

ЭНЕРГЕТИКА



УДК 621.316

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЧАСТИ ОТКЛОНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЯМИ

Н.В. Савина, Н.С. Бодруг

Амурский государственный университет, г. Благовещенск, Россия
bodrug82@rambler.ru

Резюме: В статье рассмотрен вопрос оценки возможности обеспечения качества электроэнергии в части отклонения напряжения потребителями. Проведен анализ характеристики современных рынков энергии и мощности. Выявлено, что переход на новые рыночные отношения оставляет без возможности регулирования напряжения потребителей, которые являются участниками розничных рынков. Предложен порядок оценки возможности обеспечения требуемого качества электроэнергии на выводах электроприемников и показана ее реализация на примере реальных электрических сетей. Разработаны рекомендации для решения проблемы регулирования напряжения у потребителя.

Ключевые слова: качество электрической энергии, электрические сети, технические средства регулирования напряжения, нормирование, методика оценки.

DOI:10.30724/1998-9903-2018-20-11-12-3-15.

Для цитирования: Савина Н.В., Бодруг Н.С. Оценка возможности обеспечения качества электроэнергии в части отклонения напряжения потребителями // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2018. Т. 20. № 11-12. С. 3-15.
DOI:10.30724/1998-9903-2018-20-11-12-3-15.

TO ASSESS THE POSSIBILITY OF ENSURING THE QUALITY OF ELECTRICITY IN TERMS OF VOLTAGE DEVIATIONS OF CONSUMERS

N.V. Savina, N.S. Bodrug

Amur State University, Blagoveshchensk, Russia
bodrug82@rambler.ru

Abstract: The article deals with the issue of assessing the possibility of ensuring the quality of electricity in terms of voltage deviation by consumers. The analysis of the characteristics of modern markets, energy and power. It is revealed that the transition of the new market economy is left without the possibility of regulating the voltage consumers, which are parties to retail markets. The order of an assessment of possibility of providing the required quality of the electric power on conclusions of electric receivers is offered and its realization on the example of real electric

networks is shown. Recommendations were developed to address the problem of voltage regulation at the consumer.

Keywords: *quality of electric energy, electric networks, technical means of regulation of tension, rationing, assessment technique.*

For citation: *N.V. Savina, N.S. Bodrug To assess the possibility of ensuring the quality of electricity in terms of voltage deviations of consumers. Proceedings of the higher educational institutions. ENERGY SECTOR PROBLEMS 2018. vol. 20. № 11-12. pp. 3-15. DOI:10.30724/1998-9903-2018-20-11-12-3-15.*

С интенсивным развитием энергетики и переходом на рыночные отношения ГОСТ 13109-97 перестал действовать и вышел новый ГОСТ 32144-2013 [1]. Действующий в настоящее время ГОСТ устанавливает показатели и нормы качества электроэнергии (КЭ) в точках передачи электрической энергии (далее ТПЭ) пользователям электрических сетей низкого, среднего и высокого напряжения систем электроснабжения общего назначения переменного трехфазного и однофазного тока частотой 50 Гц. Именно в ТПЭ происходит обращение электроэнергии в товар в соответствии с договором на поставку или на услуги по передаче электрической энергии установленного качества, ответственность за которое несет сетевая организация. В соответствии с ГОСТ [1] потребитель обязан на своей стороне обеспечить условия, при которых отклонения напряжения питания на выводах электроприемников не превышают установленных для них допустимых значений, если выполняются требования настоящего стандарта к КЭ в точке передачи электрической энергии. Следовательно, на потребителей также возлагается ответственность за обеспечение требуемого КЭ. Проблема, которая ложится на плечи потребителя, является более широкой и охватывает и изготовителей, и монтажников. Необходимо выпускать оборудование, не относящееся к промышленному, с более широким диапазоном отклонения напряжения и более устойчивое к помехам, связанным с КЭ. Например, в технических характеристиках домашних бытовых приборов допустимые отклонения напряжения составляют: стиральная машина – 10 %, микроволновая печь – 5%, холодильник $\pm 10\%$.

При таких технических характеристиках электроприемников выясняется, что на сегодняшний день более чем у 80% низковольтных непромышленных потребителей не обеспечивается требуемое качество электроэнергии [2].

Регулированием напряжения занимается системный оператор, технические возможности по регулированию напряжения гораздо шире у энергетических компаний. У непромышленного потребителя такие возможности ограничены. В связи с этим, оценка возможности обеспечения требуемого КЭ по [1] проводилась в части отклонения напряжения, характеризуемого медленными изменениями напряжения.

Исходя из этого, целью работы является: определение возможности обеспечения требований ГОСТ 32144-2013 потребителем в своих электрических сетях традиционными методами и средствами регулирования напряжения.

Данная цель реализуется решением следующих задач:

- характеристика современных рынков энергии и мощности;
- оценка возможности выполнения требований ГОСТ [1] потребителем по показателю качества электроэнергии в части медленного изменения напряжения;
- анализ эффективности регулирования напряжения в сетях потребителя традиционными методами и способами;
- разработка рекомендаций для решения проблемы регулирования напряжения потребителем в своих электрических сетях.

ГОСТ 32144-2013 регламентирует требования к КЭ в ТПЭ на рынках электрической энергии и мощности. Рынки электрической энергии делятся на оптовый и розничный.

