

УДК 621.3.016.25:621.31
МРНТИ 44.29.37

DOI 10.56339/2305-9397-2023-1-3-157-164

Жексембиева Н.С., техника ғылымдарының кандидаты, доцент, негізгі автор,
<https://orcid.org/0000-0002-6094-6987>

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ,
Жәңгір хан көшесі, 51, Орал қ.,090009, Қазақстан Республикасы, nazim_61zh@mail.ru

Длимова Т. Т., магистрант, <https://orcid.org/0000-0001-9291-1976>

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ,
Циолковской көшесі, 20, Орал қ.,090009, Қазақстан Республикасы, dlimovatomiris@gmail.com

Zheksembieva N. S., candidate of Technical Sciences, associate professor, the main author,
<https://orcid.org/0000-0002-6094-6987>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk,
st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, nazim_61zh@mail.ru

Dlimova T. T., master's student, <https://orcid.org/0000-0001-9291-1976>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk,
st. Z. Tsiolkovsky street 20, 090009, Kazakhstan, dlimovatomiris@gmail.com

ҚАЛАЛЫҚ ЖЕЛІЛЕРДЕГІ РЕАКТИВТІ ҚУАТТЫҢ ӨТЕУ ТӘСІЛДЕРІ WAYS TO COMPENSATE FOR REACTIVE POWER IN CITY NETWORKS

Аннотация

Бұл мақалада жалпы қалалық желілерінің құрылымы, қуаттың түрлері мен реактивті қуаттың өтеу тәсілдері қарастырылған. Қазіргі таңда реактивті қуатты өтеу мәселесі қала ішінде күрделі мәселеге айналған. Реактивті қуатты өтеу үшін арнайы теңгергіш құрылғылар орнатылады. Теңгергіш құрылғылар ішінде конденсаторлық батареялардың орналасуына қарай реактивті қуатты төмендетеді. Теңгергіштік құрылғыларға кіретін синхронды теңгергіштер, статикалық тиристорлық теңгергіштер, асинхронды турбогенераторлар пайдаланылады. Тұрмыстық жүктеме пайдаланылатын тұтынушылар реактивті қуатты аса қолданады. Оған жатататындар қатарына электр шамдары, электр плиталары, электр жылытқыштар, тұрмыстық заттар кіреді. Жалпы оларға қысқаша түсінік бере отырып, реактивті қуат өтеу үшін конденсаторлық батареялардың болуын ең тиімді әдісін айтуға болады. Қалалық желілердегі реактивті қуатты өтеу мәселесінің біржақты шешімі реактивті қуатты тұтынатын әрбір электр қабылдағышқа қосымша конденсатор орнату болар еді. Реактивті қуатты тұтынуды азайтудың ең жақсы амалы – оны өтеу. Және де бұл конденсаторлық қондырғылар есебінен болады. Бұл – желіден тұтынылатын реактивті қуатты төмендетудің ең ықпалды және тиімді әдісін айтуға болады. Конденсаторлық қондырғыларды пайдалану бізге көптеген артықшылықтар береді, сонымен қатар экономикалық жағынан да тиімді болып келеді.

ANNOTATION

This article discusses the structure of citywide networks, types of power and ways to compensate for reactive power. Currently, the problem of compensation of reactive power has become a serious problem within the city. To compensate for the reactive power, special compensating devices are installed. Compensatory devices reduce reactive power depending on the location of capacitor batteries inside. Synchronous compensators included in compensatory devices, static thyristor compensators, asynchronous turbochargers are used. Consumers using household loads use more reactive power. Among those belonging to it are electric lamps, electric stoves, electric heaters, household items. In general, giving them a brief explanation, we can say that the most effective way to

compensate for reactive power is the presence of capacitor batteries. An unambiguous solution to the problem of reactive power compensation in city networks would be to install an additional capacitor in each electric receiver that consumes reactive power. The best way to reduce reactive power consumption is to compensate for it. And this happens at the expense of condenser units. We can say that this is the most effective and effective way to reduce the reactive power consumed from the network. The use of condenser units provides us with many advantages and is also becoming more economical.

Түйін сөздер: реактивті қуат, теңгергіш құрылғылар, электр желілері, электр қабылдағыш, тұтынушы, қуат коэффициенті, конденсаторлық батарея.

Key words: reactive power, compensating devices, power lines, electrical receiver, consumer, power factor, capacitor battery.

Кіріспе. Реактивті қуатты өтеу тиімділігінің негізгі көрсеткіштерінің бірі - барлық кернеу кластарының электр желілері бойынша-электр станцияларының генераторларынан теңгергіш құрылғыларды орнату үйінен реактивті қуатты беруге байланысты интегралды шығындардың шамасы болып табылады. Бұл жағдайда тұтынушылардың желілерінде де, энергиямен жабдықтаушы ұйымдардың желілерінде де электр энергиясының жоғалуы азаяды. Шығындарды азайту мөлшері көптеген факторларға байланысты. Өнеркәсіптік кәсіпорынның электрмен жабдықтау жүйесі электрмен жабдықтаушы ұйымнан электр энергиясын алады. Алынған энергия электрмен жабдықтау жүйесінің электр желісі арқылы түрлендіріледі және электр қабылдағыштарға беріледі. Электр станцияларында реактивті қуат өндіру және жүктемені ұзақ қашықтыққа жеткізу экономикалық тұрғыдан қолайсыз, бірақ бұл реактивті қуат жүктеме орталықтарында конденсаторлармен немесе қозғалған қозғалтқыштармен қамтамасыз етіледі [1, 2, 3].

