыштардың түрі мен тағайындалуы 2.14 кестеде келтірілген.

Өлшеуіш модуль

Өлшеуіш модуль зертханалық жұмыс кезінде айнымалы тоқ пен жиілікті өлшеуге арналған. Екі вольтметрден тұрады Ц42300 түріндегі 0...500 В аралығында өлшенетін айнымалы кернеу мен екі жиілікті Э8004 өлшегіш 45 – 55 Гц өлшеу диапазонымен. Жиілікті өлшегіштің номиналды кернеуі 220 В, нақтылық класы 1,0.

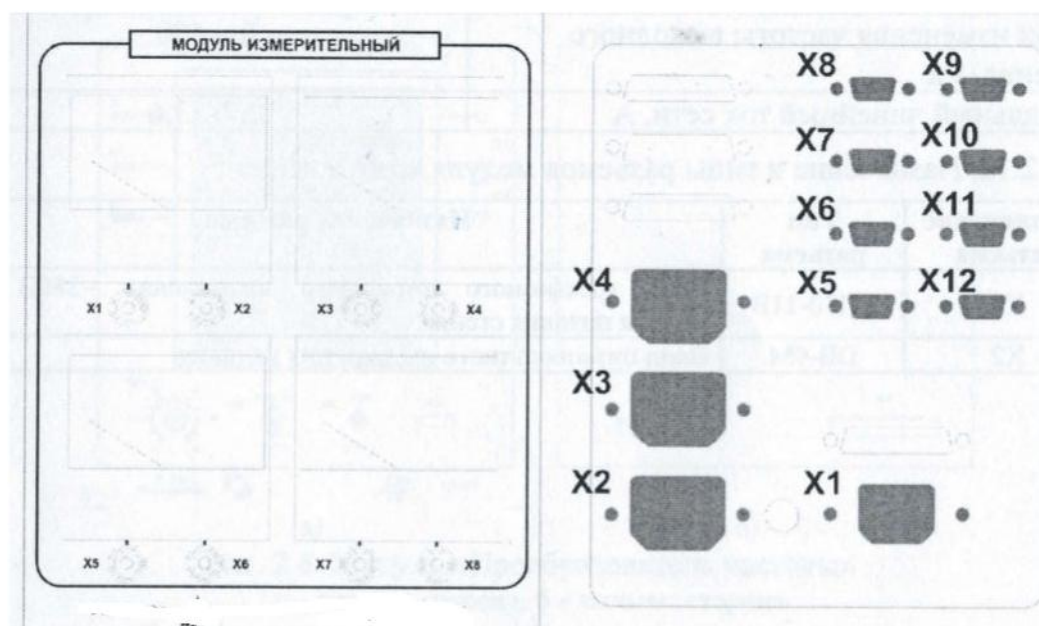
Өлшеуіш модульдің панелінің сырт келбеті 2.14 суретінде көрсетілген.

2.13кесте – ЖӨ қысқаша сипаттамасы

Сипаты	Тағайындалуы
Моделі	Altivar-31 ATV31H075N4
Номиналды тоқ, А	2,3
Максималды айнымалы тоқ, А	2,3
Қоректенуші желі кернеуі, В	от 380 до 500
Фазалар саны	3
Қоректенуші жиілік, Гц	50/60
Шығыс кернеуінің жиілігінің өзгеріс диапазоны, Гц	0...400
Желі максималды сызықтық тоғы, А	2,7...3,6

2.14 кесте – Іскеқосу модулі ажыратқышының түрі мен тағайындалуы

№	Ажыратқыштың белгіленуі	Ажыратқыштың түрі	Ажыратқышты тағайындау
1	XI	РП10-11В	Үш фазалы қорек кернеуінің кірісі ~380В стендтің қорек модулінен.
2	X2	DB-9М	Төмен вольтті қорек кернеуінің кірісі.



а – беткі бөлігі; б – сыртқы бөлігі

2.14 сурет - Өлшеуіш модуль

Өлшеуіш модуль стендтің жеке модульдеріне бір фазалы кернеуді ~220В және аз күштік төмен вольтті тұрақты қорек кернеуін беруге қолданылады. Бұл кернеулерді модуль стендтің қорек модулінен алады және аралық кернеуді орнықтандырғыш рөлін атқарады.

Модульдің сыртқы бөлігінде стенд модулі мен қорек кернеуін қосу үшін ажыратқыштар орнатылған. Ажыратқыштардың түрі мен тағайындалуы 2.15 кестеде келтірілген.

2.15 кесте- Өлшеуіш модульдің ажыратқыштарының түрі мен тағайындалуы

№	Ажыратқыштың белгіленуі	Ажыратқыштың түрі	Ажыратқышты тағайындау
1	XI	СНП	Стендтің қорек модулінен үш фазалы қорек кернеуінің кірісі ~380В (ажыратқыштар X2...X4 стендтің қорек модулінен)
2	X2...X4	СНП	Бір фазалы қорек кернеуінің (желдеткіш) шығысы -220В стендтің модульдеріне (барлық ажыратқыштар біріне бірі ұқсас келеді).
3	X5	DB-9	Өлсіз ағынды қорек кернеуінің кірісі ± 12 В, + 5В стендтің қорек кернеуінен
4	X6 ...X12	DB-9	Өлсіз ағынды қорек кернеуінің шығысы (желдеткіш) ± 12 В, + 5В модуль кешендері үшін (барлық ажыратқыштар біріне бірі ұқсас келеді).

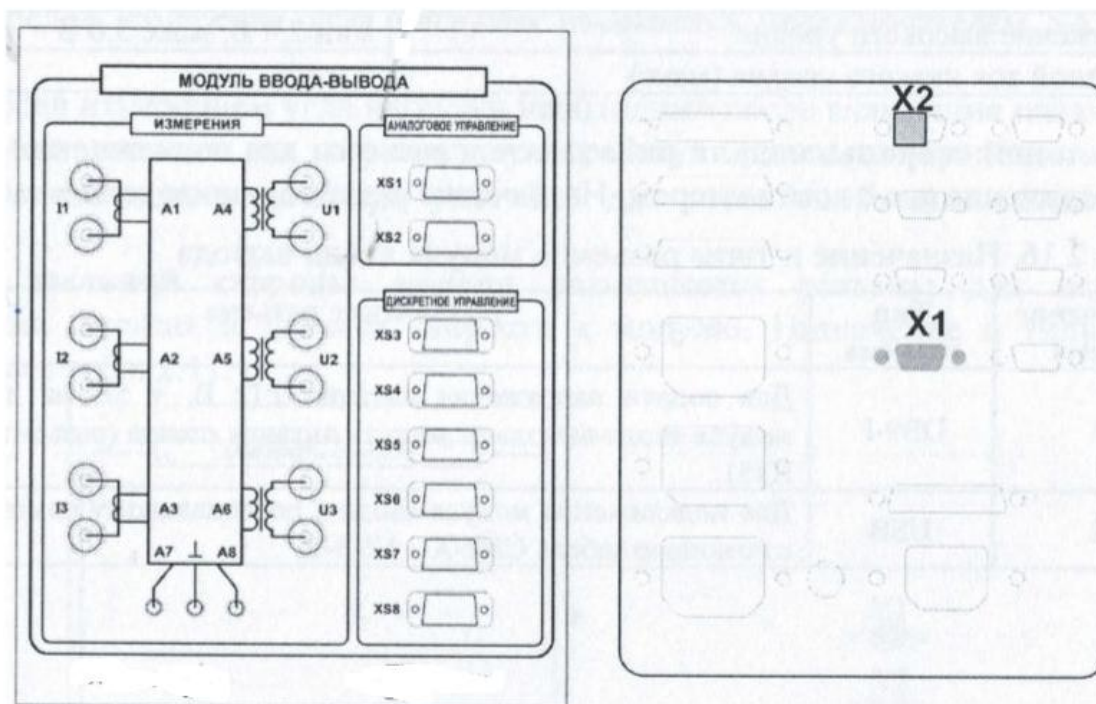
Кіріс-шығыс модулі 2.15сурет дербес компьютерге (ноутбук) аналогты және дискретті сигналдардың кіріс/шығыс үшін арналған ток пен кернеу датчиктері арқылы және аналогты ввода/вывода DP mod 5.4.4. осциллографтау мен тіркеуге, өңдеу мен бейнелеуге аналогты сигналдарды нақты уақыт режимінде көрсетуге арналған.

Кіріс-шығыс модулі LV25-Р түріндегі 3 кернеу датчигінен және 3 ток датчигінен НУ5-Р түріндегіден тұрады. Кіріс-шығыс модулінің датчиктері аз күшті кернеуді, кернеу мен күштік тоқтардың кіріс мәнінің пропорционалын алуға мүмкіндік береді. Датчиктер потенциалды күштік тізбек пен басқару тізбектерін қамтамасыз етеді.

Кіріс-шығыс модулінің датчиктері тұрақты және айнымалы ток режимінде жұмыс жасайды. Датчик оқшауламаларының электрлік тығыздығы 2,5 кВ. Датчиктердің жұмыс диапазоны 2.16 кестеде көрсетілген.

2.16 кесте – Датчиктердің жұмыс диапазоны

Датчик	Кіріс сигналдардың диапазоны	Шығыс сигналдардың диапазоны, В	Жұмыстың жиілік диапазоны, Гц
ДН	$\pm 0...500$ В	$\pm 0...5$	0...50
ДТ	$\pm 0...2$ А	$\pm 0...5$	0...50



а – беткі бөлігі, б – сыртқы бөлігі

2.15 сурет -Кіріс-шығыс модулі

Кіріс-шығыс модулі кіріс/шығыс платасынан құралады DP mod 5.4.4.

Аналогты кіріс/шығыс платасы DP mod 5.4.4 кіріс/шығыс қызмет етеді және аналогты сонымен қатар сандық бағдарламаны дербес компьютерге (немесе ноутбук) өңдеуге арналған.

Компьютерге USB-A — USB-B кабелдері арқылы қосылады (кешенге кіреді). Стендтегі плата стенд құрамына кіретін бағдарламалық қамсыздандырылумен бірге қолданылады. Платаның техникалық сипаттамалары 2.17 кестеде көрсетілген.

Модульдің сыртқы бөлігінде ажыратқыштар орнатылады, олар модульге қорек кернеуін және оны компьютермен қосу үшін арналған. Ажыратқыштардың тағайындалуы 2.18 кестеде келтірілген.

Модульде «Жылдамдықты өлшеу» жиілік пен кернеуді өзгерту платасы орналасады (ЖКӨ), жылдамдық датчигінен импульсті сигналды аналогты сигналға түрлендіру үшін қызмет атқарады. ЖКӨ электр

машиналарының айналу жиілігін түрлендіреді 0..! 2000 айн/мин диапазонында 0...100 мкА пропорционалды кернеу сигналына.

2.17 кесте – Платаның техникалық сипаттамасы

Сипаттың атауы	Мәні
АЦП	
Каналдар саны	8
Разрядтылығы	12 бит
Өзгерту уақыты	10 мкс
Максималды өзгерту жиілігі (1 каналға)	
- кіріс режимінде 8 сигнал	25 кГц
- кіріс режимінде 4 сигнал	50 кГц
- кіріс режимінде 2 сигнал	100 кГц
Кіріс сигналдарының диапазоны	±10 В
ЦАП	
Каналдар саны	2
Разрядтылығы	12 бит
Максималды өзгерту жиілігі (1 каналға)	25 кГц
Орнату уақыты	8 мкс
Шығыс диапазоны	±10 В
Сандық кірістер мен шығыстар	
Кіріс порты	8 бит КМОП, серия НСТ
Шығыс порты	16 бит КМОП, серия НСТ
Төменгі деңгей кернеуі	мин 0 В, макс 0,4 В
Жоғары деңгей кернеуі	мин 2,4 В, макс 5,0 В
Төменгі деңгейдің шығыс тоғы (макс)	6 мА

2.18 кесте - Кіріс-шығыс модулінің түрі мен тағайындалуы

№	Ажыратқыштың белгіленуі	Ажыратқыштың түрі	Ажыратқышты тағайындау
1	X1	DB9-F	Қорек кернеуін стендтің қорек модулінен кіріс-шығыс модулінің датчигіне беру үшін ±12 В, + 5 В (ажыратқыштар X8... X15)
2	X2	USB	Кіріс модулін дербес компьютерге қосу үшін кабел көмегі арқылы USB-A - USB-B.

Одан бөлек түрлендіру платасында жүктеме бұрышын есептеу жүргізіледі желі кернеуі мен ротор арасындағы (z – жылдамдық датчигінің

шығысы). Өлшенетін бұрыштардың диапазоны $\pm 180^\circ$ ($\pm 90^\circ$), пропорционалды шығыс кернеуінің диапазоны ± 10 В.

Панелдің беткі бөлігінде мыналар орналасады:

- жылдамдық пен жүктеме бұрышын өлшеудің қорғаныс құралдары;
- клеммалар аналогты сигналды беруге үшін қолданылады, кіріс-шығыс модуліндегі жүктеме бұрышы мен жылдамдық мәніне пропорционал;
- тумблержеліні модульге қосады;
- жүктеме бұрышын лақтыру батырмасы;
- қайта қосу тумблері жүктеме бұрышының шегі.

Қорғаныс құрылғыларында, модульде орнатылған электромашинналық агрегаттың айналу жылдамдығының ағымдағы мәнін бақылауға мүмкіндік береді (айн/мин) және жүктеме бұрышы δ (град). Жүктеменің бұрышын өлшеу шегі қайта қосқышпен түрлендіреді SA1 (90° немесе 180°).

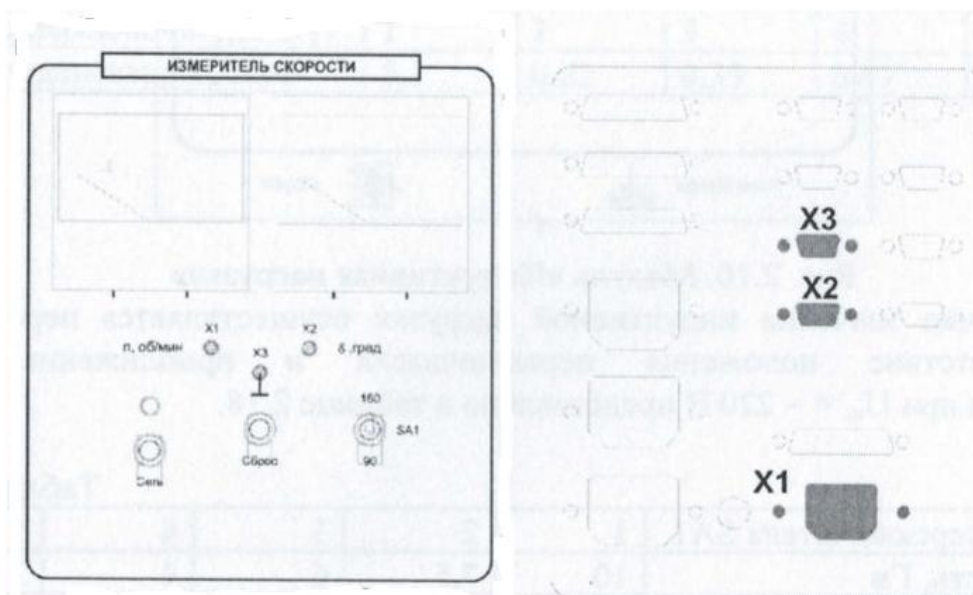
Жүктеме бұрышын өлшеуден бұрын модульдің қорегін қосқаннан соң және желінің параллельді жұмысына жүйені жөндеп және индикатор бұрышынан көрсеткішін синхронды генератордағы нөлге теңестіру 5 – ол үшін «Лақтыру» батырмасын басу қажет.

Модульдің сыртқы бөлігінде модульге жылдамдық датчигін және қорек кернеуін қосу үшін қосқыштар орнатылады. Қосқыштар түрі мен тағайындалуы 2.19 кестеде келтірілген.

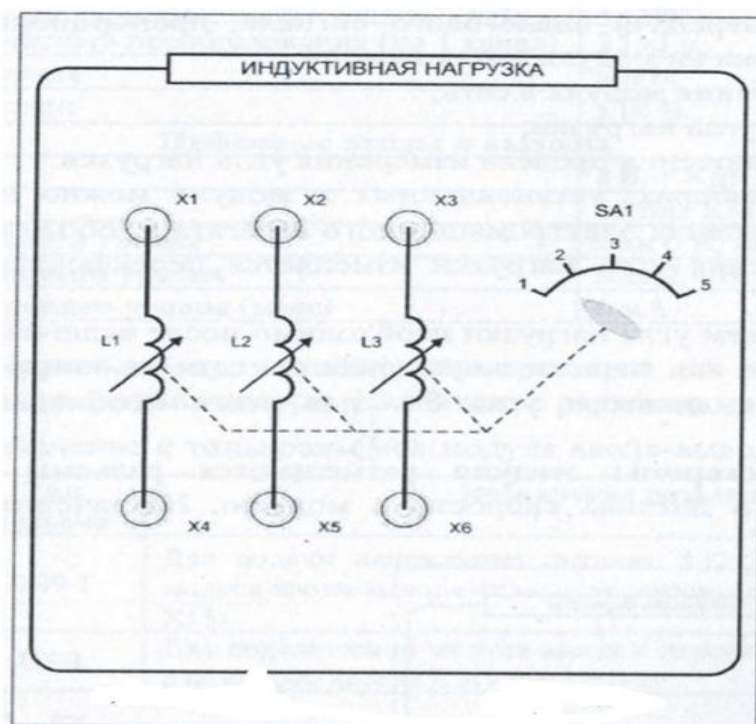
2.19 кесте - Жылдамдықты өлшеу модулінің қосқыштарының түрі мен тағайындалуы

№	Ажыратқыштың белгіленуі	Ажыратқыштың түрі	Ажыратқышты тағайындау
1	X1	СНП-226-В	Бір фазалы қорек кернеуінің кірісі-220В стендтің қорек модулінен.
2	X2	DB-9-M	Өлсіз ағынды қорек кернеуінің кірісі ± 12 В, + 5В стендтің қорек модулінен;
3	X3	DB-9-F	Электрмашинналық агрегаттың жылдамдық датчигінен импульсті сигналдардың кірісі

Модуль «Индуктивті жүктеме» айнымалы токтың электрлік тізбегіндегі зерттеу кезінде реактивті тұтынушыларды үлгілеуге қолданылады (2.17 сурет).



а – беткі бөлігі, б – сыртқы бөлігі
2.16 сурет - «Жылдамдықты өлшеу» модулі



2.17 сурет - «Индуктивті жүктеме» модулі

Индуктивті жүктеменің мәнін өзгерту SA1 қайта қосқышымен жүзеге асырылады. Қайта қосқыштардың жағдайларының сәйкестігі және индуктивтілік мәнінің жуықтығы $U_M = \sim 220 \text{ В}$ тең болған жағдайда 2.20 кестеде келтірілген.

2.20 кесте – Индуктивтілік мәні жуықталған

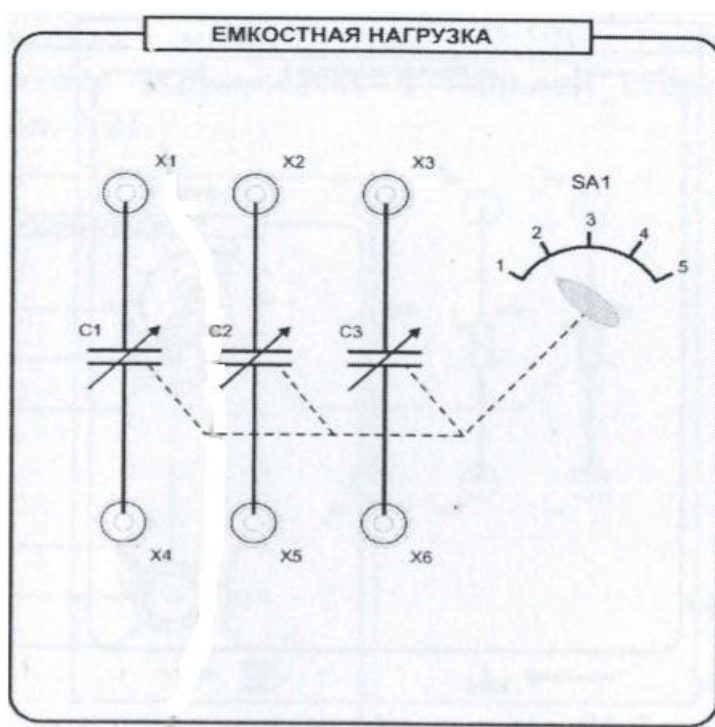
SA1 қайта қосқышы	1	2	3	4	5
Индуктивтілік, Гн	10	7,5	6	4	3

«Сыйымдылық жүктеме» модулі басқарылатын жүктемені құру кезінде қолданылады. Модулдің сырт келбеті 2.18 суретінде бейнеленген.

Сыйымдылық жүктеменің мәнін өлшеу SA1 қайта қосқышымен жүзеге асырылады. Қайта қосқыш пен сәйкес жүктеме мәні 2.21 кестеде келтірілген.

2.21 кесте- жүктеме мәні мен қайта қосқыштың жағдайы

SA1 қайта қосқышының жағдайы	1	2	3	4	5
Конденсаторлар сыйымдылығы, мкФ	0,1	0,22	0,33	0,47	0,94



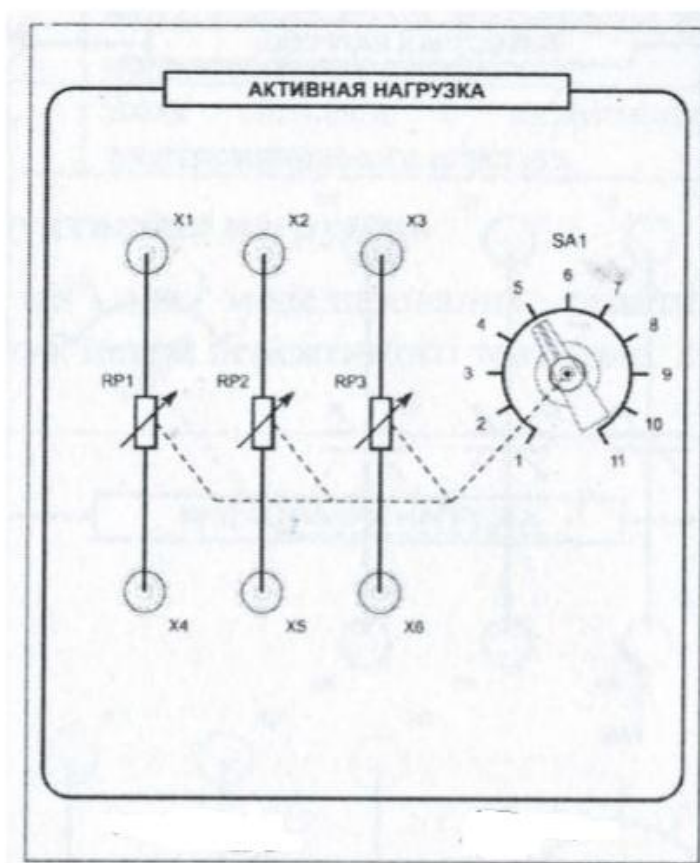
2.18 сурет - «Сыйымдылық жүктеме» модулі

«Активті жүктеме» модулі басқарылатын үш фазалы активті жүктемені құру үшін пайдаланылады. Модулдің сырт келбеті 2.19 суретте бейнеленген. Активті жүктеме мәнін өзгерту SA1 қайта қосқышымен жүзеге асырылады. Қайта қосқыш пен сәйкес жүктеме мәні 2.22 кестеде келтірілген.

2.22 кесте - Қайта қосқыш пен сәйкес жүктеме мәні

SA1 қайта қосқышының жағдайы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Қарсылық, кОм	Ж	Ж	Ж	2,8	3	Ж	3,4	3,6	Ж	4	4,2

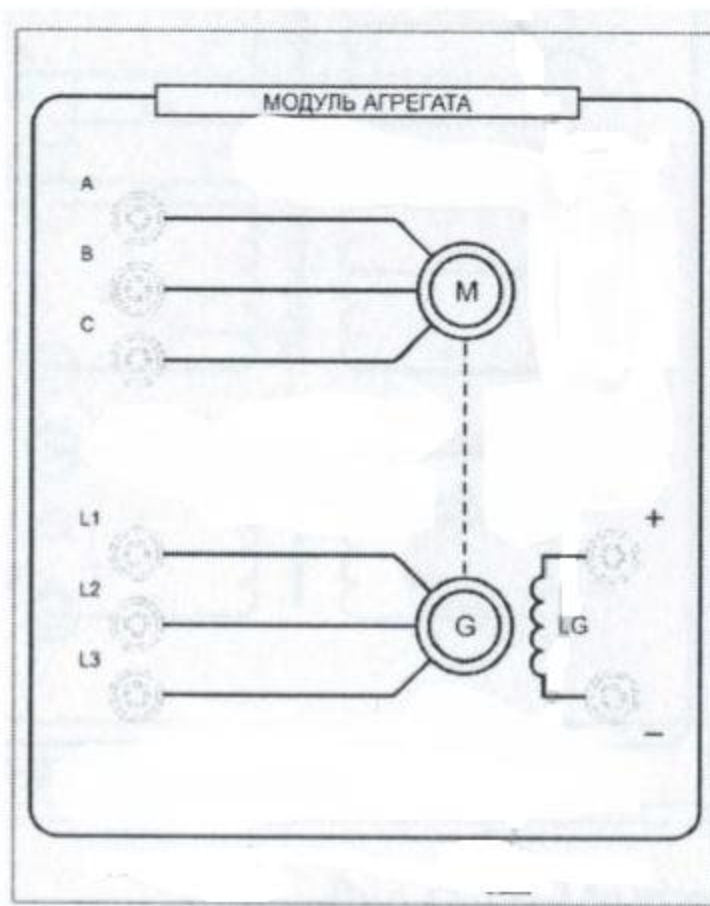
Агрегат модулі зертханалық жұмыс кезінде күштік сымбаларды баңдауды жеңілдетуге арналған, нақтырақ, күштік түрлендіргіштерді клеммалармен біріктіруге, модул панелінің беткі бөлігінде орналасқан сәйкес электр машиналарының мнемосымбаларында бейнеленген (2.20 сурет). Электрмашинналық агрегаттқа нақты қосылу сыртқы бөлігімен жүзеге асырылады. Қосқыштар түрі мен тағайындалуы 2.23 кестеде келтірілген.



2.19 сурет - «Активті жүктеме» модулі

2.23 кесте – Агрегат модулінің қосқыштарының түрі мен тағайындалуы

№	Ажыратқыштың белгіленуі	Ажыратқыштың түрі	Ажыратқышты тағайындау
1	XI	РП10-11-Р	КС кабелімен электрмашинналық агрегатты қосу



а – беткі бөлігі, б – сыртқы бөлігі

2.20 сурет – Агрегат модулі

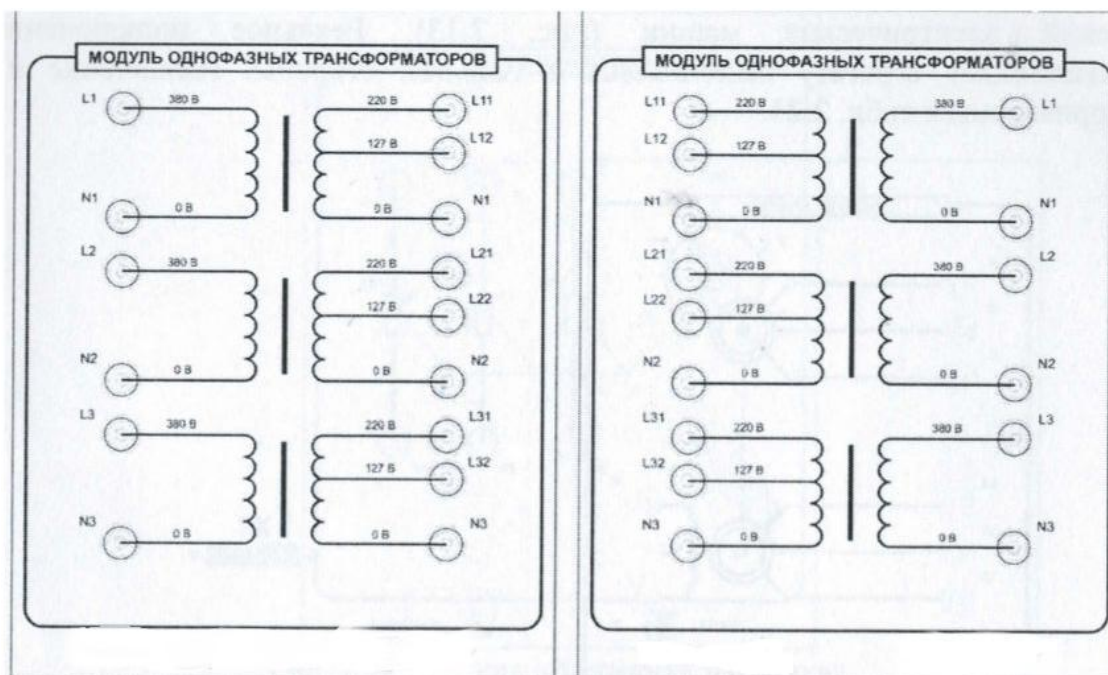
Бір фазалы трансформаторлардың модулі (2.21 сурет). Трансформаторлардың сипаттамалары 2.24 кестеде келтірілген.

2.24 кесте – трансформаторлар сипаттамасы

Түрі	ОСМ1
Қуаты, кВА	0,1
Кіріс кернеуі, В	380
Шығыс кернеуі, В	220/127

Модул панелінің беткі бөлігінде мыналар орналасқан:

- тумблер SA1 «Желі», модулдің қорегінің кіріс/шығысын қамтамасыз етеді және қоректің қаншалықты жететіндігін көрсететін сәйкес жарық диодын;
- клеммалар L1...L3, A, B және C фазасының 380В айнымалы кернеуі және практикалық түрде шексіз қуаты бар шиналар;

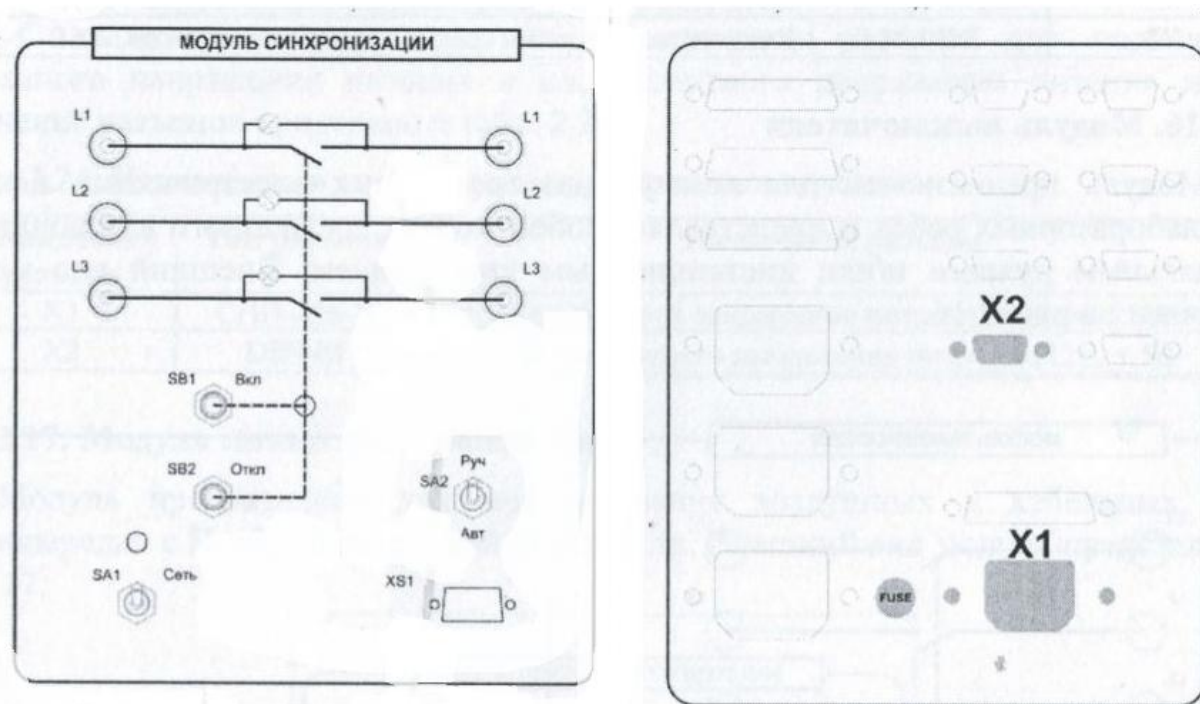


а – оң жағы , б – сол жағы

2.21 сурет - Бір фазалы трансформаторлар модулі

Синхронндау модулі

Синхронндау модулі (2.22 сурет) синхроннды машинаны желіге қосуға арналған синхронндау немесе өздік синхронндау нүктесі әдісімен.



а – беткі бөлігі, б – сыртқы бөлігі

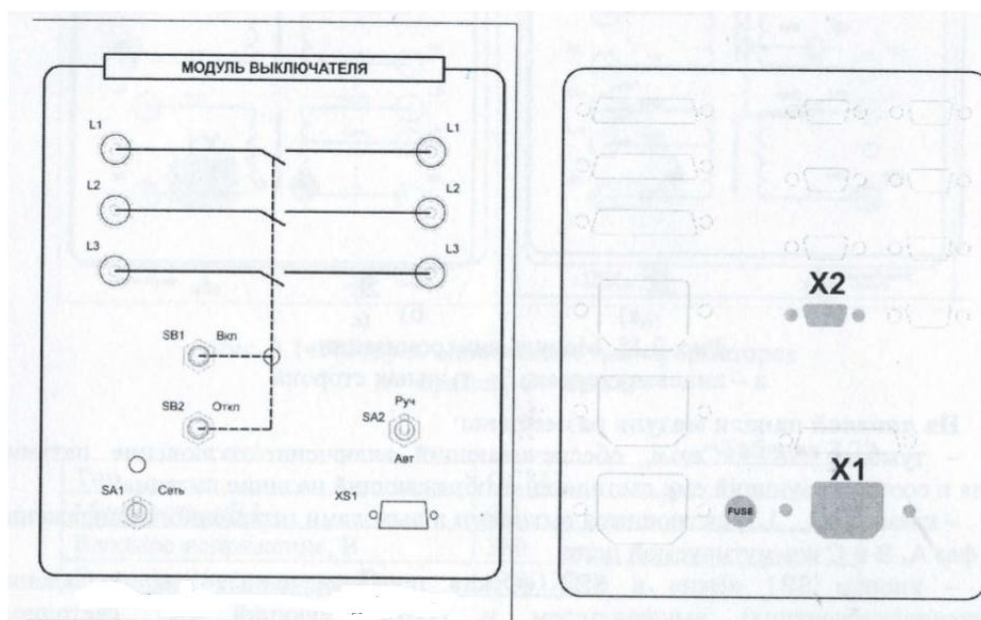
2.22 сурет- Синхронндау модулі

- SB1 «Қосу» және SB2 «Сөндіру» батырмалары жарық диодына сәйкес үш фазалы желі модулінің ажыратқышын басқаруға арналған (қосып/сөндіруді), ол ағымдағы жағдайды бейнелейді (қосулы/сөндірулі);
- тумблер SA2, модульдің жұмыс режимін таңдауды қамтамасыз ететді, қосымшада «Қолмен» ажыратқышты қолмен басқаруды жүзеге асырады SB1 және SB2 батырмалары арқылы, қосымша «Авт» ажыратқышты автоматты басқару XS1 арқылы жүзеге асырады, ол модульдің беткі бөлігінде орналасқан;
- ажыратқыш XS1 түріндегі DB9, SA2 тумблері «Авт» басқару жүйесінде болған кезде, ажыратқышты қашықтықтан басқаруға мүмкіндік береді. Ажыратқыштарды тағайындау 2.25 кестеде келтірілген.

2.25 кесте – Синхронндау модулінің қосқыштарының түрі мен тағайындалуы

№	Ажыратқыштың белгіленуі	Ажыратқыштың түрі	Ажыратқышты тағайындау
1	X1	СНП-226-B	Бір фазалы қорек кернеуінің кірісі - 220В
2	X2	DB9-M	Төмен вольтті қорек кернеуінің кірісі $\pm 12В$, + 5В

Ажыратқыш Модул үш фазалы электрлік желіні коммутациялауға арналған зертханалық жұмыс сызбасында орналасқан және үш фазалы ажыратқышты екі каналы бар қолмен және қашықтықтан басқарылатын бейнелейді 2.23 сурет.