Оптовый рынок электрической энергии и мощности (ОРЭМ) – сфера обращения электрической энергии и мощности в рамках Единой энергетической системы России в границах единого экономического пространства с участием крупных производителей и крупных покупателей электрической энергии и мощности, а также иных лиц, получивших статус субъекта оптового рынка и действующих на основе правил оптового рынка, утверждаемых в соответствии с Федеральным законом «Об электроэнергетике» [3]. В состав субъектов оптового рынка входят: участники обращения электрической энергии и мощности – поставщики электрической энергии (генерирующие компании) и покупатели электрической энергии (энергосбытовые организации, крупные потребители электрической энергии, гарантирующие поставщики), получившие статус субъектов оптового рынка в порядке, установленном законом [3]; «Совет рынка»; коммерческий оператор и иные организации, обеспечивающие в соответствии с правилами оптового рынка и договором о присоединении к торговой системе оптового рынка функционирование коммерческой инфраструктуры оптового рынка; организации, обеспечивающие функционирование технологической инфраструктуры оптового рынка (организация по управлению единой национальной (общероссийской) электрической сетью, системный оператор) [4].

В рамках розничных рынков электрической энергии реализуется электроэнергия, приобретенная на оптовом рынке электроэнергии и мощности, а также электроэнергия генерирующих компаний, не являющихся участниками оптового рынка. Субъектами розничных рынков являются потребители, исполнители коммунальных услуг, гарантирующие поставщики, энергосбытовые, энергоснабжающие организации, производители электрической энергии (мощности) на розничных рынках, сетевые организации [5].

Как было сказано выше, крупный потребитель обладает возможностью подключаться к ОРЭМ. К ним относятся электрифицированная железная дорога, транспортные системы, крупные промышленные предприятия. Они имеют развитую систему электроснабжения и смогут решить проблему регулирования напряжения в своей сети. А потребители, которые являются участниками розничных рынков, находятся в другой ситуации по возможности регулирования напряжения в своей сети. Как правило, сети таких потребителей не развиты, выполняются на напряжение 220–380 В и питаются от трансформаторов с переключением без возбуждения (ПБВ), которые зачастую им не принадлежат.

Рассмотрим возможность обеспечения требуемого качества электроэнергии в электрических сетях потребителей. Для этого приведем порядок оценки такой возможности. Обеспечение требуемого КЭ должно осуществляться в точках передачи электрической энергии в различных сечениях, на основании договоров энергоснабжения.

В первую очередь, для оценки возможности выполнения ГОСТ [1] в части медленных изменений напряжения необходимо провести расчеты установившихся режимов. Для этого выбирается эквивалент сети, который включает в себя точки оптового и розничного рынков электроэнергии и мощности структурных подразделений (СП) распределительных сетевых комплексов (РСК). Выбираются характерные режимы. К ним относятся режимы наибольших и наименьших нагрузок, их выбор осуществляется в соответствии с [6]. Расчет режимов электрических сетей осуществляется с помощью программных вычислительных комплексов, принятых в РСК, например, *RastrWin*.

Далее проводится анализ режимов, в результате которого выделяют значения токов, потери активной и реактивной мощности, потери напряжения на участках сети, значения отклонения напряжения в ТПЭ, в характерных узлах, в том числе определяемых стандартом [7]. По результатам анализа режима строится эпюра отклонения напряжения, по которой рассматривается возможность регулирования напряжения в электрической сети различными техническими средствами и способами.

Под регулированием напряжения понимают принудительное изменение режима

напряжения в сети и у электроприемников с целью обеспечения требований [1]. Сначала используется централизованное регулирование, а в случае его недостаточности – местное. Централизованное регулирование может осуществляться только энергетическими компаниями. Такое регулирование напряжения приводит к изменению напряжения практически во всей электрической сети и осуществляется с помощью регулирования под нагрузкой (РПН). При местном регулировании напряжения изменение режима достигается только в ограниченной части сети, оно проводится с помощью ПБВ, компенсирующих устройств (КУ), вольтодобавочных трансформаторов (ВДТ) или линейных регуляторов (ЛР).

Трансформаторы с РПН имеют специальное переключающее устройство, позволяющее изменять число витков одной из обмоток трансформаторов без отключения нагрузки. При этом меняется коэффициент трансформации трансформаторов. Устройство РПН предусматривает регулирование напряжения в различных пределах в зависимости от мощности и напряжения трансформатора.

Для изменения режима напряжения в низковольтных сетях наиболее характерным средством является варьирование коэффициента трансформации трансформаторных подстанций с помощью устройства ПБВ, которое устанавливается на высокой стороне трансформатора. Положения ПБВ находятся в диапазоне $\pm 5\%$. Переключения осуществляются крайне редко, так как силовой трансформатор нужно отключать от сети [8].

Регулирование напряжения перераспределением потоков реактивной мощности осуществляется путем установки КУ в электрических сетях, мощность и место установки которых определяется специальным расчетом. Распределение реактивной мощности в сети осуществляется из условия баланса реактивной мощности на всех уровнях напряжения. Необходимое значение реактивной мощности может вырабатываться источниками при их различном долевом участии. Изменяя долю выработки реактивной мощности различными источниками, можно изменять потери напряжения на рассматриваемом участке сети. Изменяя мощность компенсирующего устройства, можно менять величину потери напряжения.

Одним из видов последовательных регулировочных трансформаторов являются ЛР, которые включаются последовательно в линию или в цепь трансформатора без РПН, обеспечивая регулирование напряжения в пределах $\pm 10\text{--}15\%$.

