

И.Е. Чернецкая, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail: romanzakurdaev@yandex.ru)

Р.Ю. Закурдаев, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail: romanzakurdaev@yandex.ru)

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ НЕСИММЕТРИИ И АНАЛИЗ ЕГО СООТВЕТСТВИЯ СОВРЕМЕННОМУ И ПЕРСПЕКТИВНОМУ УРОВНЮ ИНФОРМАТИЗАЦИИ КОММУНАЛЬНО-БЫТОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

В статье рассматривается проблема несимметрии токов и напряжений коммунально-бытовых электросетей и степень соответствия существующих решений уровню информатизации. Рассмотрена классификация и структура мероприятий по снижению несимметрии, существующие средства и устройства симметрирования. Особое внимание уделено коммутационному способу симметрирования. В статье обозначены преимущества данного способа по сравнению с остальными. Установлено, что в настоящее время реализация данного способа сопряжена со значительными трудовыми затратами персонала при минимальной автоматизации процесса. Выполнен сравнительный анализ устройств, основанных на коммутационном способе симметрирования, с другими устройствами. Приведено несколько примеров устройств. Выяснено, что устройства, принцип работы которых основан на коммутационном способе, требуют существенно меньших капиталовложений, чем другие устройства. Проведён анализ соответствия уровня автоматизации процесса симметрирования и возможностей автоматизированных систем сбора и обработки данных. Рассмотрено несколько устройств автоматизированных систем контроля и учёта электроэнергии и автоматизированных устройств контроля качества электроэнергии. Выяснено, что автоматизированные системы контроля и учёта электроэнергии, несмотря на более низкую точность измерений, имеют преимущество перед автоматизированными системами контроля качества электроэнергии в их большей распространённости. Сделан вывод, что при существующем уровне оснащённости сетей такими системами, информация о несимметрии может быть получена с необходимой точностью и без дополнительных капиталовложений. Сделан вывод, что проблема является актуальной и в результате анализа существующих методов снижения несимметрии сформулирована задача разработки новых методов, реализация которых возможна при помощи автоматизированной советующей системы.

Ключевые слова: несимметрия, коммунально-бытовые потребители, автоматизация, информатизация, электрические сети.

DOI: 10.21869/2223-1560-2017-21-5-16-26

Ссылка для цитирования: Чернецкая И.Е., Закурдаев Р.Ю. Обзор существующего инструментария для снижения несимметрии и анализ его соответствия современному и перспективному уровню информатизации коммунально-бытовых электрических сетей // Известия Юго-Западного государственного университета. 2017. Т. 21, № 5(74). С. 16-26.

Введение

В настоящее время сети 0,4кВ с коммунально-бытовой нагрузкой характеризуются высокой степенью несимметрии токов и напряжений. По данным некоторых исследований в многоквартирных домах несимметрия достигает 40-50% [3]. Несимметрия токов создаёт дополнительные потери и уменьшает пропускную способность питающих трёхфазных систем. Повышенные потери электроэнергии вызывают снижение напряжения у

наиболее удалённых от трансформаторной подстанции (ТП) потребителей.

Рассмотрим некоторые способы снижения несимметрии. Снижение несимметрии является частным случаем мероприятий по обеспечению качества электроэнергии (КЭ).

В [4] приведена классификация и структура мероприятий по обеспечению КЭ, которая, применимо к несимметрии токов и напряжений, в упрощённом виде включает следующую последовательность действий (рис.).

Источником помех является несимметричная нагрузка, поэтому равномерное распределение нагрузок по фазам будет являться мероприятием, указанным на рисунке под №5.

В настоящее время руководящим документом к установлению равномерного распределения нагрузок в сетях 0,4 кВ является инструкция по производству заме-

ров нагрузок силовых трансформаторов [5]. Приведённая методика заключается в ручном проведении измерений на ТП 10/0,4 в период максимальной нагрузки, передачи заполненного журнала замеров нагрузки для анализа и расчётов и переключении ответвлений обмоток трансформаторов по результатам расчётов.



Рис. Классификация и структура мероприятий по обеспечению КЭ

Согласно инструкции, на основе замеров выявляют ненормальности в работе силовых трансформаторов, а именно: перегруз, перекос нагрузок по фазам. В качестве основного средства регулирования применяют:

- Переключение ответвлений обмоток на трансформаторах.
- Замену трансформаторов, работающих с перегрузом.
- Реконструкцию сети высокого и низкого напряжения.