а – беткі бөлігі, б – сыртқы бөлігі

2.23 сурет - Ажыратқыш модулі

Модул панелінің беткі бөлігінде мыналар орналасқан:

- тумблер SA1 «Желі», модулдің қорегінің кіріс/шығысын қамтамасыз етеді және қоректің қаншалықты жететіндігін көрсететін сәйкес жарық диодын;
- клеммалар L1...L3, айнымалы кернеудің кірісі мен шығысы болып табылады 220В фаз А, В және С коммутацияланатын тізбектің;
- SB1 «Қосу» және SB2 «Сөндіру» батырмалары жарық диодына сәйкес үш фазалы желі модулінің ажыратқышын басқаруға арналған (қосып/сөндіруді), ол ағымдағы жағдайды бейнелейді (қосулы/сөндірулі);
- тумблер SA2, модулдің жұмыс режимін таңдауды қамтамасыз ететді, қосымшада «Қолмен» ажыратқышты қолмен басқаруды жүзеге асырады SB1 және SB2 батырмалары арқылы, қосымша «Авт» ажыратқышты автоматты басқару XS1 арқылы жүзеге асырады, ол модулдің беткі бөлігінде орналасқан;
- ажыратқыш XS1 түріндегі DB9, SA2 тумблері «Авт» басқару жүйесінде болған кезде, ажыратқышты қашықтықтан басқаруға мүмкіндік береді.

Модулдің сыртқы бөлігінде модулге жылдамдық датчигін және қорек кернеуін қосу үшін қосқыштар орнатылады. Қосқыштар түрі мен тағайындалуы 2.26 кестеде келтірілген.

2.26 кесте- Ажыратқыш модулдің түрі мен тағайындалуы

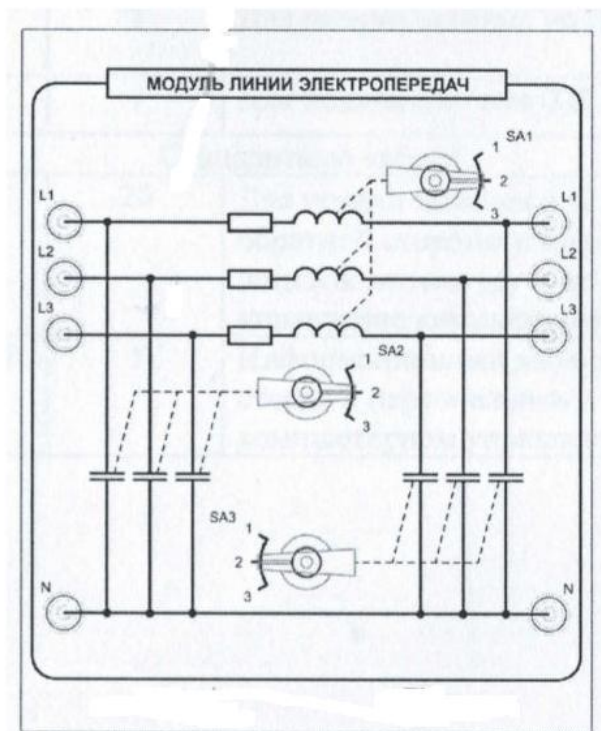
№	Ажыратқыштың белгіленуі	Ажыратқыштың түрі	Ажыратқышты тағайындау
1	X1	СНП-226-В	Бір фазалы қорек кернеуінің кірісі - 220В
2	X2	DB9-М	Төмен вольтті қорек кернеуінің кірісі $\pm 12В$, + 5В

Электр таратушы желі модулі

Модул ауалы және кабелді электр таратушы желілерді үлгілеуге арналған II типіндегі жерлендіру сызбасымен. Модулдің сырт келбеті 2.24 суретінде бейнеленген.

Модул панелінің беткі бөлігінде мыналар орналасқан:

- кіріс және шығыс клеммалары L1, L2, L3, N зерттелетін тізбекке модулді қосуға арналған;
- SA1 қайта қосқышы электр таратушылардың активті-индуктивті қарсылықтың үлкендігін өлшеуге арналған (электр тарату желілерінің ұзындығы);
- SA2, SA3 қайта қосқыштары электр таратушы желінің сыйымдылығын өлшеуге арналған.



2.24 сурет – Электр тарату желілерінің модулі

Электр тарату желілерінің өзгерістер диапазоны мен негізгі техникалық сипаттамалары 2.27 кестесінде келтірілген.

2.27 кесте – Электр тарату желі модулінің техникалық сипаттамалары

Номиналды кернеу, В	220		
Номиналды (ұзақ-жіберілетін) ток, А	0,8		
Фазаның индуктивтілігі, Гн	SA1 жағдайы кезінде		
	1	2	3
	0,14	0,28	0,42
Электр тарату желілерінің кірісі/шығысындағы фаза сыйымдылығы, мкФ	SA2/SA3 жағдайы кезінде:		
	1	2	3
	0	0,47	0,94

2.5 Тарауға қорытынды

«Электр желісінің моделі» зертханалық стенді (одан әрі стенд) мына курстар бойынша практикалық және зертханалық жұмыстарды өткізуге арналған: «Электрэнергетикадағы өтпелі үрдістер», «Релелік қорғаныс және автоматика», «Электрэнергетикадағы АЖЖ», «Электрлік желілер және жүйелер».

Стенд орнатылған электрэнергетикалық жүйелердің жұмыс режимін, әртүрлі қысқа тұйықталу кезінде электрмагниттік және электромеханикалық өтпелі үрдістерді сапалы моделдеуге, синхроннды генераторлардың

параллельді жұмысы кезінде динамикалық және статикалық тұрақтылығына әсер етуші факторларды зерттеуге, релелік қорғаныс пен автоматиканы зерттеуге мүмкіндік береді.

Дербес компьютер стендтің маңызды бөлшектерінің бірі болып саналады. Стендтің құрамына кіретін арнайы бағдарланған бағдарламалық қамсыздандырудың көмегімен, ол осциллографтауға қолданылады, берілгендерді көрсетуге, көп каналды осциллограф пен жазба құралы ретінде, сонымен қатар электрэнергетикалық нысандарды нақты уақыт масштабында басқару мен қорғауға арналған.

Электротехникалық мамандықтар студенттері келесі бағыттар бойынша «Электрлік жүйенің моделі» инновациялық жабдықтарын оқуға мүмкіндік алады:

- зертханалық жұмыстарды қандай пәндер бойынша жүргізуге болады;
- ҚР Президентінің кадрларды біліктілігін арттыру жөніндегі Президенттің келесі жолдауы «Энергетика» мамандығы бойынша оқу үдерісінде жүзеге асырылуда.
- бұл стенд қандай өлшемдер үшін пайдаланылады;
- «Электрлік жүйенің моделі» ерекшеліктері;
- негізгі сипаттамаларын, энергияны тұтынуды, жұмыс температурасының диапазонын, атаулы кернеуді білу;
- «Электромагниттік қондырғының» мақсатын анықтау;
- зертханалық жұмыстың әртүрлі түрлерін орындау мүмкіндігі;
- осы стендті пайдаланудың әрбір тәртібі үшін ролі, мақсатын зерттеу;
- әр зертханалық жұмыс туралы жалпы қорытынды жасаңыз.

3 ТАРАУ. «ЭЛЕКТР ЖҮЙЕСІНІҢ МОДЕЛІНІҢ» ЭЛЕКТР ЖЕЛІСІНІҢ ЖӘНЕ ЭЛЕКТР ЖЕЛІСІНІҢ ТЕХНИКАЛЫҚ СИПАТТАМАСЫ

3.1 Бір жақты қорегі бар орныққан электр желілерінің сипаттарын зерттеу

Жұмыстың мақсаты: бір жақты қорегі бар орныққан электр желілерінің сипаттарын игеру;

3.1.1 Жұмысты орындауға тапсырма

- электр тарату желілерінің сипаты режимдеріне әсер ететін факторларды зерттеу (активті және реактивті, тоқ пен кернеу);
- бір жақты қорегі бар желілердің орнатылған жұмыс режимдерін есептеу әдістемесін игеру;
- тәжірибелік және есептік мағұлматтарды келтіру.

3.1.2 Теориялық анықтамалық

Электр тарату желілері электрлік желінің айрықша салмақты бөлімі болып табылады, олар өз кезегінде сызбаның әр нүктесін өзара байланыстырады. Басқа элементтерден салыстырғанда олар (синхронды электрлік машиналар, құрылғылар трансформаторлары, электр қабылдағыштар және т.б.) бір ғана ерекшелігімен айрықшаланады, нақтырақ айтсақ сипаттардың ұзындығы бойынша орналастырылады.

Электр энергиясын беру электр желілері арқылы сымдардағы электр магнитті өрістерге (кабель өзектеріндегі) және қоршаған орта желісіне байланысты келеді. Ауалы желілерде айнымалы кернеуде айнымалы магниттік өріс пайда болады, сонымен қатар жер мен әр кабелдің және фаза кабелдерінің арасында айнымалы электрлік өріс пайда болады.

Айнымалы электрлік өрістің пайда болуы аралас тоқтардың пайда болуына әкеліп соқтырады (зарядты тоқтар), олардың мәні диэлектриктің қасиетіне тәуелді келеді, өткізгішті қоршаған, және жер мен өткізгіштердің арасындағы потенциалдың әртүрлілігінен, ал үш фазалық желіге де солай және фаза аралық өткізгіштерге де. Зарядты тоқтар, жүктемелі тоққа сүйене отырып, желі бойындағы жалпы тоқтың өзгеруін анықтайды. Бұл өз кезегінде берілген ЭДК желі ұзындығындағы әртүрлі элементтер үшін біркелкі емес болып табылады. Осы ЭДК біркелкі еместігін кернеу мен желі бойындағы аралас тоқтың өзгеруінің қиын заңын анықтайды.

U кернеу мен I тоқтардың арасындағы қатынас dI учаскесінің элементарлы шекарасындағы ұзындығы электротехника негізінің теориялық курсының екі белгісіздерімен анықталады:

$$-\frac{\partial u}{\partial l} = ir_0 + L_0 \frac{\partial i}{\partial t}, \quad (3.1)$$

$$-\frac{\partial i}{\partial l} = ug_0 + C_0 \frac{\partial u}{\partial t}, \quad (3.2)$$

Мұнда, r_0 , g_0 , L_0 , C_0 , - сәйкесінше активті қарсылық пен өткізгіштік, индуктивтілік пен желі ұзындығы бірлігіне сыйымдылық ("погоннды" желі параметрлері).

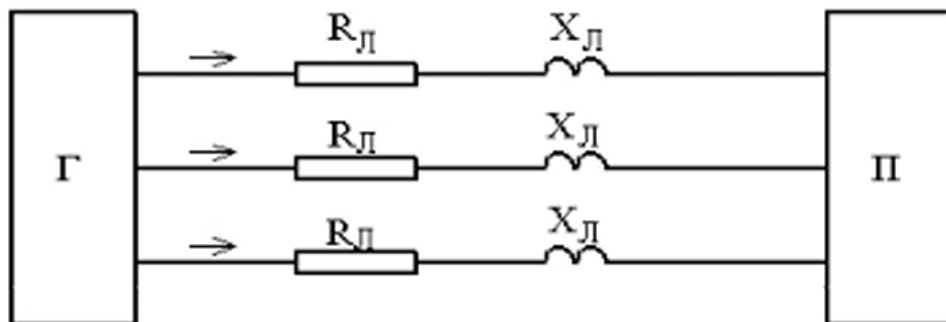
(3.1) және (3.2) теңдігі өтпелі мен орнатылған сызықтық режим ретінде сипатталады. Егер желі синусоидалы кернеуге қосылған болса бұрышқытқ жиілікпен ($U = U \cdot e^{j\omega t}$), онда орнатылған режим (3.1) мен (3.2) сәйкесінше:

$$-\frac{d\dot{U}}{dl} = Z_0 \dot{I}, \quad (3.3)$$

$$-\frac{d\dot{I}}{dl} = Y_0 \dot{U}, \quad (3.4)$$

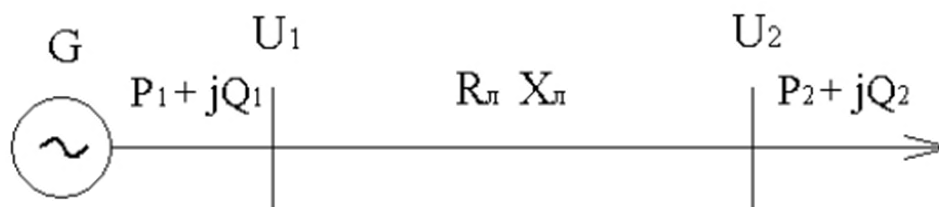
Мұндағы $Z_0 = r_0 + j\omega L_0$, $Y_0 = g_0 + j\omega C_0$ – кешенді қарсылық пен желі ұзындығының бірлік өткізгіштігі.

Электр тарату желісінің сызбасы 3.1 суретінде көрсетілген, мұндағы Π – энергияның жалпы тұтынушысы, Γ – берілген электр таратуға қатысты жалпы генератор, $R_{\text{Л}}$ имен $X_{\text{Л}}$ – сәйкесінше желінің активті және индуктивті қарсылығы



3.1 сурет- Желі параметрінің электр таратуының құрылымдық сызбасы

Электр желілерінің есебі мен симметриялық режимде электр тарату желісі кезінде сызбаларды бір сызықпен белгілеу қабылданған. Бір сызық астында үш фазаны түсінген абзал, ток модулдері мен кернеуді, ал фаза бойынша жылжу 120° құрайды. Мұндай электр тарату бір сызық бойынша 3.2 суретінде бейнеленген.



3.2 – Бір сызықты электр таратудың сызбасы

Есептеу кезінде электр тарату желісінің қз сипатын ескерген дұрыс. Кез келген өткізгіш активті және индуктивті қарсылыққа ие келеді, сонымен қатар сыйымдылық өзгішпен басқа өткізгіштер мен жерге қарағанда.

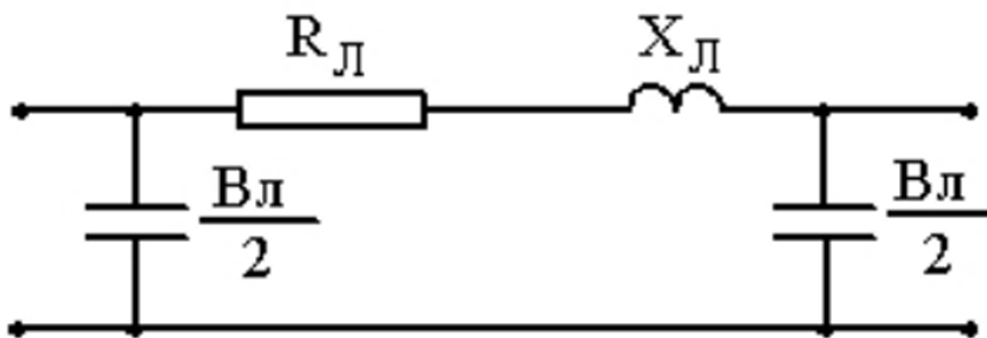
Аралық тесілулер мен үзілулер болмағандықтан, әр фазада тоқтар жалпы болып табылады генераторға және де басқа да тұтынушыларға. Ал кернеу мен қуат генератор мен тұтынушылар үшін өзге болады (желінің басы мен аяғында).

Электр тарату желілері мен электр желілерін есептеу кезінде тұтынушылар жүктемесінің және қарсылығының фазаларын біріктіргенде, ережеге сай олар берілмейді. Символды қарсылық R_H мен X_H (немесе R_2 мен X_2 2 суретте) келесі нақты физикалық үрдістерді бейнелейді: электр қозғалтқыштары мен трансформаторлардың орамдарын қыздыруға кеткен қуат шығыны, қозғалтқыштың айналу кезіндегі ЭДК компенсациясы, ЭДС компенсациясы және орамдардың өзара индуктивтілігі, жарықтандыру құрылғыларындағы электрлік жарық ағынына электр энергиясын түрлендіру. Бұл үрдістердің жалпылама сипаттамалары тәжірибе мен эксплуатациялау нәтижесі көрсеткендей тұтынушылардың құрамдаушы қуаты деп санауға болады.

Естеріңізге түсіріңіздер, абсолютті үлкендікке электр қондырғыларының және тұрмыстық электр құрылғыларының негізгі сипаттамаларына «номиналды қуат» қолданылады (өнеркәсіптік қозғалтқыштар мен трансформаторлар, желі құрылғылары, тұрмыстық заттар: теледидар, тоңазытқыш, электр пеші, электрлік қырғыш, компьютер, аудио және видео техникалар мен т.б.). Алайда радиоэлектронды және компьютерлі техникаларда номиналды 0уат е4 бастысы болып табылмайды, өзге сипаттар, ақпаратты түрлендіруді анықтайтын (жиілік диапазон, жады көлемі және т.б.) электр тұтыну тұрғысынан осы қондырғылармен сипатталатын қуат, яғни электр қарсылығы емес.

Электр желілерінің режимдерін есептеу кезінде оларды орналастыру сызбалары қатысады: активті және реактивті қарсылық пен өткізгіштік.сондықтан оларды қолданылатын материалдан тәуелсіз дұрыс анықтау алуы қажет, құрылғының типтік өлшеміндегі геометрикалық өлшемі.

Ауалы және кабелді электр тарату желілілерін орналастыру сызбасы 3.3 суретте көрсетілген.



3.3 сурет – Электр тарату желілерін орналастыру сызбасы

Айнымалы тоқтан өткізгіштердің активті қарсылығы тұрақты тоқтағы омдық қарсылықтан ерекшеленеді. Алайда 50 Гц жиілік кезінде бұл айырмашылық айтарлықтай емес, практикалық есептерде айырмашылық бар. γ_0 мәні анықтамалық кесте бойынша өткізгіштің қиысуы мен маркасынан тәуелді түрде, немесе өткізгіштің үдемелі қарсылығы бойынша есептеп таңдауға болады.

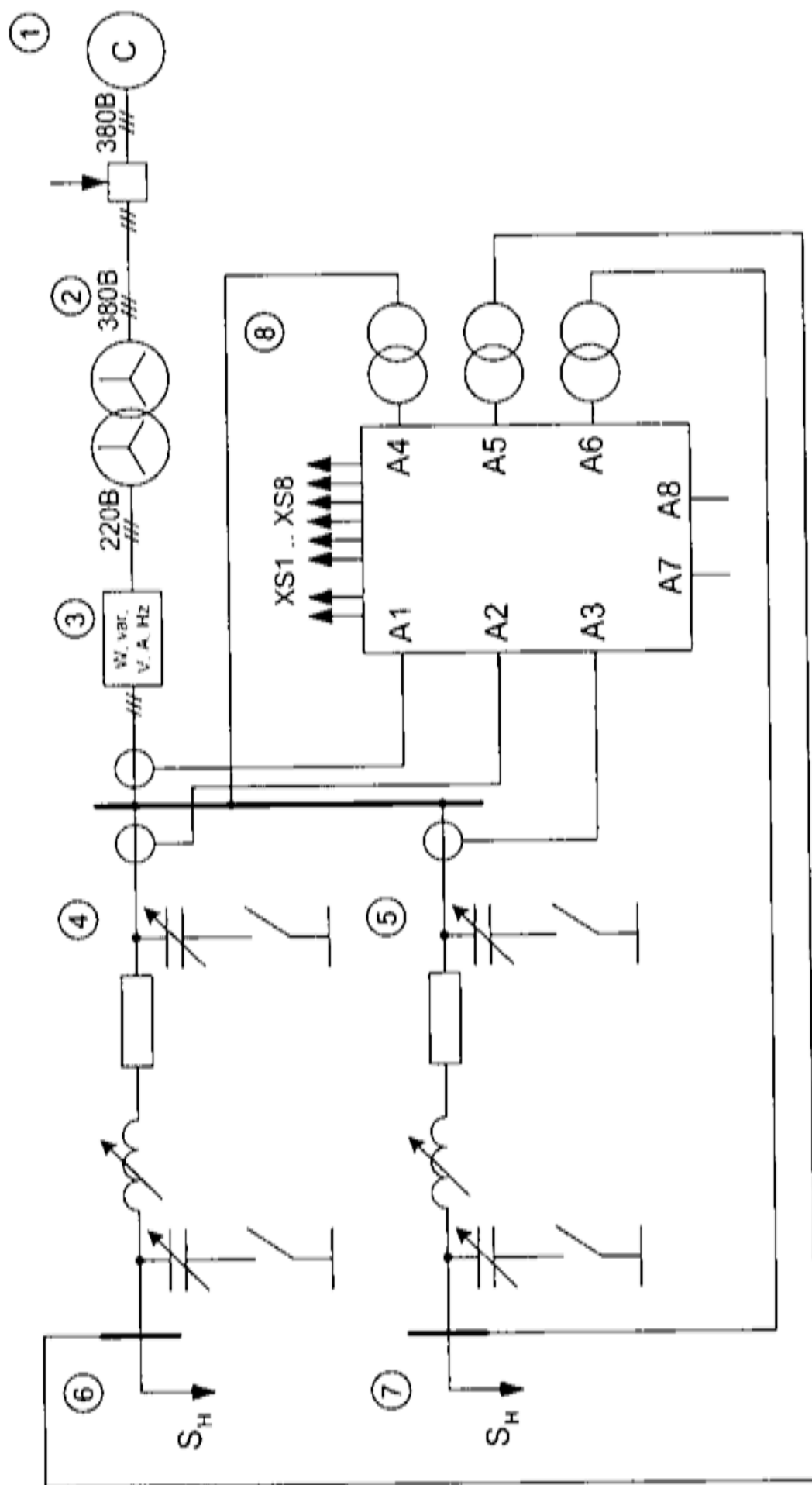
3.1.3 Жұмыстың орындалу тәртібі

1) Зертханалық тәжірибенің сызбасын жинау 3.4 сурет. (Барлық модулдер стендтің ӨШІРІЛУЛІ болуы тиіс). Сызба радиалды қоректегі бар желі сызбасын бейнелейді. Қорек көзі 1, төмендеткіш трансформаторлар арқылы шексіз қуаты бар желі 2 және қуатты өлшеу модулі 3, электр тарату желілерін қоректендіреді 4 пен 5, олардың әрқайсысы өз тұтынушыларын қоректендіреді 6 мен 7. Жүктеме сапасында 6 индуктивті жүктеме модулін қолдану ұсынылады, ал жүктеме ретінде 7, активті жүктеме модулі. Қос модулді біріктіретін сызба – нөлдік өткізгішті жұлдыз. Кіріс-шығыс модулінің кернеуі мен тоқ датчигінің сипаттарын өлшеу режиміне қолданылады 8. Осылайша, тоқ датчигі тізбектей қосылады өлшенетін тізбекте А фазасының, ал кернеу датчигі – А фазасының кернеуі (күштік трансформатор нейтраліне қатысты өлшеу жүргізіледі).

2) Электр тарату желілерінің сипаттарын қондыру: а) ұзындық құраушысының максималды мәні (SA1 қайта қосықышы 3 қосымшада); б) ұзындық құраушысын ажырату (SA2, SA3 қайта қосықышы 1 қосымшада). Активті және индуктивті жүктеме сипатын орнату: SA1 қайта қосықышы 1 қосымшада.

3) Дербес компьютерде бағдарламалық кешендерді қосу «DeltaProfi» (Пуск - Бағдарлама – Зертханалық кешен - DeltaProfi). Зертханалық жұмысты «Жұмыстар – ЭЭ сапсы мен өткізу - №2 жұмыс Бір жақты қоректі электр желісінің орнатылған сипаты бар режимін өлшеу» командасымен ашу.

4) Стендтің қорегін қосу.



5) Үш фазалы желі модулін ажыратқышын қосу (үш фазалы желі модулінің панелінің беткі бөлігінде орналасқан SB1 батырмасы). Қуатты өлшеу модулін қорек көзіне қосу. Қуатты өлшеу модулін фазалық тоқтарды өлшеу режиміне ауыстыру.

6) Бағдарламаны батырмамен қосу «Пуск» немесе басты меню командасымен «Басқару - Пуск» немесе FS батырмасымен.

7) 3.1 кестесіне ДК мнемосызбасына өлшенетін құрылғылардың көрсеткіштерін жаз.

3.1 кесте – Өлшенетін құралдар көрсеткіші

Желі жұмысының режимі		U ном = 220В Акт. жүк. SA1 = Инд. жүк. SA1 = ЛЭП W1 SA1 =	U ном = ' 220В Акт. жүк. SA1 =Инд. жүк. SA11 ЛЭП W1 SA1 =	U ном = 127В Акт. жүк. SA1 = Инд. жүк. SA11 ЛЭП W1 SA1 =	U ном = 220В Акт. жүк. SA1 =Инд. жүк. SA11 ЛЭП W1 SA1 =
Қоректік біріктіру		P1, Вт			
		Q1,Вар			
ЛЭП W1	Басы	P2, Вт			
		Q2,Вар			
	Соңы	P4, Вт			
		Q4,Вар			
	Шығын	ДР, Вт			
		AQ,Вар			
ЛЭП W2	Басы	P3, Вт			
		Q3,Вар			
	Соңы	P5, Вт			
		QS,Вар			
	Шығын	ДР, Вт			
		AQ,Вар			
		U1,В			
		U2, В			
		U3, В			

8) Үш фазалы желі модулінің «Сөндіру» батырмасын басу.

9) Электр тарату желісінің ұзындығын өзгерту 4, SA1 қайта қосқышын 1 жағдайына келтіру.

10) Үш фазалы желі модулінің «Қосу» батырмасын басу. 3.1 кестеге ДК қолданылған өлшенетін құралдардың көрсеткішін жазу.

11) Үш фазалы желі модулінің «Сөндіру» батырмасын басу. Стнедтің қорегін сөндіру.

12) SA1 қайта қосқышын қайтару 4 бастапқы желі (үшінші - 3) жағдайына.

13) 220 В-ден 127 В-қа дейінгі қоректендіру кернеуін ауыстырыңыз (қуат трансформаторының басқа тармақтарына ауысу арқылы).

14) Стендің қорегін қосу. Үш фазалы желі модулінің «Қосу» батырмасын басу. 3.1 кестеге ДК мнемосызбасындағы өлшенетін құралдардың көрсеткішін жазу.

15) Үш фазалы желі модулінің «Сөндіру» батырмасын басу. Желінің қорек кернеуін өзгерту 127В дан 220В (өзге күштік трансформаторға ауысу). Активті немесе индуктивті жүктеме үлкендігін өзгерту жеке берілген тапсырмаға сәйкес.

16) Үш фазалы желі модулінің «Қосу» батырмасын басу. 3.1 кестеге ДК мнемосызбасындағы өлшенетін құралдардың көрсеткішін жазу.

17) Бағдарламаны «Тоқтат» батырмасын басу, басты меню командасымен «Басқару - Тоқтат» немесе F6 батырмасымен. Үш фазалы желі модулінің «Сөндіру» батырмасын басу. Стеннің қорегін сөндіру.

18) Алынған нәтижелерді сараптау: жүктеме үлкендігі қалай әсер ететіндігін, желідегі кернеудің электр тарату желі ұзындығына және электр таратудың номиналды кернеуінің үлкендігіне әсерін анықтау, активті және реактивті қуаттың асқын тоқтарының үлкендігінің электр тарату желілеріндегі шығынын. Тұтынылатын қуаттың желіде тұтынылатын жүктемеден неге үлкен екенін түсіндіру, сонымен қатар ЭТЖ 4 пен 5 басы мен соңындағы қуат аралық айырманы түсіндіру.

19) Зертханалық жұмыс бойынша есепті рәсімдеу.

3.1.4 Бақылау сұрақтары:

1. Электр желілерінің қандай жұмыс режимін білесің?
2. Бір жақты қоректі электрқондырғыларының орнатылған жұмыс режимі түсінігі?
3. Бір жақты қорекпен жұмыс режимі нені білдіреді?
4. Бір сызықты электр сымдарының жұмысын түсіндір?
5. Аппараттардың тізімі мен тағайындалуы, қандай рөл атқарады, өлшеу параметрлері?
6. Тәжірибені орындау тәртібін ата?
7. Бағдарламалық кешеннің тағайындалуын түсіндір?
8. Қондырғының электрлік сымдарындағы элементтердің тағайындалуы?
9. Активті және индуктивті жүктеме сипаттары немен орнатылады?
10. Жұмыстың тәжірибелік бөлімінде алынған мәндерді сарапта?

3.2. Екі жақты қорегі бар орныққан электр желілерінің сипаттарын өлшеу

Жұмыстың мақсаты: электр тарату желілеріне сипаттардың әсерін зерттеу (ұзындық, номиналды кернеу) және шеңберлі желіде сипат режимдерінің үлкендігінің бөлек бөлігіндегі жүктеме сипатын зерттеу (бөліктегі кернеу, активті және реактивті қуаттың асқын тотары, шығындар).

3.2.1 Жұмысты орындауға тапсырма

- зерттеу үрдісінің сипаттарын, екі жақты қорегі бар орныққан электр желілерінің сипаттарын зерттеу.

3.2.2 Теориялық анықтама

Электрлік желі бірнеше элементтен тұрады әр элементтің өзінің мәні мен құрылымдық орындалуы бар. Электр желісінің әр бөлімшесі бірдей құралдардың сипатымен сипатталады (r, x, g, b, K_t).

r – активті қарсылық, Ом;

x – реактивті қарсылық, Ом;

g – активті өткізгіштік, См;

b – реактивті өткізгіштік, См;

K_t – трансформациялау коэффициенті.

Сипаттамалар желінің әр элементінің өзіндік сипатын бейнелейді және тек санымен ғана ерекшеленеді.

Электр желісінің элементтері қасиетін сандық анықтау үшін орналастыру сызбасы құрылады. Онда барлық сипаттамалар көрсетіледі, электр желісінің жағдайын білдіретін. Желінің орналастыру сызбалары жеке элементтерді орналастыру сызбаларынан құралады, олар осы элементтердің біріктірілу сызбасынан принципіалды түрде ерекшеленеді.

Принципіалды сызбаны біріктіру (коммутация сызбалары) электр энергиясын тарату бағыты мен қуат тұтынушыларының резервтеу дәрежесін анықтау үшін қажет. Оларда әр элементтің желіде қз бейнесі болады, электрмен жабдықтау тапсырмасын орындау барысындағы әрекетін көрсететін.

Желіні орналастыру сызбасы жұмыс режимдерін есептеуге қолданылады. Әр желі элементі сызбада бірнеше қосалқы элементпен бейнеленуі мүмкін.

Симметриялық жұмыс режимін сипаттау кезінде үш фазалы желінің бір фазасына құрастырылып орнатылады, нейтралді тізбек ортақ болып табылады.

Активті қуат шығыны активті қарсылықпен (r) немесе өткізгіштікпен (g) бейнеленеді. Реактивті қуат шығыны реактивті (индуктивті) қарсылықпен немесе өткізгіштікпен бейнеленеді. Реактивті қуатты генерациялау кері реактивті сыйымдылықпен немесе өткізгіштікпен бейнеленеді.

Орналастыру сызбасының ұзартылған немесе қысқартылған бөліктері ажыратылады. Ұзартылған деп жүктеме тоғы өтетін бөлікті атайды. Мұндай бөліктерде қуат шығыны жүктеме тоғы арқылы анықталады.

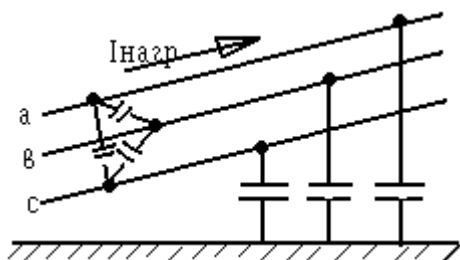
Қысқартылған деп, толық кернеуге қосылған бөлікті атайды (өзара нейтралмен біріктірілген сызбалар). Қуат шығыны мұндай бөлшектерде өткізілген кернеу арқылы табылады.

Трансформациялау орналастыру сызбаларында бейнеленеді. Бұл әр түрлі номиналды кернеуі бар бөліктердің бірге қарастырылатын желілеріне жатады.

Трансформациялау элементі тоқ пен кернеу режимінің сипаттарын өзгерту факті бейнелейді. Толық қуат мәні осы кезекте өзгермейді (трансформатордағы шығындар сызбада өзге элементтермен бейнеледі).

Ерекше болып мына элементтер саналады, қорек пункті мен тұтынушылар жұмысын бейнелеушілер. Олар тұтынушы факті мен қуат генерациясын бейнелейді, сызбаның активті элементі-жүктеме деп атайды. Осылайша қуат генерациясы кері жүктеме ретінде қарастырылады. Жүктемелерді желі режимі анықтайды.

Желі бойынша электр энергиясын тарату электр магнитті өрістің таралуына өткізгіштер мен қоршаған ортаға байланысты. Айнымалы кернеу кезінде айнымалы магниттік өріс пайда болады өткізгіштер мен айнымалы электр статикалық өріс айналасында, фаза аралық өткізгіштер арасында және әр өткізгіш пен жердің арасында. Шартты белгіленуі элементтердің осы өрістегі бір өткізгіш ВЛ үшін суретте көрсетілген.



3.5-сурет - Шартты өріс элементтерінің бейнесі

айнымалы электр өрісінің пайда болуы аралас тоқтардың пайда болуына әкеліп соқтырады (зарядты тоқтар), олардың үлкендігі диэлектриктің қасиетіне байланысты келеді, қоршаған өткізгіш, және жер мен өткізгіш арасындағы потенциалдар айырымына байланысты, ал үш фазалы желілер үшін фаза аралық тоқтарға. Зарядты тоқтар, жүктеме тоғына бірітіріледі, желі ұзындығы бойына тоқтың үздіксіз өзгерісін анықтайды.

Электрмагниттік өріс кернеулікті сипаттайды, сонымен қатар желі ұзындығы бойына өзгерісті. Бұл желі ұзындығы әртүрлі элементтерінің ЭДК өздік индукциялануына және ортақ біркелкі емес индукциялануға әкеліп соқтырады.

Мұндай ЭДК теңсіздігі желі ұзындығы бойындағы аралас тоқтардың (зарядты тоқтар) өзгерісі мен желі бойынша кернеудің өзгеру заңын анықтайды.

Өткізгіштер мен кабелдердің активті қарсылығы тоқ өткізгіш өзек пен олардың қиылысуы материалдарымен анықталады.

Қиысқан өткізгіштер мен кабелдердің өзгеруімен олардың активті қарсылығы да өзгереді.

Активті қарсылық өткізгіш пен кабелдің қиысуына кері пропорционал.

Магнитті өріс ВЛ өткізгіштерінің айналасы мен ішінде пайда болған және кабелдер өзегінде олардың индуктивті қарсылығын анықтайды.

Индуктивті қарсылық өткізгіштердің орналасуынан тәуелді.

Индуктивті қарсылық фазалық өткізгіштердің ВЛ бірдей болады, гер ол үш бұрыш төбелері бойынша орналасқан болса, бірнен бірі ажыратылатын болады егер фазалық өткізгіштер горизонталь жазықта ілінсе.

Кері симметриялануды болдырмау үшін өткізгіштердің транспозициясын қолданады, желінің бірнеше нүктелерінде фазалық өткізгіштер тіректе орындарымен алмасады. Осылайша әр өткізгіш мүмкін болған үш жағадйда болып шығады біркелкі ұзақтықта.

Транспозициялау арқасында ЭДК фазалық өткізгіштерге енгізілетін теңестіріледі және индуктивті қарсылықтары бірдей болады. Ойша келтіру үшін мысал келтірейік, үш кернеудің индуктивті қарсылығын өткізгіштер арасындағы қашықтық пен өткізгіштердің орташа қиысуы үшін:

1) желі 6,10 кВ $x_0=0,362$ Ом/км;

2) желі 35 кВ $x_0=0,401$ Ом/км;

3) желі 110 кВ $x_0=0,433$ Ом/км.

