

**ҒЫЛЫМ МЕН ТЕХНИКАНЫҢ ДАМУЫ:
ЖАҢА ИДЕЯЛАР МЕН ПЕРСПЕКТИВАЛАР
РАЗВИТИЕ НАУКИ И ТЕХНИКИ:
НОВЫЕ ИДЕИ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

ӘОЖ 621.316.1.05

ЭЛЕКТР ЖЕЛІЛЕРІНДЕГІ РЕАКТИВТІ ҚУАТТЫ ӨТЕУ ҚҰРЫЛҒЫЛАРЫ

Мұқат Ж.Қ., 1 курс, 7М07101 – электроэнергетика, А.Байтұрсынов атындағы Қостанай өңірлік университеті

Сапа В.Ю., т.ғ.к., доцент, А.Байтұрсынов атындағы Қостанай өңірлік университеті

Мақалада 220-500 кВ жүйе құраушы электр желілеріндегі реактивті қуатты реттеу мәселелері қарастырылған. Кернеудің әртүрлі кластары үшін зарядтау қуатының мәндері ұсынылған. Реактивті қуаттың берілетін белсенді және өтелмеген қуаттарға тәуелділік қисығы салынды. Электр желілерінің тиімділігін арттыруға мүмкіндік беретін реактивті токтарды өтеу құрылғысы ұсынылған.

Өнеркәсіптік кәсіпорындар мен қалаларды электрмен жабдықтау жүйелеріндегі энергия тиімділігі мәселесі электр энергиясының шығынын азайту мәселесімен, демек, отын-энергетикалық кешеннің қоршаған ортаға әсерін төмендетумен тығыз байланысты. Соңғы жылдары байқалған өндірістің өсуі және қалалар инфрақұрылымы жүктемесінің өзгеруі электромагниттік өрісті қолдана отырып жұмыс істейтін электр қабылдағыштардың саны мен қуатының артуына әкелді. Жұмысы ауыспалы электромагниттік өрісті пайдалануға негізделген электр қабылдағыштар белсенді қуаттың да, реактивті қуаттың да тұтынушылары болып табылады. Кез-келген өндірістік процестерге арналған негізгі жүйелер мен қондырғылар технологиялық жабдықтардың электр қозғалтқыштары, электр жылыту қондырғылары, түрлендіргіштер, трансформаторлар, желдету және ауаны баптау жүйелері, дәнекерлеу жабдықтары, жарықтандыру жүйелері.

Кернеуді реттеу электр энергиясының сапасын арттырып қана қоймай, сонымен қатар өнеркәсіптік кәсіпорындардағы өндірістік процестердің барысын жақсартуға мүмкіндік береді: өнімнің ақауларын азайту, оның сапасын арттыру, адамдардың еңбек өнімділігі мен механизмдердің өнімділігін арттыру, сонымен қатар кейбір жағдайларда энергия шығынын азайту. Қазіргі уақытта кернеуді реттеу міндеттері реттеуші және компенсаторлық құрылғылар түрінде материалдық негіз алды. Шиеленісті реттеу мәселесіне әрдайым көп көңіл бөлінді, өйткені бұл процестің тиімділігі қазіргі қоғам қызметінің барлық аспектілеріне тікелей әсер ететін үлкен практикалық маңызы бар [1, 33 б.].

Бұл мәселені шешудегі ең маңызды жұмыстармен: Глазунова А.А., Архипова Н.К., Мельникова Х.А., Солдаткина Л.А., Фокина Ю.А., Зорина В.В. және т.б. ЭЭ сапасын қамтамасыз ету үшін тұтынушыларда шаралар мен техникалық құралдарды әзірлеу мәселелерімен Железко Ю.С., Макрушевич Н.С., Жежеленко И.В. айналысты. ЭЕМ пайдалана отырып, процесс қарқынында РЭҚ режимдерін басқарудың икемді және сенімді жүйелерін әзірлеуге және ақпарат берудің жаңа әдістері мен құралдарын қолдануға өз жұмыстарын Яндульский А.С., Кузнецов В.Г., Шполянский О.Г. және т.б. арнады.