ВДТ включаются также и позволяют регулировать напряжение в цепи нагрузки путем расширения витков обмоток. На сегодняшний день широкое применение нашли вольтодобавочные трансформаторы марки ТВМГ-26/70-380 с номинальной мощностью 26 кВА. По своей мощности они приемлемы для не промышленных потребителей. Данное техническое решение предлагается к реализации как наиболее перспективное по причине автономности работы, наличия элементов интеллектуального поведения (режим байпас и восстановление режима компенсации после ликвидации аварийного режима), отсутствия необходимости эксплуатации и минимальных капитальных затрат при вводе в эксплуатацию.

На основе анализа эпюры делается вывод о возможности участия потребителя в регулировании напряжения и достижения требуемых [1] результатов при условии выполнения требований ГОСТ сетевыми организациями в ТПЭ на разных сечениях.

Интерпретация рассмотренного порядка показана на примере электрических сетей АО «Дальневосточная распределительная сетевая компания» филиала «Амурские электрические сети» СП Восточные электрические сети (ВЭС). В качестве эквивалента выбраны сети всего СП, чтобы сохранить системные свойства. Структурный граф части эквивалента сети СП ВЭС показан на рис. 1.

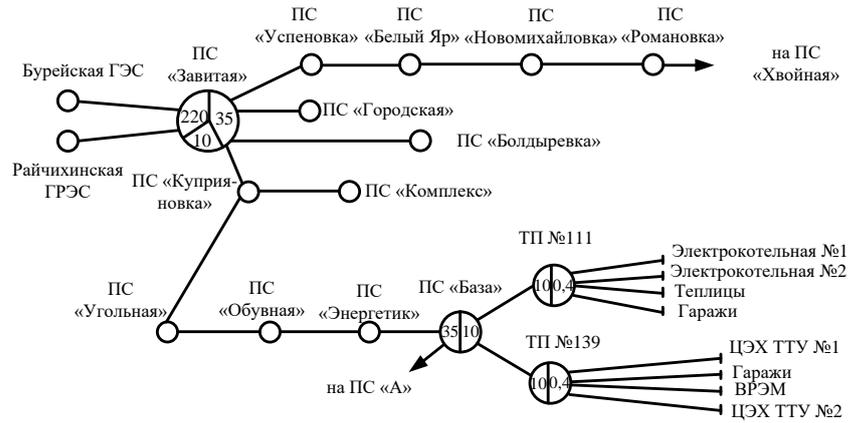


Рис. 1. Структурный граф части эквивалента сети СП ВЭС

Был произведен расчет режимов выделенного эквивалента. Результаты расчета режима по отклонению напряжения, а также схема части сети показаны на рис. 2. До введения ГОСТ [1] регулированием напряжения в сетях потребителей занималось АО «ДРСК» (результаты расчета режима по отклонению напряжения показаны на рис. 2 зеленым цветом). Также показаны результаты расчета режима и эпюра отклонения напряжения после введения ГОСТ 32144-2013 (черный, красный, синий цвета) при условии выполнения его требований сетевыми организациями.

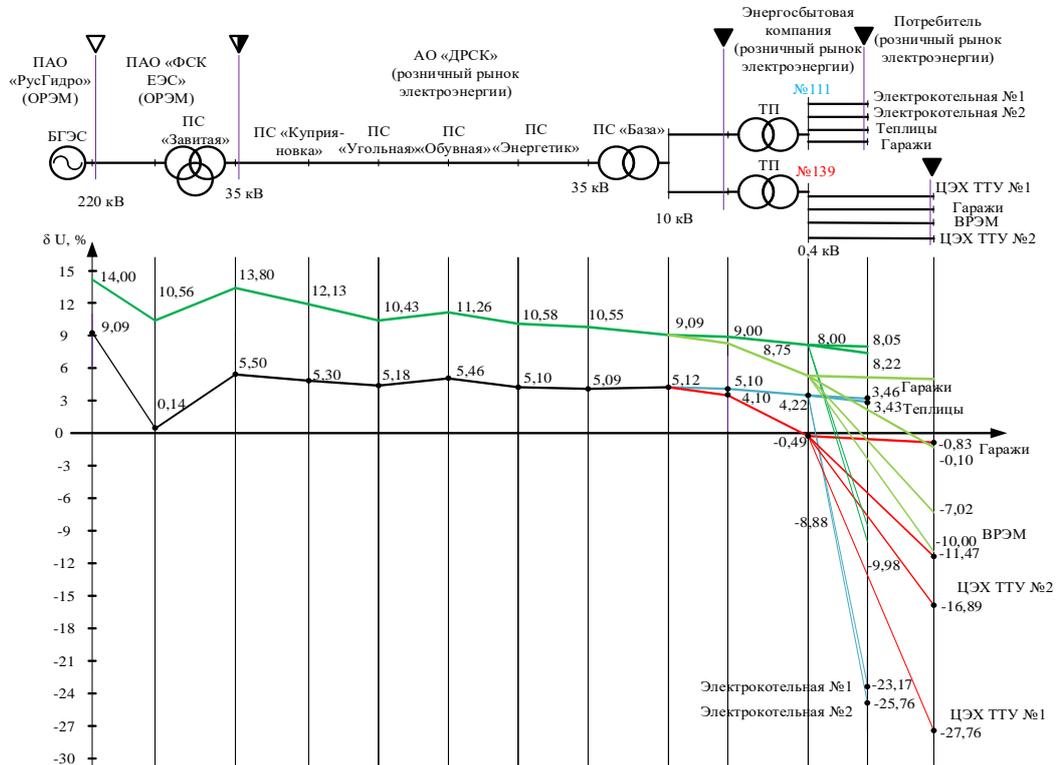


Рис. 2. Схема части сети и эпюра отклонения напряжения до регулирования

Символом ∇ указаны точки передачи электроэнергии от оптового участника рынка оптовому (ПАО «РусГидро» - ПАО «ФСК-ЕЭС»), символом ∇ – сечение оптовый – розничный рынок (ПАО «ФСК-ЕЭС» - АО «ДРСК»), ∇ – сечение розничный – розничный рынок (ДРСК-энергосбытовая организация, энергосбытовая организация-потребитель).