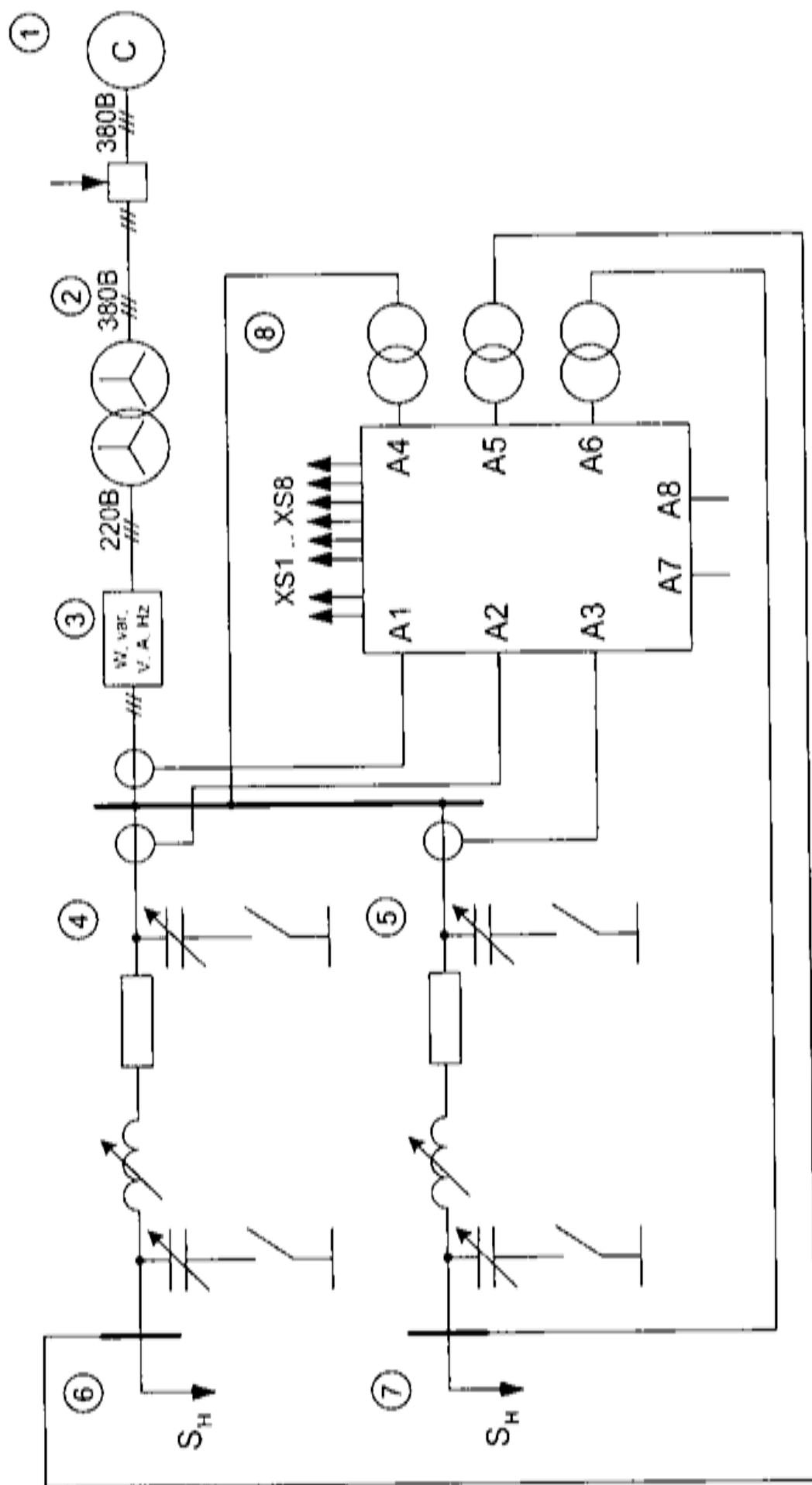
Орындау кезінде ВЛ жалғыз (қыстырылмаған өткізгіштер) олардың индуктивті қарсылығы: $x_0 0,4 \approx$ Ом/км.

Индуктивті қарсылық қыстырылмаған өткізгіштердің эквивалентті радиустың үлкеюі нәтижесінде кіші болады және қыстыру кезінде үш өткізгіш мынша болады $x_0 0,29 \approx$ Ом/км.

ВЛ құрылымдық сипаттамаларынан кіші тәуелділік сыйымдылық өткізгішіне байланысты.

3.2.3 Жұмыстың орындалу тәртібі

1) Сызбаны жинау зертханалық сынақ бойынша 3.6 сурет. (Барлық модульдер стендтің ӨШІРІЛУЛІ болуы тиіс). Сызба радиалды қорекегі бар желі сызбасын бейнелейді. Қорек көзі 1, төмендеткіш трансформаторлар арқылы шексіз қуаты бар желі 2 және қуатты өлшеу модулі 3, электр тарату желілерін қоректендіреді 4 пен 5, олардың әрқайсысы өз тұтынушыларын қоректендіреді 6 мен 7. Жүктеме сапасында 6 индуктивті жүктеме модулін қолдану ұсынылады, ал жүктеме ретінде 7, активті жүктеме модулі. Қос модульді біріктіретін сызба – нөлдік өткізгішті жұлдыз. Кіріс-шығыс модулінің кернеуі мен тоқ датчигінің сипаттарын өлшеу режиміне қолданылады 8. Осылайша, тоқ датчигі тізбектей қосылады өлшенетін тізбекте А фазасының, ал кернеу датчигі – А фазасының кернеуі (күштік трансформатор нейтраліне қатысты өлшеу жүргізіледі).



3.6 сурет- Зертханалық зерттеу сызбасы

2) Электр тарату желілерінің сипаттарын қондыру: а) ұзындық құраушысының максималды мәні (SA1 қайта қосықышы 3 қосымшада); б) ұзындық құраушысын ажырату (SA2, SA3 қайта қосықышы 1 қосымшада). Активті және индуктивті жүктеме сипатын орнату: SA1 қайта қосықышы 1 қосымшада.

3) Дербес компьютерде бағдарламалық кешендерді қосу «DeltaProfi» (Пуск - Бағдарлама – Зертханалық кешен - DeltaProfi). Зертханалық жұмысты «Жұмыстар – ЭЭ сапсы мен өткізу - №3 жұмыс Екі жақты қорегі бар орныққан электр желілерінің сипаттарын өлшеу» командасымен ашу.

4) Стендтің қорегін қосу. Модулдің қорек модулінің қуатты өлшеу модулін қосу. Қуатты өлшеу модулін фазалық тоқты бейнелегішке ауыстыру.

5) Үш фазалы желі модулін ажыратқышын қосу (үш фазалы желі модулінің панелінің беткі бөлігінде орналасқан SB1 батырмасы).

6) Бағдарламаны батырмамен қосу «Пуск» немесе басты меню командасымен «Басқару - Пуск» немесе FS батырмасымен.

7) 3.2 кестесіне ДК мнемосызбасына өлшенетін құрылғылардың көрсеткіштерін жаз.

8) Үш фазалы желі модулінің «Сөнд» батырмасын басу.

9) Электр тарату желісінің ұзындығын өзгерту 5, SA1 қайта қосықышын 1 қосымшаға қосу.

10) Үш фазалы желі модулінің ажыратқышын қосу (SB1 үш фазалы желі модулінің панелінің беткі бөлігінде орналасқан). 3.1 кестеге ДК мнемосызбасындағы өлшеуіш құралдардың көрсеткішін жазу.

11) Үш фазалы желі модулінің «Сөндіру» батырмасын басу. Стендтің қорек модулін сөндіру.

12) SA1 қайта қосықышын 5 жағдайға келтіру (үшінші - 3) жағдай.

13) желінің қорек кернеуін өзгерту 220В дан 127В (күштік трансформатордың өзге бөліктеріне қосылған).

14) Стендті қорек көзіне қосу. Үш фазалы желі ажыратқышына қосу (SB 1 батырмасын үш фазалы желі модулінің беткі панелінде орналасқан).

15) 3.2 кестеге ДК мнемосызбадағы құралдардың көрсеткішін жазу.

16) Үш фазалы желі модулінің «Сөнд» батырмасын бас. Желінің қорек кернеуін өзгерту 127В ден 220В(күштік трансформатордың өзге бөліктеріне қосылған). SA1 қайта қосықышын 1 жағдайға келтіру индуктивті жүктемені осыған өзгерту арқылы. Үш фазалы желі модулінің ажыратқышын қосу (SB1 үш фазалы желі модулінің панелінің беткі бөлігінде орналасқан).

17) 3.2 кестеге ДК мнемосызбасындағы өлшеуіш құралдардың көрсеткішін жазу.

3.2 кесте – Өлшеуіш құралдардың көрсеткіштері

Режим работы сети			U ном = 220В Акт. жүк. SA1 = Инд. жүк. SA1 = ЛЭП W1 SA1 =	U ном = ' 220В Акт. жүк. SA1 =Инд. жүк. SA11 ЛЭП W1 SA1 =	U ном = 127В Акт. жүк. SA1 = Инд. жүк. SA11 ЛЭП W1 SA1 =	U ном = 220В Акт. жүк. SA1 =Инд. жүк. SA11 ЛЭП W1 SA1 =
Қоректендіруші қосылыс		P1, Вт				
		Q1,Вар				
ЛЭП W1	Басы	P2, Вт				
		Q2,Вар				
	Соңы	P4, Вт				
		Q4,Вар				
	Шығын	ДР, Вт				
		AQ,Вар				
ЛЭП W2	Басы	P3, Вт				
		Q3,Вар				
	Соңы	P5, Вт				
		QS,Вар				
	Шығын	ДР, Вт				
		AQ,Вар				
		U1,В				
		U2, В				
		U3, В				

18) Бағдарламаны «Тоқтат» батырмасын басу, басты меню командасымен «Басқару - Тоқтат» немесе F6 батырмасымен. Үш фазалы желі модулінің «Сөндіру» батырмасын басу. Стеудтің қорегін сөндіру.

19) Алынған нәтижелерді сараптау: жүктеме үлкендігі қалай әсер ететіндігін, желідегі кернеудің электр тарату желі ұзындығына және электр таратудың номиналды кернеуінің үлкендігіне әсерін анықтау.

20) Фктвиті және реактивті қуаттың асқын тоқтарының үлкендігінің электр тарату желілеріндегі шығынын. Тұтынылатын қуаттың желіде тұтынылатын жүктемеден неге үлкен екенін түсіндіру.

21)Зертханалық жұмыс бойынша есепті рәсімдеу.

3.2.4 Бақылау сұрақтары:

1. Екі жақты қорегі бар орныққан электр желісінің сипаттарын қалай қлшейді?
2. Зертханалық жұмыста қолданылған барлық модулдерді атап шық?
3. Электрлік желі деген не?
4. Электр желісі қандай сипаттармен анықталады?

5. Желіні орналастыру сызбасы не үшін құрылады?
6. Активті қуат шығыны қалай бейнеленеді?
7. Зертханалық жұмыста кестелерді толтыру үрдісін түсіндір?
8. Зертханалық жұмысты орындаудың кезектілігі қандай?
9. Зертханалық жұмысты бағдарламалық кешен қалай қосылады?
10. Зертханалық жұмыста қанша және қандай тәжірибелік мәндер алынады?

3.3 Орнықтандырғыш желілердегі электр энергиясының шығындары

Жұмыстың мақсаты: орнықтандыратын желілерде электр энергиясының шығынына әсер ететін факторларды зерттеу.

3.3.1 Жұмысты орындауға тапсырма

- орнықтандыратын желідегі активті және реактивті қуат шығынының үлкендігіне әсер ететін факторларды анықтау;
- жүктеме үлкендігінен және оның сипатынан қуат шығынының тәуелдігін зерттеу;
- орнықтандыратын желідегі активті және реактивті қуат шығынының үлкендігінің номиналды кернеуге әсерін зерттеу.

3.3.2 Теориялық анықтама

Электр энергиясын беру кезінде электр желісінің әр элементінде шығындар болады. Желінің әр құраушысының элементіндегі шығынды есептеу үшін және сол немесе басқа шараны бағалау үшін, шығынды төмендетуге бағытталған, электр энергиясының шығынының құрылымына сараптама жасалады.

Электр энергиясының фактілік шығындары (есептік) $\Delta W_{\text{отч}}$ желіге келген электр энергиясының түрлілігін анықтайды, және желіден тұтынушыға берілген электр энергиясының түрін. Бұл шығындар әртүрлі болуы мүмкін: желідегі элементтер шығыны, таза физикалық сипаттағы, қондырғылардың жұмысына кеткен электр энергиясының шығыны, электр энергиясын тарату үшін станциялар мен қосылқы станцияларда орнатылған, электр энергиясының фиксациялануының қалдығы және ең соңғы электр энергиясының ұрлануы, есептегіштің көрсеткен көрсеткішін толық төлемеу немесе мүлдем төлемеу және т.б.

Құрамдаушыларға шығынды бөлу әртүрлі критерилермен жүргізілуі мүмкін: шығын сипаты (тұрақты, айнымалы), кернеу топтары, элемент топтары, өндірістік бөлімшелер және т.б.

Физикалық табиғатын және фактрлік шығынның сандық мәнін анықтаудың спецификалық әдісін есепке ала отырып, олар төрт құрамдаушыға бөлінеді:

1) электр энергиясының техникалық шығыны ΔW_T , өткізгіштерде және электр қондырғыларда физикалық үрдістермен негізделген, электр желісімен электр энергиясын беру кезінде орын алады.

2) қосалқы станцияның жеке қажеттілігіне кеткен шығындар ΔW_{CH} , қосалқы станцияның өзіндік технологиялық құралдарының жұмысын қамтамасыз етуге жұмсалған және қызмет көрсетуші персоналдың өмірін қамтамасыз етуге жұмсалған, қосалқы станцияның трансформаторларында орнатылған.

3) құралдарды өлшеу кезіндегі инструменталды қалдықтарға негізделген электр энергиясының шығыны (инструменталды шығындар) $\Delta W_{Изм}$;

4) коммерциялық шығындар ΔW_K , электр энергиясын ұрлауға негізделген, есептегіште көрсетілген көрсеткішке сай емес ақы төлеу, тұрмыстық және басқа да тұтынуға жұмсалған электр энергиясының. Олардың мәнін былайша анықтайды, фактрлік (есептік) және алғашқы үш құрамдаушының соммасы аралығындағы айырма ретінде:

$$\Delta W_K = \Delta W_{Отч} - \Delta W_T - \Delta W_{CH} - \Delta W_{Изм}. \quad (3.5)$$

Алғашқы үш құрамдауыш желіде электр энергиясын беру кезіндегі технологиялық қажеттіліктерге негізделген шығындар. Бұл құрамдауыштардың соммасы технологиялық шығын деген терминмен жақсы түсіндіріледі. Төртінші құрамдауыш- коммерциялық шығындар- «адами фактор» әсерін көрсетеді: есептегіш көрсеткіші арқылы электр энергиясын кейбір абонентер арқылы ұрлау, ақысын толық немесе жартылай төлеу және т.б.

Электр энергиясының шығындарға қатынасы физикалық және экономикалық сипатта болуы мүмкін. Техникалық шығын соммасы, электр энергиясын қосалқы станцияның жарақтаруына кеткен шығын және коммерциялық шығынды электр энергиясының физикалық шығыны деп атайды. Бұл құрамдауыштар желі бойынша энергияның орналастырудың физикасымен байланысты. Осылай бола физикалық шығынның тұра алғашқы екі құрамдауышы желі бойынша электр энергиясын технологиялық беруге жатады, ал үшінші берілген электр энергиясының санын бақылау технологиясына.

Экономика шығынды электр энергиясының бір бөлшегі ретінде қарастырады, тұтынушыларға тіркелген тиімді жіберуде электр энергиясының аз болуы, өз электр станциясында өндірілген және басқа өндірушілерден сатып алған. Осылайша тіркелген пайдалы өткізу бұл жерде электр энергиясымен жабдықтайтын ұйымға есептік қорына келіп түскен ақшалай қаржы тек бөлшегі ғана емес, тұтынған энергияның тіркеліп есепке қойылған бөлігі.

Осыдан айырмашылығы нақты есептегіш көрсеткіш тұрмыстық абоненттердің тұтынған электр энергиясын тіркеушілер белгісіз. Электр энергиясының тұтынушы абоненттерге пайдалы жіберу айға төленген ақы төлеміне байланысты анықталады, сондықтан шығындарға төленбеген барлық энергия кіреді.

Экономика тұрғысынан электр энергиясының шығындалуы қосалқы станциясының өзіне жұмсалған шығын тұтынушыларға кеткен электр энергиясының қалған бөлігінен еш айырмашылығы жоқ.

Электр энергиясының жіберілген көлемін дұрыс есептемеу экономикалық шығынға жатады, жоғарыда аталғандар секілді. Ұрланған электр энергиясында осыған жатқызуға болады. Осылайша барлық төрт сипат экономикалық тұрғыдан біріне бірі ұқсас.

Электр энергиясының техникалық шығынын келесі құрылымдық құраушылармен сипаттауға болады:

- Қосалқы станцияның қондырғыларының жүктемелік шығындары. Оларға күштік трансформаторлардың және желілердегі шығындар, сонымен қатар тоқты өлшеуіш трансформаторлардағы шығындар, жоғары жиілікті қуаттағыштардағы (ЖҚ) ЖЖ – байланыс пен тоқ шектегіш реакторлардағы. Осы аталған барлық элементтер желінің «сүзгісіне» қосылады яғни тізбектей, сондықтан олардағы шығын одан ағып өтетін қуатқа байланысты.

- тұйық жүрістегі шығындар, күштік трансформаторлардағы ээ шығынын, коменсациялайтын қондырғылардағы (КҚ), кернеу трансформаторларындағы, есептегіштер мен біріктіру құрылғыларындағы ЖЖ байланыс, сонымен қатар кабелді желілердегі оқшаулау шығындары.

- климаттық шығындар, екі түрге бөлінеді: тәж шығыны мен ЖВЖ және қосалқы станцияны оқшаулау бойынша тесілуден тоқтың шығыны. Екі түрі де ауа райына байланысты.

Техникалық шығындар электрмен жабдықтау ұйымдарының электр желілеріндегі (энергожүйе) үш кернеу диапазонымен есептелуі қажет:

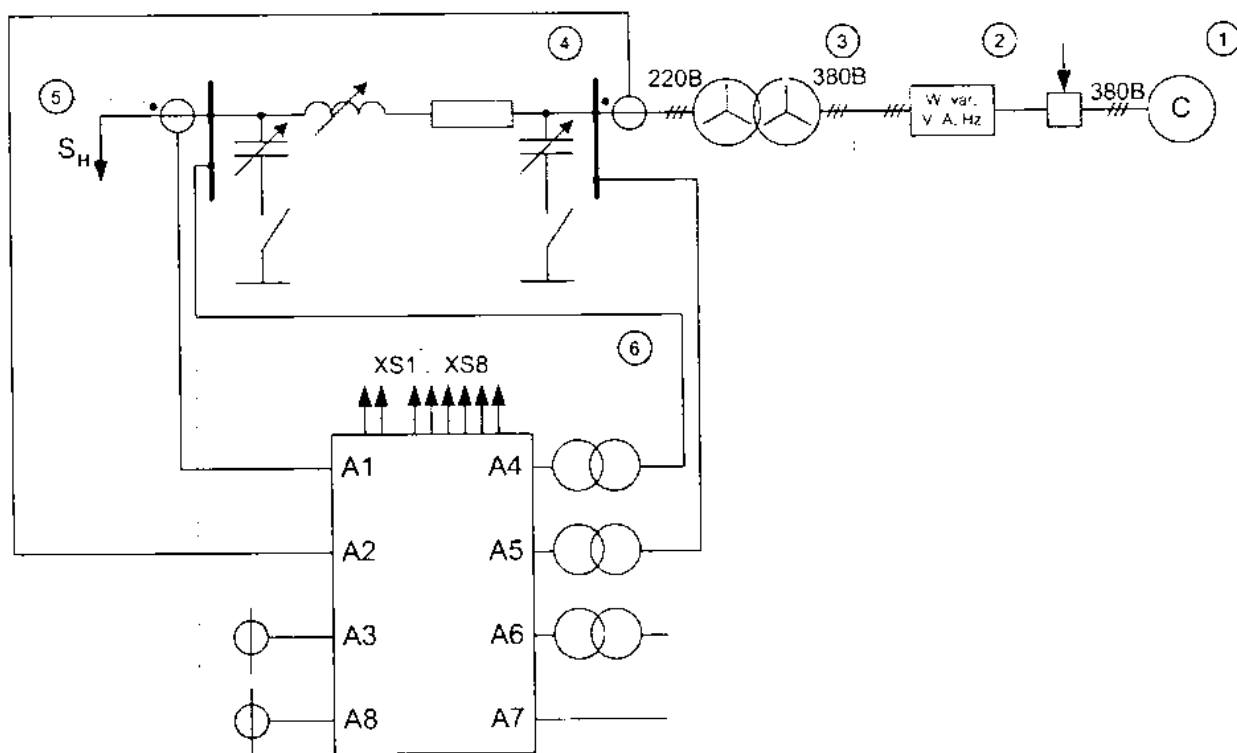
- қорек желілеріндегі жоғары кернеу 35 кВ және одан жоғары;
- орташа кернеулі орнықтандырғыш желілердегі кернеу 6 - 10 кВ;
- төмен кернеулі орнықтандырғыш желі 0,38 кВ.

Орнықтандырғыш желілер 0,38 - 6 - 10 кВ, эксплуатацияланатын РЭС пен ПЭС ээ айтарлықтай бөлігінің шығынымен сипатталады, соммарлық шығын барлық ээ беру тізбегі бойынша қорек көзінен электр қабылдағыштарға дейін. Бұл аталған желілердің эксплуатациялануын ұйымдастыруға, функциялауға, құрастыруға негізделеді: элементтердің көп көлемдігімен, сызбалардың бөлшектігімен, есептеу құралдарының толық емес қамсыздандырылуымен, элементтердің аз жүктемелігімен және т.б.

Қазіргі таңда әр РЭС пен ПЭС энергия жүйелерінде техникалық шығындар 0,38 - 6 - 10 кВ ай сайын және жыл сайын есептеледі. Алынған мәндер келесі жылға электр энергиясының нормативті шығынын жоспарлауды есептеуге қолданылады.

3.3.3 Жұмыстың орындалу тәртібі

1) Зертханалық жұмыс сызбасын жинау 3.7 сурет (Стендтің барлық модулдері сөндірулі болуы тиіс). Сызба радиалды қорегі бар желіні бейнелейді. Қорек көзі 1, шексіз қуаты бар желі, төмендеткіш трансформатор арқылы 2 және қуатты өлшеу модулі 3, электр тарату желісінің қоректенуі 4, активті-индуктивті жүктемеге жұмыс жасаушы 5. Жүктеме ретінде екі модуль қолданылады: активті және реактивті жүктеме модулдері. Әр модуль өзімен 3 тәуелсіз қарсылықты бейнелейді. Активті және индуктивті элементтер модульдің тізбектей қосылады, ал алынған активті-индуктивті элементтер жұлдызша ретінде нөлдік өткізгішпен қосылады. Желі сипаттарының өзгеруін өлшеу үшін ток пен кернеу датчиктері қолданылады. Ток датчиктері өлшенетін А фазасына тізбектей қосылады, ал кернеу датчиктері А фазасының кернеуіне (күштік трансформатордың нейтраліне қатысты өлшеу жүргізіледі). Трансформатордың бірініші орамының жағынан қуат әмбебап қуат өлшегіштің көмегімен өлшенеді 3.



3.7сурет- Зертханалық сынақ сызбасы

2) Электр тарату желісінің сипатын орнату: а) максималды ұзындық құраушысының мәнін (SA1 қайта қосқышын 3 жағдайға); б) орташа құрамдаушыны сөндіру (SA2, SA3 қайта қосқыштарын 1 жағдайға).

Активті және реактивті индуктивті жүктеменің сипатын орнату SA1 қайта қосқышын мүмкін болған жағдайға. Трансформаторларың нейтралін жерлендіру (оқшауланған нейтралмен жұмыс режимі).

3) Дербес компьютерде бағдарламалық кешендерді қосу «DeltaProfi» (Пуск - Бағдарлама – Зертханалық кешен - DeltaProfi). Зертханалық жұмысты «Жұмыстар – ЭЭ сапсы мен өткізу - №4 зертханалық жұмыс. орнықтандырғыш желілердегі электр энергиясының шығындары» командасымен ашу.

4) стендтің қорегін қосу.

5) Үш фазалы желі модулін ажыратқышын қосу (үш фазалы желі модулінің панелінің беткі бөлігінде орналасқан SB1 батырмасы).

6) Бағдарламаны батырмамен қосу «Пуск» немесе басты меню командасымен «Басқару - Пуск» немесе F5 батырмасымен.

7) 3 кестесіне ДК мнемосызбасына өлшенетін құрылғылардың көрсеткіштерін жаз.

8) Үш фазалы желі модулінің «Сөнд» батырмасын басу.

9) Электр тарату желісі бойынша алынған нәтижелер бойынша активті және реактивті қуат шығынын есептеу. Нәтижені 3.3 кестеге жазу.

10) Тәжірибені өзге екі жүктеме мәнінде қайтала (минималды және ораташа мәнде). 3.3 кестеге ДК мнемосызбасындағы өлшеуіш құралдардың көрсеткішін жазу.

11) Электр тарату желісінің алынған нәтиже бойынша активті және реактивті қуат шығынын есептеу. Нәтижені 3.3 кестеге толтыру. Жүктеме үлкендігінен шығын тәуелділігінің графигін құру және алынған теңсіздікті түсіндіру.

12) Электр таратуды төмендеткіш кернеуге өзгерту (127В ні 220В орнына). Ол үшін күштік трансформатордың біріктірілуін екінші орамдағы төмен кернеумен ауыстыру.

3.3 кесте – Есептеу нәтижесі

Режим работы сети		Режим №1	Режим №2	Режим №3	Режим №4
		U ном = 220В Акт. жүк. SA1 = Инд. жүк. SA1 = ЛЭП SA1 = 3	U ном = 220В Акт. жүк. SA1 = Инд. жүк. SA1 = ЛЭП W2 SA1 = 3	U ном = 220В Акт. жүк. SA1 - Инд. жүк. SA1 = ЛЭП W2 SA1 = 3	U ном = 127В Акт. жүк. SA11 Инд. жүк. SA1 = ЛЭП W2 SA1 =3
Өлшенетін сипаттар	P1, Вт				
	Q1, Вар				
	U1, в				
	P2, Вт				
	Q2, Вар				
	U2, В				
Есептік сипаттар	ДР, Вт				
	AQ, Вар				
	ди, В				
	COS				
	Φнагр.				

3.3 кестенің жалғасы

Желі жұмысының режимі		Режим №5	Режим №6	Режим №7	Режим №8
		U ном = 220В Акт. жүк. SA1 = Инд. жүк. SA1 = ЛЭП SA1 = 3	U ном = 220В Акт. жүк. SA1 = Инд. жүк. SA1 = ЛЭП W2 SA1 = 3	U ном = 220В Акт. жүк. SA1 = Инд. жүк. SA1 = ЛЭП W2 SA1 = 1	U ном = 127В Акт. жүк. SA11 Инд. жүк. SA11 ЛЭП W2 SA1 =2
Өлшенетін сипаттар	P1, Вт				
	Q1, Вар				
	U1, В				
	P2, Вт				
	Q2, Вар				
	U2, В				
Есептік сипаттар	ДР, Вт				
	AQ, Вар				
	ди, В				
	COS Фнагр.				

13) Активті және индуктивті жүктемені орнату: SA1 қайта қосқышын максималды мүмкін болатын жағдайға.

14) Стендтің қорек модулін қосу және үш фазалы желі содлуін «Қос» батырмасын басу.

15) 3.3 кестеге ДК мнемо сызбасындағы өлшенген құралдардың көрсеткішін жазу.

16) Үш фазалы желі модулінің «Сөнд» батырмасын басу.

17) Стендтің қорегін сөндіру.

18) Алынған нәтиже электр тарату желісі бойынша активті және реактивті қуат шығынын есептеу. Нәтижені 3.3 кестеге толтыру.

19) Алынған шығын көлемін электр тарату желісімен жұмыс кезінде алынған шығынмен салыстыру аса жоғары кернеу кезіндегі және қорытынды жасау.

20) Электр тарату кернеуін қалпына келтіру 220В.

21) Активті жүктеме үлкендігін орташа жағдайға келтіру.

22) активті жүктеме үлкендігін өзгертпестен өзге екі индуктивті жүктеме мәнімен сынақ жүргізу. 3.3 кестеге ДК мнемо сызбасындағы өлшенген құралдардың көрсеткішін жазу.

23) Электр тарату желісінің қуат шығыны есептеу, сонымен қатар сәйкес мәндерді cos φ. Желідегі қуат шығынына жүктеме сипатының әсері туралы қорытынды жасау.

24) Активті және индуктивті жүктеме сипатын орнату: SA1 қайта қосқышы максималды мүмкін жағдайға келтіру.

25) Активті және реактивті жүктеме мәнін өзгертпестен электр тарату желісінің өзге екі мәнімен сынақ жүргізу (SA1 қайта қосқышы электр

тарату желісінің модуліне). ДК мнемo сызбасында өлшенген құралдардың мәнін 3 кестеге жазу.

26) бағдарламаны «Тоқтат» батырмасымен сөндіру, басқы меню командасымен «Басқаур - Тоқтат» немесе F6 батырмасымен. Үш фазалы желі модулін «Сөнд» батырмасын басу. Стендті қорек көзінен ажырату.

27) Электр тарату желісіндегі қуат шығыны есептеу, сонымен қатар оған сай мәнді $\cos \varphi$. Желідегі қуат шығынына электр тарату желісінің ұзындығының әсеріне қорытынды жасау.

28) Зертханалық жұмыс бойынша есеп жазу.

3.3.4 Бақылау сұрақтары:

1. Электр энергиясының шығынына қандай факторлар әсер етеді?
2. Фактрлік шығын нені анықтайды?
3. Қосалқы станцияның өзіндік қажеттілігіне жұмсалған электр энергиясының шығы дегенде нені түсінесіз?
4. Осы зертханалық жұмыста қолданылған барлық модулдерді атап шық?
5. Коммерциялық шығынды қалай анықтайды?
6. Зертханалық жұмыста қанша және қандай тәжірибелік мәндер алынған?
7. Техникалық шығындар қандай сипаттың көмегімен анықталады?
8. Берілген жұмысқа қолданылған зертханалық жұмыс сызбасын сипаттап бер?
9. 4.1 кесте бойынша есептер мен зерттеу нәтижесінде алынған мәндерді түсіндір?.

3.4. Конденсаторлы батареялардың көмегімен реактивті қуатты компенсациялау жолымен кернеуді реттеу

Жұмыстың мақсаты: орнықтандырылған желі бөліктеріндегі кернеу үлкендігінің қатысты сыйымдылық компенсациясына әсерін зерттеу

3.4.1 Жұмысты орындауға тапсырма

- конденсаторлы батареяның көмегімен қатысты реактивті қуат компенсациясын кернеуді реттеу жолымен әсерін зерттеу

3.4.2 Теориялық анықтама

Желі бөлшектеріндегі кернеу тұрақты түрде жүктеменің өзгеруінен ауысып отырады, желі сызбасының қорек көңісі жұмыс режимінде.

Электр желісіндегі кернеу режимі ГОСТ талаптарына сай болуы тиіс, электр қабылдағыштарындағы жіберілетін қателіктердің қатынасына қарағанда, осы желіден қоректенетін. Ауытқу мәні кернеудің әдетте қалыпты жағдайдан асып түседі:

- желі кернеуінің үлкен шығындары;
- күштік трансформаторлардың қуаты мен тоқ өткізетін элементтерінің қиысуын дұрыс таңдамау;
- желі сызбасын дұрыс құрмау.

Жиі осы себептер желі дамуы кезінде пайда болады, оны қайта құру кезінде. Сондықтан электр қабылдағыштарындағы шинандағы кернеудің ауытқушылығын қамтамасыз ету үшін орнықтандыратын кернеуді қолдану қажет.

Кернеуді орнықтандыру үрдісі деп арнайы техникалық құралдардың көмегімен желі нүктелеріндегі кернеуді өзгертуді атайды.

Локалды реттеу орталықтандырылған және аймақтық болуы мүмкін. Орталықтандырылған басқару қорек ортадығында орындалады. Аймақтық реттеу тұтынушыларда орындалады. Орталықтағы қорек кернеуді реттеу барлық желідегі режимнің өзгеруіне әкеліп соғады, одан қоректенетін. Аймақтық реттеу желінің шағын бөліктерінде режимді өзгеріске әкеліп соқтырады.

Электр станцияларында кернеуді реттеу генераторлар мен жоғарылатқыш трансформаторларда жүргізіледі.

Генераторлардың кернеуінің өзгеруі іске қосу тоғының реттелуі есебінен болуы мүмкін. Генератордың активті қуатын өзгерместен кернеуді $\pm 5\%$ аумағында өзгертуге болады. Кернеуді 5% жоғарылату номиналдықтан шығынның артуына әкеледі және темір мен оны қыздыруының жоғарылауына әкеліп соғады. Кернеуді $0,95$ төмендеткен кезде Уном

номиналды тоқ статорда 5% артады және орамның қыздырылуы жоғарылайды.

Трансформацияланудың әр сатысында шамамен 5-10 % кернеу жоғалады. Сондықтан реттегіш диапазон генератордың, желіде кернеудің қажетті деңгейін сақтап тұру үшін жеткіліксіз болады. Одан бөлек кернеуді реттеуге қойылатын талаптарды бекіту аса қиын жақын және алыс электр қабылдағыштарында.

Сондықтан генераторлар электр станцияларының кернеуді реттеудің көмекші құралдары деп аталады. Генераторлар реттеудің жалғыз құрылғысы ретінде болғандықтан оңай жүйелерге қолданылады: электр станциясы–реттелмеген кернеу. Бұл жағдайда электр станциясының шиналарында қарама қарсы керпнеуді реттеу жүзеге асырылады. Іске қосу тоғын өзгерту арқылы ммаксималды жүктеменің сағаттағы кернеуі артады және минималды жүктеме периоды төмендейді.

Жоғарылатқыш трансформаторлар элеетр станцияларында орналасқан кернеуді реттеуге арналған көмекші құрал болып табылады. 250 МВА қуатты трансформаторлар 110 және 220 кВ кернеуі бар ПБВ түріндегі кернеуді реттеуге арналған құрылғысы бар (әске қосусыз қайта қосылу, яғни желіден сөндірілу арқылы). Құрылғының кернеуді реттеудің шектік мәні $\pm 2 \times 2,5 \%$. Жоғарылатқыш трансформаторлар жоғары қуаттылары ПБВ құрылғысынысз шығарылады.

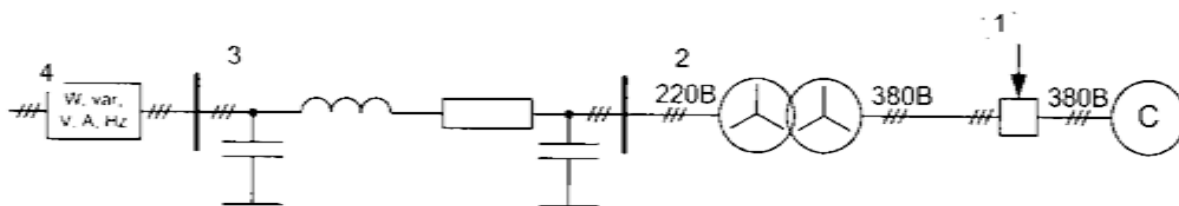
Қосалқы станциялардың кернеуін трансформаторлармен реттеу трансформациялау коэффициентін өзгерту мүмкіндігін қарастырады, 10 – 20 % мәніне дейін. Құырылымдық орындау бойынша екі қосқыш көұралдар қарастырылады:

- іске қосусыз реттеу (ПБВ), трансформатордың трансформациялау коэффициентін өзгерту үшін оны желіден айырады;
- жүктемедегі кернеуді реттеу (РПН).

Реттеу сатысы деп көрші бөліктегі кернеуді атайды. Оны пайыздық көлемде бейнелейді. Сезбейтін зона деп кернеудің кейбір өзгерістер диапазонын атайды, ол кезде кернеуді ретету құрылғысы іске қосымайды. Реттеуіштің сезбейтін зонасы реттеу сатысынан бірнеше есе көп болуы тиіс: олай болмаса реттеуіш тұрақты жұмыс жасамауы мүмкін. Реттеуіштің уақытқа тұрақтылығы кернеудің аз уақыттық өзгеріс жұмысын алдын алуға бағытталған. Реттеуіштің сезбейтін зонасы мен уақытқа тұрақтылығы реттеудің нақтылығын анықтайды.

