

УДК 621.316.016.25

В.М. Ефременко, Р.В. Беляевский

О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ МЕХАНИЗМОВ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ ЭНЕРГОСНАБЖАЮЩИХ ОРГАНИЗАЦИЙ И ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В ОБЛАСТИ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

Реактивная мощность является одним из основных параметров электроэнергетической системы. Она определяет периодический обмен электроэнергией между источником и индуктивными электроприемниками с двойной частотой по отношению к частоте переменного тока без преобразования ее в другой вид энергии (механическую или тепловую) и может рассматриваться как характеристика скорости обмена электроэнергией между источником и магнитным полем электроприемника. Вместе с тем, передача реактивной мощности по электрической сети приводит к увеличению потерь электроэнергии, снижению напряжений в узлах сети, уменьшению пропускной способности сетевого оборудования и др. Для снижения перетоков реактивной мощности в электрических сетях должна осуществляться компенсация реактивной мощности.

Следует отметить, что услуги по компенсации реактивной мощности (передаче реактивной мощности) могут оказываться как энергоснабжающей организацией потребителям электроэнергии, так и, наоборот, в случае наличия у потребителей компенсирующих устройств, использование которых в определенных режимах является выгодным для энергоснабжающей организации. При этом очевидно, что в современных условиях рыночных отношений данные услуги должны оплачиваться стороной, в интересах которой они осуществляются. В связи с этим актуальным является четкое определение обязательств сторон в договорах об оказании услуг по передаче электрической энергии (договорах энергоснабжения) в части компенсации реактивной мощности.

В течение длительного периода (с начала 1930-х годов и до 2001 г.) взаимоотношения энергоснабжающих организаций и потребителей электроэнергии в области компенсации реактивной мощности в нашей стране регулировались на основании методики расчета экономических значений реактивной мощности, потребляемой из сети энергоснабжающей организации, и системы скидок и надбавок к тарифам на электроэнергию при отклонениях фактического потребления реактивной мощности от величины, установленной в договоре энергоснабжения.

В 1930-е годы Электропромом СССР было предложено совмещать технико-экономические параметры компенсирующих устройств с показателями электроснабжения промышленных предприятий. Проведенные расчеты показали, что повышение коэффициента мощности $\cos\phi$ с 0,6 до

0,9 приведет к снижению установленной мощности трансформаторных подстанций на 14 % и уменьшению их числа на 26 % [1]. В результате в 1936 г. была поставлена задача, довести значение $\cos\phi$ на границе раздела «предприятие – энергосистема» до 0,85. За превышение промышленными предприятиями данного значения $\cos\phi$ энергоснабжающей организацией устанавливалась скидка к тарифу на электроэнергию, а в случае его снижения – соответствующая надбавка.

В 1951 г. был введен в действие нормативный документ «О повышении коэффициента мощности промышленных предприятий», на основании которого в 1961 г. были разработаны «Руководящие указания по повышению коэффициента мощности в установках потребителей электрической энергии» [2]. В соответствии с данными документами нейтральный коэффициент мощности, при котором предприятиям не начислялись скидки и надбавки к тарифам на электроэнергию, был увеличен до 0,9–0,92.

С 1975 г. были введены «Указания по компенсации реактивной мощности в распределительных сетях» [3], в которых был изменен принцип оценки компенсации реактивной мощности в электрических сетях потребителей. В качестве основного нормативного показателя степени компенсации реактивной мощности вместо коэффициента мощности $\cos\phi$ был принят коэффициент реактивной мощности $tg\phi$. Кроме того, была установлена новая шкала скидок и надбавок к тарифам на электроэнергию за компенсацию реактивной мощности в электроустановках потребителей.

В 1982 г. были введены в действие «Правила пользования электрической и тепловой энергией» [4], в соответствии с которыми потребители были обязаны соблюдать оптимальные значения реактивной мощности, потребляемой из сети энергоснабжающей организации в режимах наибольших и наименьших нагрузок энергосистемы $Q_{\Sigma 1}$ и $Q_{\Sigma 2}$ соответственно, а также режимы работы компенсирующих устройств. Суммарная скидка или надбавка к тарифу на электроэнергию за компенсацию реактивной мощности для промышленных и приравненных к ним потребителей складывалась из надбавки за повышенное потребление реактивной мощности $Q_{\phi 1}$ по сравнению с заданным энергоснабжающей организацией оптимальным значением $Q_{\Sigma 1}$, а также скидки или надбавки к тарифу за отклонение режима работы компенсирующих устройств от заданного, оцениваемое отклонением фактического потребления реактивной мощности

$Q_{\phi 2}$ от заданного энергоснабжающей организацией оптимального значения $Q_{\phi 2}$.

