

УДК 621.315(575.2)
DOI: 10.36979/1694-500X-2024-24-4-102-106

О НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЙ ОСНОВЕ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ КЫРГЫЗСТАНА

Ю.П. Симаков, Б.М. Жолдошова, С.С. Шептунов

Аннотация. Приведены результаты анализа нормативных требований, документов и современного состояния компенсации реактивной мощности в электрических сетях энергосистемы Кыргызстана. Предлагается в качестве количественной характеристики компенсации реактивной мощности использовать «коэффициент реактивной мощности». На основе международного опыта предложены нормативные значения коэффициента реактивной мощности. Показана необходимость разработки новой редакции главы 11 «Компенсация реактивной мощности» Правил пользования электрической энергией Кыргызской Республики.

Ключевые слова: баланс реактивной мощности; компенсация реактивной мощности; нормативные требования и документы; компенсирующие устройства; распределительные сети; потери активной мощности; потери напряжения.

КЫРГЫЗСТАНДЫН ЭЛЕКТР ТАРМАКТАРЫНДАГЫ РЕАКТИВДҮҮ КУБАТТУУЛУКТУ КОМПЕНСАЦИЯЛООНУН ЧЕНЕМДИК-УКУКТУК НЕГИЗДЕРИ ЖӨНҮНДӨ

Ю.П. Симаков, Б.М. Жолдошова, С.С. Шептунов

Аннотация. Макалада ченемдик талаптардын, документтердин жана Кыргызстандын энергетика системасынын электр тармактарындагы реактивдүү кубаттуулукту компенсациялоонун учурдагы абалына талдоо жүргүзүүнүн жыйынтыгы берилген. Реактивдүү кубаттуулукту компенсациялоонун сандык мүнөздөмөсү катары «реактивдүү кубаттуулук коэффициентин» колдонуу сунушталууда. Эл аралык тажрыйбанын негизинде реактивдүү кубаттуулук коэффициентинин ченемдик маанилери сунушталат. Кыргыз Республикасынын электр энергиясын пайдалануу эрежелеринин «Реактивдүү кубаттуулукту компенсациялоо» деген 11-главасынын жаңы редакциясын иштеп чыгуу зарылдыгы көрсөтүлгөн.

Түйүндүү сөздөр: реактивдүү кубаттуулуктун балансы; реактивдүү кубаттуулуктун компенсациясы; ченемдик талаптар жана документтер; компенсациялык түзүлүштөр; бөлүштүрүүчү тармактар; активдүү кубаттуулукту жоготуу; чыңалуу жоготуулары.

ON THE REGULATORY AND LEGAL BASIS OF REACTIVE POWER COMPENSATION IN THE ELECTRIC NETWORKS OF KYRGYZSTAN

Yu.P. Simakov, B.M. Zholdoshova, S.S. Sheptunov

Abstract. The article presents the results of the analysis of regulatory requirements, documents and the current state of reactive power compensation in the electric networks of the Kyrgyz energy system. It is proposed to use the “reactive power coefficient” as a quantitative characteristic of reactive power compensation. Based on international experience, normative values of the reactive power coefficient are proposed. The necessity of developing a new version of Chapter 11 “Reactive power compensation” of the Rules for the use of electric energy of the Kyrgyz Republic is shown.

Keywords: reactive power balance; reactive power compensation; regulatory requirements and documents; compensating devices; distribution networks; active power losses; voltage losses.

Известно, что компенсация реактивной мощности позволяет обеспечивать баланс реактивной мощности в энергосистеме, снижать потери мощности и электроэнергии в электрических сетях, повышать пропускную способность электрической сети, улучшать показатели качества электроэнергии в системе электроснабжения регулированием напряжения. Учитывая сравнительно высокую экономическую и энергетическую эффективность компенсации реактивной мощности, ей уделяют большое внимание, опубликовано огромное количество статей, рассматривающих различные аспекты этой проблемы. Достаточно полный анализ энергетической эффективности и компенсации реактивной мощности в электрических сетях выполнен в статье профессора В.Э. Воронницкого [1]. В частности отмечается, что в Российской Федерации создана нормативная база для определения мест и установленной мощности компенсирующих устройств при разработке схем развития электрических сетей, проектов их реконструкции и присоединения новых потребителей электроэнергии, а также для стимулирования установки средств компенсации в системообразующих и распределительных электрических сетях и в сетях потребителей. При этом отмечается, что имеется существенное отставание от современного уровня методической и нормативно-правовой базы, централизованной системы управления реактивной мощностью и уровнями напряжения в электроэнергетической системе.