- Строительство трансформаторной подстанции 6-10/0,4 кВ в районах с заниженным уровнем напряжения.

При производстве замеров определяются следующие величины:

- Измеряется нагрузка на каждой фазе и нулевом проводе силовых трансформаторов и на каждой фазе отходящей линии.
- Измеряется напряжение при линейном напряжении 380В между фазой и нулевым проводом и между фазами.

- Результаты измерений фиксируются на месте измерений и заносятся в журнал замера нагрузки [3].

Методика выявления перекоса нагрузок по фазам не содержит пояснений по выбору приоритетных ТП среди всех ТП города. Данная методика предполагает проведение измерений в период наибольшей нагрузки — в зимний период в вечернее время. При этом не учитывается суточная и сезонная динамика изменений нагрузок по фазам, вследствие чего несимметрия в полной мере будет устранена только для отрезка времени, в который проводились замеры. При использовании данной методики не всегда удаётся точно подобрать комбинацию переключения ответвлений головного участка для наименьшего уровня несимметрии. При использовании данной методики оказывается невозможным по результатам переключения оценить уровень снижения показателей несимметрии. Кроме того, методика предполагает проведение измерений и выполнение переключений в два разных выезда оперативно-выездной бригады, что значительно снижает оперативность исправления несимметрии.

Можно сделать вывод, что процесс симметрирования путём установления равномерного распределения нагрузок в настоящее время характеризуется незначительным уровнем автоматизации, либо её отсутствием.

В результате, симметрирование данным способом, во-первых, является мероприятием, использующем значительные человеческие ресурсы, что приводит к невозможности оперативного решения проблемы несимметрии. Во-вторых, измерения неавтоматическим способом не могут точно характеризовать процесс суточного или сезонного колебания нагрузки.

При этом возникает проблемная ситуация между объективной необходимостью в сокращении потерь и в увеличении качества электроэнергии и возможностями существующих методов симметрирования путём перераспределения на-грузок. Таким образом, решение поставленной задачи снижения потерь электроэнергии и увеличения качества электроэнергии с применением существующих способов представляется затруднительным.

Согласно приведенной структуре мероприятий по обеспечению КЭ (см. рис.), в случае неэффективности мероприятий, которые позволяют снизить уровень помех, вносимых самим источником, применяют специальные средства (устройства).

В качестве средств борьбы с несимметрией может быть использовано:

1. Изменение схемы электроснабжения (применения схем Скотта, Штейнметца, замкнутых и полужамкнутых схем сети).
2. Уменьшение потерь в нулевом проводе путём увеличения сечения.

Сопротивление нулевого провода в системе симметричных составляющих представляет собой сопротивление нулевой последовательности. В результате уменьшения сопротивления нулевой последовательности уменьшается коэффициент несимметрии напряжения по нулевой последовательности.

$$U_0 = I_0 \cdot Z_0, \quad (1)$$

$$k_{U0} = \frac{U_0}{U_1}, \quad (2)$$

где U_0 , I_0 , Z_0 – напряжение, ток и сопротивление нулевой последовательности сети; U_1 – напряжение прямой последовательности сети.

Однако, согласно исследованиям, проведённым в Санкт-Петербургском ГАУ, этим способом следует пользоваться

весьма осторожно, так как установлено, что уменьшение сопротивления Z_0 сети приводит к увеличению в ней токов обратной и нулевой последовательности, что ведёт к увеличению k_{U2} и k_{U0} . Увеличение сечения нулевого провода более 0,75 сечения фазного провода не приводит к заметному снижению дополнительных потерь мощности [6].

3. Изменение схемы обмоток силового трансформатора.

Изменение схемы сети или трансформатора всегда требует значительных капитальных затрат:

- на силовое оборудование для применения в схемах Скотта или Штейнметца;
- для сооружения новых линий электропередач с целью осуществить замкнутое или полужамкнутое электроснабжение;
- на дополнительный расход материала обмоток в случае изменения схемы вторичных обмоток трансформатора с «звезда» на «зигзаг».

Соединение обмотки трансформатора «в зигзаг» требует увеличенного расхода цветного материала по сравнению с обмоткой «звезда». Вес обмотки, при прочих равных условиях, увеличивается приблизительно на 7 %, а количество цветного материала увеличивается в 1,16 раза. Из-за дополнительного расхода обмоточного провода, стоимость трансформатора с соединением обмоток по схеме «звезда-зигзаг с нулём» увеличивается на 30 % по сравнению с трансформаторами с соединением обмоток по схеме «звезда-звезда с нулём» [6].