Өнеркәсіптік кәсіпорындағы энергия үнемдеу бағыттарының бірі оның электрмен жабдықтау жүйесінде электр энергиясын бөлу тиімділігін арттыру болып табылады. Қазіргі заманғы электр құрылғыларын пайдалану арқылы қуат коэффициентінің тұрақты төмендеуіне байланысты тұрмыстық төмен вольтты электр желілерінде реактивті қуатты тиімді өтеу қажеттілігі артады [4, 5].

Қазіргі уақытта қалалық шаруашылық (тұрғын үйлер, қоғамдық ғимараттар, коммуналдық кәсіпорындар) әртүрлі мақсаттағы, қуаттылықтағы және жұмыс режимдеріндегі электр қабылдағыштармен орнатылған. Қалалық елді мекендердің энергия сыйымдылығы жақындап, кейбір жерлерде өнеркәсіптік кәсіпорындардың көрсеткіштерінен асып түсті. Қазіргі қала тұрғындарының электрмен жабдықтаудың сенімділігі мен сапасына тәуелділігі 10-20 жыл бұрынғыға қарағанда бүгінде әлдеқайда күшті. Тұрғын үй және коммуналдық сектордағы барлық электр қабылдағыштар екі тең емес топқа бөлінеді:

- жеке үй иелерінің электр қабылдағыштары;
- жалпы үй және коммуналдық мақсаттағы электр қабылдағыштар.

Бірінші топқа жарықтандыру және тұрмыстық электр құрылғылары, жергілікті электр жылыту қондырғылары және кондиционерлер кіреді; екіншісіне-көше және ішкі жарықтандыру қондырғылары, сорғы қондырғылары, лифтілер, орталықтандырылған желдету жүйелері, әртүрлі жылуға қарсы құрылғылар және байланыс және телекоммуникацияның "әлсіз ток" аппаратурасы жатқызылады.

Қаланы электрмен жабдықтаудың классикалық схемасын шартты түрде екі бөлікке бөлуге болады. Біріншісіне қаланың аудандары арасында электр энергиясын енгізуге және таратуға арналған кернеуі 35-220 кВ электрмен жабдықтау желілері жатады. Жергілікті электр станциялары бастапқыда қуат көзі ретінде пайдаланылды, кейінірек орталықтандырылған аудандық энергия жүйесін қолданды. Қалалық электр желілерінің қоректендіру орталықтары кіші станцияларды төмендететін 6-10 кВ құрама шиналар болады. Жүйенің екінші бөлігіне электрмен жабдықтауды жекелеген абоненттерге жеткізетін 6-10кВ және 380/220В тарату желілері жатады. Жүйенің осы бөлігінің шеттері 6-10 кВ құрама шиналардан басталып, өнеркәсіптік және тұрмыстық тұтынушыларға кіре берісте аяқталады [6].

Ұзақ уақыт бойы 0,4 – 6 (10) кВ кернеулі таратушы электр желілеріндегі реактивті қуатты өтеу мәселелеріне тиісті көңіл бөлінбеді, бұл коммуналдық – тұрмыстық жүктеме пайдаланылатын

электр қабылдағыштардың ерекшеліктеріне байланысты (қыздыру шамдары, электр плиталары, электр жылытқыштар және т. б.) негізінен активті сипатта болатындығымен түсіндірілді.

Қазіргі уақытта коммуналдық-тұрмыстық жүктеменің сипаты жаңа буын электр қабылдағыштарының (микротолқынды пештердің, кондиционерлердің, люминесцентті шамдардың, дербес компьютерлердің және т.б.) активті қуатпен қатар, қоректендіру желісінен тұтынатын, сондай-ақ айтарлықтай реактивті қуаттың кеңінен таралуының нәтижесінде күрт және түбегейлі өзгерді[6].

Зерттеу материалдары мен әдістері.

Электрэнергетикалық жүйелер жүктеменің өсуіне және технологияның жетілдірілуіне байланысты бірқатар қиындықтарға тап болады;

Реактивті қуатты жоспарлау және кернеудің ұрақтылығын жақсарту олардың ішіндегі ең маңыздысы болып табылады[7].

Электр қабылдағыштардың негізгі түрлері(қозғалтқыштар, индукциялық жылытқыштар, трансформаторлар және т.б.) өз жұмысы үшін бұл жағдайда индуктивті деп аталатын реактивті ток (қуат) қажет болатын ауыспалы өрісті қажет етеді. Бұл көрсетілген электр қабылдағыштар қосылатын электр желілерінде реактивті қуаттың болуын түсіндіреді [8].

Электр генераторларының номиналды қуат коэффициенті 0,9 тең. Бұл тұтынушы үшін оның мөлшерінен жоғары.