Кернеуді реттеу – бұл арнайы техникалық құралдарды қолдана отырып, электр жүйесінің сипаттамалық нүктелеріндегі кернеу деңгейінің өзгеру процесі. Тарихи тұрғыдан кернеу мен реактивті қуатты реттеу әдістері мен әдістерінің дамуы электр жүйелерін басқарудың төменгі иерархиялық деңгейлерінен жоғары деңгейге өтті. Атап айтқанда, алдымен аудандық қосалқы станциялардағы тарату желілерінің қуат беру орталықтарындағы кернеуді реттеу қолданылды, онда трансформация коэффициентінің өзгеруі тұтынушылардың жұмыс режимін өзгерткен кезде кернеумен қамтамасыз етілді. Кернеуді реттеу бастапқыда тікелей тұты-

**ҒЫЛЫМ МЕН ТЕХНИКАНЫҢ ДАМУЫ:
ЖАҢА ИДЕЯЛАР МЕН ПЕРСПЕКТИВАЛАР
РАЗВИТИЕ НАУКИ И ТЕХНИКИ:
НОВЫЕ ИДЕИ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

нушыларда және энергетикалық объектілерде (электр станциялары, қосалқы станциялар) қолданылды [2, 35 б.].

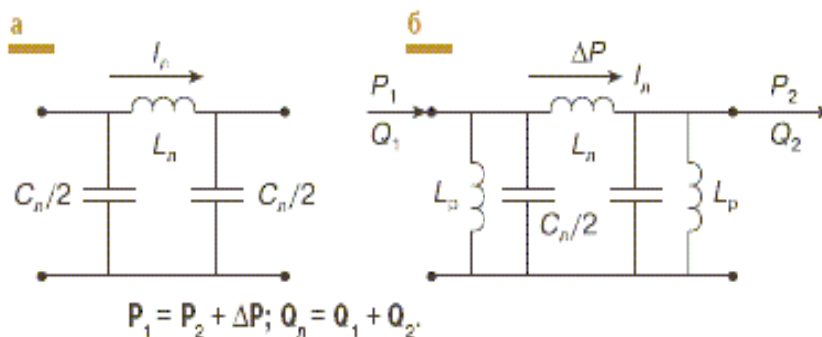
Жалпы электр желісі үшін белсенді және реактивті қуатты өндіру мен тұтынудың теңдігі қажет. Әр уақытта белсенді қуат тепе-теңдігін сақтаудың негізгі нормативтік көрсеткіші – бұл жүйенің өлшемі ретінде қызмет ететін айнымалы ток жиілігі. Әр уақытта реактивті қуаттың тепе-теңдігін сақтаудың негізгі нормативтік көрсеткіші кернеу деңгейі болып табылады, әр жүктеме түйіні мен номиналды кернеудің әр сатысы үшін айтарлықтай ерекшеленетін жергілікті критерий. Сондықтан, белсенді қуат балансынан айырмашылығы, реактивті қуаттың балансы мен резервін тек электр жүйесінде ғана емес, сонымен қатар жүктеме түйіндерінде де қамтамасыз ету қажет.

Соңғы онжылдық сапа көрсеткіштеріне интегралды тәсілді, сондай-ақ оларды жаңа сапа көрсеткіштерімен толықтыруды ескеретін ЭЭ сапасына қойылатын нормативтік талаптарды қайта қараумен сипатталады. Нәтижесінде оңтайлы басқару мәселелері ерекше өзектілікке ие болды. Реактивті қуатты оңтайландыру әдістерін, алгоритмдер мен бағдарламалық құралдарды дамытуда Железко Ю.С., Веников В.А., Идельчик В.И., Арзамасцев Д.А., Вороницкий В.Е., Константинов Б.А., Жежеленко И.В сияқты ғалымдар үлкен рөл атқарды.

Ғалымдар Литвак Л.В., Кабышев А.В. кәсіпорындардың СЭС-тегі реактивті қуат коэффициентінің төмендеуіне әсер ететін факторларды, сондай-ақ компенсаторлық құрылғылардың (КҚ) жүктеме тораптарының тұрақтылығына әсерін талдады. Арион В.Д., Савина Н.В бастапқы ақпараттың белгісіздігі жағдайында реактивті қуат пен электр энергиясының шығынын өтеуді талдады. Зерттеулерге қарамастан, терең компенсаторлық мәселелері жеткілікті зерттелген жоқ. Осы саладағы жұмыстардың көпшілігі жоғары вольтты желілердегі реактивті қуат режимдерін градиенттік әдістермен және генетикалық алгоритм әдістерімен есептеу мен оңтайландыруға қатысты [2, 37Б; 3, 40 б.].