Более точного симметрирования можно добиться, используя симметрирующие устройства (СУ). В [7] упоминается следующая градация способов симметрирования с использованием СУ:

1. Преобразовательный способ, основанный на преобразовании видов энергии.

2. Коммутационный способ, основанный на циклической коммутации однофазной нагрузки к фазам сети.

3. Фильтровый способ, основанный на неодинаковости параметров по отношению к составляющим различных фазовых последовательностей.

4. Компенсационный способ, основанный на компенсации тока (напряжения) нулевой и обратной последовательностей с помощью специального СУ.

Отличительной особенностью применения мероприятий по обеспечению КЭ с применением специальных устройств является необходимость капитальных затрат на приобретение, монтаж и наладку, а также эксплуатационных затрат на обслуживание СУ. В зависимости от разновидности и номинальной мощности СУ капитальные затраты варьируются в широких пределах. Например, стоимость трансформатора с симметрирующей обмоткой, реализующего в своей работе компенсационный способ, ТМГСУ-25/10 мощностью 25 кВА составляет 76 128 руб., ТМГСУ11-250/10 мощностью 250 кВА – 199 954 руб. [8].

Теоретически, при любой несимметрии нагрузок в системе электроснабжения (СЭС) до 1 кВ, можно синтезировать СУ, состоящее из индуктивных и емкостных элементов, которое полностью устранил бы несимметрию напряжения. Однако СУ не нашли широкого применения, поскольку несимметрия в СЭС как правило нестационарна, а регулируемые СУ сложны, дороги и являются источником несинусоидальных токов [6].

Устройства для переключения отвлений реализуют в своей работе коммутационный способ симметрирова-

ния с использованием в качестве силового оборудования автоматического коммутатора нагрузки (АКН), автоматического фидерного переключателя (АФП) и автоматического выключателя силовой нагрузки 0,4 кВ (АВСН) [9]. Стоимость данного силового оборудования по сравнению с силовым оборудованием устройств, в принципе работы которых используются преобразовательный, фильтровой и компенсационный способ, значительно ниже, что является бесспорным преимуществом. Например, фильтросимметрирующее устройство ФСУАТСТС мощностью 630 кВА производителя ЗАО «НПФ АГРОСТОЙ» имеет стоимость 265 600 руб. [10]. Трансформаторы ТМГСУ производства Минского электротехнического завода им. Козлова, как упоминалось выше, - от 76 128 до 199 954 руб. А выключатель нагрузки ВА51-35М1-300010-100А-690АС/440DC-УХЛ3 и привод ручной дистанционный РПД-ВА04-36/ВА51-35/ВА57-35/ВА57-39-УХЛ3 производства АО «Курский электроаппаратный завод» 2731 руб. и 916 руб. соответственно [11].

Однако помимо силовой части, не требующей значительных капиталовложений, в устройствах для переключения ответвлений используются блоки контроля параметров сети (КПС), устанавливаемые на каждом из ответвлений и на ТП, программно-логические контроллеры и средства связи, устанавливаемые на ТП [9]. На основании этого можно сделать следующие выводы.

1. Устройство для переключения ответвлений потребует дополнительного оборудования, устанавливаемого в каждое из ответвлений (блоки КПС и блоки АКН и АФП), число которых будет варьироваться в зависимости от количества ответвлений. В упомянутых выше СУ

они представляли собой единый крупногабаритный блок вне зависимости от количества обслуживаемых присоединений.

2. Несимметрия будет устранена только в трансформаторе, при этом магистральные отходящие линии по-прежнему будут находиться в несимметричном режиме, что влечёт за собой дополнительные потери электроэнергии.

3. Капитальные затраты на монтаж, наладку и последующие эксплуатационные затраты на обслуживание будут не меньше, а во многих случаях и больше, чем при использовании других СУ в связи с тем, что устройства для переключения ответвлений состоят из нескольких блоков, распределённых между отходящими линиями и трансформатором, а также по причине уникальности конфигурации каждой схемы электроснабжения.

4. Автоматизация процесса переключения является достоинством этого способа симметрирования, однако без применения вспомогательных устройств можно получить кратковременные, но неконтролируемые и частые перерывы в электроснабжении.