Тапшылықтың болуы реактивті қуат ағындарының пайда болуына және тұтынушының кернеу деңгейінің төмендеуіне әкеледі.

Осыдан реактивті қуатты өтеу мәселесі туындайды. Ол екі жолмен шешілуі мүмкін:

- 1) электр энергиясын тұтынушының табиғи қуат коэффициентін арттыру;
- 2) арнайы теңгергіш құрылғылардың көмегімен тұтынушылардың реактивті қуатын жасанды өтеу арқылы жүзеге асырылады[9].

Тұтынушыларды қуаттандыратын желідегі активті және реактивті қуат олардың қысқыштарындағы жиілік пен кернеуге байланысты болып келеді.

Ток көзінен торапқа берілетін активті қуат келесі формуламен анықталады[10].

$$P = \sqrt{3} U I \cos \varphi = \sqrt{3} S \cos \varphi (1)$$

Ток пен кернеу векторының арасындағы $\cos \varphi$ бұрышы ток көзінің қолданатын қуат дәрежесін көрсетеді. Толық қуат активті және реактивті қуат қосындысымен анықталады.

$$S^2 = P^2 + Q^2 (2)$$

Егер қабылдағыштар қолданатын реактивті қуатын төмендетсе, трансформатор мен генератордың анықталған қуатын азайтуға, желілердің өткізу қабілетін арттыруға, сымдардың қима ауданын арттырмай қуат жоғалысын төмендетуге болады. Реактивті қуаттың негізгі қабылдағыштары болып 65-70% дейінгі қозғалтқышты жүктеме, 20-25% трансформаторлар, 10% жуық ауа желілері мен басқа қабылдағыштар саналады. Қуат коэффициентін $\cos \varphi_1$ бұрышы бар өтеміне дейін өтем қондырғысының артуын қолданып ығысу бұрышын φ_2 –ге азайтқанда, артады. Бұл кезде берілу қуаты өзгермейді. Әр момент уақытында қуат коэффициенті келесі қатынаспен анықталады.

$$\cos \varphi_i = \frac{P_i}{S_i} = \frac{P_i}{\sqrt{P_i^2 + Q_i^2}} (3)$$

Конденсаторлық қондырғылардың қуатын реттеу келесіден тұрады:

1. келесі факторлардың біріне тәуелділік;
2. компенсаторлық құрылғылардың қосылу нүктесіндегі кернеулер;
3. осы объектінің жүктеме тогы;
4. желідегі реактивті қуаттың бағыттары;
5. $\cos \varphi$;
6. тәулік уақыты [11].

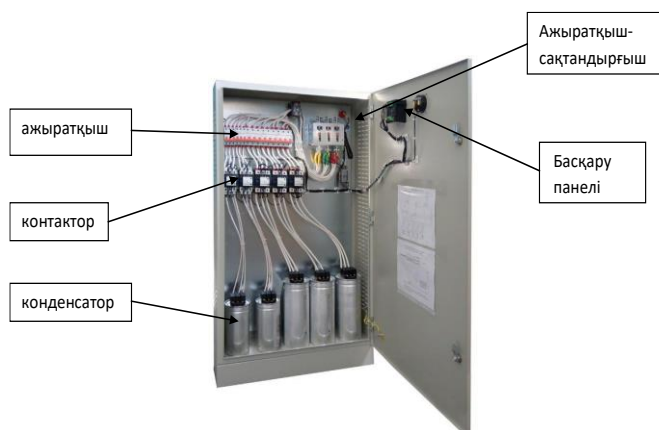
Реактивті қуатты өтеу үшін статикалық теңгергіштерді қолданады.

Статикалық реактивті қуат теңгергіштері басқарылатын реакторлар мен конденсатор батареяларын пайдалануға негізделген. Параллель қосылған кезде бүкіл құрылғының қуаты

реактор мен конденсатор батареясының қуаттылығының алгебралық қосындысына тең болады [12].

Конденсаторлық батареялар 220 В-тан 750 кВ-қа дейінгі номиналды кернеулерге дайындалады. Конденсаторлар кернеуді 110% - ға дейін және шамадан тыс жүктемені 130% - ға дейін ұзарту кезінде жұмыс істеуге мүмкіндік береді. Конденсаторлардың саны мен сыйымдылығы өтемақы үшін қажетті реактивті қуаттың мөлшеріне байланысты анықталады. Конденсаторлық қондырғылар кіріспе ұяшықтан және конденсаторлық ұяшықтардан тұратын бір реттік қызмет көрсету шкафтары түрінде орындалады, олардың саны конденсаторлық қондырғылардың қуатына байланысты [13, 14, 15].

1-суретте реактивті қуат теңгергіштердің 0,4 кВ кернеуінде қолданатын конденсатор батареясының шкафы көрсетіліп тұр. Олар 50 Гц жиіліктегі электр тізбектерінің реактивті қуатын автоматты немесе қолмен реттейтін электр тарату желілерінің өнеркәсіптік кәсіпорындарының электр қондырғыларының қуат коэффициентін арттыру үшін қолданылады.