Основными нормативными документами Кыргызской Республики в области энергетики в настоящее время являются:

- Гражданский кодекс Кыргызской Республики.
- Закон «Об энергетике».
- Закон «Об электроэнергетике».
- Закон «Об энергосбережении».
- Правила пользования электрической энергией.
- Межгосударственный стандарт о качестве электрической энергии ГОСТ 32144–2013.

В законах «Об энергетике», «Об электроэнергетике» и «Об энергосбережении» отсутствуют конкретные требования по повышению эффективности и экономичности процессов передачи электроэнергии от производителя до потребителя путем компенсации реактивной мощности.

В питающих электрических сетях 110–500 кВ кыргызской энергосистемы при решении вопросов по компенсации реактивной мощности, регулированию напряжения и обеспечению устойчивости, по существу продолжают руководствоваться требованиями правил устройства электроустановок. Разработан «Стандарт ОАО Национальные электрические сети Кыргызстана», определяющий организационно-технические мероприятия по повышению устойчивости и технико-экономической эффективности электрических сетей за счет управления потоками реактивной мощности.

В замкнутых электрических сетях напряжением 110, и особенно, 220 кВ и выше, средства компенсации реактивной мощности используются в основном для обеспечения системной надежности, устойчивости, пропускной способности магистральных линий электропередачи, поддержания заданных диспетчером уровней напряжения в контрольных точках [2–4]. В разомкнутых распределительных электрических сетях 0,4–35 кВ ставится задача оптимизации загрузки электрических сетей реактивной мощностью с целью минимизации потерь активной мощности и электроэнергии и обеспечения нормированных уровней напряжения в точках поставки электроэнергии. Здесь, чем ближе к точкам потребления электроэнергии будут устанавливаться компенсирующие устройства, тем, как правило, выше их экономическая эффективность.

В нормализации положения с реактивной мощностью должны принимать участие все субъекты, участвующие в балансе. Вместе с тем должны быть определены приоритеты при решении указанной задачи. Сам факт доставки реактивной мощности потребителям из энергосистемы по распределительным сетям в условиях сокращения у потребителя объема собственных источников (компенсирующих устройств) является неоправданным явлением. Отсюда следует вывод: **без решающего участия потребителей в компенсации собственного потребления реактивной мощности невозможно обеспечить технически и экономически обоснованный баланс реактивной мощности в энергосистеме.**

В распределительных сетях 6–35 кВ проблема компенсации реактивной мощности остается нерешенной [5].

По существу, единственным нормативным документом, в котором в главе 11 «Компенсация реактивной мощности» отражены требования по компенсации для потребителей электроэнергии, являются «Правила пользования электрической энергией», утвержденные Постановлением Правительства Кыргызской Республики от 22 августа 2012 года № 576 (в редакции постановлений Правительства КР от 28 марта 2014 года № 184, 23 декабря 2015 года № 870, 29 марта 2018 года № 169, 31 декабря 2018 года № 644). В п. 123 Правил установлены следующие требования по компенсации: «Установка компенсирующих устройств у потребителя должна обеспечивать степень компенсации реактивной мощности в пределах 0,9, при этом лицензиату предоставляется право изменять (в меньшую сторону) значение нормируемой степени компенсации в зависимости от режима работы энергетической системы». Однако в настоящее время потребители компенсацией реактивной мощности практически не занимаются, мотивируя это тем, что в типовом «Контракте на снабжение электрической энергией небытовых потребителей» (приложение 1 п. Ж к Правилам пользования электрической энергией) нет конкретного пункта с требованиями по компенсации реактивной мощности. Предложения по совершенствованию нормативной базы по компенсации реактивной мощности были сформулированы еще в 2014 г. [6]. Для внесения изменений в «Правила пользования электрической энергией» необходимо определиться с нормативным показателем компенсации реактивной мощности.