Уровень информатизации в области распределения электрической энергии непрерывно увеличивается. Это подтверждается и законодательными актами [12, 13], и различными техническими разработками, опирающимися на всё возрастающую роль информатизации сетей [9]. При этом существует возможность воспользоваться большими объёмами данных, характеризующими состояние энергосистемы, и при этом минимально использовать силовое энергетическое оборудование.

Перспективным направлением совершенствования процесса симметрирования является повышение уровня автоматиза-

ции технологического процесса по сбору и обработке данных, выполнению расчётов и выдачи рекомендательной информации для устранения несимметрии. Инструментом для исправления несимметрии является ручное переключение ответвлений по результатам расчётов автоматически собираемой информации и однократного ручного замера токов ответвлений.

Использование автоматизированной советующей системы не накладывает ограничений на симметрируемый участок в отличие от применения симметрирующих устройств переключения ответвлений и по сравнению с ними является более гибким инструментом симметрирования при наличии множественных удалённых друг от друга ответвлений (например, магистральная схема электроснабжения коттеджного посёлка).

По сравнению с другими СУ и применением специальных средств автоматизированная система не требует капитальных затрат, за исключением средств для её отладки и последующего администрирования.

Автоматизация данного процесса позволит увеличить производительность труда персонала благодаря своевременному появлению информации о возникающей несимметрии с указанием конкретного участка и возможности получить советующую информацию по устранению непосредственно после измерений. Применение автоматизированной системы в результате учёта колебания нагрузки повысит степень соответствия выполняемых расчётов и состояния электрической системы, требующей устранения несимметрии.

Таким образом, автоматизация процесса симметрирования приведёт к сни-

жению уровня систематической несимметрии, следствием чего станет повышение пропускной способности сети, снижение дополнительных потерь электроэнергии и отсутствие недопустимого снижения напряжения у наиболее удалённых от ТП потребителей. Можно заключить, что разработка и внедрение такой автоматизированной системы представляется актуальной задачей.

Современными системами сбора и обработки данных являются автоматизированные системы управления, среди которых следует выделить автоматизированные системы контроля качества электроэнергии (АСККЭ) и автоматизированные системы контроля и учёта электроэнергии (АСКУЭ). АСККЭ выполняют регистрацию показателей качества электроэнергии, сбор, обработку и хранение информации об отклонениях показателей, состоянии объектов и средств измерения. Например, АСККЭ «Эксар» обеспечивает выполнение следующих функций: измерение параметров электрической энергии, расчёт показателей качества электроэнергии и определение степени их соответствия требованиям, установленным в ГОСТ; сбор информации по качеству электроэнергии и отображение данной информации [14].

АСКУЭ выполняют автоматизированный сбор данных по расходу электроэнергии, сбор мгновенных параметров сети, обеспечивающих дальнейшее хранение, отображение, обработку и анализ консолидированной информации в рамках коммерческого и технического учёта электроэнергии.

Например, АСКУЭ «Меркурий-Энергоучёт» - система для коммерческого и технического учёта энергоресурсов, дис-

петчеризации, телемеханики, задач учёта и диспетчеризации объектов энергетики, промышленности, ЖКХ и зданий. Функциями этой системы является в том числе: сбор и регистрация первичной информации о ходе технологического процесса; ведение истории технологического процесса; формирование отчетной документации; сигнализация и регистрация событий и нарушений в ходе технологического процесса [15]. В качестве другого примера: АСКУЭ «МСП-Энерго» выполняет коммерческий и технический учёт расхода электроэнергии с возможностью ведения дифференцированного по времени суток тарифа. Функциями являются: сбор и обработка информации о потребляемой электроэнергии; вычисление необходимых параметров и долговременное хранение их в памяти устройства сбора данных; отображение информации о потребляемой электроэнергии (числовые значения и графики) для ее последующего анализа (технические данные) и оплаты (коммерческие данные) [16].

Преимущество АСККЭ состоит в том, что такие системы не только выполняют сбор параметров электрической сети, но и обрабатывают эти данные для выявления отклонений показателей качества электроэнергии, в том числе показателей несимметрии – коэффициентов несимметрии по обратной и нулевой последовательностям. Однако данные системы не являются достаточно распространёнными для того, чтобы быть использованными в качестве источника получения информации о параметрах сетей коммунально-бытовых потребителей. Для таких сетей широкое применение получили АСКУЭ, осуществляющие учёт электроэнергии.