Ранее, до введения [1] выполнять требования соответствия стандарта по качеству электроэнергии требовалось только у потребителей, не было необходимости делать это в ТПЭ. Как известно, в сетях 110–220 кВ средства регулирования напряжения обеспечивают широкий диапазон его регулирования, требования ГОСТ легко выполнить [8, 9]. По ситуации, которая была до принятия [1], видно, что требования старого стандарта, в части отклонения напряжения у потребителей выполняются. При этом уровни напряжения в узлах сети определяются системным оператором исходя из требований надежности и пропускной способности, они выдерживаются также с точки зрения надежной работы изоляции. Такая ситуация подтверждается примером: традиционно на шинах 220 кВ филиала ПАО «РусГидро»-«Бурейская ГЭС» напряжение держится 248 кВ. Теперь, если энергоснабжающие, сетевые, энергосбытовые организации будут выполнять требования [1] в ТПЭ, то в точках передачи электроэнергии от сетевой компании к потребителю будут наблюдаться не допустимые уровни напряжения, которые могут привести, в том числе, к опрокидыванию асинхронных двигателей. Рассмотрим возможности потребителя для исключения этой ситуации.

По эпюре видно, что у потребителей электродотельная №1 и электродотельная №2, питающихся от ТП № 111, а также у потребителей ВРЭМ, цех ТТУ №1, цех ТТУ №2, питающихся от ТП № 139, напряжение не соответствует нормируемому [1] значению, т.е. $\pm 10\%$. Его необходимо отрегулировать традиционными способами.

Рассмотрим первый случай регулирования напряжения в сети – использование РПН и ПБВ. На трансформаторах ПС «Завитая» и «База» установлены максимальные отпайки РПН ($n=5$). Устройства ПБВ установлены на высокой стороне ТП № 111 и № 139, положение $+5\%$ (отпайка $n=5$). Закон встречного регулирования [8, 9] полагает совместное использование РПН и ПБВ. На рис. 3 показана эпюра отклонения напряжения после регулирования с помощью РПН и ПБВ.

При таком подходе, как видно из рис. 3, отклонение напряжения не соответствует [1] как у некоторых поставщиков электрической энергии, так и у некоторых потребителей в ТПЭ. Это характерно для большинства сетевых организаций.

Видим, что отклонение напряжения после регулирования у потребителей цех ТТУ №1, цех ТТУ №2 соответствует [1], но у большинства остальных выходит за нормируемые значения.

РСК, регулируя напряжение, может обеспечивать выполнение требований [1] в ТПЭ, но не обязана регулировать его дальше. Кроме того, участники рынков в каждом сечении дальше своих границ не видят значения ПКЭ. Из рис. 3 видно, что у большинства потребителей ГОСТ 32144-2013 не выполняется, но при этом РСК свою функцию выполняет. Отсюда следует, что в тексте договоров на электроснабжение необходимо указывать отпайки, на которых необходимо проводить регулирование напряжения распределительными сетевыми компаниями с целью выполнения требований [1] у большинства потребителей. Данный вид регулирования требует организационных и управленческих решений. Процесс управления качеством электроэнергии технически может быть осуществим, но даже при таком подходе обеспечить требуемое напряжение у всех потребителей невозможно. Требования ГОСТ [1] в ТПЭ не выполняются. Режим по напряжению для части потребителей не допустим.