Сурет 1 –Конденсаторлар батареясының шкафы

Реактивті қуатты өтеу қондырғылары - реактивті қуатты төмендетудің энергия тиімділігін арттыру әдістері болып табылады. Егер кәсіпорында реактивті қуатты өтеу құрылғылары болмаса, шығындар орташа энергия тұтынудың 10-50% жетуі мүмкін. Өтемақы жеке болуы мүмкін және орталықтандырылған онда реактивті қуаттың өтемақысының бірыңғай қондырғысы $\cos \varphi$ өнімділігі көрсеткішін өлшеу нүктесінен кейін бірден қуат коэффициентін түзетуді қамтамасыз ету қажет барлық жүктемелерді қосу желілері орнатылады [17].

6-10 кВ конденсаторларда біріктірілген жеке қорғаныс болмағандықтан, жалпы қорғаныстан басқа әрбір конденсаторда қажетті жарылғыш қуаты баржоғары вольтты сақтандырғыш типті жылдам әрекет ететін ток шектейтін алдын ала сақтандырғыш орнатылады. Конденсаторларды желіден ажыратқаннан кейін ашық үшбұрыштың схемасы бойынша қосылған кернеу трансформаторы қолданылады. Кернеуі 1кВ дейінгі конденсаторлық қондырғылар ажыратқыштар мен сақтандырғыштар, контакторлар мен сақтандырғыштар, автоматты ажыратқыштар арқылы желіге қосылады. Жеке өтемақы кезінде конденсаторлық қондырғылар жалпы контакторға немесе автоматқа электр қабылдағыш арқылы қосылады. Конденсаторлардың түрі индуктордағы ток жиілігі мен кернеу бойынша анықтамалық деректер бойынша таңдалады, ал сыйымдылықтың 50%-ы жол конденсаторларға тиесілі болуы тиіс [18, 19].

Зерттеу нәтижелері және оны талқылау. Электр энергиясын тарату жүйелерінде реактивті қуатты өтеу әдістеріне үш негізгі алгоритмі қолданады:

1. Есептік қызметтің нысаналы функциясын қалыптастыру тәсілін таңдау, компенсаторлық құрылғыларды пайдалану және қызмет көрсету, желідегі ЭЭ шығынын анықтау;
2. Қолданыстағы оңтайландыру әдістерін талдау және ең тиімдісін таңдау;
3. Интегралдық сипаттамаларды дәлдік пен сенімділік талаптарын қанағаттандыратын электр энергиясының шығындарын анықтау үшін көп режимді есепке алу әдісін таңдау [20].

Теңгергіштік құрылғыларға кіретін синхронды теңгергіштер, статикалық тиристорлық теңгергіштер, асинхронды турбогенераторлар пайдаланылады. Жалпы оларға қысқаша түсінік бере отырып, реактивті қуат өтеу үшін конденсаторлық батареялардың болуын ең тиімді әдісін айтуға болады.

Синхронды теңгергіш - желідегі реактивті қуатты реттеуге арналған жұмыс істейтін бос синхронды машина. Синхронды теңгергіштер электр жүйесіне электр энергиясын тұтынушыларға жақын жерде орнатылады. $\cos \varphi$ өскен сайын активті қуат бойынша желілердің өткізу қабілеті артады, сондықтан олар өндіретін немесе тұтынатын реактивті қуатты алыс қашықтыққа берудің қажеті болмайды. Синхронды теңгергішті орнату - бұл реактивті қуатты арттыру және кернеудің тұрақтылығын жақсарту мүмкіндігі [21, 22].

Үлкен қуатты турбогенераторлармен жабдықталған электр станциялары, әдетте, тұтынушылардан едәуір қашықтықта орналасқан. Оларға реактивті қуат өндіру және оны электр беру желісі арқылы беру экономикалық тұрғыдан мүмкін емес. Қуат коэффициенті әдетте төмен және орташа қуатты турбогенераторларда 0,8 және жоғары қуатты турбогенераторларда 0,85-0,9 аралығында болады [23].

Статикалық реактивті қуат теңгергіштері басқарылатын реакторлар мен конденсаторлық батареяларды пайдалануға негізделген. Мұндай біріктірілген теңгергіштер деп аталады. Бұл жағдайда қарама-қарсы тиристорлардың көмегімен реттелетін реакциялар статикалық тиристорлық теңгергіштер деп атайды [24].

Қорытынды. Электр энергиясын тарату энергия жүйелерін пайдалану және қызметті жоспарлау кезіндегі негізгі функциялардың бірі болып табылады. Бұған өндіріс пен сұраныс тепе-теңдігін сақтай отырып, қауіпсіздік, өнімділік және экономикалық аспектілер кіреді. Белсенді электр желісіне қосылуды және электр энергиясының сапасын бақылауды бір уақытта жүзеге асыру үшін белсенді электр желісіне қосылу қуатын және электр энергиясының сапасын бақылау негізгі буын болып табылады [25, 26].