3.4.3 Жұмыстың орындалу тәртібі

1) Зертханалық жұмыс сызбасын жинау 3.8 сурет (Стендтің барлық модулдері сөндірулі болуы тиіс). Сызба радиалды қорегі бар желіні бейнелейді. Қорек көзі 1 (үш фазалы желі модулі), шексіз қуаты бар желі, төмендеткіш трансформатор арқылы 2 және 3 электр тарату желісінің қоректенуі, 4 қуатты өлшеуіш тұтынушы шинасындағы сызықтық кернеуді өлшеуге арналған.



3.8 сурет – Зертханалық сынақ сызбасы

2) Электр тарату желісінің сипатын орнату: а) минималды орташа құрамдаушы мәні (SA1 қайта қосқышы 1 жағдайда); б) орташа құрамдаушыны сөндіру (SA2, SA3 қайт қосқыштары 1 жағдайда). Трансформатордың неітралі жерлендірмей қалдыру (оқшауланған неітрал жұмысының режимі).

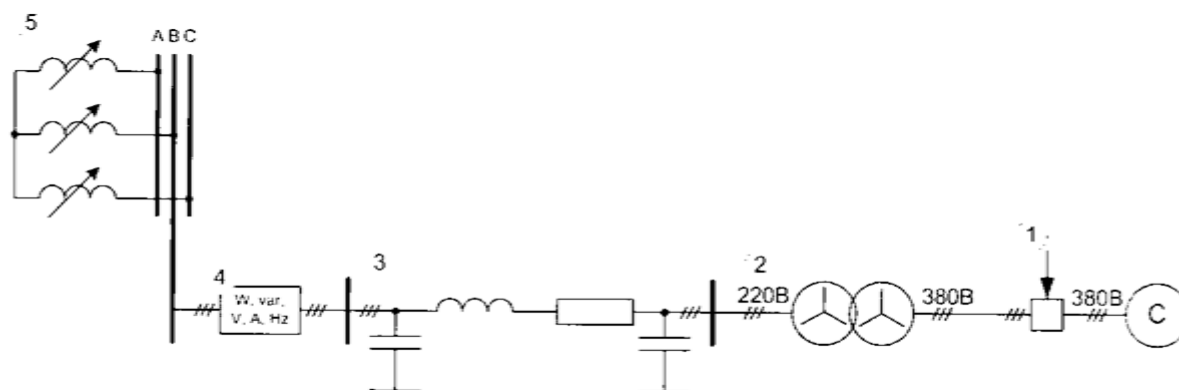
3) Үш фазалы желі модулінің «Қосу» батырмасын басып, стендтің корегін қосу.

4) қуатты өлшеу модулін сызықтық кернеуді қлшеу режиміне ауыстыру. Тұйық жүріс режиміндегі жұмыс кезіндегі электр таратудың кернеуіндегі үлкендікті жазу.

5) Үш фазалы желі модулінің «Сөнд» батырмасын бас.

6) Стендтің корегін сөндіру. .

7) Зертханалық сынақ сызбасын жинау 3.9 сурет (стендтің барлық модлудері ажыратылған болуы тиіс!), электр тарату желісін бейнелейтін индуктивті жүктемеге жұмыс жасаушы 5.



3.9 сурет – Зертханалық сынақ сызбасы

8) SA1 қайта қосқышын индуктивті жүктеме үлкендігіне орнату 3 жағдай.

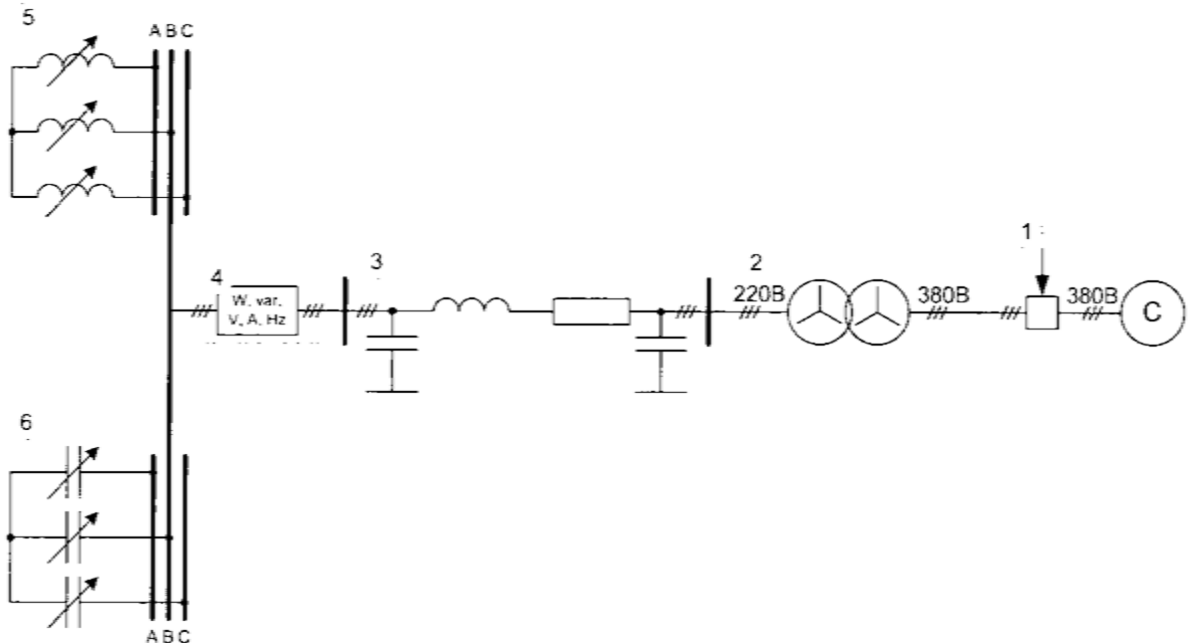
9) Үш фзалы желі модулінің «Қосу» батырмасын басу, стентдiң корегін қосу.

10) қуатты өлшеу модулін сызықтық кернеуді өлшеу режиміне ауыстыру. Индуктивті жүктеме жұмыс режиміне қуатты өлшеу модлуін ауыстыру.

11) Үш фазалы желі модулінің «Сөнд» батырмасын басу.

12) Стендтің қорек көзін сөндіру.

13) Зертханалық сынақ сызбасын жинау 3.10 сурет (стендтің барлық модулдерін сөндірілуі болуы керек!), орташа сыйымдылық компенсациясы құралы бар электр тарату желісін бейнелеуші 6, индуктивті жүктемеге жұмыс жасаушы 5. Орташа сыйымдылық компенсациясы (конденсаторлы батарея) құралының орнына сыйымдылық жүктеме модулі қолданылады. SA1 қайта қосқышын сыйымдылық батареясының үлкендігін ауыстыру 5 жағдай.



3.10 сурет– Зертханалық сынақ сызбасы

14) Стендтің қорегін қосу және үш фазалы желі модулінің «Қосу» батырмасын бас.

15) қуатты өлшеу модулін сызықтық кернеуді өлшеу режиміне ауыстыру. Электр тарату желісін бейнелейтін индуктивті жүктемеге жұмыс жасаушының мәнін жазу.

16) Үш фазалы желі модулін «Сөнд» батырмасын бас.

17) Стендтің қорегін сөндіру.

18) Алынған нәтижелер бойынша 3.4 кестені толтыру (электр тарату номиналды кернеуі ретінде тұйық жүріс режимінің кернеу мәнін алу). Электр энергиясының сапсы емн реттеуші желінің бөлшектеріндегі кернеу мәнінің сыйымдылық компенсациясына орташа сыйымдылығының әсеріне қорытынды жасау.

19) Зертханалық жұмыс бойынша есеп жазу.

3.4 кесте – Есептеу нәтижелері

ЛЭП жұмысының режимі	Желінің номиналды кернеуі, В	Электр тарату кернеуі, В	Кернеудің ауытқуы, %
Тұйық жүріс $U_{aB} U_{bc} U_{ca}$			
Индуктивті жүктеме $U_{ab} U_{bc} U_{ca}$			
Индуктивті жүктеме, орташа сыйымдылық компенсациясы $U_{ab} U_{bc} U_{ca}$			

3.4.4 Бақылау сұрақтары:

1. Зертханалық жұмыстағы модулдердің тағайындалуы?
2. Электр желісінің кернеу режимі қандай болуы керек?
3. Кернеудің ауытқуында қандай мәндер шектеншығушы болып табылады?
4. Реттеуіш кернеуге анықтама бер?
5. Локалды реттеу дегеніміз не?
6. Кернеудің локалды реттелуі қайда жүзеге асады?
7. Желіде қандай мөлшерде кернеу өзгереді?
8. Зертханалық жұмыстың орындалу үрдісін түсіндір?
9. Зертханалық сынақ сызбасын түсіндір?
10. Реттеу сатысы деген терминді қалай түсінесің?

3.5. Тұтынатын активті жүктеме қуатына кернеуді тоқтатудың әсерін анықтау

Жұмыстың мақсаты: тұтынылатын активті жүктеменің қуатына кернеу үлкендігінің әсерін зерттеу.

3.5.1 Жұмысты орындауға тапсырма

- тұтынылатын активті жүктеме қуатына кернеудің ауытқуының әсерін анықтауды зерттеу.

3.5.2 Теориялық анықтама

Желі кернеуінің айтарлықтай әсері электр қабылдағыштарының жұмысына, номиналды кернеуге жақын, тұтынушы қыстырғышында қалып қойған кернеуді ұстап қалуға үлкен мән береді. Тұтынушыларға жіберілетін кернеу электр энергиясының көрсеткіштерінің бірі болып табылады.

Желіде кернеудің өзгеруін келесідей топтастыруға болады:

1. Кернеудің жай ағатын өзгерісі, желінің жұмыс режимдерінде пайда болатын. Бұл өзгерістер кернеудің ауытқуы деп аталады. Кернеудің ауытқуы номиналды кернеу мен электр қабылдағыштардың қысқырғышында қалып қойған кернеудің әртүрлілігінен анықталады. Кернеудің ауытқуы жағымды және жағымсыз болуы мүмкін. Алғашқы кернеуді төмендету бойынша номиналды, екіншісі кернеуді жоғарылату болып табылады.

Кернеудің ауытқуы электр желілерінде желі жүктемесінің өзгеруіне негізделген, электр станциясының жұмыс режимдеріне де және т.б.

2. Кернеудің тез ағатын өзгерістеріне апаттың нәтижесінен болған электр желілері мен басқа да себептер бойынша. Мысал ретінде қысқа тұйықталуды атауға болады, машиналардың жөнделмеуі, қондырғының біреуінің қосылып не сөніп қалуы және т.с.с. Тез ағатын өзгерістерді кернеудің колебаниясы деп атайды.

Электр энергиясының барлық қабылдағыштары нақты номиналды кернеумен жұмыс жасау үшін құрылады. Кернеудің ауытқуы номиналдыдан, электр қабылдағыштың жұмысының нашарлауына әкеліп соғады.

Лампаның жарық ағынының төмендеуі жұмыс орынының жарықтануының төмендеуіне әкеліп соқтырады, нәтижесінде еңбек өнімділігі азаяды және сапа көрсеткіші нашарлайды.

Желіде кернеудің жоғарылауы ПӘК жоғарылауына әкеліп соғады, бірақ кернеуді жоғарылату лампаның жұмыс мерзімін төмендетуге әкеліп соғады. Кернеуді 5% жоғарылатқанда лампалардың жұмыс мерзімі екі есеге азаяды, ал 10% - көбейтсе 3 есеге кемиді.

Люминесцентті лампалар желідегі кернеудің ауытқуы онша әсер етпейді. Кернеудің 1% ауытқуы орташа мәнде жарық лампасы ағынын 1,25% өзгеруіне әкеліп соғады.

Желіде кернеуді төмендету қуаттың төмендеуін тудырады, қыздыратын қондырғыларға берілетін. Соңғысы айтарлықтай құралдың жұмыс мерзіміне және тамақ даярлауға және т.б. кеткен электр энергиясының аса шығындалуына әкеліп соқтырады.

Өзге тұрмыстық электр құралдарының сипаттамалары берілген кернеуге байланысты. Кернеудің өзгеруіне байланысты электрқабылдағыштарда айналу моменті де өзгереді, орам оқшауламасының қызмет мерзімі, тұтынылатын қуаты да өзгерәске ұшырайды.

Асинхронды электр қозғалтқыштарының айналу моменті оларға берілген кернеудің квадратына тура пропорционал. Егер қозғалтқыш моменті номиналды кернеу барысында 100%, кернеу кезінде 90%, мысалға айнымалы момент 81% құрайды. Кернеуді күрт төмендеті электр қозғалтқыштардың тоқтауына әкеліп соғуы мүмкін немесе электр қозғалтқышын қосуға кедергі тудыруы мүмкін (көтергіштер, балталауыштар, диірмендер және т.б.).

Электр қабылдағыштардың тұтынуының өзгеруіне тәуелді қуат кернеуден стационарлы жұмыс режимі кезіндетұтынушы жүктемесінің электрлік статикалық сипаттамасы деп аталады.

Кернеуді төмендету барысында электр қабылдағышында тұтынылатын активті қуат айналу моментінің төмендеуі есебінен азаяды, ол сырғанау мәніне байланысты.

Сырғанаудың (скольжения) мәні деп қозғалтқыштағы активті қуат шығының жоғарылауын атайды.

Кернеуді жоғарылату барысында сырғанау төмендейді және өткізгіш механизмі үшін керекті қуат артады. Электр қозғалтқышында активті қуат шығыны азаяды.

Сараптама көсеткендей, активті жүктеме электр қабылдағыштардың кернеу өзгеруі кезінде сәйкес жүйенің қалыпты жұмыс режиміне, қалтқысыз өзгереді сондықтан тұрақты болып қабылдануы мүмкін.

Электр қозғалтқыштарының реактивті жүктемесінің өзгеруі кернеуден тәуелді реактивті қуат қатынасынан магниттелген және реактивті қуат тәуелді.

Магниттелген реактивті қуат кернеудің төртінші пропорционалды дәрежесімен өзгереді. Шашырудың реактивті қуаты, электр қозғалтқышының тоғынан тәуелді, кернеудің екінші кері пропорционалды дәрежесімен өзгереді.

Номиналдыға қарсы кернеуді төмендету кезінде (бірнеше мәнге дейін) электр қозғалтқыштардың реактивті жүктемесі әрқашан төмендейді. Бұл реактивті кернеудің электр қозғалтқышпен тұтынылатын 70% магниттелген реактивті қуат тез төмендейді, шарашаңқы реактивті қуаттың ұлғаюына қарағанда.

3.5.3 Жұмыстың орындалу тәртібі

1) суретте келтіріген 3.11 электр желісі сызбасын жинау, осы кезде стендтің барлық модлудері сөндіріліп тұруы тиісті яғни бірінші жинап алу

керек! Үш фазалы асинхронды қозғалтқыш М электр машинналық агрегаттың 2, турбина үлгісін бейнелейтін, жиілікті өзгерткіштен қорек алады 1 және синхронды генератор валында айналу моментін тудырады G электромашиналық агрегатта 2. Синхронды генератордың әске қосу орамының қорегі әске қосу модулінен іске асырылады 3, тұрақыт тоқтың реттелетін көзін бейнелейді. Үш фазалы шығыс кернеуі, синхронды генератордың статор орамынан алынатын G, жоғарылатқыш трансформатор арқылы 4 (бір фазалы трансформатор модулі), қуатты өлшеу модулі 5 және ажыратқыш модул 6 үш фазалы активті жүетемеге беріледі 7 (активті жүктеме модулі). Жүктемені қосу сызбасы — нөлдік өткізгішті жұлдызша жалғану. Трансформатордың орамдарын біріктіру сызбасы «жұлдызша/жұлдызша». Осылайша, зерттелетін тізбек сызбасы автономды қорек үлгісін береді реттелетін сипаттары бар желінің, оларға мыналар кіреді: жиілік пен кернеудің үлкендігі. Қорек кернеуінің үлкендігін өзгерту синхронды генератордың іске қосу тоғын өзгерту арқылы орындалады (іске қосу модулінің панелінің бетінде орналасқан потенциометр RP1). Қорек кернеуінің жиілігін өзгерту приводты қозғалтқыштың айналу жиілігін өзгертумен жүзеге асырылады М (жиілікті өзгерту модулінің панелінің бетінде орналасқан потенциометр RP1). Қуатты өлшеуіш 5 активті және реактивті қуатты өлшеуге арналған, сонымен қатар тұтынылатын жүктемені өлшеуге. Вольтметр 8 жүктемедегі сызықтық кернеудің мәнін өлшеуге арналған. Вольтметр ретінде өлшеуіш модулдің бір құралдары қолданылады. Жиілікті өлшеу қорек кернеуінің жиілікті өлшеу модулінің индикаторы арқылы жүзеге асырылады.

2) жиілікті өлшеу модулінің жұмыс режимін қолдық режимге ауыстыру, іске қосу мен ажыратқыштарды, модулде орнатылған барлық потенциометрлерді нөлдік жағдайға келтіру (сағат тіліне қарсы жағдайға келтіру). Жүктеме мәнін қайта қосу SA1 құралын орташа жағдайға келтіру.

3) Стендтің қорек модулін автоматтық ажыратқышын қосу.

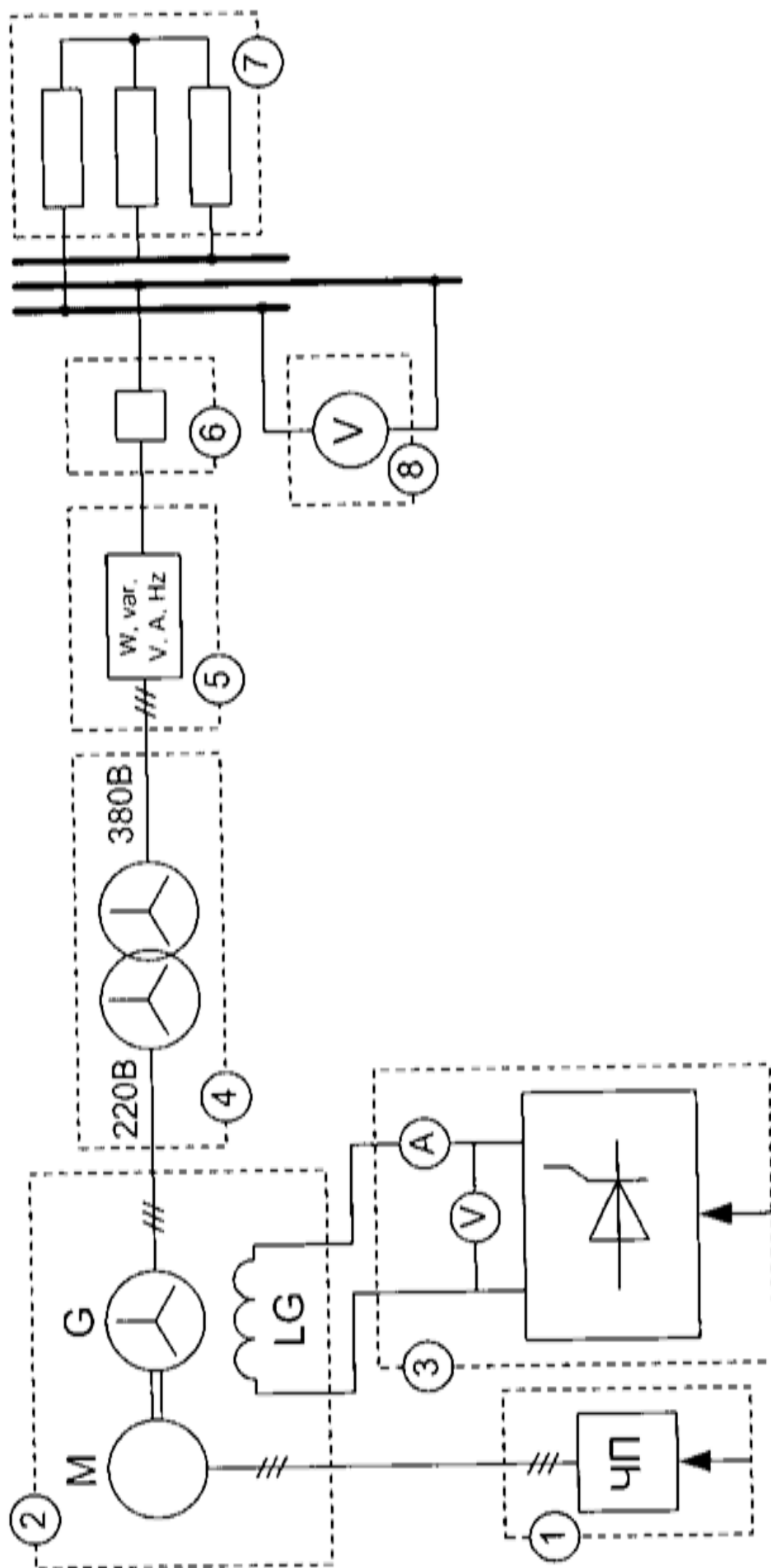
4) 50 Гц тең жиілікті орнату және приводты қозғалтқышты іске қосу мен жиілікті өзгерткішті іске қосу.

5) қуатты өлшеуішті қорек көзіне қосу және сызықтық кернеу өлшемін таңдау трансформатор шығысындағы, осы жұмыста ол нөлге тең.

6) Іске қосу моділін қосу және іске қосу тоғын өзгерте отырып трансформатор шығысындағы сызықтық кернеуді 380В тең орнату.

7) Ажыратқышты қосу, вольтметр көрсеткіші бойынша бақылау жасау жүктемедегі кернеудің бар болуына, ал қуатты өлшеуіште барлық фаза жүктемесіндегі тоқтың бар жоғын анықтау.

8) Жүктеме кезінде сызықтық кернеу мәні трансформатордың шыға берісіндегі номиналдыдан төмен орнатылады, генератордың іске қосу кернеуін реттей отырып оны Под нагрузкой линейное значение напряжение на выходе трансформатора 380В дейін жеткізу.



3.11 сурет- Зертханалық сынақ сызбасы

9) Қуатты өлшеу көрсеткішін активті қуатты өлшеуге ауыстыру (суммарлы үш фазалы активті қуат).

10) генератордың іске қосу тоғын төмендете отырып, желі кернеуінен активті қуат тәуелдігін ажырату $P=f(U)$ үшін $U= 380... 110V$ кезінде $f=50Гц$.

11) Стендті сөндіру, ол үшін іске қосу тоғын нөлге теңестіру.

12) Алынған нәтижені өңдеу, желінің қорек кернеуінен жүктеменің активті қуат тәуелділігін құру, қорытынды жасау және жұмыс бойынша есеп жасау.

3.5.4 Бақылау сұрақтары:

1. Зертханалық жұмыста қандай модлудер қолданылған?
2. Желі кернеуінің өзгеруі қалай топтастырылады?
3. Жарық ағыны деген не?
4. Тұтынушылардың электрлік жүктемелердің статикалық сипаттамасына анықтама бер?
5. Қозғалтқыш тұтынатын активті қуат неге төмендейді?
6. Зертханалық жұмысты орындау үрдісін атап шық?
7. Қондырғының электрлік сызбасын түсіндір?
8. Сызбадағы элементтерді тізіп атап шық?
9. Желі жиілігі неге тең?
10. Жүктемені ажырату сызбасы нені көрсетеді?

3.6 Тұтынатын индуктивті жүктеме қуатына кернеуді тоқтатудың әсерін анықтау

Жұмыстың мақсаты: тұтынылатын индуктивті жүктеме қуатына кернеу мәнінің әсерін зерттеу.

3.6.1 Жұмысты орындауға тапсырма

- тұтынылатын индуктивті жүктеме қуатына кернеу мәнінің әсерін анықтау үрдісін зерттеу.

3.6.2 Теориялық анықтама

Қолданылатын қондырғы түріне байланысты жүктеме активті және индуктивті, сыйымдылық деп бөлінеді. Индуктивті және сыйымдылық жүктемені реактивті деп те атайды. Активті жүктеме өте сирек кездеседі. Жиі кездесетіні активті-индуктивті жүктеме. Сәйкесінше электр желісінен активті және реактивті энергия тұтынылады. Активті энергия жағымды болып түрленеді: механикалық, жылулық және т.б.. Реактивті энергия жағымды жұмыс атқармайды. Ол электр магниттік өрісті тудыруға шығындалады электр қозғалтқыштарындағы, трансформаторлардағы, индукционды пештердегі, дәнекерлеу трансформаторларындағы және дросселдерде орналасқан. Реактивті қуат – сыйымдылық және индуктивті жүктемеде электрмагниттік үрдістерге жұмсалатын толық қуаттың бөлшегі. Жағымды жұмыс тақармайды, жоғарылатылған қуат энергиясы көзінің қолдануын талап етеді және өткізгіштерді қосымша қыздыруды тудырады.

Индуктивті реактивті жүктемеге, электр тұтынушыларымен пайда болатын, сыйымдылық жүктемесімен қарсы тұруға болады, нақты есептелген конденсаторлы қосу арқылы. Бұл реактивті қуатты төмендетуге әсер етеді, желіден тұтынылатын және реактивті қуат компенсациясы немесе қуаттың корректирлеуші коэффициенті деп аталады.

Реактивті жүктемелерді орналастыру қорек көзі арасында желінің тлық әсерінен анықталады.

Қуат шығынының өзгерісі реактивті жүктемені қорек көздері арасында қайта реттеу нәтижесінде мардымсыз, алайда түбірлі қайта реттеу реактивті жүктемелерді желідегі кернеу режимін өзгертуі тиіс.

Жүктемелерді реттеуді бақылау ваттметрмен іске асырылады, ал реактивті жүктемелерді реттеуді бақылау фазометр арқылы, олардың көрсеткіштері бірдей болулары тиіс, генераторлардың параллелді жұмыс атқаратын қуаттан тәуелсіз. Егер бұл көрсеткіштер сәйкес келемес генераторлардың іске қосуын реттеумен теңестіру қажет (шунтты реттеуіш), генератордың іске қосуын ұлғайту қажет, оның фазометрінің көрсеткіші қайсысында жоғары болса соны, немесе генератордың іске қосуын төмендету, фазометр бойынша төмен көрсеткіштісін.

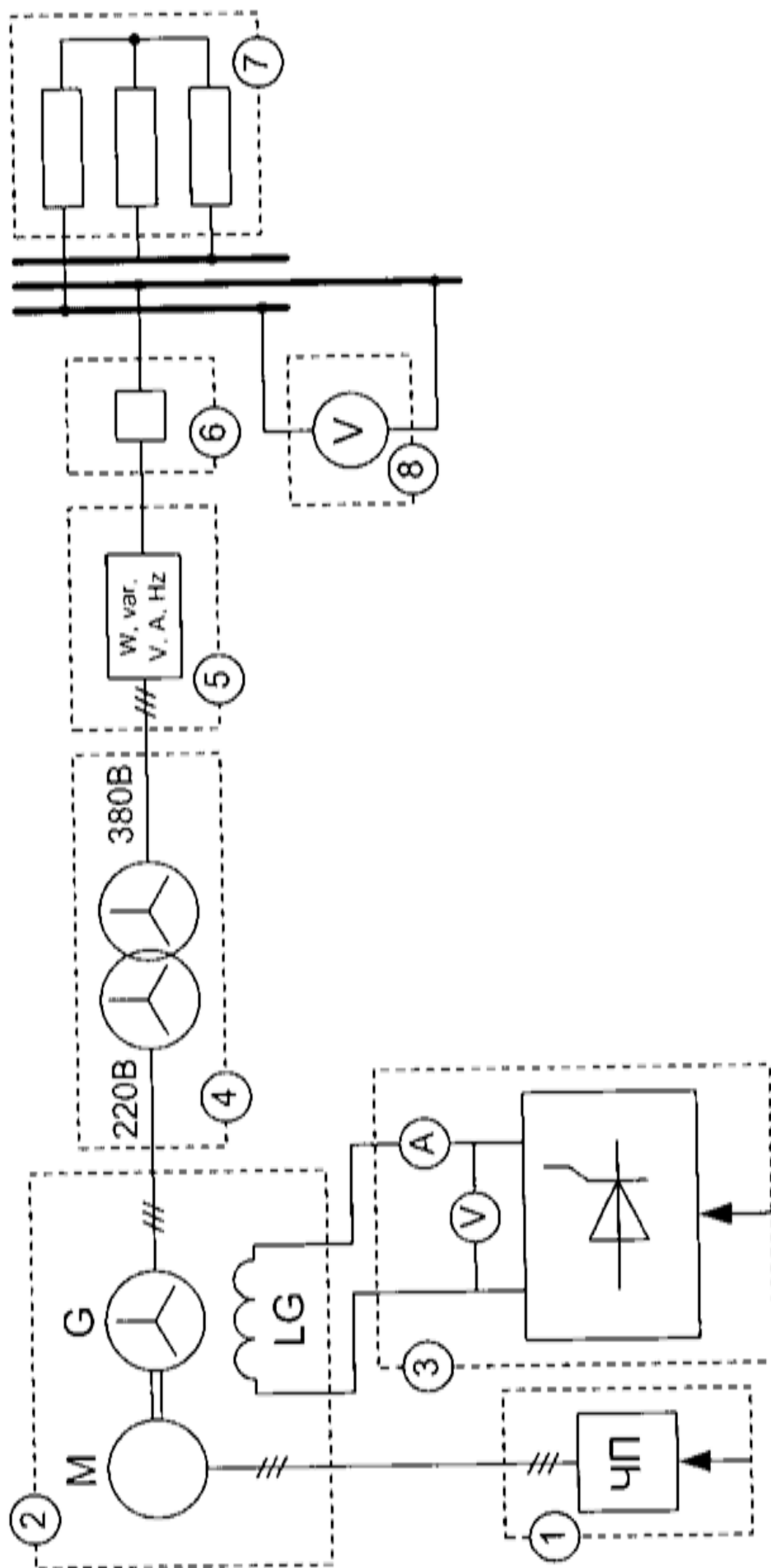
Іске қосудың автоматтық реттеу құралдары берілген сипаттама бойынша кернеуді ұстап тұруға қолданылады және энергетикалық жүйенің қалыпты жұмысы кезіндегі қорек көздерінің арасындағы реактивті жүктемені реттеуге арналған.

Реактивті қуатты дұрыс компенсациялау мыналарға мүмкіндік береді:

- электр энергиясына шығынды азайтуға;
- реттеуіш желідегі жүктеме элементтерін төмендетуге (өткізілетін желілер, трансформаторлар мен реттеуіш құралдар), осылайша олардың жұмыс мерзімін ұлғайтады;
- электр энергиясының шығыны мен тоқтың жылулық шығыны азайтуға;
- жоғары грамониктардың әсерін төмендетуге;
- фазалардың симметриясын төмендету мен желілік қателіктерді жоюға;
- реттеуіш желілердің үнемділігін және сенімділігіне қол жеткізуге.

3.6.3 Жұмыстың орындалу тәртібі

1) суретте келтіріген 3.12 электр желісі сызбасын жинау, осы кезде стендтің барлық модлудері сөндіріліп тұруы тиісті яғни бірінші жинап алу керек! Үш фазалы асинхроннды қозғалтқыш М электр машинналық агрегаттың 2, турбина үлгісін бейнелейтін, жиілікті өзгерткіштен қорек алады 1 және синхроннды генератор валында айналу моментін тудырады G электромашиналық агрегатта 2. Синхроннды генератордың әске қосу орамының қорегі әске қосу модулінен іске асырылады 3, тұрақыт тоқтың реттелетін көзін бейнелейді. Үш фазалы шығыс кернеуі, синхроннды генератордың статор орамынан алынатын G, жоғарылатқыш трансформатор арқылы 4 (бір фазалы трансформатор модулі), қуатты өлшеу модулі 5 және ажыратқыш модуль 6 үш фазалы активті жүйеге беріледі 7 (активті жүктеме модулі). Жүктемені қосу сызбасы — нөлдік өткізгішті жұлдызша жалғану. Трансформатордың орамдарын біріктіру сызбасы «жұлдызша/жұлдызша». Осылайша, зерттелетін тізбек сызбасы автономды қорек үлгісін береді реттелетін сипаттары бар желінің, оларға мыналар кіреді: жиілік пен кернеудің үлкендігі. Қорек кернеуінің үлкендігін өзгерту синхроннды генератордың іске қосу тоғын өзгерту арқылы орындалады (іске қосу модулінің панелінің бетінде орналасқан потенциометр RP1). Қорек кернеуінің жиілігін өзгерту приводты қозғалтқыштың айналу жиілігін өзгертумен жүзеге асырылады М (жиілікті өзгерту модулінің панелінің бетінде орналасқан потенциометр RP1). Қуатты өлшеуіш 5 активті және реактивті қуатты өлшеуге арналған, сонымен қатар тұтынылатын жүктемені өлшеуге. Вольтметр 8 жүктемедегі сызықтық кернеудің мәнін өлшеуге арналған. Вольтметр ретінде өлшеуіш модульдің бір құралдары қолданылады.



Жиілікті өлшеу қорек кернеуінің жиілікті өлшеу модулінің индикаторы арқылы жүзеге асырылады.

2) жиілікті өлшеу модулінің жұмыс режимін қолдық режимге ауыстыру, іске қосу мен ажыратқыштарды, модульде орнатылған барлық потенциометрлерді нөлдік жағдайға келтіру (сағат тіліне қарсы жағдайға келтіру). Жүктеме мәнін қайта қосу SA1 құралын орташа жағдайға келтіру.

3) Стендтің қорек модулін автоматтық ажыратқышын қосу.

4) 50 Гц тең жиілікті орнату және приводты қозғалтқышты іске қосу мен жиілікті өзгерткішті іске қосу.

5) қуатты өлшеуішті қорек көзіне қосу және сызықтық кернеу қлшемін таңдау трансформатор шығысындағы, осы жұмыста ол нөлге тең.

6) Іске қосу моділін қосу және іске қосу тоғын өзгерте отырып трансформатор шығысындағы сызықтық кернеуді 380В тең орнату.

7) Ажыратқышты қосу, вольтметр көрсеткіші бойынша бақылау жасау жүктемедегі кернеудің бар болуына, ал қуатты өлшеуіште барлық фаза жүктемесіндегі тоқтың бар жоғын анықтау.

8) Жүктеме кезінде сызықтық кернеу мәні трансформатордың шыға берісіндегі номиналдыдан төмен орнатылады, генератордың іске қосу кернеуін реттей отырып оны Под нагрузкой линейное значение напряжение на выходе трансформатора 380В дейін жеткізу.

9) Қуатты өлшеу көрсеткішін активті қуатты өлшеуге ауыстыру (суммарлы үш фазалы активті қуат).

10) Генератордың іске қосу тоғын төмендете отырып, желі кернеуінен активті қуат тәуелдігін ажырату $P=f(U)$ үшін $U= 380... 110В$ кезінде $f=50Гц$.

11) Генератордың іске қосу тоғын арттыру кернеуді 380В тең орнату. Қуатты өлшеу көрсеткішін активті қуатты өлшеуге ауыстыру. генератордың іске қосу тоғын төмендете отырып, желі кернеуінен активті қуат тәуелдігін ажырату $P=f(U)$ үшін $U= 380... 110В$ кезінде $f=50Гц$.

12) стендті қорек көзінен ажырату, генератордың іске қосу тоғын нөлге теңестіру арқылы, жиілікті өзгерту модулін ажырату, стендтің қорек көзін автоматтық ажыратқышын сөндіру.

13) Алынған нәтижені өңдеу, желінің қорек кернеуінен жүктеменің активті қуат тәуелділігін құру, қорытынды жасау және жұмыс бойынша есеп жасау.

3.6.4 Бақылау сұрақтары:

1. Реактивті қуат дегеніміз не?
2. Тізбектің қуат коэффициентін қандай мақсатта жоғарылатады?
3. Реттеуіш реактивті жүктемеге қалай бақылау жүргізіледі?
4. Компенасциялайтын құралдар не үшін қажет?
5. Толық қуат формуласы?
6. Компенсацияның түрлерін ата?
7. Компенсациялайтын құралдарың артықшылығы?

8. Элементтер атауын тізіп ата?
9. Зертханалық жұмысты орындау үрдісін атап шық?
10. Компенсациялайтын құралдар қайда қолданылады?

3.7 Тұтынатын сыйымдылық жүктеме қуатына кернеуді тоқтатудың әсерін анықтау

Жұмыстың мақсаты: тұтынылатын сыйымдылық жүктемесіне, қуатына кернеу мәнінің әсерін зерттеу.

3.7.1 Жұмысты орындауға тапсырма

-тұтынылатын сыйымдылық жүктемесі қуатына кернеудің ауытқушылығының әсерін анықтау үрдісін зерттеу.