В 1993 г. была введена в действие «Инструкция о порядке расчетов за электрическую и тепловую энергию», на основании которой были разработаны «Правила применения скидок и надбавок к тарифам на электрическую энергию за потребление и генерацию реактивной энергии». Данные документы устанавливали нормативный и оптимизационный методы расчета экономических значений и технических пределов потребления и генерации реактивной мощности. При этом значение $tg\phi$, для различных методов расчета и групп потребителей не превышало 0,7.

Анализируя существовавшие механизмы взаимоотношений энергоснабжающих организаций и потребителей электроэнергии в области компенсации реактивной мощности, можно выделить ряд недостатков. Так, одним из основных недостатков является то, что значения $Q_{\phi 1}$ и $Q_{\phi 2}$ определялись энергоснабжающей организацией, прежде всего, исходя из потребностей энергосистемы в реактивной мощности, интересы потребителей при этом практически не учитывались. Кроме того, в условиях командно-административной экономики энергоснабжающей организацией в соответствии с действовавшей шкалой скидок и надбавок устанавливались, в основном, надбавки к тарифам на электроэнергию для потребителей. Скидки к тарифам за компенсацию реактивной мощности применялись, как правило, в исключительных случаях.

В 2000 г. «Правила пользования электрической и тепловой энергией» были отменены, а с 2001 г. были признаны утратившими силу «Инструкция о порядке расчетов за электрическую и тепловую энергию» и «Правила применения скидок и надбавок к тарифам на электрическую энергию за потребление и генерацию реактивной энергии». Основанием для их отмены послужило то, что они вошли в противоречие с принятыми позднее нормативно-правовыми актами более высокого уровня (Гражданским кодексом РФ и Федеральным законом от 14.03.95 № 41-ФЗ «О государственном регулировании тарифов на электрическую и тепловую энергию в Российской Федерации»), которые не предусматривали надбавок к тарифам на электроэнергию [5]. В результате из договоров энергоснабжения были исключены пункты, устанавливающие экономические значения и технические пределы потребления и генерации реактивной мощности с соответствующими скидками и надбавками. Таким образом, никакой платы непосредственно за потребление и передачу реактивной мощности по электрической сети не взималось, а взаимоотношения энергоснабжающих организаций и потребителей электроэнергии в области компенсации реактивной мощности фактически не регулировались.

Возврат к решению данной проблемы про-

изошел в 2006 г., когда реформа электроэнергетики в России подошла к своему практическому завершению. Постановлением Правительства РФ от 31.08.06 № 530 «Об утверждении правил функционирования розничных рынков электрической энергии в переходный период реформирования электроэнергетики» было внесено изменение в «Правила недискриминационного доступа к услугам по передаче электрической энергии и оказания этих услуг», утвержденные постановлением Правительства РФ от 27.12.04 № 861. В соответствии с внесенным в «Правила...» п. 14.1 потребители электроэнергии должны соблюдать соотношения потребления активной и реактивной мощности, определенные в договоре энергоснабжения. В случае несоблюдения данных соотношений потребитель должен установить компенсирующие устройства либо оплачивать услуги по передаче электрической энергии с учетом соответствующего повышающего коэффициента к тарифу. В случае участия потребителя по соглашению с сетевой организацией в регулировании реактивной мощности к стоимости услуг по передаче электрической энергии применяется понижающий коэффициент.

Таким образом, в настоящее время взаимоотношения энергоснабжающих организаций и потребителей электроэнергии в области компенсации реактивной мощности регулируются следующими нормативными документами, указанными в упомянутых выше постановлениях: «Порядок расчета значений соотношения потребления активной и реактивной мощности для отдельных энергопринимающих устройств (групп энергопринимающих устройств) потребителей электрической энергии, применяемых для определения обязательств сторон в договорах об оказании услуг по передаче электрической энергии (договорах энергоснабжения)», утвержденный приказом Минпромэнерго РФ от 22.02.2007 № 49 [6] и «Методические указания по расчету повышающих (понижающих) коэффициентов к тарифам на услуги по передаче электрической энергии в зависимости от соотношения потребления активной и реактивной мощности для отдельных энергопринимающих устройств (групп энергопринимающих устройств) потребителей электрической энергии, применяемых для определения обязательств сторон по договорам об оказании услуг по передаче электрической энергии по единой национальной (общероссийской) электрической сети (договорам энергоснабжения)», утвержденные приказом ФСТ РФ от 31.08.2010 № 219-э/6 [7].

В соответствии с Порядком [6] для потребителей электроэнергии, присоединенных к электрическим сетям напряжением ниже 220 кВ, значения соотношения потребления активной и реактивной мощности нормируются в зависимости от уровня номинального напряжения электрической сети в виде предельных значений коэффициента реак-

тивной мощности $tg\varphi$, потребляемой в часы больших суточных нагрузок электрической сети (таблица).