Қалалық желілердегі реактивті қуатты өтеу мәселесінің біржақты шешімі реактивті қуатты тұтынатын әрбір электр қабылдағышқа қосымша конденсатор орнату болар еді. Реактивті қуатты тұтынуды азайтудың ең жақсы амалы – оны өтеу. Және де бұл конденсаторлық қондырғылар есебінен болады. Бұл – желіден тұтынылатын реактивті қуатты төмендетудің ең ықпалды және тиімді әдісі. Конденсаторлық қондырғыларды пайдалану бізге көптеген артықшылықтар береді. Біріншіден, қоректендіретін электр тасымалдау желілерін, трансформаторларды және үлестіруші қондырғыларды жүктеуге мүмкіндік береді, өз кезегінде бұл электр энергиясын төлеу шығынын азайтады. Екіншіден, белгілі типті қондырғыларды қолдануда жоғарғы гармоникалар деңгейін төмендетуге, желілік кедергілерді басуға, фазалардың асимметриясын азайтуға мүмкіндік береді. Нәтижесінде үлестіруші желілер сенімдірек және экономикалық жағынан тиімдірек болады.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Грачева, Е.И. Компенсация реактивной мощности [Текст]: учеб. для вузов / Грачева, Е.И. - М.: МЭИ, 2018. – С. 6-15
- 2 Стрельников, Н. А. Энергосбережение [Текст]: учеб. для вузов / Стрельников, Н. А. – М.: Новосибирск, НГТУ, 2019. – 46 с.
- 3 Application of Capacitor to Distribution System for Minimization of Power Losses / Conka, M. [and etc.] // Proceedings of the 2022 22nd International Scientific Conference on Electric Power Engineering: EPE 2022. – Kolcun, 2022.
www.scopus.com/results/results.uri?sort=plff&src=s&st1=reactive+power&nlo=&nlr=&nls=&sid=7ac3a7770576fb7eaeabb9330d1a0f7eb
- 4 Farkhadov, Z. I., Automatic Control of Reactive Power in the Load Node of the Power Supply System Based on Fuzzy Logic / Farkhadov, Z. I., . Azizov, R. Z // Lecture Notes in Networks and Systems. - 2022. - P. 140-147 <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85123312310&origin=AuthorNamesList&txGid=d67f2a5e0b61ddd46ab40458028b80ce&isValidNewDocSearchRedirection=false>
- 5 Kuzmin, R.S. Influence of reactive power compensation on power quality in grids up to 1000V / R. S. Kuzmin, A. A. Zavalov, S. V. Kuzmin // International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing. – 2020

www.scopus.com/record/display.uri?eid=2s2.085086759300&origin=resultslist&sort=plff&src=s&st1=reactive+power&nlo=&nlr=&nls=&sid=7ac3a7770576fb

6 Нормирование анализ и снижение потерь электроэнергии электрических сетях-2004: информ. материалы. - Москва, 2004— 11 с.

7 Eladl, A. A. Techno-economic multi-objective reactive power planning in integrated wind power system with improving voltage stability // Eladl, A. A., Basha, M. I., Desouky, A. A. // Electric Power Systems Research. – 2023 <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85140638747&origin=resultslist&sort=plff&src=s&st1=reactive+power&nlo=&nlr=&nls=&sid=e3fdb65707195f8033e726f6d>

8 Родыгина, Т. А. Электрические сети и системы[Текст]: лаб. практикум для студентов магистратуры, обучающихся по направлениям «Агроинженерия» и «Теплоэнергетика и теплотехника» / Родыгина, Т. А., Гаврилов, Р. И. –М.: Ижевск, ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2021.– 84 с.

9 Стрельников, Н.А. Энергосбережение[Текст]:учеб.пособие /Стрельников,Н. А.–М.: Новосибирск, НГТУ, 2019. - С.49-51.

10 Васильев, А.С. Управляемые электропередачи на базе силовой электроники [Текст]: учеб.пособие / Васильев, А. С. – М.: Томск, ТПУ, 2021.- Часть 1: Методическое и технологическое обеспечение управления режимом по напряжению и реактивной мощности.- 2021. - 142 с.

11 Тельманова, Е.Д. Автоматизация управления системами электроснабжения [Электронный ресурс] / Тельманова, Е.Д.- Электрон.текстовые дан.–М.: Екатеринбург, РГППУ, 2009. - С. 81-82.

12 Валеев, И.М. Концепция управления цифровыми подстанциями будущего[Текст]:учеб.пособие / И. М. Валеев, В. Г. Макаров. –М.: Казань, КНИТУ, 2019. – 38 с.

13 Гриднева, Т. С. Энергосбережение в электроснабжении АПК[Текст]: учеб.пособие / Гриднева, Т. С., Нугманов, С. С. –М.: Самара, СамГАУ, 2018. – 30 с.

14 Суворин, А.В. Монтаж и эксплуатация электрооборудования систем электроснабжения[Текст]: учеб.пособие / Суворин, А. В.. - М.: Красноярск, СФУ, 2018. –294 с.

15 Черных, Р. А. Электроснабжение и энергосбережение на предприятии. Курс лекций[Текст]: учеб. пособие / Черных, Р. А., Карлова, О. В., Плотников, С. М. – М.: Красноярск, СибГУ им. академика Решетнёва, М. Ф., 2021. - 92 с.

16 Реконструкция и техническое перевооружение распределительных электрических сетей [Текст]:учеб.пособие для вузов / Хорольский, В. Я. [и др.] –М.: Санкт-Петербург, Лань, 2021. – 212 с.