220-500 кВ желілердегі реактивті қуатты өтеу. Жүйе құраушы электр желілерінде және жүйеаралық электр байланыстарында РҚ бойынша жұмыс режимдері энергия жүйесінің үш негізгі элементінің: станция (ЭС), электр беру желісі (ЭБЖ) және тұтынушы (Т) сипаттамаларын келісуге байланысты болады.

Электр желілерін тізбектелген индуктивті және параллель қосылған сыйымдылық элементтерінің жиынтығы түрінде немесе эквивалентті U-тәрізді тізбек түрінде белсенді шығындарды ескерусіз ұсынылған таратылған параметрлері бар тізбек ретінде қарастыруға болады (сурет 1а), сондай-ақ реакторлардың көмегімен компенсацияланған желі түрінде. (1б сур).



1 сурет ВН электр беру желісі

2 суретте, ұзындығы 400 км берілетін активті өтелмеген (а) және өтелген (б) 500 кВ ЭЖ-нің РҚ тәуелділік қисығы келтірілген. АҚ-ты табиғи мәнге беру РҚ сызығы арқылы, ал

**ҒЫЛЫМ МЕН ТЕХНИКАНЫҢ ДАМУЫ:
ЖАҢА ИДЕЯЛАР МЕН ПЕРСПЕКТИВАЛАР
РАЗВИТИЕ НАУКИ И ТЕХНИКИ:
НОВЫЕ ИДЕИ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

$P_{\text{нат}}$ жоғары оны тұтынумен бірге жүреді. Әр түрлі кернеулер үшін бос тұрған сызықтың Q_0 зарядтау мәні ($P = 0$) 1 кестеде келтірілген.



2 сурет Реактивті қуатқа берілетін активті өтелмеген (а) және өтелген (б) ұзындығы 400 км 500 кВ ЭЖ тәуелділік қисығы

Кесте 1: Бос жүрістегі сызықтың Q_0 зарядтау қуатының мәндері ($P = 0$) әр түрлі кернеу кластары үшін

$U_{\text{ном}}$, кВ	245	345	420	525	765	1100
Q_0 , МВАр/100км	20	40	60	100	240	550
$P_{\text{нат}}$, МВт	157	350	590	950	2200	4800

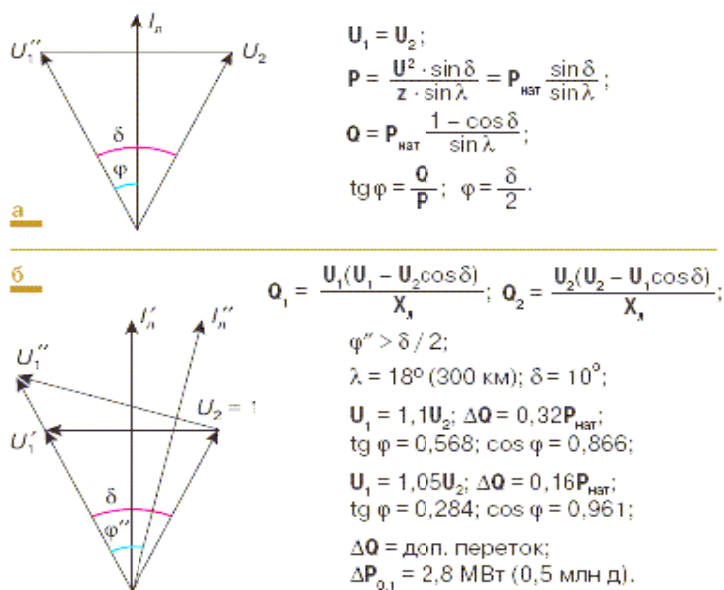
ЭС-ны ЭБЖ қосу генераторлардан осы реактивті қуатты тұтынуды талап етеді, бұл статорлардың фронтальды бөліктерінің қызуына байланысты мүмкін емес. Сондықтан желілердің зарядтау қуаты реакторлармен өтеледі. Орташа қуатты синхронды генераторлардың номиналды $\cos\varphi$ мәні 0,85 шамасымен анықталады, ал генераторлардың жүктемесінің төмендеуі олардың кернеулерінің жоғарылауымен бірге жүреді [4, 43 б.].