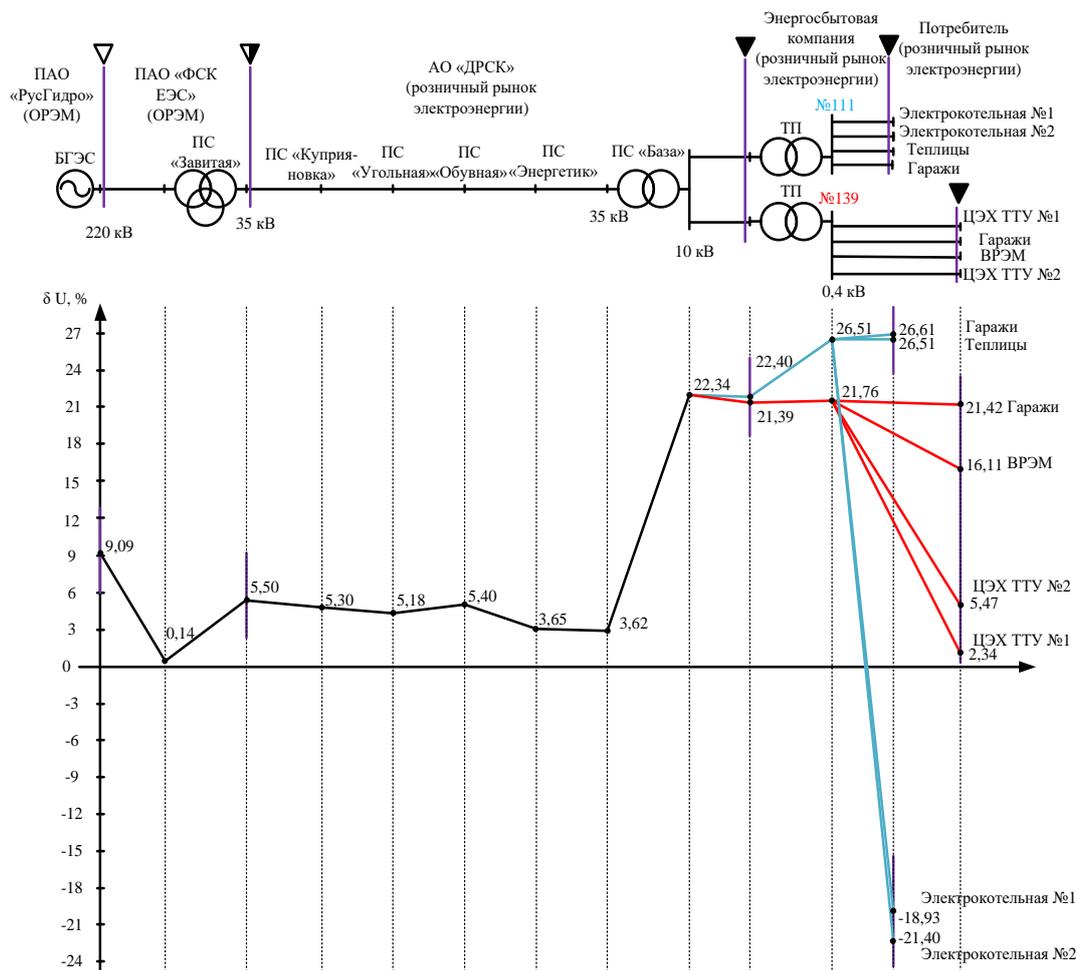


Рис. 3. Эпюра отклонения напряжения после регулирования РПН и ПБВ

Второй случай регулирования напряжения в сети: местное регулирование с использованием КУ. При установленных на трансформаторах ПС «Завитая» и «База» отпайках РПН и устройств ПБВ на ТП № 111 и № 139 подключим КУ к ПС «База» со стороны 10 кВ – зона РСК (рис. 4).

КУ позволяют обеспечить местное регулирование напряжения именно распределительными сетевыми комплексами (РСК). Однако в части компенсации реактивной мощности на сегодняшний день из нормативных документов действует только приказ¹ [10], по нему $\text{tg } \varphi$ установлены исходя из обеспечения требования надежности. Для того, чтобы РСК устанавливал КУ в ТПЭ, $\text{tg } \varphi$ должен быть не ниже приведенного в вышеуказанном приказе, в противном случае он их устанавливать не будет.

¹ Приказ Министерства энергетики РФ от 23 июня 2015 г. N 380 "О Порядке расчета значений соотношения потребления активной и реактивной мощности для отдельных энергопринимающих устройств (групп энергопринимающих устройств) потребителей электрической энергии".