17 Аполлонский, С. М. Энергосберегающие технологии в энергетике[Текст]:учеб.для вузов / Аполлонский, С. М. –М.: Санкт-Петербург, Лань, 2022. - Том 1: Энергосбережение в энергетике. - С. 215-216.

18 Самулеев, В. И. Компенсация реактивной энергии в электроэнергетических системах[Текст]: монография / Самулеев, В. И., Гусакова, Т. Н., Кочканова, О. Н. – М.: Нижний Новгород, ВГУВТ, 2019. – 25 с.

19 Юдаев, И. В. Электрический нагрев: основы физики процессов и конструктивных расчетов [Текст]:учеб.пособие / Юдаев, И. В., Живописцев, Е. Н. – М.: Санкт-Петербург, Лань, 2022. – 107 с.

20 Герасименко, А. А. Оптимальная компенсация реактивной мощности в системах распределения электрической энергии[Текст]: монография / Герасименко, А. А., Нешатаев, В. Б.. –М.: Красноярск, СФУ, 2012. – 13 с.

21 Епифанов, А. П. Электромеханические преобразователи энергии[Текст]: учеб.пособие / Епифанов, А. П.. –М.: Санкт-Петербург, Лань, 2022. – 192 с.

22 Li, Y. Siting and sizing of synchronous compensator based on electromagnetic transient simulation / Gesang, Y. Li, J., Long, D., Song, Y., Chen, Y. // Energy Reports. - 2022. - № 8.- P. 1350-1357 <https://www.scopus.com/results/results.uri?sort=plff&src=s&st1=electric+lines&nlo=&nlr=&nls=&sid=9b48354add01a0ce1a4031ba52fa308e>

23 Константинов, Г. Г. Турбогенераторы для тепловых и атомных электростанций[Текст]:учеб.пособие / Константинов, Г. Г. – М.: Иркутск, ИРНИТУ, 2018. – 13 с.

24 Скорняков, В. А. Общая электротехника и электроника [Текст]: учеб. пособие / Скорняков, В. А., Фролов, В. Я. - 3-е изд., стер. - М.: Санкт-Петербург, Лань, 2022. - 176 с.

25 Granados, J.F.L., Many-objective optimization of real and reactive power dispatch problems / Granados, J. F. L., Uturbey, W., Valadão, R. L., Vasconcelos, J. A. // International Journal of Electrical Power and Energy Systems. - 2023. - Vol. 146.

<https://www.scopus.com/results/results.uri?sort=plff&src=s&st1=reactive+power&sid=0b853d204795>

26 Guo, W. Research on optimization strategy of harmonic suppression and reactive power compensation of photovoltaic multifunctional grid connected inverter / Guo, W., Xu, W. // International Journal of Electrical Power & Energy Systems. - 2023. - Vol. 145. - P. 108649

www.scopus.com/results/results.uri?sort=plff&src=s&st1=reactive+power&nlo=&nlr=&nls=&sid=e3fdb65707195f8033

REFERENCES

1 Gracheva, E.I. Reactive power compensation [Text]: textbook. for universities / E.I. Gracheva. - M.: MEI, 2018. - p. 6 - 15

2 Strelnikov, N. A. Energy saving [Text]: textbook. for universities / Strelnikov, N. A. - M.: Novosibirsk, NSTU, 2019. - 46 p.

3 The use of a capacitor in a distribution system to minimize electricity losses / M. Konka [etal.] // Proceedings of the 22nd International Scientific Conference on Electric Power Industry 2022: EPE 2022. - Kolchun, 2022.

www.scopus.com/results/results.uri?sort=plff&src=s&st1=reactive+power&nlo=&nlr=&nls=&sid=7ac3a7770576fb7eae9330d1a0f7eb

4 Farkhadov, Z. I. Automatic regulation of reactive power in the load node of the power supply system based on fuzzy logic / Farkhadov, Z. I., Azizov, R. Z. // Lecture notes on networks and systems. - 2022. - pp. 140-147

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85123312310&origin=AuthorNamesList&txGid=d67f2a5e0b61ddd46ab40458028b80ce&isValidNewDocSearchRedirection=false>

5 Kuzmin, R. S. The influence of reactive power compensation on the quality of electricity in networks with voltage up to 1000 V / Kuzmin, R. S., Zavalov, A. A., Kuzmin, S. V. // International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing. - 2020

www.scopus.com/record/display.uri?eid=2s2.085086759300&origin=resultslist&sort=plff&src=s&st1=reactive+power&nlo=&nlr=&nls=&sid=7ac3a7770576fb

6 Rationing analysis and reduction of electricity losses in electric networks - 2004: inform. materials. - Moscow, 2004. - 11 s.

7 Eladl, A. A. Technical and economic multipurpose planning of reactive power in an integrated wind power system with improved voltage stability // Eladl, A. A., Basha, M. I., Desuki, A. A. // Research of electric power systems. - 2023

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85140638747&origin=resultslist&sort=plff&src=s&st1=reactive+power&nlo=&nlr=&nls=&sid=e3fdb65707195f8033e726f6d>

8 Rodygina, T. A. Electrical networks and systems [Text]: laboratory workshop for master's degree students studying in the areas of "Agroengineering" and "Heat power engineering and heat engineering" / Rodygina, T. A., Gavrilov, R. I. - M.: Izhevsk, Izhevsk State Agricultural Academy, 2021. - 84 p.