Ең дұрысы, «ЭС-ЭБЖ-Т» жүйесінде электр энергиясының ең аз шығыны тұрғысынан станция генераторлары номиналды $\cos\varphi$ -мен жұмыс істеуі үшін жағдай жасау керек, РҚ желісі бойынша қосымша ағын жоқ, ал тұтынушылар $\cos\varphi = 1$ мен РҚ тұтынусыз жұмыс істейді. 500 кВ электр желілері үшін желілердің ұзындығы 300 км-ден аспайды ($\varphi = 180$). 0,5 рН-ға дейін өтелген электр желілерінің нақты жүктемелері үшін $\cos\varphi$ желілерінің қуат коэффициенті 0,99 мәнімен анықталады (3 суретті қараңыз), ол номиналды $\cos\varphi$ генераторлар сәйкес келмейді.

ЭС шиналарындағы кернеудің 300 км ұзындықтағы ЭБЖ соңындағы кернеумен салыстырғанда 10% -ға артуымен $\cos\varphi$ желіні станция генераторлары үшін қолайлы 0,866-ға дейін төмендетуге болады. Бұл ретте U_1 және U_2 теңдік режимімен салыстырғанда желі бойынша қосымша РҚ 0,32 $P_{\text{нат}}$ -ға дейін ұлғаяды, бұл осы учаскеде 2,8 МВт шамасымен немесе электр энергиясының құнына сәйкес шамамен 0,5 млн.доллар жылына. ЭБЖ-нің осындай оптималды емес режимінің теріс салдары: электр энергиясының қосымша елеулі шығындары; жабуды талап ететін электр желілерінің теңгеріміндегі РҚ-тың ұлғаюы; жабдықтың сенімділігін төмендететін электр желілеріндегі кернеудің жоғарылауы.

Шығу – станцияларға қосымша шунттаушы реакторларды (ШР), асинхронды генераторларды немесе компенсаторларды орнату арқылы өз шиналарында РҚ тұтынуды $\cos\varphi$ генераторларына дейін арттыру. Мұндай шоғырланған электр желісінде кернеуді реттеу станция генераторларында жүзеге асырылатыны анық, ал басқарылатын РҚ көздерін (басқарылатын шунтталатын реакторлар – БШР, статикалық РҚ компенсаторлары) орнату мәселесі техникалық-экономикалық негіздемені талап етеді [5, 67Б].

**ҒЫЛЫМ МЕН ТЕХНИКАНЫҢ ДАМУЫ:
ЖАҢА ИДЕЯЛАР МЕН ПЕРСПЕКТИВАЛАР
РАЗВИТИЕ НАУКИ И ТЕХНИКИ:
НОВЫЕ ИДЕИ И ПЕРСПЕКТИВЫ**



3 сурет-ЭБЖ жұмыс режимдері

Желілердің ұзындығы 1000 км-ге жететін электр желілеріндегі тағы бір сурет, аралық қуатты таңдау. ШР сызығының ортасында және статикалық тиристорлық компенсаторлардың (СТК) қосылу тиімділігі 2-кестеде көрсетілген.

СТК-ның БШР-дан айырмашылығы белсенді қуатты табиғи мәннен жоғары желі арқылы беруге мүмкіндік береді.

$l = 1000 \text{ км} (\lambda = 60^\circ)$

№	δ		0	30°	60°	90°	120°
1	Нет ШР	U ₂	1,155	1,115	1,0	0,866	—
		P	0	0,577	1,0	1,155	—
2	Есть ШР	U ₂	1,0	0,966	0,866	0,707	—
		P	0	0,5	0,866	1,0	—
3	Есть СТК	U ₂	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
		P	0	0,518	1,0	1,414	1,732

$$P_1 = P_{\text{нат}} \frac{\sin \delta}{\sin \lambda}; \quad P_2 = P_{\text{нат}} \frac{\sin \delta}{2 \sin \frac{\lambda}{2}}; \quad P_3 = P_{\text{нат}} \frac{\sin \frac{\delta}{2}}{\sin \frac{\lambda}{2}}.$$

4 сурет- ЭБЖ ұзын желісінің ортасындағы кернеу

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Е.С. Третьякова «Өнер кәсіптік кәсіпорындар мен қалаларды электрмен жабдықтау жүйелеріндегі реактивті қуатты терең өтеудің энергия тиімділігін талдау», 2018
2. Е.С. Третьякова «Өндірісті электрмен жабдықтау жүйелеріндегі реактивті қуаттың терең өтемақысы [Мәтін]», 2017
3. В.В. Красник «Кәсіпорындардың электр желілеріндегі реактивті қуатты өтеуге арналған автоматты құрылғылар. [Мәтін]» / М., 1983