3.7.2 Теориялық анықтама

Конденсаторлы қондырғының қосылуының тәуелсіз түрде компенсацияның келесі түрлері бар:

1 Индивидуалды немесе тұрақты компенсация, индуктивті реактивті қуат оның пайда болуымен компенсацияланады, ал ол өткізгіш кабелдердің аса жүктелуіне алып соғады (бөлек жұмыс жасайтындар үшін тұрақты немесе қатысты трансформаторлар, асинхроннды қозғалтқыштар, дәнекерлеуші құралдар, разрядты лампалар обы және т.б.).

2 Топтық компенсация, онда индивидуалды аналогтық компенсация үшін бір мезетте жұмыс атқаратын индуктивті тұтынушылар ортақ тұрақты конденсаторға қосылады (бірінен бірі алшақ орналасқан электр санциялары үшін разрядтық лампалар тобы). Бұнда сонымен қатар өткізетін желілер жүктемелді.

3 Орталықтандырылған компенсация, нақты конденсаторлар саны бас немесе топтық реттеуіш шкафтарға қосылады. Мұндай компенсацияны әдетте үлкен электр сымбаларында айнымалы жүктемесі барларда қолданады.

Мұндай конденсаторлы қондырғыны басқаруды электронды реттеуіш атқарады - контроллер, желіден реактивті қуат тұтынуын тұрақты түрде сараптап отырады. Мұндай реттеуіштер конденсаторларды қосып ажыратады. Қолдану артықшылығы реактивті қуатты компенсациялау құралы ретінде конденсаторлы құралдарды пайдалануы.

- активті қуаттың кіші үдемелі шығындары (заманауи төмен вольтті косинусты конденсатордың жеке шығындары 0,5 Вт тан 1000 ВАр);

- айналғыш бөлігінің жоқтығы;

- оңай монтаж бен эксплуатация (фундаменттің қажеті жоқ);

- жоғары емес капитал салымы;

- қажет болған кез келген қуат компенсациясын таңдау мүмкіндігі;

- электр желісінің кез келген нүктесіне қосылуы;
- жұмыс кезінде шудың болмауы;
- көп емес эксплуатациялық шығындар.

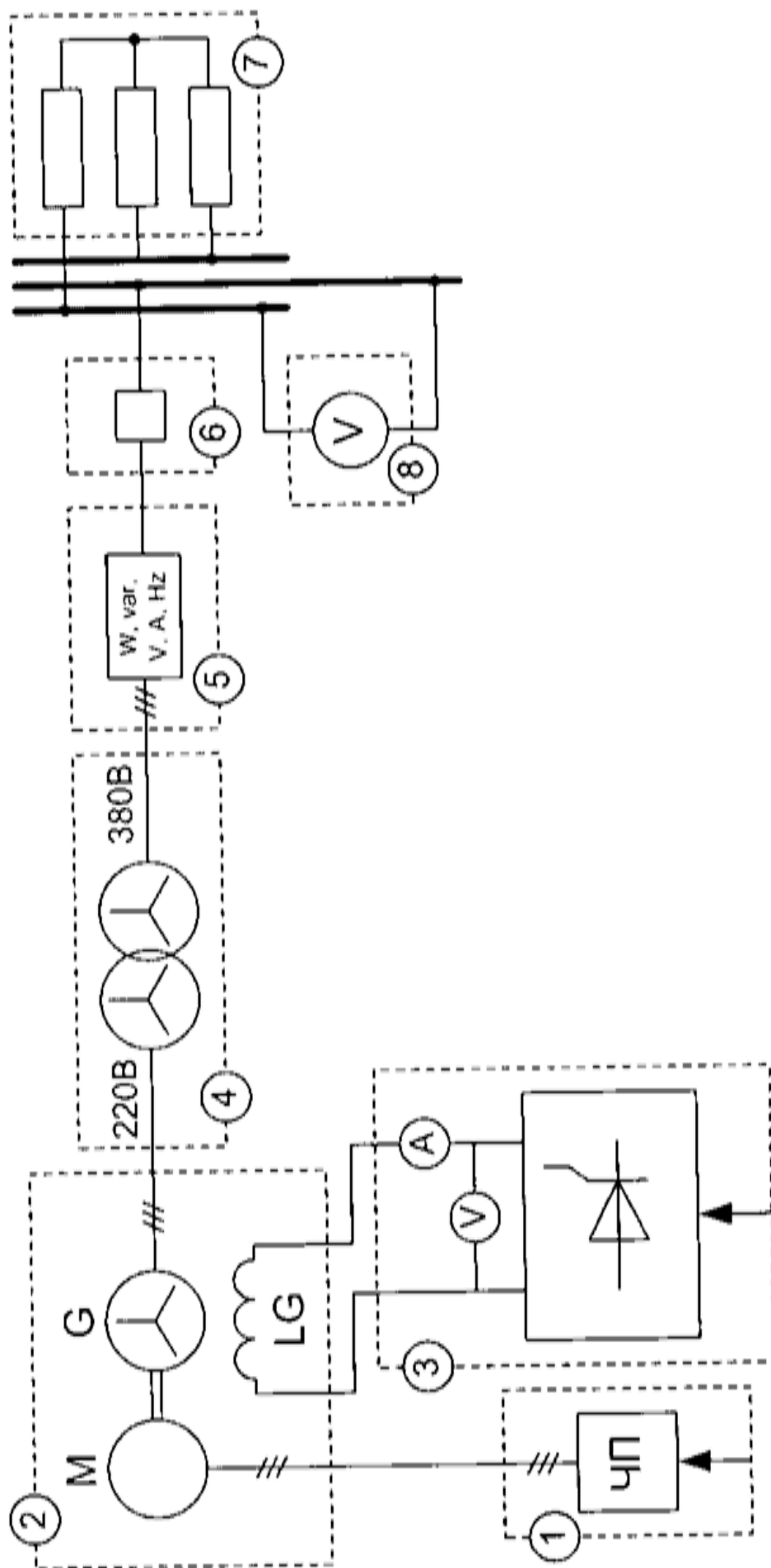
Реактивті қуатты дұрыс компенсациялау мыналарға мүмкіндік береді:

- электр энергиясына шығынды азайтуға;
 - реттеуіш желідегі жүктеме элементтерін төмендетуге (өткізілетін желілер, трансформаторлар мен реттеуіш құралдар), осылайша олардың жұмыс мерзімін ұлғайтады;
 - электр энергиясының шығыны мен тоқтың жылулық шығыны азайтуға;
 - жоғары гармониктардың әсерін төмендетуге;
 - фазалардың симметриясын төмендету мен желілік қателіктерді жоюға;
 - реттеуіш желілердің үнемділігін және сенімділігіне қол жеткізуге.
- Одан бөлек орнатылған желілерде:
- минималды жүктеме сағатына реактивті энергия генерациясын алып тастау;
 - электр қондырғылардың паркін жөндеу мен өңдеуге жұмсалған қаржыны азайту;
 - тұтынушының электрмен жабдықтау желісінің өткізгіштігін артыру;
 - желі жағдай туралы ақпараттарды алу, ал қайта жасақталған желінің – қосалқы станция қуатын төмендету мен ккабел желілернің қиысуын төмендету.

Реактивті қуат жағымды жұмыс атқарады. Ол электр қозғалтқыштарында, трансформаторларда, индукциялық пештерде, дросселдерде электр магниттік өрістің пайда болуына жұмсалады.

3.7.3 Жұмыстың орындалу тәртібі

1) суретте келтіріген 3.13 электр желісі сызбасын жинау, осы кезде стендтің барлық модлудері сөндіріліп тұруы тиісті яғни бірінші жинап алу керек! Үш фазалы асинхронды қозғалтқыш М электр машинналық агрегаттың 2, турбина үлгісін бейнелейтін, жиілікті өзгерткіштен қорек алады 1 және синхронды генератор валында айналу моментін тудырады G электромашиналық агрегатта 2. Синхронды генератордың әске қосу орамының қорегі әске қосу модлуінен іске асырылады 3, тұрақыт тоқтың реттелетін көзін бейнелейді. Үш фазалы шығыс кернеуі, синхронды генератордың статор орамынан алынатын G, жоғарылатқыш трансформатор арқылы 4 (бір фазалы трансформатор модлуі), қуатты өлшеу модулі 5 және ажыратқыш модул 6 үш фазалы активті жүктемеге беріледі 7 (активті жүктеме модулі). Жүктемені қосу сызбасы — нөлдік өткізгішті жұлдызша жалғану. Трансформатордың орамдарын біріктіру сызбасы «жұлдызша/жұлдызша». Осылайша, зерттелетін тізбек сызбасы автономды қорек үлгісін береді реттелетін сипаттары бар желінің, оларға мыналар кіреді: жиілік пен кернеудің үлкендігі.



3.13 сурет- Зертханалық сынақ сызбасы

Қорек кернеуінің үлкендігін өзгерту синхронды генератордың іске қосу тоғын өзгерту арқылы орындалады (іске қосу модулінің панелінің бетінде орналасқан потенциометр RP1). Қорек кернеуінің жиілігін өзгерту приводты қозғалтқыштың айналу жиілігін өзгертумен жүзеге асырылады М (жиілікті өзгерту модулінің панелінің бетінде орналасқан потенциометр RP1). Қуатты өлшеуіш 5 активті және реактивті қуатты өлшеуге арналған, сонымен қатар тұтынылатын жүктемені өлшеуге. Вольтметр 8 жүктемедегі сызықтық кернеудің мәнін өлшеуге арналған. Вольтметр ретінде өлшеуіш модулдің бір құралдары қолданылады. Жиілікті өлшеу қорек кернеуінің жиілікті өлшеу модулінің индикаторы арқылы жүзеге асырылады.

2) жиілікті өлшеу модулінің жұмыс режимін қолдық режимге ауыстыру, іске қосу мен ажыратқыштарды, модульде орнатылған барлық потенциометрлерді нөлдік жағдайға келтіру (сағат тіліне қарсы жағдайға келтіру). Жүктеме мәнін қайта қосу SA1 құралын орташа жағдайға келтіру.

3) Стендтің қорек модулін автоматтық ажыратқышын қосу.

4) 50 Гц тең жиілікті орнату және приводты қозғалтқышты іске қосу мен жиілікті өзгерткішті іске қосу.

5) қуатты өлшеуішті қорек көзіне қосу және сызықтық кернеу қлшемін таңдау трансформатор шығысындағы, осы жұмыста ол нөлге тең.

6) Іске қосу моділін қосу және іске қосу тоғын өзгерте отырып трансформатор шығысындағы сызықтық кернеуді 380В тең орнату.

7) Ажыратқышты қосу, вольтметр көрсеткіші бойынша бақылау жасау жүктемедегі кернеудің бар болуына, ал қуатты өлшеуіште барлық фаза жүктемесіндегі тоқтың бар жоғын анықтау.

8) Жүктеме кезінде сызықтық кернеу мәні трансформатордың шыға берісіндегі номиналдыдан төмен орнатылады, генератордың іске қосу кернеуін реттей отырып оны Под нагрузкой линейное значение напряжение на выходе трансформатора 380В дейін жеткізу.

9) Қуатты өлшеу көрсеткішін активті қуатты өлшеуге ауыстыру (суммарлы үш фазалы активті қуат).

10) Генератордың іске қосу тоғын төмендете отырып, желі кернеуінен активті қуат тәуелдігін ажырату $P=f(U)$ үшін $U= 380... 110В$ кезінде $f=50Гц$.

11) Стендті сөндіру, ол үшін іске қосу тоғын нөлге теңестіру.

12) Алынған нәтижені өңдеу, желінің қорек кернеуінен жүктеменің активті қуат тәуелділігін құру, қорытынды жасау және жұмыс бойынша есеп жасау.

3.7.4 Бақылау сұрақтары:

1. Зертаханалық жұмыста элементтердің тағайындалуы?
2. Зертханалық жұмыста қандай сынақтар орындалады?
3. Индивидуалды және топтық компенсация деген не?
4. Конденсаторлы құралдарды қолданудың артықшылығы неде?

5. Реактивті қуатты дұрыс компенсациялау нені жасауға мүмкіндік береді?
6. Зертханалық жұмыстағы элементтердің тағайындалуын түсіндір?
7. Жұмыста қандай жүктемелерді қосу сызбасы зерттеледі?
8. Асинхроннды қозғалтқыш деген не?
9. Зертаханалық жұмыста трансформатор орамдарын біріктірудің қандай сызбалары қарастырылады?
10. Сіз зертханалық жұмысты қалай жасадыңыз және қандай тәуелділікті құрастырдыңыз?

3.8 Сыйымдылық, индуктивті және активті жүктемелердің статикалық сипаттарын зерттеу

Жұмыстың мақсаты: активті және реактивті қуат тәуелділігін зерттеу индуктивті жүктеме және сызықтық және сызықтық емес активті жүктемелер үшін желі қорегінің жиілігінен және кернеуінен.

3.8.1 Жұмысты орындауға тапсырма

- Сыйымдылық және индуктивті, активті жүктеменің статикалық сипатын зерттеу.

3.8.2 Теориялық анықтама

Электр энергетикалық желінің өзгермейтін қатаң режимі жоқ, сондықтан орнатылған режимді шартты түрде атауға болады. Электр энергетикалық жүйе әр нәрсеге тұрақты болуы және төзімді болуы тиіс. Ол үшін статикалық тұрақтылық термині енгізілген.

Статикалық тұрақтылық – бұл электр энергетикалық жүйенің өздік қайта құрылу қасиеті.

Нақты статикалық тұрақты желіні анықтай отырып, мынадай режимнің бар екендігін айтуға болады, өте кішкентай өзгеріс жүктемені өзгертуде онық тұрақтылығын жойып жібереді. Мұндай режимді үдемелі деп атайды, ал жүйе жүктемесі – максималды немес үдемелі жүктеме статикалық тұрақтылық шарты бойынша.

Жүктемелрді шектеу басқа факторлармен орын алуы мүмкін, мысалға бөліктердегі кернеуі деңгейімен, генераторлардың қыздырылуынан, электр тарату желілері мен трансформаторлардан.

Электр энергетикалық жүйе элементінің өткізгіштік қасиеті деп аз қуатты атайды, осы элемент арқылыөткізуге болатын (тұрақтылық, қыздыру, бөліктегі кернеу дәне т.б.) кейде өткізгіштік қасиетті тек бір фактормен ғана анықтайды және оны былай атайды, тұрақтылықтың статикалығы бойынша өткізгіш қасиет туралы.

Активті және реактивті қарсылықтың параллелді бірігу мәні қуат бойынша және бастапқы режимнің кернеуі бойынша есептеледі:

$$R_{\kappa} = U^2 P_{\kappa}^{-1}; \quad X_{\kappa} = U^2 Q_{\kappa}^{-1}. \quad (3.6)$$

Қарсылықтың тізбектей жалғану жағдайы үшін

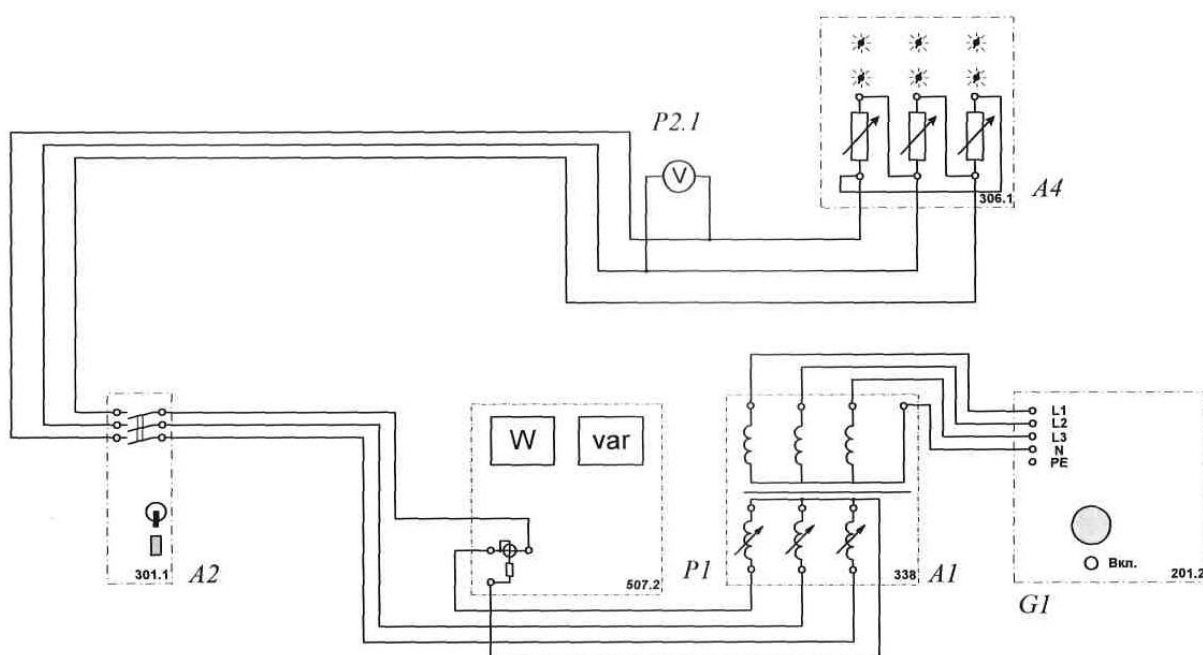
$$Z_n = R_n + jX_n = U^2 S_n^{-1}(\cos\varphi_n + j\sin\varphi_n). \quad (3.7)$$

Мұнда $\cos\varphi_H$ – жүктеме қуатының коэффициенті.

Егер бастапқы режимдегі кернеу белгісіз болса, онда номиналды немесе орташа кернеу беріледі (3.6), (3.7).

Жүктемелерді тұрақты қарсылықпен ауыстыру R_H , X_H есепті жеңілдетеді, алайда өте көп қалдықпен.

Жүйе жағдайы шарттар мен мәндердің сипаттауыштары қандай да бір моментте немесе уақыт интервалындағысын жүйе режимі деп атайды. Режим көрсеткіштер санымен сипатталады, олар режим көрсеткіштері деп аталады. Оларға қуат, кернеу, жиілік, ток, ЭДК пен т.б. жатады. Режимнің сипатары өзара тәуелді байланысқан, жүйе сипаттары кіретін.



3.14 сурет- статикалық сипатты түсіруге арналған біріктірудің
электрлік сызбасы $P = f(U)$ активті жүктеме

Жүйе параметрлері – бұл жүйе элементін физикалық қасиетімен анықтайтын сандық көрсеткіштер. Жүйе параметрлеріне қарсылық пен элементөткізгіштігі, трансформациялау коэффициенті мен тұрақты уақыт кіреді. Мысал ретінде танымал теңсіздікті қарастырайық:

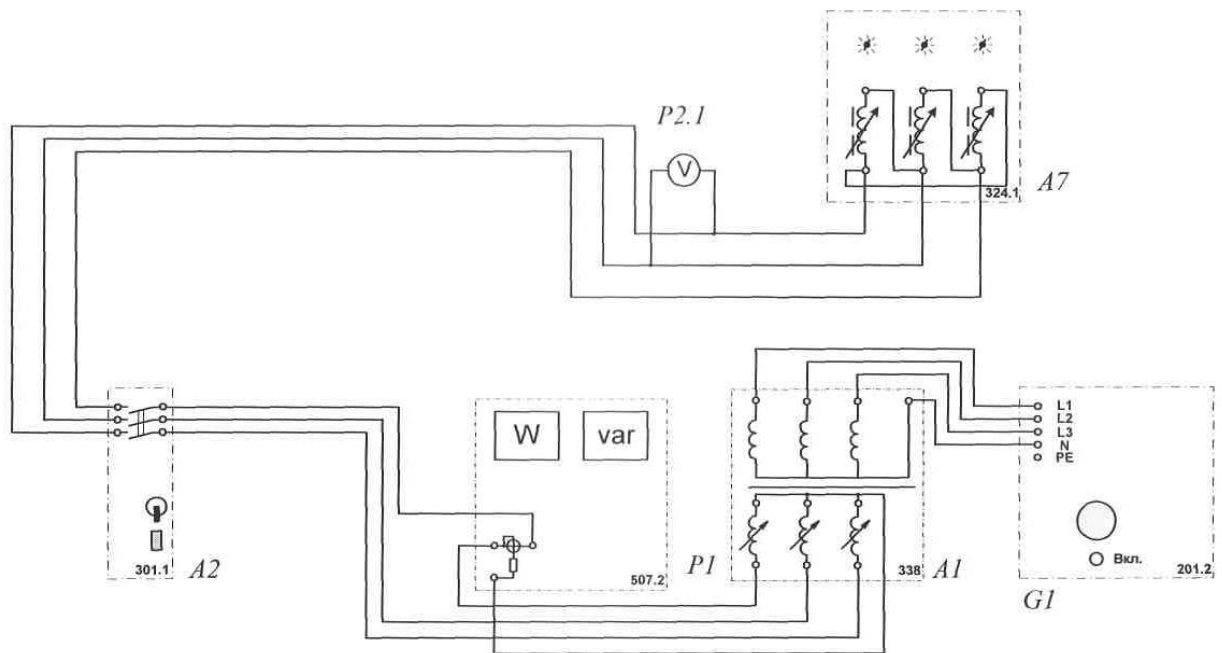
$$P = \frac{U^2}{R}; \Delta Q = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} X, \text{ где } P, U, Q, \Delta Q - \text{параметры режима};$$

R, X – жүйе параметрлері.

Электр жүйесінің режимі орнатылған немесе өтпелі, қалыпты немесе апаттық болуы мүмкін. Режим сипатының өзгерісін тудыратын себептер секемдендіретін әсерлер деп аталады.

Динамикалық тұрақтылық – бұл жүйенің электр энергетикалық өзіндік қалыпқа келу қасиеті.

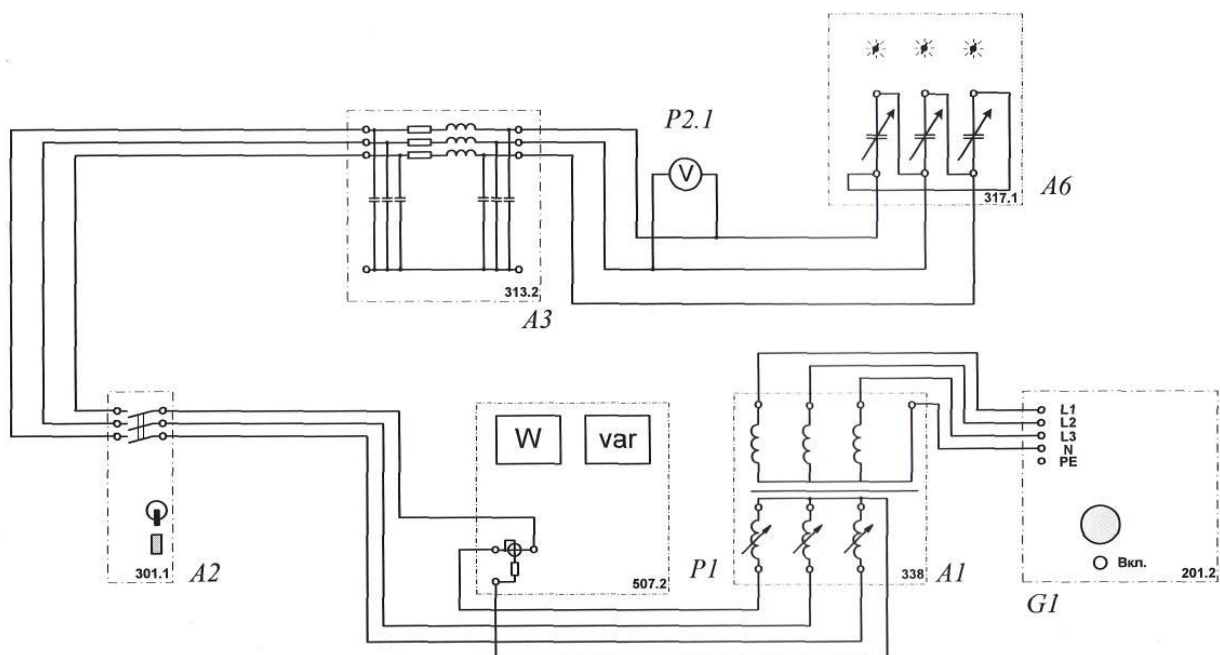
Егер секемденуден соң синхронды жұмыс генератордың немесе қозғалтқыштың жүйесі бұзылады, содан соң эксплуатациялауға кеткен уақыт қалыпқа келтіріледі, онды мындай жүйені нәтижелі тұрақтылық деп атайды.



3.15 сурет – Статикалық сипатты алу үшін біріктірудің электрлік сызбасы $Q = f(U)$ индуктивті жүктеме

«Энергожүйе тұрақты» дегне түсінік шарттар орнатылмағанша анық емес. Оларға ең алдымен желі параметрлері мен бастапқы режим параметрлері кіреді. Сондықтан әдетте «Энергожүйе тұрақты» терминін «генераторлар мен қозғалтқыштардың нормативтік талаптарындағы тұрақты секемдену жұмысының тұрақты сақтаулы» деп келтіреді.

Тұрақтылықты зерттеу кезінде статикалық және динамикалық сипаттар пайдаланылады. Статикалық сипаттар ретінде аналитикалық және графикалық тәуелділік параметрлері жатады. Мысал ретінде активті P немес реактивті Q қуат жүктемелерін кернеуден U ижәне жиіліктен f : $P = F_1(U, f); Q = F_2(U, f)$.



3.16 сурет – Статикалық көрсеткішті алу үшін біріктірудің электрлік сызбасы $Q = f(U)$ сыйымдылық жүктеме

Динамикалық сипаттама – бұл желі режимінің сипат тәуелділіктері, режимнің тез өзгеруі кезінде алынған. Мысалға,

$$P = \varphi_1 \left(U, f, t, \frac{dU}{dt}, \dots \right); Q = \varphi_2 \left(U, f, t, \frac{dU}{dt}, \dots \right);$$

Берілген жүктемелерде электрмеханикалық өтпелі үрдістерде әртүрлі орнатылады. Математикалық жазылудың дұрыстығы тұрақтылық есебі нәтижесіне әсер етуі мүмкін.

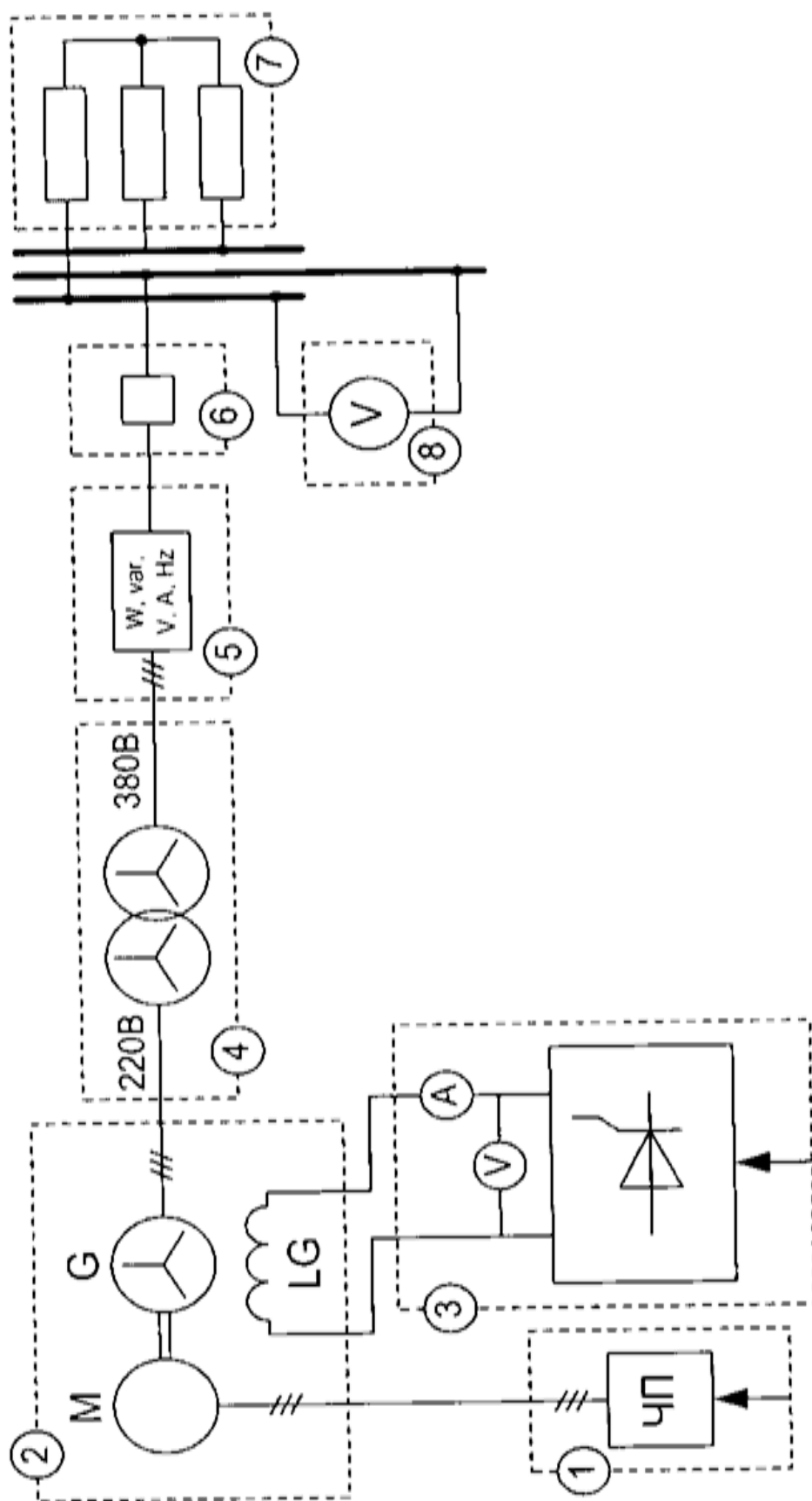
Жүктемені берудің бірнеше жолы бар. Жүктеме аса дәл егер асинхронды және синхронды қозғалтқышпен берілсе, сонымен қатар статикалық тұтынушылармен.

Жиі қолданылатын статикалық жүктеме соңғы қуатты жерлендіруге неізделген немесе сызықтық өткізгіштікке, яғни тұрақты активті немесе реактивті қарсылыққа.

3.8.3 Жұмыстың орындалу тәртібі

1) суретте келтіріген 3.17 электр желісі сызбасын жинау, осы кезде стендтің барлық модлудері сөндіріліп тұруы тиісті яғни бірінші жинап алу керек!

Үш фазалы асинхронды қозғалтқыш М электр машинналық агрегаттың 2, турбина үлгісін бейнелейтін, жиілікті өзгерткіштен қорек алады 1 және синхронды генератор валында айналу моментін тудырады G электромашиналық агрегатта 2.



3.17 сурет- Зертханалық сынақ сызбасы

Синхронды генератордың әске қосу орамының қорегі әске қосу модулінен іске асырылады 3, тұрақыт тоқтың реттелетін көзін бейнелейді. Үш фазалы шығыс кернеуі, синхронды генератордың статор орамынан алынатын G, жоғарылатқыш трансформатор арқылы 4 (бір фазалы трансформатор модулі), қуатты өлшеу модулі 5 және ажыратқыш модуль 6 үш фазалы активті жүтемеге беріледі 7 (активті жүктеме модулі). Жүктемені қосу сызбасы — нөлдік өткізгішті жұлдызша жалғану. Трансформатордың орамдарын біріктіру сызбасы «жұлдызша/жұлдызша». Осылайша, зерттелетін тізбек сызбасы автономды қорек үлгісін береді реттелетін сипаттары бар желінің, оларға мыналар кіреді: жиілік пен кернеудің үлкендігі. Қорек кернеуінің үлкендігін өзгерту синхронды генератордың іске қосу тоғын өзгерту арқылы орындалады (іске қосу модулінің панелінің бетінде орналасқан потенциометр RP1). Қорек кернеуінің жиілігін өзгерту приводты қозғалтқыштың айналу жиілігін өзгертумен жүзеге асырылады M (жиілікті өзгерту модулінің панелінің бетінде орналасқан потенциометр RP1). Қуатты өлшеуіш 5 активті және реактивті қуатты өлшеуге арналған, сонымен қатар тұтынылатын жүктемені өлшеуге. Вольтметр 8 жүктемедегі сызықтық кернеудің мәнін өлшеуге арналған. Вольтметр ретінде өлшеуіш модульдің бір құралдары қолданылады. Жиілікті өлшеу қорек кернеуінің жиілікті өлшеу модулінің индикаторы арқылы жүзеге асырылады. Активті жүктемеден бөлек берілген сызба индуктивті және сыйымдылық жүктемесін зерттеуге мүмкіндік береді 7 (нөлдік өткізгішті жұлдызша жалғану.)

2) жиілікті өлшеу модулінің жұмыс режимін қолдық режимге ауыстыру, іске қосу мен ажыратқыштарды, модульде орнатылған барлық потенциометрлерді нөлдік жағдайға келтіру (сағат тіліне қарсы жағдайға келтіру). Жүктеме мәнін қайта қосу SA1 құралын орташа жағдайға келтіру.

3) Стендтің қорек модулін автоматтық ажыратқышын қосу.

4) 50 Гц тең жиілікті орнату және приводты қозғалтқышты іске қосу мен жиілікті өзгерткішті іске қосу.

5) қуатты өлшеуішті қорек көзіне қосу және сызықтық кернеу қлшемін таңдау трансформатор шығысындағы, осы жұмыста ол нөлге тең.

6) Іске қосу моділін қосу және іске қосу тоғын өзгерте отырып трансформатор шығысындағы сызықтық кернеуді 380В тең орнату.

7) Ажыратқышты қосу, вольтметр көрсеткіші бойынша бақылау жасау жүктемедегі кернеудің бар болуына, ал қуатты өлшеуіште барлық фаза жүктемесіндегі тоқтың бар жоғын анықтау.

8) Жүктеме кезінде сызықтық кернеу мәні трансформатордың шыға берісіндегі номиналдыдан төмен орнатылады, генератордың іске қосу кернеуін реттей отырып оны Под нагрузкой линейное значение напряжение на выходе трансформатора 380В дейін жеткізу.

9) Қуатты өлшеу көрсеткішін активті қуатты өлшеуге ауыстыру (суммарлы үш фазалы активті қуат).

10) Генератордың іске қосу тоғын төмендете отырып, желі кернеуінен активті қуат тәуелдігін ажырату $P=f(U)$ үшін $U= 380... 110В$ кезінде $f=50Гц$.

- 11) қуатты өлшеу модулін реактивті қуат өлшеуіш режиміне ауыстыру және аналогты түрде реактивті қуаттың тәуелдігін алу $Q=f(U)$.
- 12) генераторда кернеу жиілігін өлшеу барсында жиілікті өзгерткіш модульдің көмегімен мен кернеуді басқар отырып мультиметрдағы активті қуаттың желі жиілігінен тәуелділігін түсіру $P=f(f)$ үшін $f=45\ldots 55\text{Гц}$ кезінде $U=380\text{В}$ (жүктеменің асып кетпеуін бақылау 400В).
- 13) Аналогты түрде желі жиілігінен реактивті қуат тәкелділігін алу $Q=f(f)$ үшін $f=45\ldots 55\text{Гц}$ кезінде $U=380\text{В}$.
- 14) стендті сөндіру, барлық іске қосу тоғын нөлге теңестіру.
- 15) индуктивті жүктеме сызбасын жинау және стенд модулінің жұмысқа қабілеттілігін тексеру.
- 16) аналогты сипатта түсіру $P=f(U)$, $Q=f(U)$ кезінде $f=50\text{Гц}$ және $P=f(f)$, $Q=f(f)$ кезінде $U=380\text{В}$ индуктивті жүктеме үшін.
- 17) 14... 16-орындау және сыйымдылық жүктемесін зерттеу жүктемесінің кернеуі бойынша $U<380\text{В}$.
- 18) 14 сияқты стендті сөндіру..
- 19) Алынған нәтижені өңдеу, желінің қорек кернеуінен жүктеменің активті қуат тәуелділігін құру, қорытынды жасау және жұмыс бойынша есеп жасау.

3.8.4 Бақылау сұрақтары:

1. Электрэнергетикалық жүйелердің тұрақтылығының пайда болуының негізгі сатыларын ата?
2. Электрэнергетикалық жүйелерде қандай негізгі себептер құралдың бұзылуына әкеліп соғады?
3. Электрэнергетикалық жүйе деген не және ол неден құралады?
4. «Режим параметрі» мен «жүйе параметрінің» арасындағы айырмашылық неде?
5. Электр энергетикалық жүйелерде қандай режимдер бар?
6. Электр энергетикалық жүйенің режимінің бұзылуы деп нені атайды?
7. Жүйе элементінің «өткізу қабілеті» деген не?
8. Статикалық, динамикалық және нәтижелік тұрақтылық неде не?
9. Қандай тәжірибелік сынақтар жүргізілді?
10. Зертханалық стендте тағайындалған барлық модульдерді тізіп атап шық?