9 Strelnikov, N. A. Energy saving [Text]: textbook. manual / Strelnikov, N. A. - M.: Novosibirsk, NSTU, 2019. - pp. 49-51.

10 Vasiliev, A. S. Controlled power transmission based on power electronics [Text]: textbook. manual / Vasiliev, A. S. - M.: Tomsk, TPU, 2021. - Part 1 : Methodological and technological support of voltage and reactive power mode control. - 2021. - 142 p.

11 Telmanova, E. D. Automation of control of power supply systems [Electronic resource] / Telmanova, E. D. - Electron. text data. - M.: Yekaterinburg, RGPPU, 2009. - pp. 81 - 82.

12 Valeev, I. M. The concept of management of digital substations of the future [Text]: textbook. manual / Valeev, I. M., Makarov, V. G. - M.: Kazan, KNITU, 2019. - 38 p.

13 Gridneva, T. S. Energy saving in the power supply of the agro-industrial complex [Text]: textbook. manual / Gridneva, T. S., Nugmanov, S. S. - M.: Samara, SamGAU, 2018. - 30 p.

14 Suvorin, A.V. Installation and operation of electrical equipment of power supply systems [Text]: textbook. manual / A.V. Suvorin. - M.: Krasnoyarsk, SibFU, 2018. - 294 p.

15 Chernykh, R. A. Power supply and energy saving at the enterprise. Course of lectures [Text]: studies. manual / Chernykh, R. A., Karlova, O. V., Plotnikov, S. M. – M.: Krasnoyarsk, SibGU named after academician Reshetnev, M. F., 2021. – 92 p.

16 Reconstruction and technical re-equipment of electrical distribution networks [Text]: textbook. handbook for universities / Khorolsky, V. Ya. [et al.] – Moscow: Saint Petersburg, Lan, 2021. – 212 p.

17 Apollonsky, S. M. Energy-saving technologies in power engineering [Text]: textbook. for universities / Apollonsky, S. M. – M.: St. Petersburg, Lan, 2022. – Volume 1: Energy saving in power engineering. – Pp. 215 - 216.

18 Samuleev, V. I. Compensation of reactive energy in electric power systems [Text]: monograph / Samuleev, V. I., Gusakova, T. N., Kochkanova, O. N. – M.: Nizhny Novgorod, VGUVT, 2019. – 25 p.

19. Yudaev, I. V. Electric heating: fundamentals of physics of processes and constructive calculations [Text]: textbook. manual / Yudaev, I. V., Pictorialists, E. N. – M.: St. Petersburg, Lan, 2022. – 107 p.

20 Gerasimenko, A. A. Optimal compensation of reactive power in electric power distribution systems [Text]: monograph / Gerasimenko, A. A., Neshataev, V. B. – M.: Krasnoyarsk, SibFU, 2012. – 13 p.

21 Epifanov, A. P. Electromechanical energy converters [Text]: textbook. manual / Epifanov, A. P. – M.: St. Petersburg, Lan, 2022. – 192 p.

22 Li, Yu. Installation and calibration of a synchronous compensator based on modeling of electromagnetic transients / Gesang, Yu. Li. J., Long, D., Song, Yu., Chen, Yu. // Energy reports. - 2022. - No. 8. - pp. 1350-1357

<https://www.scopus.com/results/results.uri?sort=plff&src=s&st1=electric+lines&nlo=&nlr=&nls=&sid=9b48354add01a0ce1a4031ba52fa308e>

23 Konstantinov, G. G. Turbogenerators for thermal and nuclear power plants [Text] studies. the manual Konstantinov, G. G. – M.: Irkutsk, IRNTU, 2018. – 13 p.

24 Skorniyakov, V. A. General electrical engineering and electronics [Text]: textbook. manual / Skorniyakov, V. A., Frolov, V. Ya. - 3rd ed., ster. – M.: St. Petersburg, Lan, 2022. – 176 p.

25 Granados, J. F.L., Multipurpose optimization of real and reactive power dispatching tasks. Granados, J. F. L., Uturbi, U., R. Valadao, L., Vasconcelos, J. A. // International Journal of Electric Power Engineering and Energy Systems. - 2023. - Volume 146.

<https://www.scopus.com/results/results.uri?sort=plff&src=s&st1=reactive+power&sid=0b853d204795>

26 In . Investigation of the strategy for optimizing harmonic suppression and reactive power compensation of a photovoltaic multifunction inverter connected to the grid / Guo, U., Xu, U. // International Journal of Electric Power Engineering and Energy Systems. - 2023. - Volume 145. - P. 108649 www.scopus.com/results/results.uri?sort=plff&src=s&st1=reactive+power&nlo=&nlr=&nls=&sid=e3fdb65707195f8033

РЕЗЮМЕ

В данной статье рассмотрены структура общегородских сетей, виды мощности и способы компенсации реактивной мощности. В настоящее время вопрос компенсации реактивной мощности стал серьезной проблемой в городе. Для компенсации реактивной мощности устанавливаются специальные компенсаторные устройства. Компенсаторные устройства снижают реактивную мощность в зависимости от расположения конденсаторных батарей внутри.