**ҒЫЛЫМ МЕН ТЕХНИКАНЫҢ ДАМУЫ:
ЖАҢА ИДЕЯЛАР МЕН ПЕРСПЕКТИВАЛАР
РАЗВИТИЕ НАУКИ И ТЕХНИКИ:
НОВЫЕ ИДЕИ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

4. Ю.И. Хохлов «Трансформациялық блоктардың токтарының тақ еселі гармоникаларының коммутациялық конденсаторларына сүзгіленген компенсацияланған түзеткіштер [Мәтін]» / Челябинск, 1995

5. И.Н. Богаенко «Реактивті қуаттың реттелетін компенсаторлық құрылғылары [Мәтін]» / К., 1992

ӘОЖ004.9

ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ ҒЫЛЫМ МЕН ТЕХНИКАНЫҢ ДАМУЫ

Каргулов Д.А., 4 курс, инженерлік-техникалық институты, информатика мамандығы, А.Байтұрсынов атындағы Қостанай өңірлік университеті

Калакова Г.Қ., инженерлік-техникалық институтының, информатика кафедрасының аға-оқытушысы, А.Байтұрсынов атындағы Қостанай өңірлік университеті

Қазақстанда қазіргі заманғы ғылыми-техникалық саланың маңызды бөлігі ұлттық және салааралық ғылыми орталықтар желісін қалыптастыру болып табылады. Қолданбалы зерттеулермен қатар, олар іргелі зерттеулерді кеңейтуі керек.

XXI ғасыр-ғылым мен жаңа технологиялар саласындағы революциялық өзгерістер кезеңі. Сонымен бірге, RAND корпорациясының «жаһандық технологиялық революция 2020» зерттеуіне сәйкес, алдағы бір жарым онжылдықта жоғарыда аталған салалардағы прогресс қарқыны бәсеңдейтіні туралы ешқандай белгі жоқ.

Соңғы онжылдықта элем ғалымдары қандай жаңалықтар ашқанын қысқаша еске түсірейік. Бозон Хиггса. Бұл жаңа бөлшек Үлкен хадрон коллайдерінде тәжірибе жасау арқылы алынады. Қарапайым тілмен айтатын болсақ, онда Хиггс бозоны бөлшектерде және бөлшектерден тұратын барлық заттарда массаның болуына жауап береді. Автофагия механизмі. Жапон ғалымы Есинори Осуми жасушалар өздерін ішінара «жей» алады, ескі немесе зақымдалған жерлерден құтылып, қалпына келтіру және одан әрі жұмыс істеу үшін жаңа ресурстар алады деген қорытындыға келді.

Металл сутегі. Гарвард университетінің ғалымдары балқытқан кезде алынған суперөткізгіш сол килограмм сутегі газының жанғанынан 21 есе көп энергия шығарады. Кванттық компьютерлер. Олар күрделі операциялардың уақытын қысқарта отырып, процессорлардың есептеу мүмкіндіктерін бірнеше есе арттырады және жасанды интеллект пен молекулалық модельдеу саласында күшті жетістіктерге әкеледі. Homo naledi. Адамның жаңа бабасы, «жұлдыз адам». Профессор Ли Бергер адамдар бір-бірінен айтарлықтай ерекшеленетін көптеген әртүрлі предшественниктер болды деген болжамды растады және біздің тұқымымыздың тарихы енді бір магистральға ие эволюция ағашына емес, бірнеше бұтаға ұқсас.

Тірі бұлшықеттері бар андроид Робот. Жапон инженерлері жасаған биогибридті робот адам саусағының қимылын еліктейді. Құрылғыда тірі бұлшықет жасушалары, металл және пластик қолданылады. Құрылғы буынға бүгіліп, кішкентай заттарды жылжытуға қабілетті.

Бұл ғылыми ойдың қол жеткізген аз ғана бөлігі. Іргелі және қолданбалы салалардағы ғылыми жаңалықтар, сондай-ақ озық елдердегі жаңа технологиялар экономикалық өсу мен өркендеудің факторы болып табылады. Сондықтан Қазақстан Президенті Нұрсұлтан Назарбаев индустриялық-инновациялық дамудың екі бағдарламасына бастамашы болып, жаңғыртудың үшінші толқынын жариялады. Бейнелеп айтқанда, бұл біздің экономикамыз бағыт ұстауы тиіс бағыттаушы жұлдыз. Маршруттың соңғы нүктесі-сапалы экономикалық өсу жә-