Согласно п.1, ст.13 №261-ФЗ «Об энергосбережении» от 23.11.2009 (ред. от 29.07.2017), все потребляемые энергетические ресурсы подлежат обязательному учёту с применением приборов учёта. Эти требования распространяются на все объекты, подключенные к электрическим сетям централизованного электроснабжения [12]. Также, в соответствии со ст.139 Постановления Правительства РФ №442 от 04.05.2012 (ред. от 28.07.2017) «О функционировании розничных рынков электроэнергии», для учёта электрической энергии у потребителей с максимальной мощностью 670 кВт и более следует использовать приборы учёта, обеспечивающие хранение данных о потребляемой электроэнергии минимум за последние 90 дней [13].

По сравнению с устройствами АСККЭ точность измерений приборов учёта ниже: например, анализатор качества электроэнергии SATEC PM175 имеет класс точности 0,2S [17], в то время как модульный прибор телемеханики и учёта электроэнергии SATEC PM130 – 0,5S [18] или счётчик электрической энергии Меркурий 230 AR имеет классы точности 0,5S и 1,0 [19]. Также, в соответствии со ст.139 Постановления Правительства РФ №442, «Для учета электрической энергии, потребляемой гражданами, а также на границе раздела объектов электросетевого хозяйства и внутридомовых инженерных систем многоквартирного дома подлежат использованию приборы учета класса точности 2,0 и выше. В многоквартирных домах, присоединение которых к объектам электросетевого хозяйства осуществляется после вступления в силу настоящего документа, на границе раздела объектов электросетевого хозяй-

ства и внутридомовых инженерных систем подлежат установке коллективные (общедомовые) приборы учета класса точности 1,0 и выше» [13].

Однако недостаток, связанный с относительно невысокой точностью, компенсируется большой распространённостью устройств АСКУЭ, в результате чего существует возможность получать необходимую первичную информацию об уровне загрузки фаз с максимального количества узлов нагрузки.

Можно заключить, что применение устройств АСКУЭ в качестве источника получения информации о параметрах электросети, питающей коммунально-бытовых потребителей, представляется обоснованным и перспективным.

Заключение

Таким образом, на текущий момент задача снижения потерь электроэнергии и увеличения качества электроэнергии с применением существующей методики исправления несимметрии решена быть не может по причине отсутствия необходимого уровня автоматизации технологического процесса. В частности, не существует метода автоматизированного сбора данных, используемых в качестве первичной информации о состоянии электросетей коммунально-бытовых потребителей для исправления несимметрии. Вследствие этого, возникла необходимость разработки нового способа уменьшения несимметрии, включающей методы сбора и обработки данных, методы анализа данных и расчётов, методы получения советующей информации и проведения переключений, методы выполнения проверочных расчётов для получения «обратной связи» и разработки автоматизированной советующей системы, включающей данный процесс.

Список литературы

1. ГОСТ 33073-2014. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Контроль и мониторинг качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М., 2015.
2. ГОСТ 30804.4.30-2013 (IEC 61000-4-30:2008) Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Методы измерений показателей качества электрической энергии. М., 2014.
3. Ефременко В.М., Шеварухин А.С. Анализ потребления электроэнергии в жилых помещениях многоквартирных домов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2012. № 5 (93). С. 76-77.
4. Управление качеством электроэнергии / И.И. Карташев, В.Н. Тульский, Р.Г. Шамонов [и др.]; под ред. Ю.В. Шарова. М.: Изд. дом МЭИ, 2006. 320 с.
5. Энергетика. Оборудование. Документация. Инструкция по производству замеров нагрузок силовых трансформаторов. URL: <http://forca.ru/instrukcii/srs/instrukciya-po-proizvodstvu-zamerov-nagruzok-silovyh-transformatorov.html> (дата обращения: 05.09.2017).
6. Дулепов Д. Е., Тюндина Т. Е. Расчет несимметрии напряжений СЭС // Вестник НГИЭИ. 2015. №4 (47). С. 35-42.
7. Гриб О.Г. Контроль и регулирование несимметричных режимов в системах электроснабжения: учеб. пособие. Харьков: ХНАГХ, 2004. 180 с.
8. Сайт ООО «ЭЛТКОМ». URL: <http://eltkom.ru/prays-list> (дата обращения: 31.08.2017).