Таблица. Предельные значения коэффициента реактивной мощности $tg\varphi$

Положение точки присоединения потребителя к электрической сети	$tg\varphi$
напряжением 110 кВ (154 кВ)	0,5
напряжением 35 кВ (60 кВ)	0,4
напряжением 6–20 кВ	0,4
напряжением 0,4 кВ	0,35

Соблюдение предельных значений коэффициента реактивной мощности $tg\varphi$, потребляемой в часы больших суточных нагрузок электрической сети, должно обеспечиваться потребителями электроэнергии посредством соблюдения режимов потребления электроэнергии либо использования компенсирующих устройств. При этом значение коэффициента реактивной мощности, генерируемой в часы малых суточных нагрузок электрической сети, устанавливается равным нулю.

Методические указания [7] устанавливают порядок расчета повышающих (понижающих) коэффициентов, применяемых к тарифу на услуги по передаче электроэнергии по единой национальной (общероссийской) электрической сети в зависимости от соотношения потребления активной и реактивной мощности. Данные повышающие (понижающие) коэффициенты применяются в отношении потребителей электроэнергии, присоединенных к электрическим сетям напряжением 220 кВ и выше, а также к электрическим сетям 110 кВ (154 кВ) в случаях, когда они оказывают существенное влияние на режим работы энергосистемы.

Повышающий (понижающий) коэффициент к тарифу для потребителей, присоединенных к сетям 110 кВ и ниже, определяется по формуле:

$$K = 1 + \Pi_{\phi} + \Pi_M - C_{\phi,p} - C_{M,p}, \quad (1)$$

где Π_{ϕ} – составляющая повышения тарифа за потребление реактивной мощности в часы больших нагрузок электрической сети сверх предельного значения $tg\varphi$, установленного в договоре энергоснабжения, Π_M – составляющая повышения тарифа за генерацию реактивной мощности в часы малых нагрузок; $C_{\phi,p}$ – составляющая снижения тарифа за участие потребителя в регулировании реактивной мощности в часы больших нагрузок; $C_{M,p}$ – составляющая снижения тарифа за участие потребителя в регулировании реактивной мощности в часы малых нагрузок.

Составляющая повышения тарифа за потребление реактивной мощности в часы больших нагрузок электрической сети сверх установленного для этих часов предельного значения $tg\varphi$ определяется по формуле:

$$\Pi_{\phi} = 0,2(tg\varphi_{\phi} - tg\varphi) d_{\phi}, \quad (2)$$

где $tg\varphi_{\phi}$ – среднее значение фактического коэффициента реактивной мощности в часы больших нагрузок электрической сети, определенное по показаниям приборов учета; d_{ϕ} – отношение электроэнергии, потребленной в часы больших нагрузок электрической сети, к общему объему электроэнергии, потребленной за расчетный период.

Составляющая повышения тарифа за генерацию реактивной мощности в часы малых нагрузок электрической сети определяется по формуле:

$$\Pi_M = -0,2tg\varphi_{M,\phi}(1 - d_{\phi}), \quad (3)$$

где $tg\varphi_{M,\phi}$ – среднее значение фактического коэффициента реактивной мощности в часы малых нагрузок электрической сети, определенное по показаниям приборов учета (при генерации реактивной мощности $tg\varphi_{M,\phi} < 0$, поэтому $\Pi_M > 0$).

Составляющая снижения тарифа за участие потребителя в регулировании реактивной мощности в часы больших нагрузок сети определяется по формуле:

$$C_{\phi,p} = 0,2(tg\varphi_{\phi,s} - tg\varphi_{\phi,\phi}) d_{\phi,p}, \quad (4)$$

где $tg\varphi_{\phi,s}$ – верхняя граница диапазона регулирования коэффициента реактивной мощности, установленного для часов больших нагрузок электрической сети; $tg\varphi_{\phi,\phi}$ – среднее значение фактического коэффициента реактивной мощности в периоды привлечения потребителя к регулированию реактивной мощности в часы больших нагрузок электрической сети, определенное по показаниям приборов учета; $d_{\phi,p}$ – отношение электроэнергии, потребленной в периоды привлечения потребителя к регулированию реактивной мощности в часы больших нагрузок, к общему объему электроэнергии, потребленной за расчетный период.

Составляющая снижения тарифа за участие в регулировании реактивной мощности в часы малых нагрузок электрической сети определяется по формуле:

$$C_{M,p} = 0,2(tg\varphi_{M,\phi} - tg\varphi_{M,n}) d_{M,p}, \quad (5)$$

где $tg\varphi_{M,\phi}$ – среднее значение фактического коэффициента реактивной мощности в периоды привлечения потребителя к регулированию реактивной мощности в часы малых нагрузок электрической сети, определенное по показаниям приборов учета; $tg\varphi_{M,n}$ – нижняя граница диапазона регулирования коэффициента реактивной мощности, установленного для часов малых нагрузок электрической сети; $d_{M,p}$ – отношение электроэнергии, потребленной в периоды привлечения потребителя к регулированию реактивной мощности в часы малых нагрузок электрической сети, к общему объему электро энергии, потребленной за расчетный период.