3.9 Электр энергиясының сапа көрсеткіштерін өлшеу

Жұмыстың мақсаты: электр энергиясының сапа көрсеткішін алуды үйрену

3.9.1 Жұмысты орындауға тапсырма:

- электр энергиясының сапа көрсеткішін алу әдісін зерттеу;
- электр энергиясының сапа көрсеткішінің негізгілерін алуды жүргізу, алынған нәтижелерді мемлекеттік стандартқа сәйкестендіру.

3.9.2 Теориялық анықтама

Электр энергиясын тарату қорек көзінен электр қабылдағыштарға дейін трансформаторлар мен желілерде кернеудің шығынымен жүзеге асырылады. Сондықтан кернеу тұтынушыларда тұрақты мән бермейді.

Кернеудің ауытқуы мен жылжуын ажыратады.

Кернеудің ауытқуы жай ағатын үрдістерде өзгерістерге байланысты. Осындай үрдістердің нәтижесінде кернеу желінің жекеленген нүктелерінде үлкендігі бойынша өзгереді, номиналды мәнінен ауытқи отырып.

Кернеудің жылжуы – бұл тез ағатын (жылдамдығы минутына 1% кем емес) қысқа уақыттық кернеудің өзгеруі. Жылдам номиналдық жұмыс режимінің бұзылуы кезінде пайда болады.

Кернеудің жылжуы пайыздық көлемде беріліп, желідегі номиналды кернеуге қатысты:

$$[\Delta U_i] = \frac{U_i - U_{\text{ном}}}{U_{\text{ном}}} \cdot 100\%.$$

Кернеудің жылжуы келесідей анықталады:

$$V_t = \frac{U_{\text{max}} - U_{\text{min}}}{U_{\text{ном}}} \cdot 100\%,$$

мұнда U_{max} , U_{min} – көп және аз мөлшері кернеудің бір желідегі. Электр қабылдағышының қалыпты жұмысын сақтап қалу үшін оарда кернеуді ұстап қалу керек, номиналдыға жағын кернеуді.

ГОСТ келесі жіберілетін ауытқуды орнатады қалыпты жұмыс режимінде:

- электр қозғалтқышының қыстырғыштарында – $\pm (5-10)\%$ от $U_{\text{ном}}$;
- жарықтандырғыш құралдардың қыстырғыштарында (ішкі және сыртқы жарықтандыру) – $\pm (2,5-5)\%$ от $U_{\text{ном}}$;

-қалған қабылдағыштардың қыстырғыштарында $\pm 5\%$ от $U_{ном}$.

Апаттық режимдерден соң қосымша кернеуді төмендету керек 5% көрсетілген мәнге.

Электр қабылдағыштардың шиналарында қажетті кернеу мөлшерін сақтап қалу үшін, клесі шарттар орындалады:

- трансформациялау коэффициенті бар трансформаторларды қолданады;

- трансформаторлар орамын бөлшектермен жабдықтайды, бұл трансформациялау коэффициентін төмендетуге септігін тиігзеді;

- желі сызбасын, номиналды кернеуді, өткізгіштердің қиысуын, осылайша кернеу шығын рұқсат етілген мәннен асып кетпейді.

Кернеудің рұқсат етілген шығыны кейбір нақтылық дәрежесімен орнатылады, электр қабылдағыштарының шиналарындағы кернеу ауытқуының мәнін қалыптандыруда:

- 220 – 380 В кернеулі желілерге қорек көзінен соңғы электр қабылдағышқа дейін 5 – 6,5%;

- қорек желісі үшін 6 – 35 кВ – ден бдейін 8% кернеумен қалыпты режимде, 10 нан 12 % апаттық режимде;

- ауылдық желілерге 6 – 35 кВ –дейін 10 % кернеуімен қалыпты режимде.

Бұл мәндер кернеудің рұқсат етілген мәндері, осылайша кернеуді реттеу желілерде ПУЭ электр қабылдағыштарының шиналарындағы кернеу ауытқуына қатынасы.

3.9.3 Жұмыстың орындалу тәртібі

1) 3.18 суреттегі зертханалық сынақ сызбасын жинау (стендтің барлық модлудері сөнген болуы керек).сызба қорек көзін бейнелейді (үш фазалы желі модулі) 1, төмендеткіш трансформатор арқылы 2,фазалық кернеу береді кірістерге А4, А5, А6 кіріс-шығыс модулінің 3.

2) үш фазалы желі модулінің «Қосу» батырмасын басу.

3) Дербес компьютерде бағдарламалық кешендерді қосу «DeltaProfi» (Пуск - Бағдарлама – Зертханалық кешен - DeltaProfi). Зертханалық жұмысты «Жұмыстар – ЭЭ сапсы мен өткізу - №10 зертханалық жұмыс. Электр энергиясының сапа көрсеткіштерін өлшеу» командасымен ашу.

4)Бағдарламаны қосу немесе FS батырмасы арқылы іске қосу.

5) Өлшеуді уақыт бойынша жүргізу 5.. 10 мин. 10.1 кестеге алынған нәтижені жазу.

6) үш фазалы желі модулінің «Сөнд» бастырмасын басу.

7) стендтің қорегін сөндіру.

8) зертханалық жұмыс бойынша есеп жазу.

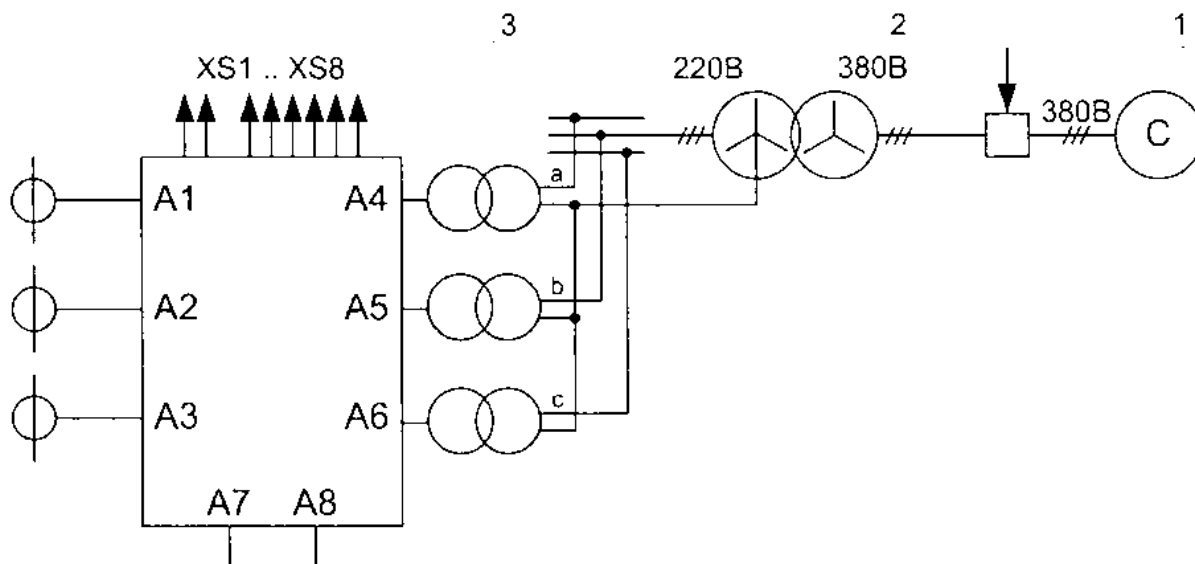
3.5 кесте – Алынған нәтижелер

Электр энергиясының сапа көрсеткіші	Өлшенген мән	Рұқсат етілген мән
Кернеудің реттелген ауытқуы, %		
Кернеудің өзгеру сарыны, %		
Синусоидалы кернеудің сызғанау коэффициенті, %		
Кері тізбектілік бойынша симметриялық емес кернеу коэффициенті, %		
Нөлдік тізбектілік бойынша симметриялық емес кернеу коэффициенті		
Жиіліктің ауытқуы, Гц		

3.6 кестеге ағымдағы мәндерді енгізу жоғары гармоник кернеуінің мәндерін 2 ден 11 нөмірлері аралығында. «тоқтат» батырмасын басу өлшеуді аяқтаған кезде. ГОСТ талаптарын анықтау берілген көрсеткіштер мен спа бойынша және алынған нәтижелерді салыстыру.

3.6 кесте – Қатысты мәндердің ағымдағы мәні

Электр энергиясының сапа көрсеткіші	Өлшенген мән	Рұқсат етілген мән
Коэффициент 2 гармоникалық құраушы, %		
Коэффициент 3 гармоникалық құраушы, %		
Коэффициент 4 гармоникалық құраушы, %		
Коэффициент 5 гармоникалық құраушы,		
Коэффициент 6 гармоникалық құраушы, %		
Коэффициент 7 гармоникалық құраушы, %		
Коэффициент 8 гармоникалық құраушы, %		
Коэффициент 9 гармоникалық құраушы, %		
Коэффициент 10 гармоникалық құраушы, %		
Коэффициент 11 гармоникалық құраушы, %		



3.18 сурет – Зертханалық сынақ сызбасы

3.9.4 Бақылау сұрақтары:

1. Зертханалық жұмыста модулдердің тағайындалуы?
2. Электр энергиясының сапасы қандай көрсеткіштермен сипатталады?
3. Электр желісінде қандай ауытқулар мен шащыраулар бар?
4. Кернеудің ауытқу формуласын түсіндір?
5. Кернеудің рұқсат етілген ауытқуын ата?
6. Электр қабылдағышының шиналарында рұқсат етілген деңгейдегі кернеуді ұстап тұру үшін қандай шаралар қолданылады?
7. Кернеудің рұқсат етілген шығыны қалай орнатылады?
8. Зертханалық жұмысты орындау үрдісін сипатта?
9. Зертханалық жұмыста берілген электрлік сызбаның жұмысын түсіндір?
10. Зертханалық жұмыста алынған нәтижелерді сипатта?

3.10 Тарауға қорытынды

Бұл тарауда «Электр желілері мен жүйелер» пәні бойынша электр жүйесі моделінің практикалық қолданылуы көрсетілген.

Зерттеу келесі бағыттар бойынша жүргізіледі:

- Бір жақты қуаттылықпен электр желісінің тұрақты күйінің параметрлерін өлшеу;
- тарату желілеріндегі электр энергиясының жоғалуы;
- Конденсаторлық банк арқылы реактивті қуатты көлденең өтеу арқылы кернеуді реттеу;

- Белсенді жүктеме арқылы тұтынылатын қуатқа кернеу ауытқуының әсерін анықтау;
 - Кернеу ауытқуының индуктивті жүктеме арқылы тұтынылатын қуатқа әсерін анықтау;
 - кернеу ауытқуының сыйымдылық жүктемесі бойынша тұтынылатын қуатқа әсерін анықтау;
 - белсенді, индуктивті және сыйымдылықты жүктемелердің статикалық сипаттамаларын зерттеу;
 - Электр энергиясының сапасын өлшеу.
- Барлық жұмыстардың мақсаты студенттерден келесі сұрақтарды білу:
- электр жеткізу желісінің режимдік параметрлері мәніне әсер ететін факторларды зерттеу (белсенді және реактивті қуаттар, токтар мен кернеулер);
 - бір жақты қуатпен желілердің тұрақты күйін басқару әдістерін зерттеу;
 - желілердегі режим параметрлерінің мәндерінде (тораптардағы кернеу, белсенді және реактивті қуаттың асқынулары, шығындар) толассыз жеке түйіндерде электр беру желілерінің параметрлерін (ұзындығы, номиналды кернеуі) және жүктеме параметрлерінің әсерін зерттеу;
 - тарату желісінде белсенді және реактивті қуат шығындарының көлеміне әсер ететін факторларды анықтау;
 - электр қуатын жоғалтудың жүктеме мен оның сипатына тәуелділігін зерттеу;
 - таратушы желінің номиналды кернеуінің белсенді және реактивті қуат шығындарының көлеміне әсерін зерттеу;
 - таратушы желінің түйіндеріндегі кернеулердің көлденең сыйымдылық өтемінің әсерін зерттеу;
 - кернеу шамасының белсенді жүктемемен тұтынылатын қуатқа әсерін зерттеу;
 - индуктивті жүктеме арқылы тұтынылатын қуатқа кернеу ауытқуының әсерін анықтау тәртібін зерттеу;
 - сыйымдылық жүктемесі бойынша тұтынылатын қуатқа кернеудің әсерін зерттеу;
 - белсенді және реактивті қуатты кернеу мен желі жиілігіне белсенді желілік және сызықтық жүктемелерге, сондай-ақ индуктивті жүктемелерге тәуелділігін зерттеу;
 - электр энергиясының сапасын өлшеу әдістерін зерделеу;
 - электр энергиясы сапасының негізгі көрсеткіштерін өлшеуді жүргізеді, нәтижелерді электр энергиясы сапасының мемлекеттік стандартының талаптарымен салыстырады.

4 ТАРАУ. ЭЛЕКТР ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ИНЖЕНЕРЛІГІНЕ ҚОЛДАНУҒА АРНАЛҒАН ӨТКІЗУ ПРОЦЕССИ «ЭЛЕКТР ЖҮЙЕСІНІҢ МОДЕЛЛЕРІ» ТӘЖІРИБЕСІНІҢ ТІЗІМІ

4.1 Электр желісінің үш фазалы қысқа тұйықталуындағы шексіз қуат көзінен өтпелі талдау

Жұмыстың мақсаты: шексіз қуат көзі арқылы қоректенетін электр желісінің үш фазалы КЗ үшін өтпелі талдау жасауды үйрену.

4.1.1 Жұмысты орындауға тапсырма

- электр желілерінде қысқа тұйықталу токтарының шамасына әсер ететін факторларды зерттеу;
- қысқа тұйықталу тогының соғылып артуына ықпал ететін және жылдамдығы тұрақты құрамдас демпферлік факторларды анықтау.

4.1.2. Теориялық мәліметтер

Таңбасы электромагниттік өтпелі үш фазалы қысқа тұйықталу электр көздерінің тұрғысының қашықтығына байланысты кезде болады. Біріншіден, станциялық және жүйелік қашықтағы нүктесінде қысқа тұйықталуды қарастыру.

Ақаулық электр қуат көзі нүктесінде болғандықтан жойылады, оған барлық кемшіліктер, генераторлардың жүйесін пайдалануға айтарлықтай әсер етпейді. Бұл факт өзгеріссіз жүйесінің параметрлерін қарастыруға мүмкіндік береді. Бұл жағдайда, электрмен жабдықтау автобус шиналары тұрақты кернеу немесе шексіз автобустар деп аталады. Трансформаторлық байланыстардың онда болмаған шоғырланған қарсылық және индуктивті кедергісі бар симметриялы үш фазалы тұйықталу үш фазалы қарапайым тізбек деп аталады. Мұндай тізбек электромагниттік процесс деп аталады, ол шексіз қуат көзі арқылы қуат көзіне қосылғанына болжам қарастыруға болады. Мұндай көз жиілігі және амплитудасы шина бойынша тұрақты кернеуге сипатталады. Кез келген нақты көздің ақырғы қабілеті бар, бірақ ол қысқа тұйықталу саналатын элементтерін қуатына қарағанда көп есе артық болса, электр жүйесін автобустарда кернеу практикалық есептеулерде қабылдауға мүмкіндік береді, аздап өзгереді және бұл өзгеріс назарға алынбайды.

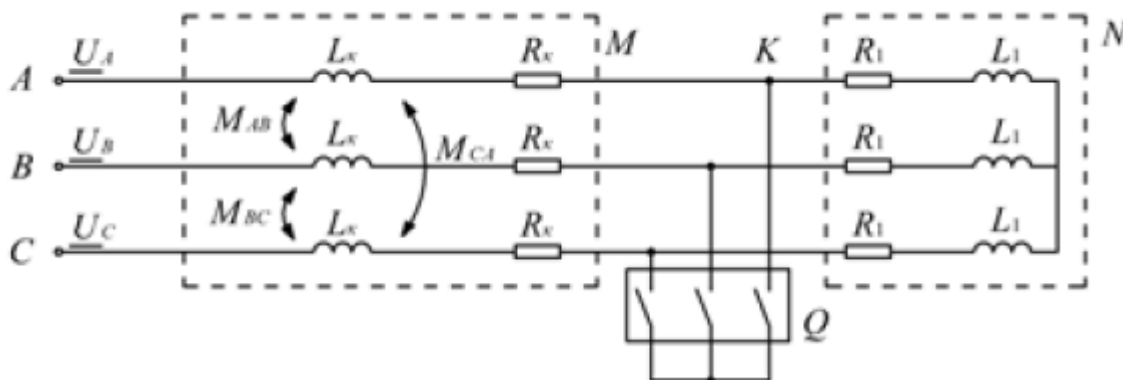
Сонымен қатар, автоматты жүргізу бақылаудың (АРВ) болуы одан әрі осы жорамалды қабылдауға ықпал етеді. Бұл болжам жасаусыз әдетте орнатылған жабдықтың таңдауына әсер етпейді десек, қысқа тұйықталу тогы, өткізеді. Негізгі жорамалдар токтар мен кернеулер арасындағы деп сенеміз демек сызықтық қарым-қатынас сақталады, шынжырларға қарасақ олар тұрақты коэффициенттері сызықтық дифференциалдық теңдеулер

байланысты болуы мүмкін. 2.1-сурет симметриялы үш фазалық тұйықталу, синусоидалы кернеуге қуат көзін көрсетеді:

$$\begin{aligned} u_A &= \sqrt{2} U_{\Pi} \sin(\omega t + \alpha), \text{ кВ}; \\ u_B &= \sqrt{2} U_{\Pi} \sin(\omega t + \alpha - 120^\circ), \text{ кВ}; \\ u_C &= \sqrt{2} U_{\Pi} \sin(\omega t + \alpha + 120^\circ), \text{ кВ}, \end{aligned} \quad (4.1)$$

мұндағы U_{Π} - кернеу көзі;

α - қосу фазасы - кернеу мен нақты осі А (4.1 сурет) арасындағы фазалық бұрышы.



Сурет 4.1 – Қарапайым үш фазалы тұйықталу

Бұл схема жылы жерге бір-бірімен және фазалық сыйымдылығына байланысты электромагниттік өтпелі процесінің оның әсеріне елеусіз болып есептелмейді. Бұл айтарлықтай тізбекте өтпелі электр жиілік процесінің талдауын жеңілдетеді, тізбектеріндегі тербеліс мүмкіндігін жояды. Қалыпты пайдалану, тұйықталу кезеңдерінде ағып ток кернеуі көзі мен алынған қарсылық анықталады:

$$\begin{aligned} i_A &= \sqrt{2} I_{\Pi} \sin(\omega t + \alpha - \varphi_{\Pi}); \\ i_B &= \sqrt{2} I_{\Pi} \sin(\omega t + \alpha - \varphi_{\Pi} - 120^\circ); \\ i_C &= \sqrt{2} I_{\Pi} \sin(\omega t + \alpha - \varphi_{\Pi} + 120^\circ), \end{aligned} \quad (4.2)$$

мұндағы $I_{\Pi} = U_{\Pi} / Z_{\Sigma}$ – Айнымалы ток компонентінің тиімді құны;

$Z_{\Sigma} = \sqrt{R_{\Sigma}^2 + X_{\Sigma}^2}$ – импеданс тұйықталу;

$R_{\Sigma} = R_K + R_1$ – белсенді тұйықталу төзімділігі;

$X_{\Sigma} = \omega (L_K + L_1)$ – индуктивті қарсылық тұйықталу;

– $\varphi_{\pi} = \arctg \frac{X_{\Sigma}}{R_{\Sigma}}$ сол тізбектің кернеу мен ток арасындағы бұрыш жылыжуы

КЗ көзіне қосылған, және басқа да К болып отырған N - болып табылатын ағымдағы қысқа тұйықталуға айналады М - нүктесіндегі К (сурет 4.1) ақаулық қарапайым электр тізбегі, олардың бірі екі тәуелсіз тізбектер (М және N таңбалау арқылы), ыдырайтын кезде сондай-ақ ұзақ магнитті аумақ сақталған энергетикалық белсенді қарсылықты R1 жинақталатын жылу кіру ретінде емес сақтап қалу үшін, тұйықталу N дифференциалдық кернеу балансының теңдеу бөлігін құрайды

$$0 = i_j R_1 + L_1 \frac{di_j}{dt}, \quad (4.3)$$

мұндағы $j = (A, B, C)$.

теңдеудің шешімі (4.4) болады

$$i = i_0 e^{-\frac{t}{T_{a1}}}, \quad (4.4)$$

мұндағы i_0 – ағымдағы бастапқы құны;

T_{a1} - ағымдағы ыдырауының еркін тұрақты уақыты. Теңдеу (4.4) ауданы магнитудасын білдіру уақытында анықталады тұрақты T_{a1} экспоненталық кетушілерге, онда тек еркін N ағымдағы бар екенін көрсетеді.

$$T_{a1} = \frac{L_1}{R_1} = \frac{X_1}{\omega R_1}, \text{ с.} \quad (4.5)$$

Тұйықталу симметриялы болғандықтан, өрнек (2.4) заңды барлық үш кезеңі үшін құрылады. Кезең бойынша бастапқы құны I_0 ағымдарда әр түрлі болады.

4.1.3 Жұмыстың орындалу тәртібі

1) Схемасы зертханалық сынақтарда 4.2 сурет жинау (стенд барлық модульдер өшірулі болуы тиіс!). диаграмма нүкте К1 кезінде үш фазалы қысқа тұйықталу модельдеу режимін қысқарту (Q-фазалы электр) үшін қосылу нұсқасын көрсетеді. Әрбір фаза токтың қысқа тұйықталу ағымдағы кіріс-шығыс модуль датчиктің (Әр арналар, A2, A3) арқылы ағады.

Бұл сіз жазудағы осциллографтар ретінде дербес компьютер пайдалануға мүмкіндік береді. Сол сияқты ол имитациялық режимі үшін схемасын нүктесі K2 кезінде үш фазалы қысқа тұйықталу жатыр.

2) электр жеткізу желісі импеданс (SA1 қосқыш 3) бойлық компоненттің ең жоғары мәнін орнатыңыз және көлденең компонентін (SA2 ажыратқыштар, 1-позицияға SA3) ажыратыңыз.

3) Лауазымға 3 индуктивті жүктемесінде SA1 модульінің индуктивтілік мәнін орнатыңыз.

4) жеке қосқыш электрмен жабдықтау «Желі» бар барлық қатысушы модульдерді қамтиды.

5) қосқыш модульді қоссаңыз үш фазалы желі болып табылады.

6) Компьютерде, бағдарлама кешені «DeltaProfi» іске (Бастау - Бағдарламалар - зертханалық кешені - DeltaProfi). Ашық зертханалық командасы «жұмыс істейді - EPS өтпелі - Симметриялы кінәсінен өтпелі» «- Бастау басқару» немесе пернелер F5

7) ағымдағы осциллографтар «Бастау» түймешігін немесе негізгі мәзірде процесін бастаңыз.

2) технологиялық осциллографтар «Стоп» батырмасын тоқтату, негізгі мәзір командасы «басқару - Stop» немесе жылдам перне F6. Баспасөз «Off» модулі үш фазалы желі. Азық-түлік стенд өшіру.

3) бағдарламалық қамтамасыз ету жүйесін пайдаланып DeltaProfi бақылайды, амплитудасы қажетті мәнді және дисплей ауқымдағы жолдық сигнал орнатыңыз.

4) диаграмманың төменгі жағындағы навигациялық басқару элементтерін пайдалану, жазылған сигналды көру.

5) өтпелі процесінің сипатына билік әсерін анықтау.

6) нүктесі K2 кезінде ұқсас тәжірибесі үш фазалы қысқа тұйықталуын жүргізу. тұйықталған ток мерзімді компонентті мәнін анықтаңыз.

7) үш фазалы кінәсінен ағымдағы ТБЖ үшін қуат көзінен әсері қашықтық RS анықтау үшін алынған мәліметтер.

8) Мазмұны зертханалық жұмыс туралы есеп.

4.1.4 Бақылау сұрақтары

1. зертханада қолданылатын модульдерді сипаттаңыз.
2. Сіз «термині қысқа тұйықталу» -ды қалай түсінесіз?
3. Жалғау нұсқалары қандай зертханада қолданылады?
4. ЛЭП импеданс бойлық компонентінің ең жоғары мәні қалай?
5. билік ретінде стенд қалай жеткізіледі?
6. Бағдарламалық пакет зертханалық жұмыста қалай пайдаланылады?
7. Зертханада осциллографтар процесі қалай жүргізіледі?
8. Сканерлеу және сигнал амплитудасы ауқымды дисплей зертханалық жұмысына орнатылуы тиіс қандай мөлшерде?
9. Зертханалық жұмыста көрсетілген диаграмманы түсіндіріңіз.
10. Зертханалық жұмыста қолданылатын жүктеме қандай?

4.2 Шексіз қуат көзінен электр желісіне асимметриялық қысқа тұйықталуы бар өтпелі талдау

Жұмыстың мақсаты: оқшауланған және бейтарап жерге қосылған зиянды түрін қысқа тұйықталу тогының тәуелділігін зерттеу.

4.2.1 Жұмысты орындауға тапсырма

- шексіз қуат көзі қоректенудің электр желісінің асимметриялық өтпелі талдау
- эксперименттік зерттеулер жүргізу.

4.2.2 Теориялық мәліметтер

Ақаулық кернеуі симметриялық кемшіліктері кезінде теріс жағында пайда болады және нөлдік реттілігі, ол кезде қалыпты жұмысы жоқ электр желісі. Осы стресс әсерінен теріс кернеу және нөлдік реттілігі бар тұйықталу тоқтарында орын алады. 3-фазалы қысқа тұйықталу бар кінә нүктесінде,, ақаулық кернеу 0 (металл RS) болып табылады. Қалдық ақаулық болса - бұл симметриялы болады. Симметриялы кемшіліктер бар болмаса, кернеуі, оң, теріс және нөлдік реттілігі пайдаланылады, осылайша, сызықтар оң токтар, теріс және нөлдік ретінде ағып өтеді.

Тұйықталу элементтері әдетте, токтың, теріс және нөлдік реттеріне арналған. Қарсылықтары ерекшеленетін және тиісінше тікелей қарсылық, теріс және нөлдік реттілігі: X_1 , X_2 , X_0 .

Электр жүйесі тек тікелей тізбегі EMF бар. Токтар нольдік және теріс кернеу жүйелі ғана тиісінше төтенше балл кернеулер симметриялы компоненттер нөлдік және теріс ретіндегі U_{K0} және U_{K2} арқылы анықталады.

Ақаулық орналасқан жері бойынша толық фазалы ток және кернеу болып табылады. Осылайша, асимметриялық кінәсінен өтпелі есептеу симметриялық жүйесінің жоғарыдағы шешімдері токтар мен кернеулер компоненттерін және олар бойынша табу, әр реті қорытқы схемасын баламалы қарсылық анықтау үшін азайтады.

4.2.3 Жұмыстың орындалу тәртібі

1) тізбектегі зертханалық зерттеулер (стенд барлық модульдер өшірулі болуы тиіс!) 4.3-сурет құрастырыңыз. диаграмма нүкте K1 екі фазалы қысқа тұйықталу модельдеуге режимін қысқа қосылуы(Q-фазалы электр) үшін нұсқасын көрсетеді. Әрбір фаза токтың қысқа тұйықталу (арналар A1, A2, A3) ағымдағы кіріс-шығыс модулі сенсоры арқылы ағып, және фазалық кернеу арналары A4, A5, A6 арқылы жарады. Бұл схема фазалық зақымдалған токтар

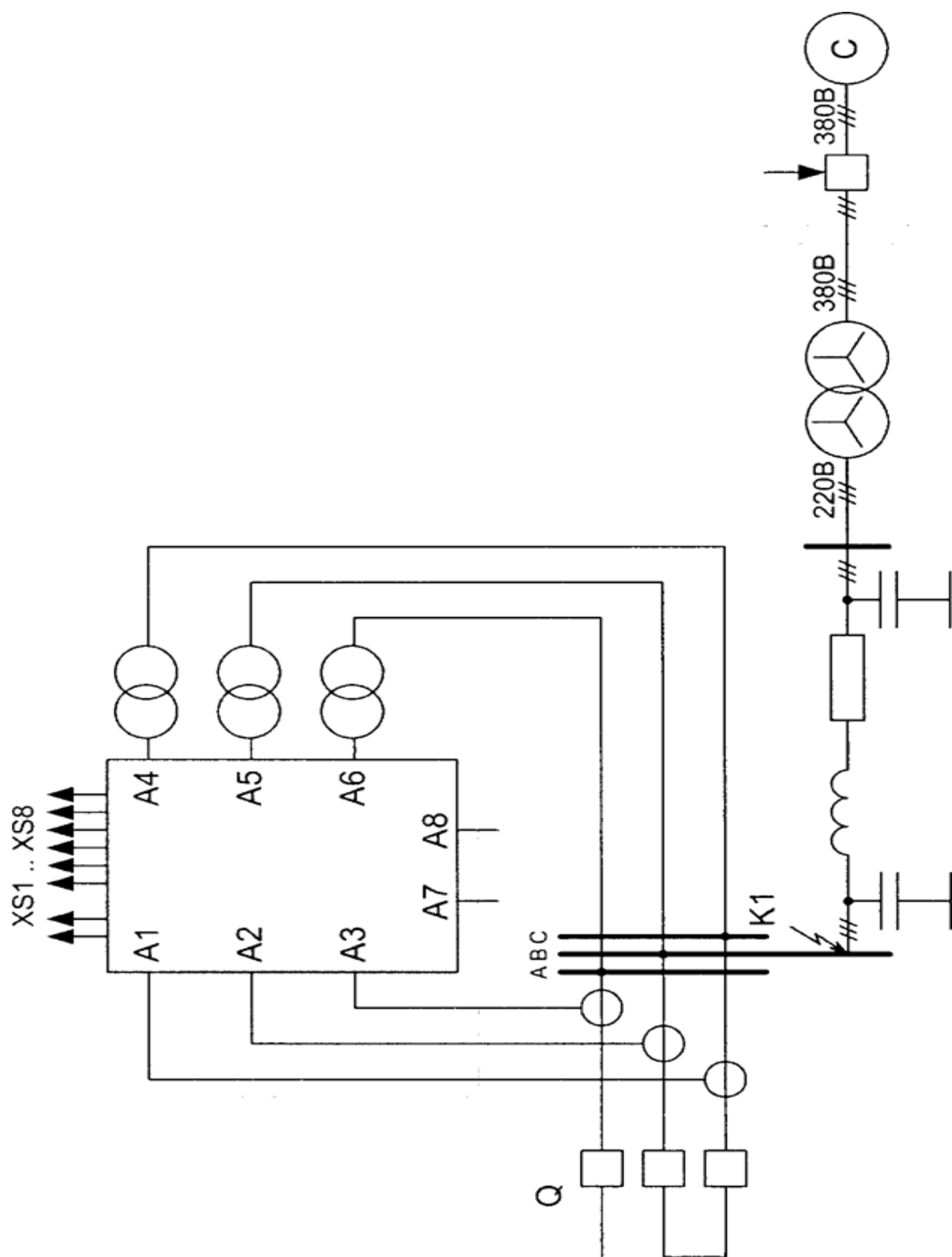


Рисунок 4.3– Схема лабораторных испытаний

және бүлінбеген токтар және фазалы кернеу болып екі басқаруға мүмкіндік береді.

2) электр жеткізу желісі импеданс (SA1 қосқыш 3) бойлық компонент ең көп мәнін орнатыңыз; көлденең компонент (SA2 қосқыштар, лауазымы 1 SA3) ажырату.

3) (стенд) автоматты қуат көзінің модулін қамтуы стенд қуатын жағыңыз.

4) жеке қосқыш электр жабдықтау «Желі» бар барлық қатысушы модульдерді қамтиды.

5) қосқыш модульді қосыңыз үш фазалы желі болып табылады.

6) Компьютерде, бағдарлама кешені «DeltaProfi» іске (Бастау - Бағдарламалар - зертханалық кешені - DeltaProfi).

7) Ашық зертханалық командасы «жұмыс істейді - EPS өтпелі - Асимметриялық тұйықталу кезінде өтпелі»

«- Бастау басқару» немесе пернелер F5 ағымдағы осциллографтар «Бастау» түймешігін немесе негізгі мәзірде процесін бастаңыз.

7) Баспасөз қосқыш Q және екінші батырмасы автоматты ажыратқыш көптеген Q. түймесі

8) процесс осциллографтар «Стоп» батырмасын тоқтату, негізгі мәзір командасы «басқару - Stop» немесе жылдам перне F6.

9) «файлға File-Save ...» Негізгі мәзір нәтижесінде осциллограммы командасын сақтаңыз.

10) екі фазалы қысқа тұйықталу басқа түрлері тәжірибесін қайталау. ЕСКЕРТУ! залал түрін өзгерту үшін сіз схемасын өзгерту және қайта стенд қамтуы, тұғырды өшіру керек.

11) 5..11 кадамдарды қайталаңыз.

Қосқыш модуль үш фазалы желі ажырату стенд қуатын өшіріңіз. Деректерді өңдеу қорытындылар және зертханалық жұмыс бойынша есеп беру.

4.2.4 Бақылау сұрақтары

1. Қысқа тұйықталу нені білдіретін 2 шорттың қандай түрлері бар?
2. Электр жүйелеріндегі қысқа тұйықталудың қандай ықтималдығы бар?
3. Электр жүйелерінде туындайтын қысқа тізбектердің қандай түрлері?
4. Электр жүйелерінде қысқа тұйықталудың салыстырмалы ықтималдығы қандай?
5. Осы зертханалықта пайдаланылатын модульдерді сипаттаңыз.
6. Кез келген зертханалық жұмыс үшін қандай параметрлерді орнатуға болады?
7. Қосқыштар орнату үшін қажеттілікті және қуаты зертханалық жұмыс қалай жеткізіледі ?
8. Осциллографирование процесс болып табылады? сканерлеу және сигнал магнитудасы картаға ауқымды амплитудасы қандай?
10. Сигналды көру мүмкін бе?

4.3 Оқшауланған және бейтарап жерге қосылған желілерде бір фазалы қысқа тұйықталу кезінде өтпелі талдау

Жұмыстың мақсаты: - оқшауланған және бейтарап жерге қосылған зиянды түріне қысқа тұйықталу тогының тәуелділігін зерттеу.

4.3.1 Жұмысты орындауға тапсырма

- оқшауланған және бейтарап жерге қосылған желі өтпелі бір фазалы қысқа тұйықталу талдау үйренеді;
- эксперименттік зерттеулер жүргізу;
- зертханалық жұмыс туралы есеп;
- бақылау сұрақтарына жауап беру.

4.3.2 Теориялық мәліметтер

Өнеркәсіптік кәсіпорындардың электр желісі жер трансформатор оқшауланған бейтарап және жерге немесе тығыз шағын қарсылық арқылы қосылған трансформатор бейтараптық екі жұмыста істей аласыз. Оқшауланған бейтарап желісі бар, ол сенімді үздіксіз оқшаулау мониторинг құрылғы алдын ала белгіленген шектен төмен оқшаулау кедергісі төмендеумен желісін ажырату жағдайда ғана тиімді жұмыс істейді және сақтандырғыш тесіп тұтастығын тұрақты мониторинг көзделген.

Қазіргі уақытта, екі операциялық кернеу қолдануға мүмкіндік беретін жерге бейтарап ең кеңінен төрт сымды желі өнеркәсіптік кәсіпорындарда, - сызықтық және фаза қолданылады.

Ортақ трансформатор қуаты және жарықтандыру электр тұтынушылардың аралас жеткізу үшін неғұрлым қарапайым және сенімді жүйесін пайдалану т.б. арзан трансформаторлар аз санын орнату арқылы тұтастай орнатуды, дирижер материалды қысқарту, және қамтамасыз етеді.

Жерге бейтарап желісінің көзқарасы қауіпсіздік тұрғыдан алғанда, оның кемшіліктеріне қарамастан, бейтарабы оқшауланған желілермен артық қауіпті емес. Жерге үлкен сыйымдылық туысының болуы елеулі осы желілердің белгілі артықшылықтарын жоққа оқшауланған бейтарабы бар кабель жүйелерін тармақталған. Электр қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін негізгі қорғаныш шаралары қолданылады: оқшауланған бейтарабы бар жүйелерінде - жойылып - қорғағыш жерге, және жерге бейтарап желілерде.