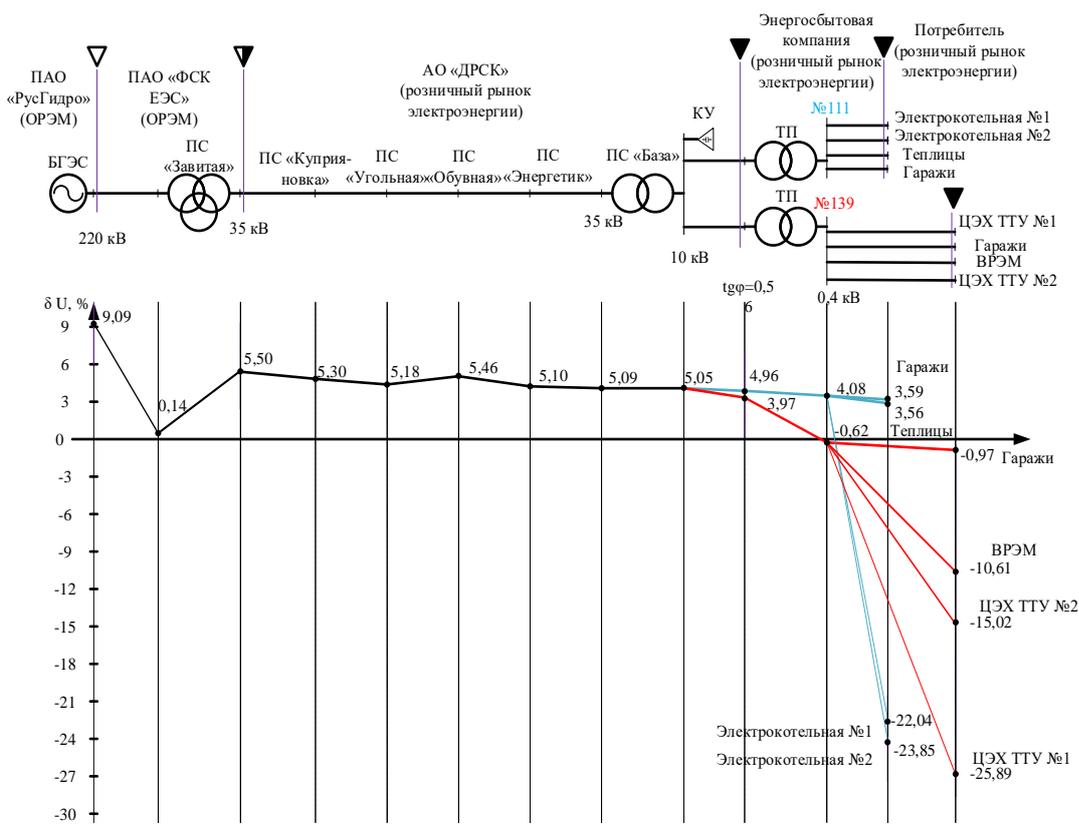
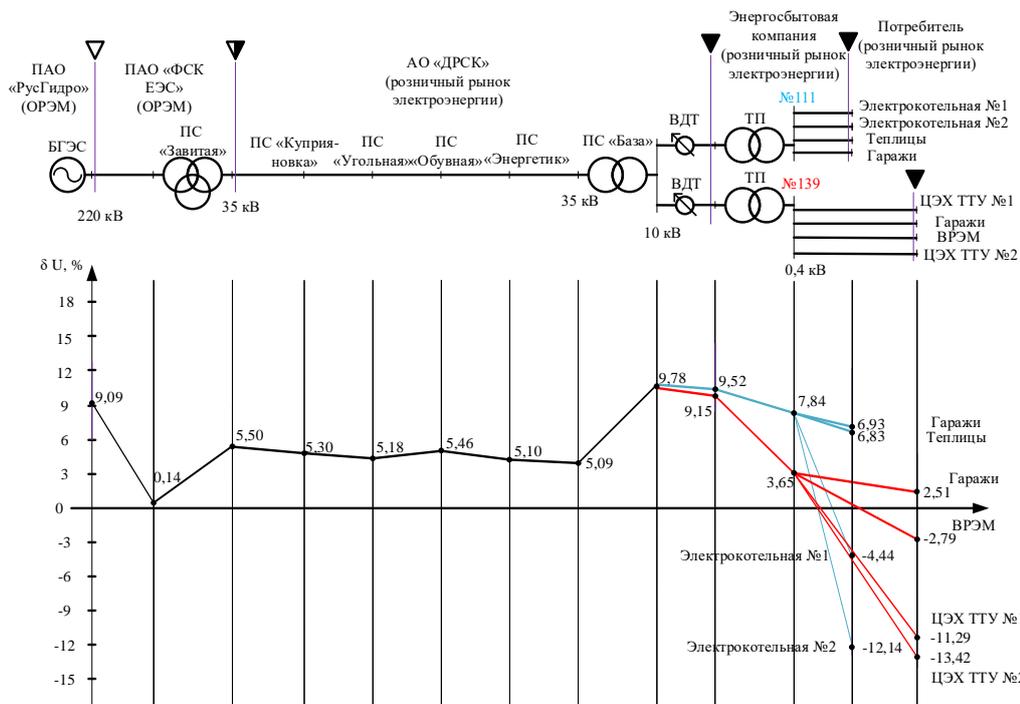


Рис. 4. Эпюра отклонения напряжения после установки КУ

Технически данный вид регулирования осуществим, но необходимо разработать регламентирующие документы для РСК, чтобы подключить их к процессу регулирования напряжения с помощью КУ, либо показать им экономическую выгоду от такого регулирования напряжения. Это обусловлено, в том числе, и стоимостью КУ. Так, средняя стоимость КУ напряжением 0,4 кВ мощностью 1200 кВар составляет 474 тыс. руб., а напряжением 10 кВ мощностью 1000 кВар – 247 тыс. руб.² [11]. Кроме того, централизованная установка одной КУ большей мощности дешевле, чем установка нескольких КУ той же суммарной мощности на стороне потребителей. Например, для десяти потребителей стоимость КУ 120 кВар обойдется в 528 тыс. руб., тогда как одна управляемая установка КУ 1200 кВар стоит 474 тыс. руб., что значительно дешевле. Кроме того, у РСК возможности регулирования напряжения более широкие. Однако в рассмотренном примере и во втором случае мы видим, что режим по напряжению для потребителей не допустим.

Третий случай регулирования напряжения в сети полагает использование ВДТ или ЛР. ВДТ (с максимально возможной отпайкой) установлен после ПС «База» 10 кВ. Из рис. 5 видно, что установка вольтодобавочного трансформатора решает вопрос регулирования напряжения у потребителей: цех ТТУ №1, гаражи, ВЭРМ, электростанция №1, теплица.

² Торговая электротехническая компания «Энергозапад»



Р

рис. 5. Эпюра отклонения напряжения после установки ВДТ

По техническим возможностям ВДТ может быть установлен на территории РСК, потребитель же установить его у себя не может. Стоимость вольтодобавочного трансформатора составляет от 700 до 1500 тыс. руб., что тоже не приемлемо для потребителя небольшой мощности³ [12]. Габариты ВДТ зависят от мощности, в среднем составляют 1000×600×1200 см. Таким образом, потребитель конструктивно и экономически не сможет использовать ВДТ. Поэтому в договора на энергоснабжение необходимо внести предложение об установке ВДТ для поддержания нормируемого напряжения в соответствии с [1] сетевыми распределительными комплексами в случае нерешения проблемы другими способами.

Из выше рассмотренных традиционных способов регулирования напряжения ни один не дает возможность обеспечения нормируемого КЭ на стороне всех потребителей без участия РСК сверх установленных в соответствии с [1] мер. Однако на сегодняшний день не разработаны нормативные документы по управлению КЭ, нет технических устройств такой мощности, которые потребитель мог бы реализовать для решения указанной проблемы.