Таким образом, на сегодняшний день механизмы взаимоотношений энергоснабжающих организаций и потребителей электроэнергии в области компенсации реактивной мощности определены действующей нормативной документацией.

Вместе с тем, проведенный анализ показал, что данные механизмы нуждаются в определенном совершенствовании. В частности, это связано с тем, что установленные значения $\lg\phi$ и повышающие (понижающие) коэффициенты к тарифам на электроэнергию не являются результатом строгого расчета затрат энергоснабжающих организаций и потребителей электроэнергии на компенсацию реактивной мощности, хотя эти затраты принимались во внимание при определении численных значений коэффициентов [5]. Очевидно, что при значениях коэффициентов, не окупающих затраты на компенсирующие устройства, плата за реактивную мощность превращается в дополнительную прибыль в пользу энергоснабжающих организаций, т. к. потребителям выгоднее платить за реактивную мощность, чем устанавливать компенсирующие устройства. Кроме того, в нормативных документах не установлены количественные критерии существенности влияния потребителей на режим работы энергосистемы и необходимости установки компенсирующих устройств. Не определены и экономические механизмы действий потребителей в часы малых нагрузок электрической сети, поскольку в этом случае потребителям также целесообразнее потреблять реактив-

ную мощность из сети энергоснабжающей организации, чем устанавливать компенсирующие устройства.

Задача же состоит в том, чтобы компенсирующие устройства были установлены, и при этом поддерживался наиболее оптимальный режим работы электрической сети, а потребитель не платил за избыточное потребление реактивной мощности. Достичь этого можно только путем модернизации действующей нормативной базы, которая должна осуществляться на основе рыночных принципов и учитывать взаимные интересы энергоснабжающих организаций и потребителей электроэнергии. При этом обязательства сторон в части компенсации реактивной мощности должны быть строго определены в договорах энергоснабжения. Совершенствование механизмов взаимоотношений энергоснабжающих организаций и потребителей электроэнергии в области компенсации реактивной мощности позволит определить экономически целесообразные значения и технические пределы потребления и генерации реактивной мощности и будет способствовать повышению эффективности режимов работы электрических сетей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кудрин, Б. И. История компенсации реактивной мощности: комментарий главного редактора // *Электрика*. – 2001. – № 6. – С. 26–29.
2. Руководящие указания по повышению коэффициента мощности в установках потребителей электроэнергии. – М.: Госэнергоиздат, 1961. – 20 с.
3. Указания по компенсации реактивной мощности в распределительных сетях. – М.: Энергия, 1974. – 72 с.
4. Правила пользования электрической и тепловой энергией: утв. Приказом М-ва энергетики и электрификации СССР № 310 от 06.12.1981: введ. в действие с 01.01.1982.
5. Железко, Ю. С. Новые нормативные документы, определяющие взаимоотношения сетевых организаций и покупателей электроэнергии в части условий потребления реактивной мощности // *Промышленная энергетика*, 2008. – № 8. – С. 2–6.
6. Порядок расчета значений соотношения потребления активной и реактивной мощности для отдельных энергопринимающих устройств (групп энергопринимающих устройств) потребителей электрической энергии, применяемых для определения обязательств сторон в договорах об оказании услуг по передаче электрической энергии (договорах энергоснабжения): утв. приказом м-ва промышленности и энергетики Рос. Федерации № 49 от 22.02.2007: введ. в действие с 20.04.2007.
7. Методические указания по расчету повышающих (понижающих) коэффициентов к тарифам на услуги по передаче электрической энергии в зависимости от соотношения потребления активной и реактивной мощности для отдельных энергопринимающих устройств (групп энергопринимающих устройств) потребителей электрической энергии, применяемых для определения обязательств сторон по договорам об оказании услуг по передаче электрической энергии по единой национальной (общероссийской) электрической сети (договорам энергоснабжения): утв. Приказом Федеральной службы по тарифам РФ № 219-э/6 от 31.08.2010.

□ Авторы статьи:

Ефременко
Владимир Михайлович,
– канд. техн. наук, ст. научн.
сотр., зав. каф. электроснабже-
ния горных и промышленных
предприятий КузГТУ,
E-mail: evm.kegpp@kuzstu.ru

Беляевский
Роман Владимирович,
– ст. преп. каф. электроснабже-
ния горных промышленных
предприятий КузГТУ,
E-mail: belaevsky@mail.ru