Широко используемой количественной характеристикой реактивной мощности является **коэффициент мощности**, он равен косинусу угла (φ) между током и напряжением или отношению между активной и полной нагрузкой, т. е.:

$$\cos(\varphi) = P/S,$$

где P – активная нагрузка; S – это полная мощность.

Коэффициент мощности, по мнению многих специалистов, является недостаточной характеристикой потребляемой реактивной мощности, так как при значениях $\cos \varphi$, близких к единице, потребляемая РМ еще достаточно велика, т. е. точность коэффициента мощности $\cos \varphi$ в определении реального потребления реактивной энергии, значительно ниже точности коэффициента реактивной мощности $\tan \varphi$.

Нередко (в основном в странах дальнего зарубежья) для оценки КРМ пользуются таким показателем, как **степень компенсации реактивной мощности**, который представляет собой отношение величины реактивной мощности компенсирующих устройств ($Q_{ку}$) к потребляемой активной мощности (P). В частности, в США и Японии мощность конденсаторов составляет около 70 % от активной пиковой мощности. В отдельных энергокомпаниях США мощность установленных конденсаторов уже составляет 100 % от мощности генераторов.

В некоторых энергосистемах Сибири **степень компенсации реактивной мощности** – это отношение мощности компенсирующих устройств ($Q_{ку}$) к зарядной мощности линий ($Q_{зар}$) – $Q_{ку}/Q_{зар}$, о.е. [1].

В «Правилах пользования электрической энергией» Кыргызстана под **степенью компенсации реактивной мощности**, понимается отношение мощности компенсирующих устройств ($Q_{ку}$) к потребляемой реактивной мощности нагрузки ($Q_{пот}$).

В последние годы основным показателем, характеризующим величину потребления РМ, является **коэффициент реактивной мощности**:

$$\tan \varphi = Q/P,$$

где Q , P – соответственно величины реактивной и активной мощности.

На наш взгляд, для количественной характеристики компенсации реактивной мощности более целесообразно использовать понятие **коэффициент реактивной мощности**, а в «Правилах пользования

электрической энергией» понятие «степень компенсации реактивной мощности» заменить на «коэффициент реактивной мощности». В этом случае потребителю при выдаче Технических условий, в зависимости от точки присоединения, лицензиатом задается нормативное значение коэффициента реактивной мощности ($\text{tg } \varphi$), например, в соответствии с данными таблицы 1.

Таблица 1 – Предельные значения коэффициента реактивной мощности

Точки присоединения	$\text{tg } \varphi$
На шинах напряжением 6–35 кВ	0,4
На шинах напряжением 0,4 кВ	0,35

Приведенные в таблице значения соответствуют предельным значениям коэффициента реактивной мощности ($\text{tg } \varphi$), по которым рассчитывается минимально необходимый уровень компенсации реактивной мощности в Российской Федерации (приказ № 49, Минпромэнерго России от 22 февраля 2007 г.):

Понижающие подстанции	6–10 кВ	35 кВ	110 кВ	220 кВ
Коэффициент мощности	0.93	0.9	0.88	0.86
Коэффициент реактивной мощности	0.4	0.5	0.55	0.6

В Казахстане Постановлением Правительства № 1764 от 29 декабря 2012 года утверждены нормативные значения коэффициента мощности $\cos(\varphi)$ в электрических сетях индивидуальных предприятий и юридических лиц напряжением:

$$110\text{--}220 \text{ кВ} \geq 0,89; \quad 6\text{--}35 \text{ кВ} \geq 0,92; \quad 0,4 \text{ кВ} \geq 0,93.$$

Что касается нормативного значения коэффициента реактивной мощности $\text{tg}\varphi$ в режиме максимальных нагрузок в странах дальнего зарубежья, то в США, Японии и в большинстве европейских стран его оптимальное значение в зависимости от номинального напряжения сети, должно поддерживаться на уровне $\text{tg}\varphi = 0,2\text{--}0,4$, что соответствует $\cos\varphi = 0,98\text{--}0,92$.