Используются синхронные компенсаторы, статические тиристорные компенсаторы, асинхронные турбогенераторы, входящие в компенсаторные устройства. Потребители, использующие бытовую нагрузку, используют реактивную мощность в большей степени. К ним относятся электрические лампы, электрические плиты, электрические обогреватели, предметы домашнего обихода. Давая им общее краткое объяснение, можно сказать, что наиболее эффективным способом является наличие конденсаторных батарей для компенсации реактивной мощности. Односторонним решением проблемы компенсации реактивной мощности в городских сетях будет установка дополнительного конденсатора на каждый электроприемник, потребляющий реактивную мощность. Лучший способ снизить потребление реактивной энергии - компенсировать. И это происходит за счет конденсаторных установок. Это самый действенный и эффективный способ снижения реактивной мощности, потребляемой сетью. Использование конденсаторных установок дает нам много преимуществ, а также является экономически эффективным.

УДК 621.311.4-742
МРНТИ 44.29.33

DOI 10.56339/2305-9397-2023-1-3-165-172

Жексембиева Н. С., техника ғылымдарының кандидаты, доцент, негізгі автор, <https://orcid.org/0000-0002-6094-6987>

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, Жәңгір хан көшесі, 51, Орал қ., 090009, Қазақстан Республикасы, nazim_61zh@mail.ru

Әбілғазиев Е. Н., магистрант, <https://orcid.org/0000-0003-2382-518X>

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, Жәңгір хан көшесі, 51, Орал қ., 090009, Қазақстан Республикасы, abilgaziev.e@mail.ru

Zheksembieva N. S., candidate of Technical Sciences, associate professor, the main author, <https://orcid.org/0000-0002-6094-6987>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st.Zhangir khan, 51, 090009, Kazakhstan, nazim_61zh@mail.ru

Abilgaziev E. N., master's student, <https://orcid.org/0000-0003-2382-518X>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st.Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, abilgaziev.e@mail.ru

110/10 кВ ҚОСАЛҚЫ СТАНЦИЯСЫН ЖАҢАРТУДЫҢ ТИМДІЛІГІН ТАЛДАУ ANALYSIS OF THE TIMELINESS OF UPDATING THE 110/10 KV SUBSTATION

Аннотация

Бұл аталмыш мақалада ауыл шаруашылығы өнімдерін қайта өңдейтін жаңа кешендердің енгізілуіне байланысты ауыл шаруашылығы өндірушілерінің электр энергиясын тұтынуының артуы, осы қосалқы станцияның жабдықтары моральдық және физикалық тұрғыдан ескірген және ауыстыруды қажет ететіндігі негіз болды, өйткені ол қазіргі уақытта енгізілген электр қауіпсіздігі мен сенімділігі бойынша талаптарды орындамайтындығы зерттеудің басты себебі болғандығы туралы айтылады. Сонымен қатар ескірген қосалқы станцияларды қаражат жағын ескере отырып ең тиімді нұсқаларды қарастырамыз. Яғни қосалқы станцияның ескірген, қолданысқа жарамсыз бөліктерін заманауи тиімді бөлшектерге ауыстыра отырып, электр қуатын үнемдеуге мақсат қойып ізденісті жалғастыру болып табылады. Қазіргі таңда еліміздегі көптеген қосалқы станцияларды жаңартуға тура келеді. Еліміздегі ескірген қосалқы станцияларды түбегейлі жаппай жаңарту экономикалық шығындар тудыруы мүмкін, бір-ақ көптеген өндірістер, кәсіпорындар электр қуатынсыз жұмыс жасауын елестету мүмкін емес екені айдан анық. Сол себепті қазіргі таңда электр қуатын тарату мен тасымалдау құрылғыларына және үнемдеуге үлкен ізденістер жүргізілуде.

Сондай-ақ, қосалқы станцияны жаңарту туралы шешім жаңа қосалқы станцияны салу қиын болғандықтан қабылданды, өйткені ол қосалқы станциясын салу орнын, қоректену және шығу желілерін іздеуді, аудан орталығының барлық коммуникацияларымен келісу қажеттілігін қарастырады, бұл негізсіз шығындарға әкеледі.

ANNOTATION

This article states that the main reason for the study was the increase in electricity consumption by agricultural producers due to the introduction of new complexes for processing agricultural products, the fact that the equipment of this substation is morally and physically outdated and requires replacement, since it does not meet the requirements for electrical safety and reliability introduced at the moment. At the same time, we consider the most effective options for obsolete substations, taking into account the financial aspect. That is, to continue the search in order to save electricity, replace obsolete, unusable parts of the substation with modern efficient parts. Currently, many substations in the country are in need of renovation. It is clear that a radical and massive modernization of obsolete substations in our country can lead to economic losses, and it is impossible to imagine that many industries and enterprises will work without electricity. That is why a lot of research is currently being done on power distribution and transmission devices and savings.