Для участия потребителя в регулировании напряжения в своих электрических сетях можно применить тиристорный регулятор напряжения (ТРН) напряжением 0,4 кВ, обеспечивающий плавное изменение реактивной мощности от генерации до потребления. Принципиальная схема такого регулятора показана на рис. 6.

³ Производственная компания «Техэнергохолдинг».

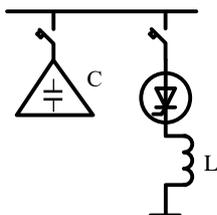


Рис. 6. Принципиальная схема тиристорного регулятора напряжения

Тиристорный регулятор напряжения подключен у потребителя электродкотельная №2, цех ТТУ №1, цех ТТУ №2, при совместной работе РПН на ПС «Завитая» и «База», устройств ПБВ на ТП № 111, № 139 и установленного ВДТ на ПС «База» 10 кВ. В данной ситуации напряжение на стороне потребителя стабилизируется и соответствует [1] (рис. 7).

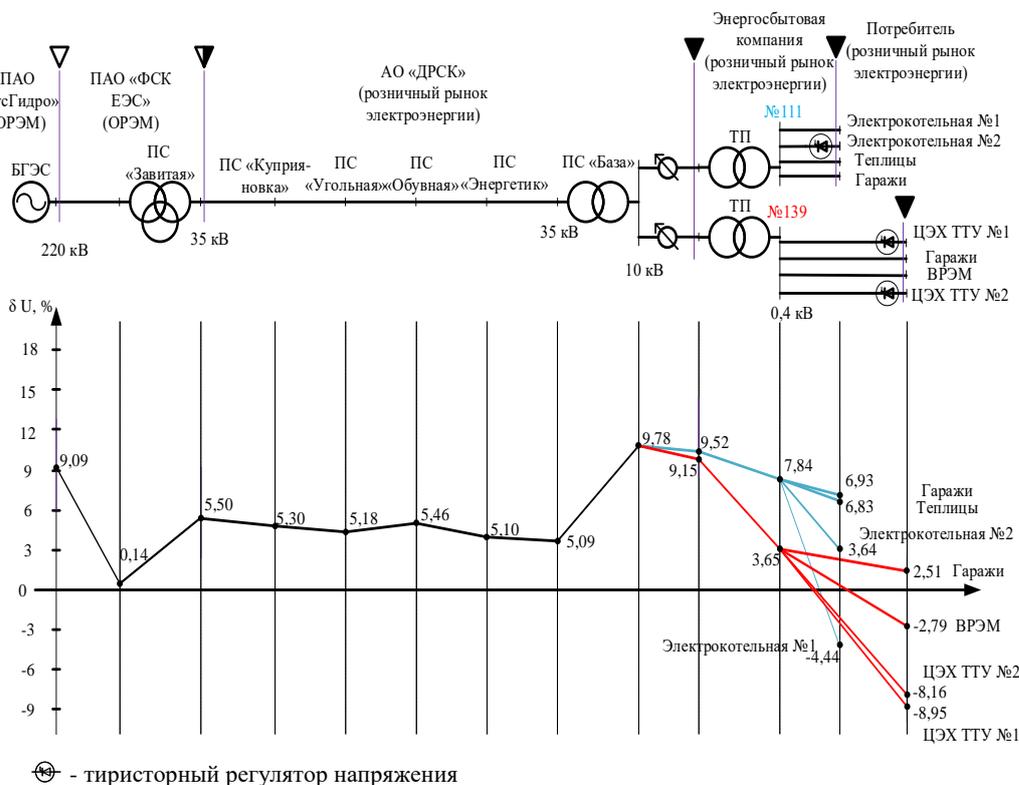


Рис. 7. Эпюра отклонения напряжения после установки ТРН

Как видно из рис. 7, применение такого регулятора обеспечивает требуемое напряжение у каждого потребителя. К сожалению, такие регуляторы на сегодняшний день в РФ не выпускаются, их разработки ведутся за рубежом⁴ [13]. Технически данный вид регулирования осуществим, если будут разработаны соответствующие нормативные документы, обязывающие участвовать в регулировании напряжения у потребителей как РСК, так и самих потребителей.

⁴ CD Automation – Industrial Automation.

Выводы

1. На основе характеристики оптовых и розничных рынков энергии и мощности выделены ТПЭ, в которых участники рынков обязаны выполнять требования ГОСТ 32144-2013, в том числе и по отклонению напряжения.

2. Рассмотрены возможности потребителей для обеспечения требуемого качества электроэнергии в части медленного изменения напряжения общеизвестными методами и способами.

3. На реальном примере показано, что потребитель без участия РСК в регулировании напряжения выполнять требования [1] не имеет технической возможности.

4. Разработаны рекомендации для решения проблемы регулирования напряжения у потребителя.

Литература

1. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Введ. 2014-07-01. М.: Стандартинформ, 2014. 20 с.

2. Бедретдинов Р.Ш. Исследование влияния тиристорного регулятора напряжения и мощности на качество электроснабжения низковольтных потребителей / Автореф. дис. ... канд. техн. наук Нижний Новгород.: Типография НГТУ, 2016. 20 с. URL: <http://docme.ru/doc/1418442/issledovanie-vliyaniya-tiristorного-regulyatora-napryazheniya-i...> (дата обращения 23.03.2018).

3. Федеральный закон «Об электроэнергетике» № 35-ФЗ. 2016.