В ряде стран в системе расчета тарифов на мощность или электроэнергию введены поправочные коэффициенты, зависящие от коэффициента мощности нагрузки с целью стимулирования установки компенсирующих устройств. В бывшем СССР в течение длительного времени (с 30-х годов прошлого века и до 2000 г.) взаимоотношения энергоснабжающих организаций и потребителей электроэнергии **в части реактивной мощности также регулировались скидками (надбавками) к тарифам на электроэнергию** [1].

В «Правилах пользования электрической энергией» Кыргызстана (п. 129) декларируется, что «Тариф на реактивную энергию и мощность определяется лицензиатом на основании относительной величины, утвержденной уполномоченным государственным органом Кыргызской Республики в области энергетики, и должен соответствовать в стоимостном выражении потерям активной энергии, обусловленным протеканием реактивного тока по электрическим сетям». До настоящего времени этот вопрос не решен.

Эффект, получаемый от компенсации реактивной мощности в распределительных сетях 6–35 кВ, наглядно иллюстрируется на примере расчета потерь активной мощности до и после компенсации реактивной мощности и оценке технико-экономической эффективности использования компенсации реактивной мощности при предельном значении коэффициента реактивной мощности на шинах напряжением 0,4 кВ $\text{tg}\varphi = 0,35$. Компенсация реактивной мощности позволила снизить потери мощности в рассматриваемом примере на 1,21 % и потери энергии – на 0,71 %. Оценка экономической эффективности компенсации реактивной мощности производилась с учетом капитальных расходов

и издержек. При тарифах на электроэнергию для коммунально-бытовой нагрузки $tk_b = 0,77$ сом/кВт·ч, для производственной нагрузки тариф с $tp_r = 2,24$ сом/кВт·ч срок окупаемости затрат составил:

Выводы. Основной причиной существующих проблем с внедрением и использованием средств компенсации реактивной мощности в распределительных электрических сетях является существенное отставание от современного уровня методической и нормативно правовой базы компенсации реактивной мощности.

Отсутствие экономических стимулов для участия потребителей в регулировании реактивной мощности приводит к тому, что не удается создать полноценную многоуровневую систему регулирования реактивной мощности в электроэнергетической системе, предназначенную, прежде всего, для снижения потерь электроэнергии.

Поступила: 12.03.24; рецензирована: 26.03.24; принята: 28.03.24.

Литература

1. *Воротницкий В.Э.* Энергетическая эффективность и компенсация реактивной мощности в электрических сетях. Проблемы и пути решения / В.Э. Воротницкий // Энергосовет. 2017. № 1 (47). С. 44–53.
2. *Жолдошова Б.М.* Анализ компенсации реактивной мощности в электрических сетях 110–500 кВ Кыргызстана / Б.М. Жолдошова, Ю.П. Симаков // Известия вузов. Бишкек, 2009. № 11.
3. *Симаков Ю.П.* Оценка влияния регулирования реактивной мощности на ПС “Кемин” на уровень напряжений узловых подстанций 220 кВ северной части энергосистемы Кыргызстана / Ю.П. Симаков, Э.Т. Куданалиев // Вестник КРСУ. 2016. Т. 16. № 1. С. 140–144.
4. *Куданалиев Э.Т.* Расчетная оценка режимов электрических сетей 110–500 кВ энергосистемы Кыргызстана в связи с вводом в эксплуатацию ЛЭП 500 кВ “Датка-Кемин” и подстанции “Кемин” / Э.Т. Куданалиев, Ю.П. Симаков // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики. Вып. 68. Исследование и обеспечение надежности систем энергетики – ИСЭМ СО РАН. Иркутск, 2017. С. 30–35.
5. *Жолдошова Б.М.* О целесообразности компенсации реактивной мощности в распределительных сетях 6–35 кВ / Б.М. Жолдошова // Известия КГТУ им. И. Раззакова. 2023. № 3.
6. *Симаков Ю.П.* Предложения по совершенствованию нормативной базы, регламентирующей требования по компенсации реактивной мощности / Ю.П. Симаков // Тр. межд. научно-практ. конф. «Энергетика: состояние, проблемы, перспективы». 2014. С. 66–73.