Жойылып бара жатқан кезде электр кернеу болады, барлық емес ағымдағы асыратын металл бөліктері нөлдік қорғаныс дирижер байланысуы кезінде, келген тұйықталу тұрғын үй немесе металл құрылымында осындай байланысты арқасында бір фазалы қысқа тұйықталу болып, сақтандырғыш немесе автоматты іске жақын өртеп және зақымдалған аймақты өшеді.

Жерге қорғаныс іс-қимыл жерге және жерге мүшесі арасындағы байланысты сенімділік, қарсылық жерге қосу құрылғыларының байланысты. Қорғаныш дирижері - жерге бейтарап электр желілерінде зақымдалған

бөлігін өшіріп жылдамдығы мен сенімділігін үшін маңызды фазалық жолсерігі тұйықталу қарсылық болып табылады. Осы факторлардың барлығы жерге құрылғымен, оның орнату дұрыстығы және пайдалану есептеу дәлдігі байланысты. Сондықтан, өз жұмысының барысында мезгіл жаңадан орнатылған электр қондырғыларының, сондай-ақ пайдалануға дейін жерге құрылғылардың мұқият тест жүзеге асырылады.

4.3.3 Жұмыстың орындалу тәртібі:

1) Тізбек зертханалық зерттеулер (стенд барлық модульдер өшірулі болуы тиіс!) 4.4-сурет құрастырыңыз. диаграмма нүкте K1 кезінде бір фазалы қысқа тұйықталу режимін модельдеуге қысқа (Q-фазалы электр) үшін қосылу нұсқасын көрсетеді. әрбір фаза токтың қысқа тұйықталу (арналар A1, A2, A3) ағымдағы кіріс-шығыс модулі сенсоры арқылы ағып, және фазалық кернеу арналары A4, A5, A6 арқылы жараны. Бұл схема фазалық зақымдалған токтар және бүлінбеген токтар және фазалы кернеу екі басқаруға мүмкіндік береді.

2) ЛЭП импеданс (SA1 қосқыш 3) бойлық компонент ең көп мәнін орнату; көлденең компонент (SA2 ажыратқыштар, SA3 ұстанымын қамтиды электр жеткізу желісі (бейтарап байланысты емес жалпы нүктесі) оқшауланған бейтарап режимі трансформаторлық тобын орнатыңыз.

3) Трансфер басқару режимін барлық қатысушы бірлік ауыстырады. автоматты қуат көзінің модулін қамтуы стенд қуатын жағыңыз. жеке қосқыш электрмен жабдықтау «Желі» бар барлық қатысушы модульдерді қамтиды.

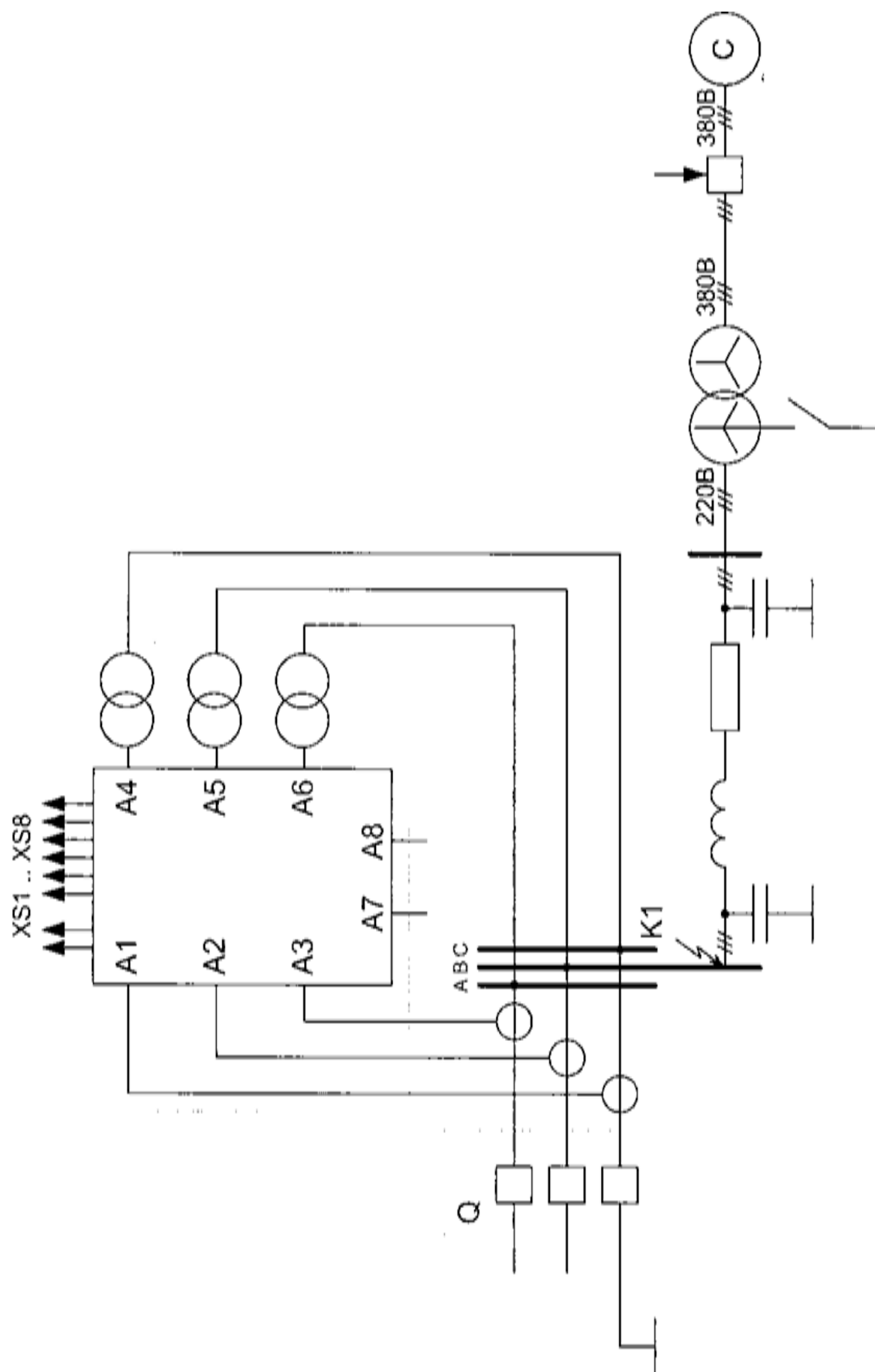
4) қосқыш модульді қосыңыз үш фазалы желі болып табылады. Компьютерде, бағдарлама кешені «DeltaProfi» іске (Бастау - Бағдарламалар - зертханалық кешені - DeltaProfi). Ашық зертханалық командасы «жұмыс істейді - EPS өтпелі - Асимметриялық тұйықталу кезінде өтпелі» «- Бастау басқару» немесе пернелер F5 1) ағымдағы осциллографтар «Бастау» түймешігін немесе негізгі мәзірде процесін бастаңыз.

5) Баспасөз қосқыш Q және екінші батырмасы автоматты ажыратқыш Q. Stop процесі осциллографтар «Stop» түймешігі түймешігін басыңыз, - негізгі мәзірде пәрменді немесе ыстық кілті F6 «Басқару тоқтату». Негізгі мәзір «Файл нәтижесінде Сигнал пішіні команданы сақтау - файлға сақтау.

6) бір фазалы тұйықталудан басқа түрлері тәжірибесін қайталау. ЕСКЕРТУ! залал түрін өзгерту үшін сіз схемасын өзгерту және қайта стенд қамтуы, тұғырды өшіру керек.

7) бейтарап режимін өзгерту: қайталама орамасының (электр желілері орамасының), электр желілері мен трансформаторлардың бейтарап нүктесін қосыңыз. ЕСКЕРТУ! Схемасын өзгерту Сөніп қалған электр стенд (QF1 ажыратқыш) жүргізілуге тиіс.

8) қайталаңыз 5.11 қадамдарды қайталаңыз. Деректерді өңдеу қорытындылар және зертханалық жұмыс бойынша есеп беруге.



Сурет 4.4 – Зертханалық сынақтардың схемасы

4.3.4 Бақылау сұрақтары

1. Осы зертхананың мақсаты қандай?
 2. зертханалық жұмыстарды орындауды сипаттаңыз.
- зертханалық жұмыс сынағында қысқа тұйықталудың қандай түрлері?
4. эксперименттер орнатылған электр желілері кедергісінің мәні қандай?
 5. электрмен жабдықтау қалай стөнд болып табылады?
 6. Қандай бағдарламалар зертханалық жұмыста пайдаланылады?
 7. процесс остиллоградиования токтарын қалай іске қосады?
 8. қысқа тұйықталуды қандай зертханалық тәжірибелермен зерттейді.
 9. зертханалық жұмыста пайдаланылған тізбек орнатуды сипаттаңыз.
 10. Осы зертханалық тапайдаланылатын модульдер туралы ақпарат беріңіз.

4.4 Белсенді және реактивті қуаттың желісі мен реттеу үшін синхронды жерасты ұңғымалы генераторларына зерттеу

Жұмыстың мақсаты: желіге синхронды генераторлардың толық ауқымдағы синхрондау тергеу және оның белсенді және реактивті қуатын реттеу

4.4.1 Жұмысты орындауға тапсырма

- 1) желісі бар мастер әдістемесін дәл қолмен синхрондау генераторы;
- 2) режимі параметрлерін СГ негізгі принциптерін реттеуді зерттеу: кернеу, ток, белсенді және реактивті қуат

4.4.2 Теориялық мәліметтер

-үндестіру деп аталатын жұмыстың өзін параллельді қосу процесінде енгізілетін СГ дайындау.

Синхрондаудың үш жолы бар

1. дәл;
2. дөрекі;
3. Өзін-өзі синхронизациялау.

Бұл әдістер төменде келтірілген.

Белгіленбеген келесі синхрондау жағдайларды орындауға, қатарлас жұмыс жасау үшін SG мүмкіндік береді:

яғни

1. теңдік кернеу U_c желілік және ЭМӨ E_z генераторына қосылған $|U_c| = |E_z|$
2. желінің жиілік f_c және қосылған генератордың теңдігі f_z , т. е. $f_c = f_z$.

3.екі генератордың фазалық кернеулерінің фазадағы аттас векторлармен сәйкес келуі, әйтпесе фаза бойынша векторлар бұрышының ығысуы нөлге тең. $e. \varphi = 0^\circ$.

4.үшфазалы генераторлардың ауысу тәртібі бірдей, яғни $A_a - B_b - C_c$ және $A_z - B_z - C_z$. Іс жүзінде бұл тұжырымдар А, В және С әрбір генераторда шинаға қосылғанда болуы тиіс, шинаға қосылу тиісті А, В және С ГЭРЦ. Бұл шарттардың орындалуы қалай тексерілетіні және олардың бұзылуы кезінде не істеу керектігін түсіндіреміз. Бірінші шарттың орындалуын тексеру үшін ажыратып қосқыш вольтметр, шинадағы кернеуді өлшеу кезекпен рұхсат етілген (желінің) және шинаға қосылған генератор қысқыштарын қолданады. Егер қосылған генератордағы кернеу көп болса (аз) шинадағы кернеу былай жасалады:

1. қосылған кернеудің қозу тоғы реостат қозуының көмегімен өңдеуді азайтады (ұлғайтады), әрбір генератордың генераторлық панельдері сабы оң жақ бөлігіне көшірілген;

2. автоматты басқару кезінде (ұлғайтады) (АРН) генераторы ток қоздыру әсер ететін реттеп тұрған кернеуді автоматты реттеуіш кернеу азайтады, әрбір генератордың генераторлық панельдері сабы оң жақ бөлігіне көшірілген.

Екінші шарттың орындалуын тексеру үшін ажыратып қосқыш жиілік, шинадағы кернеу жиілігін өлшеуге кезекпен рұхсат етілген (желіде) және шинаға қосылған генератор қысқыштарын қолданады.

Егер қосылған кернеудің ток жиілігі көп болса (аз) шинадағы токтың жиілігі, онда қосылған кернеуде азаяды (ұлғайтады) дизелді отын беруді қозғалтқыш жағына басқару тұтқасын бұрумен болады «Аз» («Көп»).

Әрбір генератордың генераторлық панелі оң жақ бөлігіне осы сап көрсетілген.

Үшінші шарттың орындалуын тексеру үшін шамдық немесе бағыттамалық синхроскоп қолданылады. Барлық 3 шамдар өшірілген кезде генераторлық автоматты (егер синхроскоп «қараңғылық» схемасы бойынша қосылған болса), не жоғарғы (егер синхроскоп «отты айналу» схемасы бойынша қосылған болса), не синхроскоптың стрелкасы жағдайды алатын болса қосу керек «12сағат».

Төртінші шарттың орындалуын тексеру эксплуатация жүйесінде кеме жасамайды. Генераторлардың шинаға қосылу тәртібін кеме верфтерін қамтамасыз ететін электромантаж мамандары қажетті деп түсіндіреді.

Сондықтан электрмеханикке бұл талаптардың орындалуын тексерудің қажеттілігі жоқ.

Алайда жөндеу-профилактикалық жұмыстарды орындаудан кейін, оның барысында шиналардан үзілген генератор ГЭРЦ, бойынша осы талаптардың орындалуын тексеру міндетті.

Егер синхрондаудың барлық талаптары орындалған болса онда генератордың ГРЦ шинаға қосылуы мүмкін болады, ал генератор іске қосылғаннан кейін бос жүріс режимінде қалады.

4.4.3 Жұмыстың орындалу тәртібі

- 1) 4.5 суреттегі зертханалық сынақтардың схемаларын жинау (Стендтегі барлық модульдер өшірулі болуы керек!).
- 2) ЭБЖ бойлық құрамдас бөлігі кедергісінде максималды мәнді орнату (3 жағдайындағы SA1 ажыратып қосқышы) және көлденең құрауыштарды өшіру (1 жағдайындағы SA2, SA3 ажыратып қосқыштар).
- 3) Барлық тартылған блоктар жағдайында басқарудың режимінде ажыратып қосқышты аудару.
- 4) RP1 жиілік түрлендіргіштегі модуль тапсырмаларында және шеткі сол жақ жағдайында қозу модулінде потенциометрді орнату керек.
- 5) Стендке қорек көзін беру (қоректену стенді модулінің автоматын қосу).
- 6) Жиілік түрлендіргіштің модулі айналу бағытындағы жетек қозғалтқыштың жағдайында SA1 ажыратып қосқышына ауысады «Алға».
- 7) Қорек көзін берудің жеке тумблерін қамтамсыз ететін барлық модульдерді қосу «Желі».
- 8) Жиілік түрлендіргіш модулінде берілгендер бойынша кернеуді баяу арттыра отырып (RP1 потенциометрі), электр машина агрегатының номиналды айналу жиілігін (1500 об./мин) орнату (жылдамдықты өлшеуіштердің көрсеткіштерін бақылау).
- 9) Қозу модуліндегі кернеуді баяу арттыра отырып (RP1 потенциометрі), СГ статорлық орамдағы желілік кернеудің 220В жақын шамасын орнату (VI вольтметрдің көрсеткіштері бойынша бақылау).
- 10) Үш фазалы желінің ажыратқыш модульін қосу (SB1 батырма).
- 11) Hz1 және Hz2 жиілік көрсеткіштері бойынша электр желісінің және электр машина агрегатының жиілігін түзеу. Ол үшін жиілік түрлендіргіште берілгендер бойынша кернеуді міндетті түрде өңдеу керек (RP1 потенциометрі).
- 12) VI және V2 көрсеткіштері бойынша вольтметрді генератор және желі тарапынан түзеу. Ол үшін қозу модулінде берілген кернеуді міндетті түрде өңдеу керек (RP1 потенциометрі).
- 13) 11 және 12 тармақтарды қажет болған жағдайда қайталаңыз, әзірге кернеу жақын болмайды ($AU \leq 10V$), ал кернеу сырғуы кезіндегі өзгерістер кем дегенде бір секунд болады.
- 14) Ажыратып қосқыш модульдегі синхрондаудың бір аттас фаза кернеулерінің векторларға сәйкес келуі (шамдар сөнуі тиіс), оны қосуға команда беру (SB1 батырма).
- 15) Активті және реактивті қуаттарды өлшеу режимінде қуатты әмбебап аспап өлшеуіштерге өзгерту (см. тех. модульді сипаттау «қуатты өлшеуіш») және активті және реактивті қуат шамасын тіркеу. Оларды бағалау және синхрондау бойынша барлық шарттарына қорытынды жасау.



16) Жетек қозғалтқышында берілген кернеуді өзгерте отырып, активті қуат шамасы мен электр машина агрегатының білігіне момент шамасының ықпалын анықтау, реактивті қуат және генератор шығарылуындағы кернеу.

17) Қозу модуліндегі берілген кернеуді өзгерте отырып активті қуат шамасындағы синхронды генератордың тоқ қоздыру шамасына, генератордың реактивті қуаты және оның шығуындағы кернеу әсерін анықтау.

18) СТЕНДТІ ӨШІРУ ТӘРТІБІ:

- генераторды реактивті қуат бойынша нөлге дейін түсіру. Бұл үшін, жиілік түрлендіргіштерде берілген кернеуді бірқалыпты азайту, әзірге реактивті қуат (қуатты өлшеуіштердің көрсеткіштері бойынша) нөлге тең болмайды.

- генераторды реактивті қуат бойынша нөлге дейін түсіру. Бұл үшін, қозу модулінде берілген кернеуді бірқалыпты азайту, әзірге реактивті қуат (варметрдің көрсеткіші бойынша) нөлге тең болмайды.

- синхрондау модулінің айратқышын өшіру (SB2 батырма).

- генератордың қозу тоғын азайту (RP1 қозу модулінің потенциометрі) бірақ нөлден.

- жетек қозғалтқыштың айналу жиілігін төмендету (RP1 жиілік түрлендіргіш модулінің потенциометрі) минималды мәнге дейін (яғни жиілік түрлендіргіш параметрлерінде берілген).

- барлық модульдердің қорек көзінің стендін өшіру.

- қорек көзінің стендін өшіру.

19) Алынған нәтижелерді өңдеу және қорытынды шығару, зертханалық жұмыс туралы есепті дайындау.

4.4.4 Бақылау сұрақтары

1. Изолятталған желі және тікелей жерлендірілген бейтарап қысқа тұйықталу дегеніміз не?

2. Зертханалық жұмыстың мақсаты қандай ?

3. Зертханалық сынақтардың схемаларын жасаудың қажеттілігі неде?

4. ЭБЖ бойлық құраушы кедергі шамасы неге тең?

5. ЭБЖ тарапынан бейтарапты трансформатор топтары жұмысы барысында қандай режимдерді орнату қажет?

6. Берілген зертханалық жұмыста қандай модульдер стенді қолданылған?

7. Зертханалық жұмыста қандай эксперименттік деректер зерттелген және қанша тәжірибелер өткізілді?

8. Зертханалық жұмыста берілген электрлік сызба жұмысын сипаттаңыз?

9. Қысқа тұйықталу тоғына анықтама беріңіз және электр желілерінде қысқа тұйықталу тоғының қандай түрлері бар?

4.5 Синхронды генератордың бұрыштық сипаттамаларын анықтау

Жұмыстың мақсаты: синхронды генератордың бұрыштық сипаттамаларын анықтауды үйрену.

4.5.1 Жұмысты орындауға тапсырма

- номиналды режимде СГ бұрыштық сипаттамасын алу;
- номиналды режимде СГ статистикалық тұрақтылығының шегін анықтау.

4.5.2 Теориялық мәліметтер

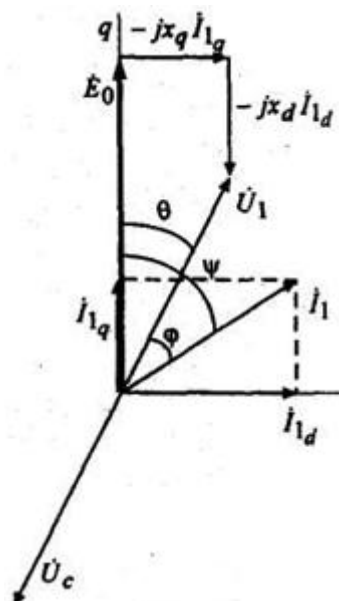
Синхронды машинаның бұрыштық сипаттамасын тәуелділік деп атайды $P_1 = f(\Theta)$ тұрақты тоқта қозу, кернеу және желі жиілігі ($I_f = \text{const}$, $U_c = \text{const}$, $f_c = \text{const}$). Осы сипаттамаларды білу синхронды машинаның маңызды қасиеттерін ескеруге мүмкіндік береді, оның жұмысының тұрақтылығын анықтау желімен қатарлас жүреді.

Синхронды машинаның нақты полюсті роторымен тәуелдідігін табамыз, айтқанда, зәкірдің кедергісі нөлге тең ($r_a = 0$) және машина қуатталмаған.

Синхронды машинаның активті қуаты анықталады

$$P_1 = m_1 U_1 I_1 \sin \phi_1 \quad (4.6)$$

Осы берілгенді түрлендіру үшін тәуелділік $P_1 = f(\Theta)$ синхронды машинаның векторлық диаграммасын қолданамыз, кернеумен $U_c = \text{const}$ қосылған қуатты желі және $f_c = \text{const}$ және желіде реактивті қуат беретін генератор режимінде жұмыс істейді (сурет 4.6).



Сурет 4.6 – Векторлық диаграмма

4.5.3 Жұмыстың орындалу тәртібі

1) №5 жұмыста ұсынылған сызбаны жинау (сурет 4.5).

2) Желіге қарсы жұмысқа генераторды қосу (№5 зертханалық жұмыста әдістемелік нұсқаулықтарға сәйкес 2.. 14 тармақтарын орындау).

3) Синхронды генератордың қозудың номиналды тоғын орнату 1А
Генераторды бірқалыпты ұстай отыра басқару жетекші қозғалтқышының синхронды генератордың оның жүктеме бұрышының $P\{d\}$ активті қуатқа тәуелділік шамасын алып тастау. **НАЗАР АУДАРЫҢЫЗ!** Генератор статистикалық тұрақтылығының шегі жеткен кезде, асинхронды жүріс режиміне ауысады. Ұзақ уақыт болу (10 сек көп) бұл режимде жол берілмейді, сондықтан, тұрақтылық жоғалған кезде қажетті:

- басқару жетек қозғалтқышының кернеу шамасын төмендету, кернеу синхронизмге айналмайынша;

- егер ресинхрондау орындалмаса, үш фазалы желімен байланысты өшіру қажет (SB2 синхрондау модульінің батырмасы), генератордың қозуын алу (RP1 қозу модульінің потенциометрі), электрмашина агрегатының айналу жиілігін реттеу (RP1 жиілік түрлендіргіш модульінің потенциометрі), номиналды мәнге дейін және генератордың желімен синхрондауын қайта жүргізу.

4) Токтың қозу мәнін бос жүрісті генератор режиміне сәйкес белгілеу, (шамаен 0,8А).

5) Генераторды бірқалыпты ұстай отыра (жеке түрлендіргішті арттыра отырып) синхронды генератордың оның жүктеме бұрышының $P(S)$, активті қуатқа тәелділік шамасын алып тастау. синхронды генератордың белсенді қуатының шамасына сәйкес келетін және тұрақтылықтың жоғалу моментін анықтау.

6) Токтың қозу мәнінен сәл төмен мән белгілеу, бос жүрісті генератор режиміне тиісті (яғни генераторды реактивті қуат тұтыну режиміне ауыстыру).

7) Генераторды бірқалыпты ұстай отыра (жеке түрлендіргішті арттыра отырып) синхронды генератордың оның жүктеме бұрышының $P\{d\}$ активті қуатқа тәелділік шамасын алып тастау, синхронды генератордың белсенді қуатының шамасына сәйкес келетін және тұрақтылықтың жоғалу моментін анықтау.

8) Алынған нәтижелерді салыстыру және синхронды генератордың статистикалық тұрақтылығына токтың қозу шамасына әсері туралы қорытынды жасау.

9) №5 зертханалық жұмыста стендті өшіру тәртібіне сәйкес стендтің ажыратылу тәртібі, алынған нәтижелерді өңдеу және зертханалық жұмыс бойынша есепті дайындау.

4.5.4 Бақылау сұрақтары

1. Зертханалық стенд мақсатын және онда қолданылатын модульдерді сипаттаңыз.
- 2.Зертханалық жұмыстың мақсаты қандай ?
- 3.Синхронды генератор нені білдіреді?
- 4.Электр желісіне анықтама беріңіз?
5. Электр схемасы мен зертханалық жұмыста пайдаланылатын элементтердің мақсатын сипаттаңыз?
- 6.Трансформаторлардың қандай түрлері бар және ондағы орамдардың байланысу сызбасын сипаттаңыз?
7. Қанша және қандай тәжірибелер зертханалық жұмыста өткізіледі?
- 8.Потенциометр нені білдіреді және оның зертханалық жұмыстағы мақсаты?
- 9.Зертханалық жұмыстың орындалу барысын сипаттаңыз?
- 10.Зертханалық қондырғылардың өшірілу тәртібі қалай орындалады?

4.6 Элементтердің параметрлерінің әсерін зерттеу, схемасы және оның тұрақтылығындағы электр жүйесінің режимі

Жұмыстың мақсаты: элементтердің параметрлерінің әсерін зерттеу, схемасы және оның тұрақтылығындағы электр жүйесінің режимі.

4.6.1 Жұмысты орындауға тапсырма

- электр желісін беру ұзындығына ықпалын анықтау (оның эквивалентті кедергісі) номиналды режимде СГ статистикалық тұрақтылығының шегі;
- номиналды режимде СГ статистикалық тұрақтылығының шегіне электр желісі кернеуінің ықпалын анықтау.

4.6.2 Теориялық мәліметтер

Орнатылған режимде нақты жүйесі оның параметрлері үнемі өзгеріп отырады, ол мынадай факторлармен байланысты:

- жүктеменің өзгеруі және реттеуші құрылғылардың осы өзгерістерге реакциясы;
- коммутация жүйесінің қалыпты пайдаланылған өзгерістер схемасы;
- қосумен және ажыратумен жекеленген генераторлар немесе олардың қуатының өзгеруі.

Осылайша орнатылған режим жүйесінің әрдайым параметрлерінің шағын ауытқуы өзінің режимінде бар, ол тұрақты болуы тиіс.

Статистикалық тұрақтылық – бұл жүйенің ауытқудан кейін бастапқы режимді қалпына келтіру қабілеті.

КЗ кезінде электр жүйесінде апатты режимдер пайда болады, авариялық ажыратулар болжауы агрегаттардың немесе желілердің және т. б. Үлкен ауытқулардың әсерінен режимнің күрт өзгеруіне алып келеді.

Динамикалық тұрақтылық – бұл жүйенің бастапқыға қайта оралу қабілеті (немесе оған жақын) үлкен ауытқулардан кейінгі жағдайы. Үлкен ауытқулардан кейін синхронды режим жүйесі бұзылады, содан кейін рұқсат етілген үзілістен соң қалпына келтіріледі, онда жүйенің тұрақтылығының нәтижелілігі туралы айтылады.

Жүйенің статистикалық тұрақтылығын анықтауды негізге ала отырып жасауға болады, мұндай режим бар, ол кезде өте аз жүктеме арттыру оның тұрақтылығының бұзылуына алып келеді. Мұндай режим шекті деп аталады, ал жүйенің жүктемесі–статистикалық тұрақтылықтың шарттарына сәйкес максималды немесе шекті жүктемелермен негізделеді.

Жүктемелерді шектеу басқа да себептермен болуы мүмкін,мысалы, электр жүйесінің элементтерін қыздыру арқылы (генераторлармен,трансформаторлармен және басқа да). Бұл жағдайда қыздырудың шарттары бойынша шекті жүктемені айтады және сондай-ақ режимнің барынша көп болу уақытын орнатады.

Кернеудің бұрыштарда және тораптардағы деңгейі жүктемені шектеуі мүмкін.Жүйе элементінің өткізгіштік қабілеті жоғарғы қуатты деп аталады, яғни бұл элемент арқылы барлық шектеу факторларын бере алады (қыздыру, тұрақтылық, тораптардағы кернеу және т.б.)

Өткізгіштік қабілеті туралы түсінік динамикалық тұрақтылық үшін де дұрыс. Бұл жағдайда ҚТ кезінде динамикалық тұрақтылықтың шарттары қандай да бір нүктесінде желінің өшірілуі және қуат берілу шегі туралы айтылады.Электр жүйесінде қолданылатын тұрақтылық – бұл синхронды емес генератор роторларының айналу жүйесіне әсерін жойғаннан кейін бастапқы қалыпқа оралу және жаңа қалыпқа орнатыла алатын жүйенің қабілеті. Егер шама әсері аз болса,(мысалы,жүйенің жүктемесінің біртіндеп өзгеруі) онда статистикалық тұрақтылық жайлы айтылады.Жүйедегі біршама анықталған негіздер, мысалы, қысқа тұйықталу тоғы, динамикалық тұрақтылық туралы айтылады.

Электр жүйесіндегі қатар жұмыстардың тұрақтылығының бұзылуы апатты жағдаймен байланысты, кейбіреуі өте ауыр болып келеді,үлкен қалалар мен аудандардағы электрмен жабдықтаудың бұзылуы болып табылады.

Іс-шаралардың тиімділігі, электр жүйелерінде қолданылатын едәуір дәрежеде ажыратып қосқыштармен анықталады, релелді қорғаныс, аварияға қарсы автоматика, генераторлардың қоздыруын автоматтық реттеу (АРВ) және т.б.

АРВ генераторлар электр станциясы болмаған жағдайда статистикалық тұрақтылық қоры бойынша жеткілікті түрде ие бола алмайды,АРВ орнатылмаған жағдайда оның режимнен айырмашылығы болмайды. АРВ пропорционалды әрекет генераторлары болмаған жағдайда статистикалық тұрақтылық қоры шамасы аз болады, АРВ күшті әрекетінен ерекшеленеді.

Мұндай әсер АРВ статистикалық тұрақтылығының қорына генератор ауыстыру схемаларымен негізделген , яғни қорытынды схемада желі ауыстыру арқылы қосылады. Генераторлардың схемаларын ауыстыру кезіндегі ерекшеліктері әртүрлі АРВ жүйелерінде және осы жүйелердің жұмыс істеу ерекшеліктері нақты физикалық модельдерімен негізделген. Талдай отырып жазылған АРВ күшті жүргізуді орнатуды, генераторлар өндіретін компаниялардың алға ұмтылысын түсіндіруге болады.

Генератордың қысқыштарындағы номиналды кернеу деңгейі барлық жабдықтардың қалыпты жұмыс жасауын қамтамасыз етуге көмектесіп қана қоймай, осы сатыға қосылады, сонымен қатар статистикалық тұрақтылықтың қорын айтарлықтай арттырады.

Өрескел айтқанда, АРВ орнату күшті әрекетті генераторлардың жақсы жұмыс істеуіне тек электромагниттік кезінде ғана емес, сондай-ақ электрмеханикалық өтпелі үрдістер кезінде де ықпал етеді.

Сонымен қатар статистикалық тұрақтылықтың қор шамасына электр станцияны жүйемен байланыстыратын электр желісінің номиналды кернеуі әсер етеді. Кернеу желісінің классы жоғары болған сайын, сол үлкен қорымен статикалық тұрақтылыққа электр станцияларының генераторлары ие болады.

4.6.3 Жұмыстың орындалу тәртібі

1) №5 жұмыста ұсынылған сызбаны жинау (сурет 4.5).

2) Желіге қарсы жұмысқа генераторды қосу (№5 зертханалық жұмыста әдістемелік нұсқаулықтарға сәйкес 2.. 14 тармақтарын орындау).

3) Синхронды генератордың қозудың номиналды тоғын орнату 1А.

4) Кернеуді баяу арттыра отырып, басқару жетекші қозғалтқышының синхронды генератордың статистикалық тұрақтылығының ұзару шегін анықтау. **НАЗАР АУДАРЫҢЫЗ!** Генератор статистикалық тұрақтылығының шегі жеткен кезде, асинхронды жүріс режиміне ауысады. Ұзақ уақыт болу (10 сек көп) бұл режимде жол берілмейді, сондықтан, тұрақтылық жоғалған кезде қажетті:

— басқару жетекші қозғалтқышының кернеу шамасын төмендету, кернеу синхронизмге айналмайынша ;

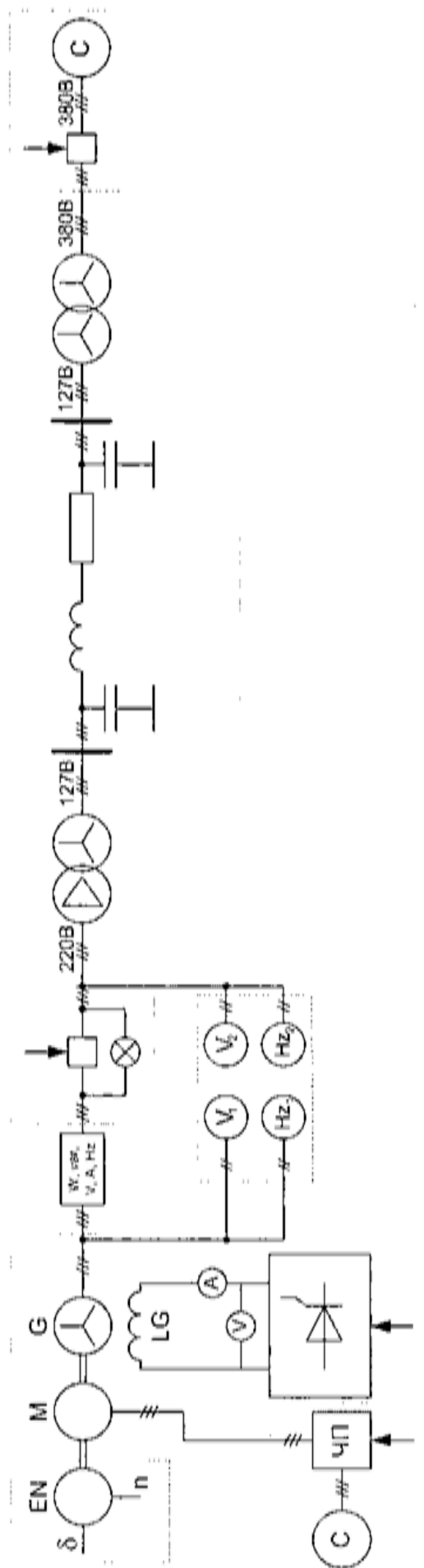
- егер ресинхрондау орындалмаса, үш фазалы желімен байланысты өшіру қажет (SB2 синхрондау модульінің батырмасы), генератордың қозуын алу (RP1 қозу модульінің потенциометрі), электр машина агрегатының айналу жиілігін реттеу (RP1 жиілік түрлендіргіш модульінің потенциометрі) номиналды мәнге дейін және генератордың желімен синхрондауын қайта жүргізу (см. п.2).

5) Генератордың статистикалық тұрақтылығының шегін басқа мағынада кедергісін анықтау (желінің электр беру жұмысының СГ тұрақтылығына қатар жүру әсерін анықтау). Ол үшін стендті қосу керек (№4 зертханалық жұмыстағы см. СТЕНДТІ ӨШІРУ ТӘРТІБІ), 2 жағдайда электр желісін беру модульіне SA1 ауыстырып қосқышын орнату, 2..4 тармақтарын орындауды қайталау, алынған және бұрынғы нәтижелерді салыстыру және қорытынды жасау.

6) Синхронды генератордың тұрақтылығына электр желісі кернеуінің әсерін анықтау. Ол үшін, стендті өшіру керек және ЭБЖ модульін 4.7. суреттегі сызбаға сәйкес 127В дәнекерлеу қажет.

7) 2-4 тармақтарын орындау, алынған және бұрынғы нәтижелерді салыстыру сондай-ақ қорытынды жасау.

№4 зертханалық жұмыста стендті өшіру тәртібіне сәйкес стендтің ажыратылу тәртібі, алынған нәтижелерді өңдеу және зертханалық жұмыс бойынша есепті дайындау.