9. Технические потери от перекося фаз и меры по их снижению / З.А. Андреева, С.В. Венедиктов, А.А. Богомолов, А.С. Державин // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2014. №7. С. 32-37.

10. Сайт ЗАО «НПФ АГРОСТРОЙ». URL: <http://agrostroy.ru/> (дата обращения: 31.08.2017).

11. Сайт АО «Курский электроаппаратный завод». URL: <https://keaz.ru/> (дата обращения: 31.08.2017).

12. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: федер. закон от 23.11.2009 N 261-ФЗ: [ред. от 29.07.2017: с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2018]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/ (дата обращения: 31.08.2017).

13. "О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии" (вместе с "Основными положениями функционирования розничных рынков электрической энергии", "Правилами полного и (или) частичного ограничения режима потребления электрической энергии"): постановление Правительства РФ от 04.05.2012 N 442: [ред. от 28.07.2017: [с изм. и доп., вступ. в силу с 02.08.2017]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_130498/ (дата обращения: 31.08.2017).

14. Автоматизированная система контроля качества электроэнергии ЭК-

САР. ОАО «Эксар». URL: <http://www.enpro.ru/blog/proekty/avtomatiziro-vannaya-sistema-kontrolya-kachestva-elektroenergii-eksar/> (дата обращения: 31.08.2017).

15. ООО «НПК ИНКОТЕКС». АИИС (АСКУЭ) Меркурий-Энергоучёт: сайт URL: http://www.incotexcom.ru/ME_po.htm (дата обращения: 31.08.2017).

16. Автоматизированная система коммерческого учёта электроэнергии (АСКУЭ) «МСР-Энерго» // Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы». URL: www.journal.esco.co.ua/2005_1/art53.htm (дата обращения: 31.08.2017).

17. Анализатор качества электроэнергии с классом точности 0,2S // Официальный представитель компании SATEC Ltd. SATEC PM175: сайт. URL: <http://satec-global.ru/pm175/> (дата обращения: 31.08.2017).

18. Модульный прибор телемеханики и учёта электроэнергии 0,5S // Официальный представитель компании SATEC Ltd. SATEC PM130/PM135: сайт. URL: <http://satec-global.ru/pm130-pm135/> (дата обращения: 31.08.2017).

19. Меркурий 230 AR // ООО «НПК ИНКОТЕКС»: сайт. URL: <http://www.incotexcom.ru/m230ar.htm> (дата обращения: 31.08.2017).

20. Коваленко П.В., Смышляева О.А. Анализ потерь мощности в электрических сетях при неравномерной и несимметричной нагрузке // Электрика. 2009. № 9. С. 18–22.

Поступила в редакцию 22.09.17

UDK 681.3, 621.316

I.E. Chernetskaya, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk, Russia) (e-mail: romanzakurdaev@yandex.ru)

R.Yu. Zakurdaev, Postgraduate Student, Southwest State University (Kursk, Russia) (e-mail: romanzakurdaev@yandex.ru)

REVIEW OF EXISTING INSTRUMENTATION TO CORRECTION OF ASYMMETRY AND ANALYSIS OF ITS COMPLIANCE WITH THE MODERN AND PERSPECTIVE LEVEL OF INFORMATIZATION OF MUNICIPAL ELECTRIC NETWORKS

The article deals with the problem of unbalance of currents and voltages of communal utilities and the degree of correspondence of existing solutions to the level of informatization. The classification and structure of measures to reduce asymmetry, existing means and devices for balancing are considered. Particular attention is paid to the switching method of asymmetry's correction. The advantages of this method in comparison with the others are indicated in the article. It is established that at present the realization of this method is associated with considerable labor costs for personnel with minimal automation of the process. A comparative analysis of devices based on the switching method of balancing with other devices is performed. Several examples of devices are given. It was found out that devices, the principle of operation of which is based on the switching method, require significantly less investment than other devices. The analysis of the correspondence between the level of automation of the balancing process and the capabilities of automated systems for data collection and processing is carried out. Several devices of automated systems for monitoring and accounting of electric power and automated devices for monitoring the quality of electricity were considered. It was found out that automated systems for monitoring and accounting of electric power, in spite of lower accuracy of measurements, have an advantage over automated systems for monitoring the quality of electric power in their greater prevalence. It is concluded that with the existing level of equipping networks with such systems, information on asymmetry can be obtained with the necessary accuracy and without additional capital investments. The conclusion is made that the problem is topical and because of the analysis of existing methods for reducing asymmetry, the task is formulated of developing new methods, the realization of which is possible with the help of an automated advisory system.