4. Постановление Правительства Российской Федерации «Об утверждении Правил оптового рынка электрической энергии и мощности и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам организации функционирования оптового рынка электрической энергии и мощности» № 1172. 2010.

5. Постановление Правительства Российской Федерации «О функционировании розничных рынков электрической энергии» № 442. 2012. (ред. 17.05.2016).

6. Управление качеством электроэнергии [Электронный ресурс]: учебное пособие / И.И. Карташев [и др.]. Электрон. текстовые данные. М.: Издательский дом МЭИ, 2017. 347 с. 978-5-383-01074-7. URL: <http://www.iprbookshop.ru/65643.html> (дата обращения 20.03.2018).

7. ГОСТ 33073-2014 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Контроль и мониторинг качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М.: Изд-во стандартов, 2015. 45 с.

8. Правила устройств электроустановок (ПУЭ). Изд. седьмое. М.: Норматика, 2016. 464 с.

9. Шаров Ю.В., Карташев И.И., Тульский В.Н., Шамонов Р.Г. Управление качеством электрической энергии. М.: Издательский дом МЭИ, 2006. 320 с.

10. Приказ Министерства энергетики РФ от 23 июня 2015 г. N 380 "О Порядке расчета значений соотношения потребления активной и реактивной мощности для отдельных энергопринимающих устройств (групп энергопринимающих устройств) потребителей электрической энергии". URL: <http://base.garant.ru/71146780/#ixzz4ShXo1PIP> (дата обращения 23.03.2018).

11. Торговая электротехническая компания «Энергозапад». URL: <http://energozapad.ru/kompensatory-reaktivnoy-moschnosti> (дата обращения 23.03.2018).

12. Производственная компания «Техэнергохолдинг». URL: http://www.tehenergoholding.ru/index.php?menu_id=84&menu_parent_id=83&yclid=755260750374607811 4. (дата обращения 23.03.2018).

13. CD Automation – Industrial Automation. URL: <https://www.cdautomation.com/> (дата обращения 23.03.2018).

Авторы публикации

Савина Наталья Викторовна – д-р техн. наук, профессор, проректор по учебной работе Амурского государственного университета (АМГУ). E-mail: nataly-savina@mail.ru.

Бодруг Наталья Сергеевна – старший преподаватель кафедры энергетики Амурского государственного университета (АМГУ). E-mail: bodrug82@rambler.ru.

References

1. GOST 32144-2013 Electric energy. Compatibility of technical means electromagnetic. Standards of quality of electric energy in systems of power supply of general purpose. M.: Publishing house of standards, 2014. 20 p.
2. Bedretdinov R.S. Investigation of the effect of the thyristor voltage regulator and power quality of power supply low-voltage consumers / the dissertation on competition of a scientific degree of candidate of technical Sciences Nizhny Novgorod.: Printing house of the NSTU, 2016. 20 p. URL: <http://docme.ru/doc/1418442/issledovanie-vliyaniya-tiristornogo-regulyatora-napryazheniya-i...> (accessed 23.03.2018).
3. Federal law "About Power Industry" No. 35-FZ. 2016.
4. The resolution of the Government of the Russian Federation "About the approval of Rules of the wholesale market of electric energy and power and about introduction of amendments to some acts of the Government of the Russian Federation concerning the organization of functioning of the wholesale market of electric energy and power" No. 1172. 2010.
5. The resolution of the Government of the Russian Federation "About functioning of the retail markets of electric energy" No. 4422012.
6. Power Quality Management [Electronic resource]: a tutorial / I.I. Kartashev [and others]. - Electron. text data. M.: Publishing house MPEI, 2017. 347 c. 978-5-383-01074-7. URL: <http://www.iprbookshop.ru/65643.html> (circulation date is 03/20/2018).
7. GOST 33073-2014. Electric energy. Compatibility of technical means electromagnetic. Control and monitoring of quality of electric energy in systems of power supply of general purpose. M.: Publishing house of standards, 2015. 45 p.
8. Rule of Devices of Electroinstallations (RDE). Edition seventh. M.: Normatica, 2016. 464 p.
9. Sharov Yu.V., Kartashev I.I., Tulsy V.N., Shamonov R.G. Quality management of electric energy. M.: MEI publishing house, 2006. 320 p.
10. The Order of the Ministry of Energy of the Russian Federation of June 23, 2015 N 380 "About the Procedure of payments of values of a ratio of consumption of active and jet power for the separate power accepting devices (groups of the power accepting devices) of consumers of electric energy". URL: <http://base.garant.ru/71146780/#ixzz4ShXo1PIP> (circulation date is 23.03.2018).
11. Trading electrotechnical company "Energozapad". URL: <http://energozapad.ru/kompensatory-reaktivnoy-moschnosti> (circulation date is 23.03.2018).
12. Tekhenergoholding production company. URL: http://www.tehenergoholding.ru/index.php?menu_id=84&menu_parent_id=83&yclid=7552607503746078114 (circulation date is 23.03.2018).
13. CD Automation – Industrial Automation. URL: <https://www.cdautomation.com/> (circulation date is 23.03.2018).

Authors of the publication

Natalia V. Savina – Grand PhD in Engineering, Professor Amur State University, Blagoveshchensk, Russian Federation. E-mail: nataly-savina@mail.ru.

© *Н.В. Савина, Н.С. Бодруг*

Natalia S. Bodrug – senior lecturer Amur State University, Blagoveshchensk, Russian Federation. E-mail: bodrug82@rambler.ru.

Поступила в редакцию

07 августа 2018 г.