Сурет 4.7 – Зертханалық сынақтардың схемасы

4.6.4 Бақылау сұрақтары

1. Осы зертханалық жұмыс бойынша нені зерттеу қажет?
2. Эксперименттік зерттеулер орындау кезінде қандай модульдер қолданылды?
3. Зертханалық жұмыстың орындалу тәртібін баяндаңыз.
4. Зертханалық орнатулардың элементтерінің сызбаларын сипаттау.
5. Синхронды генератордың статистикалық тұрақтылығының ұзару шегі қалай анықталады?
6. «синхронизм» және «ресинхронизация» терминдері қандай мағына береді?
7. Генератордың статистикалық тұрақтылығының шегі қандай?
8. Заттай синхронды генератордың тұрақтылығына электр желісінің кернеуі қалай әсер етеді?
9. Эксперименттік зерттеулер жүргізу кезінде қандай қорытындылар алынды?
10. Генератордың статистикалық тұрақтылығы термині қандай мағына береді?

4.7 Электр энергетикалық жүйесінде синхронды генератордың қысқа тұйықталу түрінде статистикалық тұрақтылыққа әсерін зерттеу

Жұмыстың мақсаты: электр энергетикалық жүйесінде синхронды генератордың қысқа тұйықталу түрінде статистикалық тұрақтылыққа әсерін зерттеу.

4.7.1 Жұмысты орындауға тапсырма

- қысқа тұйықталудың түрлері бойынша синхронды генератордың статистикалық тұрақтылығына тоқтың қозу әсерін зерттеу .
- синхронды генератордың бір фазалы, екі фазалы және үш фазалы қысқа тұйықталуының статистикалық тұрақтылығына әсерін зерттеу.

4.7.2 Теориялық мәліметтер

Статистикалық тұрақтылық - синхронды машина желісімен қатар жұмыс істейтін, синхронды айнаруды сақтап қалуды қамтамасыз ететін қабілеті ($n_2=n_1$) ішкі тежеу немесе бұрау моменті өзгертілу кезінде $M_{вн}$, оның білігінде қолданылады. Статистикалық тұрақтылық электромагниттік моментке тиісті $M < M_{max}$, тек бұрыштарында беріледі $q < q_{кр}$.

Мысалы, синхронды генератор сыртқы моменті $M_{сыртқы}$ берілгіштігі кезінде оның роторы бастапқы қозғалтқышта жұмыс істейді. Бұл ретте полюс осі ротор бұрышы q осіне қатысты жиынтық ағынын құрайды Φ

және машина электр моментін M дамытады, ол тең тежеу кезде деп санауға болады (нүкте А және С-суретте).

Егер моментінде $M_{\text{сыртқы}}$ өсседі, онда ротор генераторда жылдамдайды, бірақ q бұрышының мәніне дейін ұлғаюына әкеледі ($q + \Delta q$). Машина жұмыс істеген кезде А нүктесінде, ал өсу бұрышының q ұлғаюын туындатады. Онда электромагниттік моментінің мәніне тең болады ($M + \Delta M$) (В нүктесі). Нәтижесінде тепе-теңдік моменттерде қолданыстағы білік, ротор, қалпына келтіріледі және машина біраз тербелмелі процесінің синхронды айналу жиілігі жұмысын жалғастырады.

Аналитикалық процесс жүреді және азайту кезінде $M_{\text{сыртқы}}$ болады. Бұл ретте бұрышы q және электромагнитті момент M азаяды. Демек, тепе-теңдік моменттерде байқалады, сондай-ақ қалпына келтіріледі.

Алайда, егер машина $q_{\text{кр}} < q < 1800$ (С нүктесі) жұмыс істесе, онда бұрышының q ұлғайған кезде $M_{\text{сыртқы}}$ артса, онда электромагниттік моментінің мәнінде азаюын туғызады ($M - \Delta M$) (нүкте D). Тепе-теңдік моменттерінде қолданыстағы білік, ротор, бұзылады. Ротор өз жұмысын жалғастырады, ал бұрышы q - өседі, бұл екі нәтижелері әкелуі мүмкін:

1) машина тұрақты жұмыс нүктесіне ауысады (А аналитикалық нүктесінде) кейінгі оң жартылай толқынды бұрыштық сипаттамалары;

2) ротор инерция бойынша тұрақты ережелерді қолданады, бұл жағдайда жоғалту синхронизмы, яғни ротор жасау жиілігіне айнала бастайды, айналу жиілігі статордың магнит өрісінен ерекшеленеді.

Жоғалту синхронизмы апаттық режимі болып табылады. Бұл жағдайда зәкірдің тогы өседі, өйткені генератордың ЭҚК-і E және желі кернеуі $U_{\text{желі}}$ бұл режимде контуры бойынша "генератор - жүйе" қалыптасуы мүмкін, бірақ қалыпты жұмысы кезінде тасталады.

Егер сыртқы момент жұмыс кезінде машиналар С нүктесінде төмендейді, онда q бұрышы азаяды, электр моменті өседі, бұл бұрышының q және көшу жұмысы тұрақты нүктесінде А одан әрі азайту әкеледі.

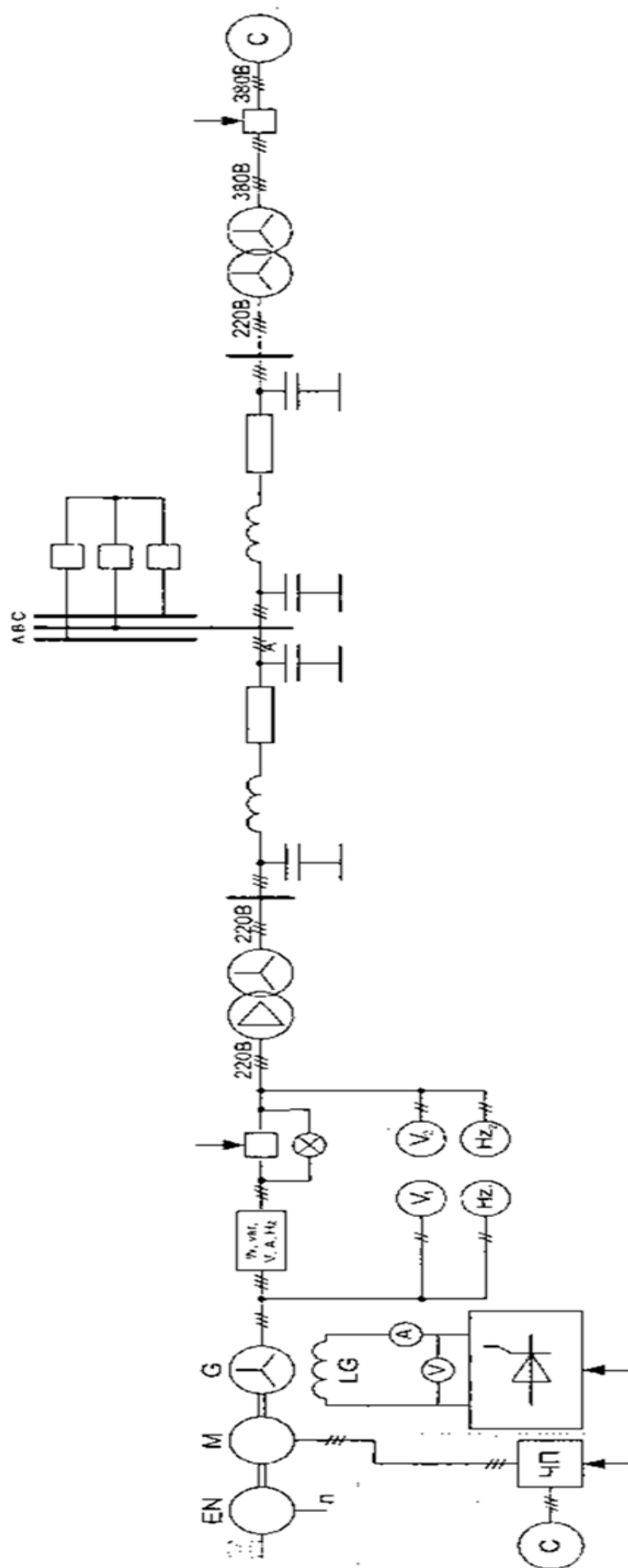
Егер машина белгіленген режимде кезінде бұрыштары q жұмыс істесе, онда шағын ауытқу Δq бұл бұрышының пайда болуымен қатар жүреді, моментте $\Delta M = (dM/dq) \Delta q$, қалпына келтіруде бастапқы бұрышы q ұмтылады. Бұл момент синхрондаушы деп атайды. Оған синхрондаушы қуат $\Delta P_{\text{ЭМ}} = (dP_{\text{ЭМ}}/dq) \Delta q$ деген ұғым сәйкес келеді.

Туынды dM/dq және $dP_{\text{ЭМ}}/dq$ тиісінше үлес синхрондаушы момент және меншікті синхрондаушы қуат деп аталынады.

Үлесті синхрондаушы момент ең жоғары мәні кезінде $q = 0$ тең болады. Өсуімен қатар q ол азаяды, ал $q = q_{\text{кр}}$ ол нөлге теңестіріледі, сондықтан да синхронды машиналарда жұмыс істейді $q = 20-30^\circ$, шамамен екіжақты қор бойынша моментіне сәйкес келеді.

4.7.3 Жұмыстың орындалу тәртібі

1) Зертханалық сынақтар сызбасы жинау 4.8 сурет. Мұнда модуль үш фазалы ажыратқыш Q ретінде қысқатұйықталу пайдаланылады.



4.8 сурет- Зертханалық сынақтар сызбасы

Нұсқасын құрастыру сызбасын жүргізу үшін тәжірибені үш фазалы қысқа тұйықталу ортасында ЭБЖ (пайдаланылады 2 модуль ЭБЖ) суретте көрсетілген. Сызбасын өзгертіп қосылыстар тараптардың бірінің ажыратқыштың алуға болады. Қысқа тұйықталудың түрлері. Қамтамасыз ету үшін жеткілікті шамасын токтың бір фазалы қысқа тұйықталу, бейтарап трансформатор жағынан және электр бейтарабы қосылған ең ЭБЖ бірігуі тиіс. Көлденең құрайтын ЭБЖ енгізілуі тиіс (ауыстырып қосқыш SA2 және SA3 ережеде: 2).

2) Генераторды параллельдік жұмыс желісіне қосу (орындауға 2.. 14 әдістемелік нұсқаулықтарға сәйкес зертханалық жұмыс №5).

3) Бастапқы жүктеу режимі синхронды генератор шамамен тең жартысында оның номиналдық қуаты белгіленсін (реттей отырып, тапсырма жиілік түрлендіргіш).

4) токты ауыстыру үшін генератор режиміне реактивті қуатты реттеу (басқарып қозу ток синхронды генератор).

5) Өткізу тәжірибесі қысқа тұйықталу (іске қосу ажыратқышы Q және оны өшіру арқылы бірнеше секунд) бір мезгілде бақылай отырып, жұмыс режиміне синхронды генераторды реттеу.

6) жоғалтқан жағдай бойынша іс-әрекеттер ресинхронизации генератордың желімен тұрақтылығын орындау.

7) Қысқа тұйықталудың түрлерін өз тәжірибемізде қайталау: бірфазалы, екі фазалы, екі фазалы жерге тұйықталу. Бұл ретте қозу тогы өзгеріссіз қалуы тиіс ($i_B = \text{const}$).

8) Қоздыру тогындағы мәндерін тіжірибе кезінде қолдану (бастапқы көп және аз).

Стендті АЖЫРАТУ СТЕНДІНІҢ ТІРТІБІНЕ сәйкес № 5 жұмысқа сай орындау. Алынған мәліметтерді салыстыру және қорытынды жасау. Оформить зертханалық жұмысты жазу және есеп беру.

4.7.4 Бақылау сұрақтары

1. Анықтама беріңіз "қысқа тұйықталуға және қандай түрлері бар".
2. Қозу тогының әсерінен статикалық тұрақтылық емес синхронды генератордың шамасын зерттеу?
3. Зертханалық жұмысты өткізу тәртібін түсіндіріңіз?
4. Бұл зертханалық жұмыста қанша және қандай модульдер тартылған?
5. Берілген зертханалық жұмыс қандай қысқа тұйықталудың түрлері зерттелген?
6. Бұл термин «генераторды параллельдік жұмыс желісіне қосу» нені білдіреді?
7. Бастапқы жүктеу режимі синхронды генераторда орнатылғаны қажет пе?
8. Не үшін токпен қоздыру генераторды басқару қажет?

9. Барлық элементтері пайдаланылатын электр схемада аталған зертханалық жұмысты түсіндіріңіз.

10. Қандай эксперименттік деректер қолданылды және қандай қорытындылар алынды?

4.8 Динамикалық тұрақтылығы заттай синхронды генератордың ұзақтығын қысқа тұйықталу, электр энергетикалық жүйесіндегі әсерін зерттеу

Жұмыстың мақсаты: динамикалық тұрақтылығы заттай синхронды генератордың ұзақтығын қысқа тұйықталу электр энергетикалық жүйесінде әсерін зерттеуді үйрену.

4.8.1 Жұмысты орындауға тапсырма

- қысқа тұйықталу динамикалық тұрақтылығының заттай синхронды генератордың ұзақтығының әсерін зерттеу;
- тоқтың қозу және жүктеу синхронды генератордың максималды ұзақтығы авариялық режимінің, әкелетін тұрақтылығын жоғалту шамасының әсерін анықтау.

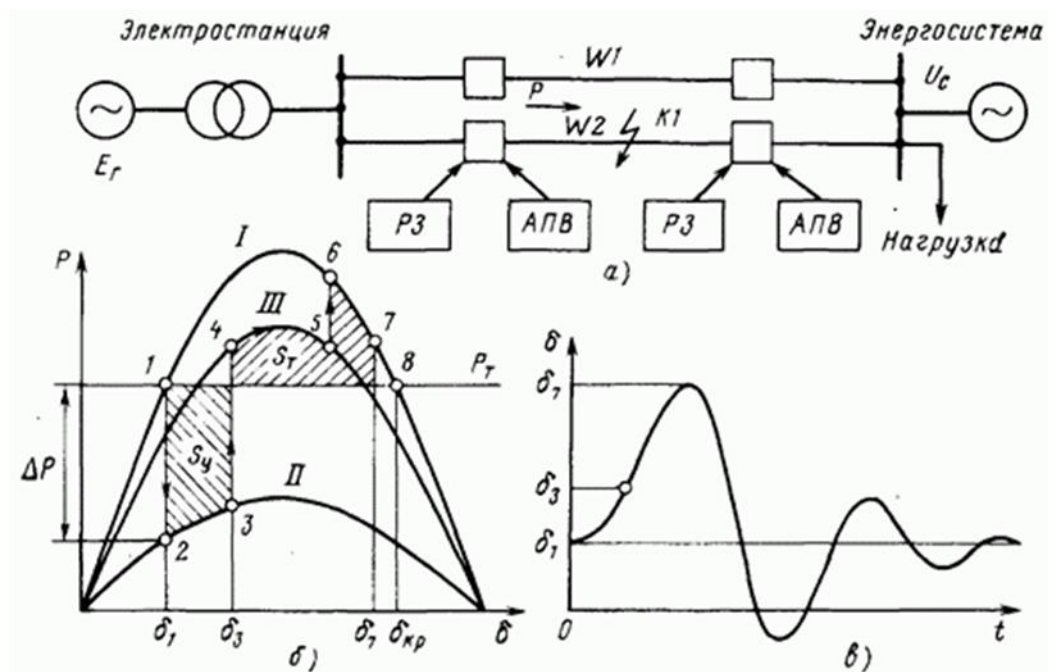
4.8.2 Теориялық мәліметтер

Динамикалық тұрақтылығымен түсіндірілетін қабілетін энергия сақтауға синхронды генераторларды параллельдік жұмысы үлкен болған жағдайда кенеттен энергия туындайды (КЗ, авариялық генераторларды, тізбектік трансформаторлар).

Динамикалық тұрақтылықты бағалау үшін аудан әдістер қолданылады. Мысал ретінде қарастырайық, жұмыс режимі екі шынжырлы электрді байланыстыратын электр станциясы энергия жүйесімен, ҚТ желілерін ажырата отырып, бүлінген желі және оның моментінде АҚЖ жұмыс жүргізіледі(4.9-сурет,а).

Бастапқы режим кезінде электр тасмалдаушы 1 нүктесі арқылы сипатталады, орналасқан бұрыштық сипаттамасы I, бастапқы схемасы электр тасмалдаушыға сәйкес келеді(4.9-сурет,б).

КЗ нүктесіндегі К1 желіде W2 бұрыштық сипаттамасы кезінде электр тасмалдаушы ережесіне II иеленеді. Төмендеі амплитудасы сипаттамалары II туындаған біршама ұлғаюымен қорытындылау кедергісі $X_{кор}$ нүктелер арасындағы қосымшаның ресми жарияланғанынан E_r және U_c анықталады. КЗ моменті кезінде электр қуатының шамасын тастауға ΔP төмендету есебінен шиналарында кернеуді станциясы жүргізіледі (2 нүкте-4.9,б суретте).



а - электр тасмалдаушы схемасы; б - электр тасмалдаушы бұрыштың сипаттамалары; в- бұрышын өзгерту δ уақыты
4.9 сурет - Сапалық талдау кезіндегі серпінді орнықтылық КЗ электр желілері

Электр қуаты түрін тастауда КЗ және оның орны байланыстырады. Шекті жағдайда үшфазалы КЗ шиналарда станция тастауға қуат нөлге дейін жүруі мүмкін. Әсерінен артық механикалық қуат турбина үстінен электр қуаты генераторлардың роторлары станция бастайды жеделдеуі, ал бұрышы δ артып келеді. Өзгеру үдерісі қуатты сипаттамасында II жүріп жатыр. 3 нүктеге сәйкес моментте өшіру зақымдалған желінің екі жағынан релелік қорғаныс құрылғыларымен РЗ келеді. Ажыратқаннан кейін желінің режимі электр нүктесінде 4 сипатталады, орналасқан сипаттамасы III сәйкес келетін схема электр беру бір сызықпен ажыратылған еді. Бұрышын өзгеру уақытында δ_1 -ден δ_3 генераторлардың роторлары станцияларына қосымша кинетикалық энергияда анықталады. Бұл энергия пропорционалды алаңда шектеулі сызықпен P_T , сипаттамасы II және ординаталармен 1 нүктелерінде және 3 жүргізіледі. Бұл аудан атауын алды алаңдары жеделдету. Нүктесінде 4 үрдісі басталады тежеу роторлар, өйткені электр қуаты көп қуат турбина. Бірақ тежелу процесі жүреді ұлғаюымен бұрышын δ . Ұлғайту бұрышын δ жалғасады болғанша барлық запасенная кинетикалық энергиясы жоқ ауысуы ықтимал.

Потенциалдық энергия пропорционалды алаңда шектеулі сызықпен P_T және бұрыштық авариядан кейінгі режимінде сипатталады. Бұл аудан аудандарды тежеу $S_{бұр}$ атауын алды. 5 нүктесінде біраз үзілістен кейін өшіру желісі W2 жұмысын өндіру үшін АҚК құрылғысы пайдаланады (пайдалану болжанады үш фазалы жылдам алынатын АҚК кіші үзілісімен). АҚК процесі сәтті аяқталған бұрышын ұлғайту жалғасады, сипаттамасы бойынша I(нүкте

б) жүргізіледі, тиісті бастапқы схемасы электр береді. Бұрышының артуы 7 нүктесінде тоқтатылады, тең аудандарында S_y және S_T сипатталады. 7 нүктесінде өтпелі процесс тоқтайды: салдарынан бұл электр қуаты артық қуаты турбина, үрдісі жалғасады тежелу сипаттамасы бойынша I, бірақ тек, ең бастысы азаюына әкеледі. 1 нүктесінде процесс көтеріледі, кейін бірнеше тербеліс шамамен осы нүктеден өтеді. Өзгеру сипаты бұрышын δ уақыт суретте көрсетілген 4.9, в.

Оңайлату мақсатында талдау қуаты турбина P_T кезінде өтпелі процес өзгеріссіз қабылданды. Шын мәнінде ол бірнеше өзгереді, салдарынан қолданылу жиілігін реттеуіш турбиналардың айналуы артады.

Осылайша, талдау жағдайында осы мысал, жұмысының қатар жүру тұрақтылығында сақталады. Қажетті шарты динамикалық тұрақтылығы шарттарын орындау статикалық орнықтылықтың авариядан кейінгі режимде болып табылады. "Қаралған мысалда бұл шарт орындалады, себебі қуаты турбина статикалық тұрақтылығы шектен аспасқан.

Жұмысының қатар жүру тұрақтылығына бұзылса, егер өтпелі процесс бұрышы δ көшу мәні, тиісті нүктесінде 8 болады. 8 нүкте оң барынша алаңына тежеуін шектейді. Бұрышы, тиісті нүктесінде 8, атауын алды сыни $\delta_{кр}$. Ауысқан жағдайда, осы шекараның байқалады лавинді ұлғайту бұрышын δ , т. е. жоғалту генераторлар бірі синхронизмінде жүргізіледі.

4.8.3 Жұмыстың орындалу тәртібі

1) Зертханалық сынақтар сызбасы жинау 4.8 сурет. Мұнда модуль үш фазалы ажыратқыш Q ретінде қысқатұйықталу пайдаланылады. Нұсқасын құрастыру сызбасын жүргізу үшін тәжірибені үш фазалы қысқа тұйықталу ортасында ЭБЖ (пайдаланылады 2 модуль ЭБЖ) суретте көрсетілген. Сызбасын өзгертіп қосылыстар тараптардың бірінің ажыратқыштың алуға болады. Қысқа тұйықталудың түрлері. Қамтамасыз ету үшін жеткілікті шамасын токтың бір фазалы қысқа тұйықталу, бейтарап трансформатор жағынан және электр бейтарабы қосылған ең ЭБЖ бірігуі тиіс. Көлденең құрайтын ЭБЖ енгізілуі тиіс (ауыстырып қосқыш SA2 және SA3 ережеде: 2).

2) Генераторды параллельдік жұмыс желісіне қосу (орындауға 2.. 14 әдістемелік нұсқаулықтарға сәйкес зертханалық жұмыс №5).

3) Бастапқы жүктеу режимі синхронды генератор шамамен тең жартысында оның номиналдық қуаты белгіленсін (реттей отырып, тапсырма жиілік түрлендіргіш).

4) Токты ауыстыру үшін генератор режиміне реактивті қуатты реттеу (басқарып қозу ток синхронды генератор).

5) Өткізу тәжірибесі қысқа тұйықталу (іске қосу ажыратқышы Q және оны өшіру арқылы бірнеше секунд) бір мезгілде бақылай отырып, жұмыс режиміне синхронды генераторды реттеу.

6) жоғалтқан жағдай бойынша іс-әрекеттер ресинхронизации генератордың желімен тұрақтылығын орындау.

7) өмір сүру ұзақтығын қысқа тұйықталу режимінің әсерін Зерттеу. Бұл үшін, тәжірибелер сериясын өткізу шабан қысқа тұйықталудың ұзақтығы 0,5 с (қосу және бірден өшіру) және ұзақтығымен 2.,3с болуы керек. Бұл ретте, таңдау арақатынасы жүктеу генератордың белсенді қуаты (басқармасы жиіліктік түрлендіргіш) және қозу тогының (модулімен басқару қоздыру) кезінде қысқа мерзімді режимі КЗ бұзбаса тұрақтылығын қатарлас жұмыс синхронды генератор, ал неғұрлым ұзақ режимі КЗ тұрақтылығын жоғалтуға әкеледі.

8) Стендті АЖЫРАТУ СТЕНДІНІҢ ТІРТІБІНЕ сәйкес № 4 жұмысқа сай орындау. Алынған мәліметтерді салыстыру және қорытынды жасау. Оформить зертханалық жұмысты жазу және есеп беру.

4.8.4 Бақылау сұрақтары

1. Зерттеуге арналған динамикалық тұрақтылығы заттай генератора білдіретін әсері?
2. Нақты синхронды генератор нені білдіреді?
3. Тұрақтылықтың қандай түрлері бар және бұл зертханалық жұмыста не зерттеледі ?
4. Ажыратқыш тораптарда 1000В жоғары қандай түрлері бар?
5. «Сенімділік" және "Элективтілігі" деген терминдерден не түсінесіз?
6. Бастапқы жүктеу режимі синхронды генератордың немен реттеледі?
7. ток қоздыру генераторды Неге реттеу қажет етіледі ?
8. іс-қимылдарды орындау бойынша ресинхронизации генератордың желісімен қашан жүргізіледі?
9. Қысқа тұйықталу режимі ұзақтығы қандай зерттеулерге әсерін тигізеді?
10. модульдерді сипаттаңыз және бұл зертханалық жұмыста қандай элементтер алдыңыз.

4.9 Тарауға қорытынды

Бұл тарауда «Электр энергетикасы саласында қолданылатын ауыспалы үдерістер» пәні бойынша электр жүйесі моделінің практикалық қолданылуы көрсетілген.

Бөлімдегі зерттеулер келесі бағыттар бойынша жүргізіледі:

- шексіз қуат көзі арқылы электр желісінде үшфазалы қысқа тұйықталуымен өтпелі процестерді талдау;
- шексіз қуат көзі арқылы электр желісіндегі асимметриялық қысқа тұйықталуымен өтпелі процестерді талдау;
- оқшауланған және саңыраулық жерге тұйықталған бейтараптағы желілердегі бір фазалы қысқа тұйықталу тізбектеріндегі өтпелі процесстерді талдау;
- Табиғи синхронды генератордың желімен синхрондау үдерісін зерттеу және оның белсенді және реактивті қуатын реттеу;
- синхронды генератордың бұрыштық сипаттамасын анықтау;

Мұғалім алдында тұрған басты міндет:

- студентті электр тораптарында өтпелі кезеңге талдау жасауды үйрету;
- Электр желілеріндегі зақым түрі бойынша қысқа тұйықталу ток шамасының тәуелділігін зерттеу;
- синхронды генераторды желімен синхрондау процесін зерттеу;
- элементтердің схемалары мен режимдерінің жүйенің тұрақтылығына әсерін зерттеу;
- электр жүйесіндегі қысқа тұйықталу ұзақтығының табиғи синхронды генераторының динамикалық тұрақтылығына әсерін талдау;
- Теориялық материалды практикалық қолдану арқылы нығайту.

ҚОРЫТЫНДЫ

«Электр жүйесі моделі» курс бойынша зертханалық және практикалық жұмыстарды орындауға арналған :. «электр энергиясын өтпелі», «релелік қорғаныс және автоматика», «автоматтандырылған жобалау жүйесі энергетикасы саласындағы», «Электр желілері мен жүйелері»

Тірек сапалы, электр энергетикалық жүйелердің, қысқа тізбектер түрлі түрлерімен электромеханикалық және электромагниттік өтпелі тұрақты мемлекеттік жұмысын модельдеу Синхронды генераторлардың қатарлас жұмыс статикалық және динамикалық тұрақтылығына әсер ететін факторлар тергеу, релелік қорғауды және автоматиканы зерттеуге мүмкіндік береді.

Дербес компьютер - зертханалық стендтің құрамдас бөліктерінің бірі. Стенд жиынтығы енгізілген арнайы бағдарламалық қамтамасыз етуді пайдалана отырып, ол осциллографтар, деректер визуализация үшін, және көп арналы осциллографтар рекордері сондай, сондай-ақ бақылау және нақты уақыт электр энергетикасы нысандарының қорғау үшін қолданылады.

Электротехника мамандықтар бойынша студенттер инновациялық жабдықтар зерттеуге мүмкіндігі бар «электр жүйесі моделін».

«Электр желілері мен жүйелері» пәні бойынша электрлік жүйенің моделін практикалық қолдану көрсетілген. Зерттеу келесі бағыттар бойынша жүргізіледі:

- тұрақты мемлекеттік электр желілік бірыңғай жем өлшеу;
- тарату желілеріндегі электр энергиясының жоғалуы;
- Конденсаторлық банк арқылы реактивті қуатты көлденең өтеу арқылы кернеуді реттеу;
- Белсенді жүктеме арқылы тұтынылатын қуатқа кернеу ауытқуының әсерін анықтау;
- индуктивті жүктеме электр энергиясын тұтыну туралы кернеуінің ауытқуы әсерін анықтау;
- Ыдыстық жүктеме тұтынатын қуаты бойынша кернеуінің ауытқуы әсерін анықтау;
- белсенді, индуктивті және сыйымдылықты жүктемелердің статикалық сипаттамаларын зерттеу;
- Электр энергиясының сапасын өлшеу.

Мақсаты студенттерден келесі сұрақтарды білу:

- электр жеткізу желісінің режимдік параметрлері мәніне әсер ететін факторларды зерттеу (белсенді және реактивті қуаттар, токтар мен кернеулер);
- бір жақты қуатпен желілердің тұрақты күйін басқару әдістерін зерттеу;
- электр желісі параметрлерін (ұзындығы, номиналды кернеу) және сақина желі (тораптар кернеу, белсенді және реактивті қуатты ағындары, жоғалту) режимі параметрлерін құндылықтарына жекелеген тораптарында жүктеме параметрлерін әсерін зерттеу;

- тарату желісінде белсенді және реактивті қуат шығындарының көлеміне әсер ететін факторларды анықтау;
 - электр қуатын жоғалтудың жүктеме мен оның сипатына тәуелділігін зерттеу;
 - белсенді және реактивті қуатты шығындар үшін тарату желісін номиналды кернеу әсерін зерделеу;
 - тарату Желі тораптарында көлденең стресс құнына сыйымдылық өтемақы әсерін талдау;
 - кернеу шамасының белсенді жүктемемен тұтынылатын қуатқа әсерін зерттеу;
 - индуктивті жүктеме қуаты тұтыну кернеуінің ауытқуы әсерін айқындау тәртібін тексеруге;
 - сыйымдылық жүктемесі бойынша тұтынылатын қуатқа кернеудің әсерін зерттеу;
 - белсенді Сызықты және сызықты емес жүктемелер үшін электр желісінің кернеуі және жиілігі белсенді және реактивті қуатты тәуелділігін, сондай-ақ индуктивті жүктемені тергеу;
 - электр энергиясының сапасын өлшеу әдістерін зерделеу;
 - электр энергиясын сапасына мемлекеттік стандарттың талаптарына нәтижелерін салыстыру үшін, электр энергиясын сапасының негізгі көрсеткіштерін өлшеу үшін
- Электр жүйесі моделі пәні бойынша практикалық өтініш визуализацияланған «билік пайдаланылатын өтпелі». Зерттеу келесі бағыттар бойынша жүргізіледі:
- шексіз қуат көзі арқылы электр желісінде үшфазалы қысқа тұйықталуымен өтпелі процестерді талдау;
 - шексіз қуат көзі арқылы электр желісіндегі асимметриялық қысқа тұйықталуымен өтпелі процестерді талдау;
 - оқшауланған және бейтарап жерге қосылған желілерде бір фазалы қысқа тұйықталу кезінде Өтпелі талдау;
 - желіге Синхронды генераторлардың толық ауқымдағы синхрондау зерттеу және оның белсенді және реактивті қуатын реттеу;
 - синхронды генератордың бұрыштық сипаттамасын анықтау;
- Мақсаты студенттерден келесі сұрақтарды білу:
- электр тораптарында өтпелі кезеңдерді талдауды үйрену;
 - Электр желілерінде кінәсінен түріне қысқа тұйықталу тогының тәуелділігін зерттеу;
 - синхронды генераторды желімен синхрондау процесін зерттеу;
 - элементтердің схемалары мен режимдерінің жүйенің тұрақтылығына әсерін зерттеу;
 - электр жүйесінде толық ауқымды динамикалық синхронды генератор ұзақтығы қысқа тұйықталудың тұрақтылығына әсер талдау.

ҰСЫНЫЛАТЫН ӘДЕБИЕТТЕР

1. Алексеев К.Б. Электромеханические системы: учеб. пособие/К.Б. Алексеев. - М.: Изд-во МГИУ, 2008. - 116 с.
2. Герасименко А.А. Передача и распределение электрической энергии: учеб. пособие/А.А. Герасименко, В.Т. Федин. - Ростов н/Д: Феникс; Красноярск: Издательские проекты, 2006. - 720 с.: ил.
3. Герасименко А.А. Передача и распределение электрической энергии: учеб. пособие/А.А. Герасименко, В.Т. Федин. - 2-е изд. - Ростов н/Д: Феникс; Красноярск: Издательские проекты, 2008. - 720 с.: ил.
4. Колесников, А.А. Новые технологии проектирования современных систем управления процессами генерирования электроэнергии/А.А. Колесников, Г.Е. Веселов, А.А. Кузьменко. - М.: МЭИ, 2011. - 280 с.
5. Кужеков, С.Л. Практическое пособие по электрическим сетям и электрооборудованию/С.Л. Кужеков, С.В. Гончаров. - 2-е изд., доп. И перераб. - Ростов н/Д: Феникс, 2008. - 496 с.
6. Кужеков, С.Л. Практическое пособие по электрическим сетям и электрооборудованию/С.Л. Кужеков, С.В. Гончаров. - 6-е изд., доп. И перераб. - Ростов н/Д: Феникс, 2012. - 496 с.
7. Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах: учеб. пособие/Ю.А. Куликов. - Новосибирск: НГТУ; М.: Мир: АСТ, 2003. - 284 с.
8. Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах: учеб. пособие/Ю.А. Куликов. - Новосибирск: НГТУ; М.: Мир: АСТ, 2003. - 284 с.
9. Лыкин А.В. Электрические системы и сети: учеб. пособие/А.В. Лыкин. - М.: Логос, 2008. - 254 с.: табл., схемы.
10. Михеев Г.М.. Электростанции и электрические сети. Диагностика и контроль электрооборудования/ Г.М. Михеев. - М.: Додэка-XXI, 2010. - 298 с.: ил.
11. Переходные процессы в электроэнергетических системах: учебник для студ. вузов/ Ред. И.П. Крючков. - 2-е изд., стер. - М.: МЭИ, 2009. - 416 с.
12. Переходные процессы в электроэнергетических системах: учебник для студ. вузов/ Ред. И.П. Крючков. - 2-е изд., стер. - М.: МЭИ, 2009. - 416 с.
13. Тохтибакиев К.К. Электрические системы и сети. Методы расчёта потерь электроэнергии и их нормирование: учеб. пособие/К.К. Тохтибакиев. - Алматы: АИЭС, 2005. - 82 с.
14. Утегулов Б.Б. Электрические системы и сети: учеб. пособие/Б.Б. Утегулов, В.Ф. Говорун, О.В. Говорун. - Павлодар: Изд-во ПГУ, 2004. - 84 с.: ил.
15. Фадеева Г.А. Проектирование распределительных электрических сетей: учеб. пособие/Г.А. Фадеева, В.Т. Федин; Ред. В.Т. Федин. - Минск: Вышшаяшая школа, 2009. - 368 с.

16. Цапенко Е.Ф. Расчёт переходных процессов в линейных электрических цепях: учебно-методическое издание/Е.Ф. Цапенко, В.А. Румянцева. - М.: МГГУ, 2004. – 44 с
17. Цапенко Е.Ф. Расчёт переходных процессов в линейных электрических цепях: учебно-методическое издание/Е.Ф. Цапенко, В.А. Румянцева. - М.: МГГУ, 2004. – 44 с
18. Электромагнитная совместимость и молниезащита в электроэнергетике: учебник/А.Ф. Дьяков [и др.]. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: МЭИ, 2011. - 544 с.: ил.
19. Яковлев, В.Н. Электромагнитная совместимость электрооборудования электроэнергетики и транспорта: учеб. пособие/В.Н. Яковлев, В.И. Пантелеев, В.П. Суров; Ред. В.Н. Яковлев. - М.: МЭИ, 2010. - 588 с.
20. Хабдуллина, З.К. Энергосбережение в промышленности: Учебное пособие по дисциплине «Электроснабжение промышленных предприятий», «Оптимизация и энергосбережение в электроэнергетике» / З.К. Хабдуллина. – Рудный, 2011. - 108с
21. Хабдуллина, З.К. Моделирование систем электроснабжения горнорудных и промышленных предприятий/ З.К. Хабдуллина. - Магнитогорск: Полиграфический участок ГОУ ВПО «МГТУ», 2008. – 186 с.
22. Хабдуллин А.Б. «Оптимизация режимов работы системы электроснабжения с целью минимизации потерь мощности»: монография/ А.Б. Хабдуллин. - Рудный: Изд-во Рудненский индустриальный институт, 2013г.- 109с.
23. Хабдуллин А.Б. Возобновляемые источники энергии для студентов специальности «Электроэнергетика» / А.Б. Хабдуллин. - Рудный: Изд-во Рудненский индустриальный институт, 2015г.- 115с.