Key words: asymmetry, municipal consumers, automation, informatization, electric networks.

DOI: 10.21869/2223-1560-2017-21-5-16-26

For citation: Chernetskaya I.E., Zakurdaev R.Yu. Review of existing instrumentation to correction of asymmetry and analysis of its compliance with the modern and perspective level of informatization of municipal electric networks. Proceedings of Southwest State University, 2017, vol. 21, no. 5(74), pp. 16-26 (in Russ.).

Reference

1. GOST 33073-2014. Jelektricheskaja jenergija. Sovmestimost' tehnikeskikh sredstv jelektromagnitnaja. Kontrol' i monitoring kachestva jelektricheskoy jenergii v sistemah jelektrosnabzhenija obshhego naznachenija. Moscow, 2015.

2. GOST 30804.4.30-2013 (IEC 61000-4-30:2008) Jelektricheskaja jenergija. Sovmestimost' tehnikeskikh sredstv jelektromagnitnaja. Metody izmerenij pokazatelej kachestva jelektricheskoy jenergii. Moscow, 2014.

3. Efremenko V.M., Shevaruhin A.S. Analiz potreblenija jelektrojenergii v zhilyh

pomeshhenijah mnogokvartirnyh domov. Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta, 2012, no. 5 (93), pp. 76-77.

4. Kartashev I.I., Tul'skij V.N., Shamonov R.G. etc. Upravlenie kachestvom jelektrojenergii; red. by Ju.V. Sharova. Moscow, Izd. dom MJeI, 2006. 320 p.

5. Jenergetika. Oborudovanie. Dokumentacija. Instrukcija po proizvodstvu zamerov nagruzok silovyh transformatorov. URL: <http://forca.ru/instrukcii/srs/instrukciya-po-proizvodstvu-zamerov-nagruzok-silovyh-transformatorov.html> (accessed: 05.09.2017).

6. Dulepov D. E., Tjundina T. E. Raschet nesimmetrii naprjazhenij SJeS. Vestnik NGIJeI, 2015, no.4 (47), pp. 35-42.

7. Grib O.G. Kontrol' i regulirovanie nesimmetrichnyh rezhimov v sistemah jelektrosnabzhenija. Har'kov, HNAGH, 2004. 180 p.

8. ООО "JeLTKOM". URL: <http://eltkom.ru/prays-list> (accessed 31.08.2017).

9. Andreeva Z.A., Venediktov S.V., Bogomolov A.A., Derzhavin A.S. Tehnicheskie poteri ot perekosa faz i mery po ih snizheniju. Sovremennaja nauka: aktual'nye problemy i puti ih reshenija, 2014, no.7, pp. 32-37.

10. ZAO "NPF AGROSTROJ". URL: <http://agrostroy.ru/> (accessed 31.08.2017).

11. АО "Kurskij jelektroappa-ratnyj zavod". URL: <https://keaz.ru/> (accessed 31.08.2017).

12. Ob jenergosberezhenii i o povyshenii jenergeticheskoy jeffektivnosti i o vnesenii izmenenij v otдел'nye zakonodatel'nye akty Rossijskoj Federacii: fed. zakon ot 23.11.2009 N 261-FZ: [red. ot 29.07.2017: s izm. i dop., vstup. v silu s 01.01.2018]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/ (accessed 31.08.2017).

13. "O funkcionirovanii roznichnyh rynkov jelektricheskoy jenerгии, polnom i (ili) chastichnom ogranichenii rezhima potreblenija jelektricheskoy jenerгии" (vmeste s "Osnovnymi polozhenijami funkcionirovanija roznichnyh rynkov jelektricheskoy jenerгии", "Pravilami polnogo i (ili) chastichnogo ogranichenija rezhima potreblenija jelektricheskoy jenerгии"): postanovlenie Pravitel'stva RF ot 04.05.2012 N 442: [red. ot 28.07.2017: s

izm. i dop., vstup. v silu s 02.08.2017]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_130498/ (accessed 31.08.2017).

14. Avtomatizirovannaja sistema kontrolja kachestva jelektroenerгии JeKSAR / OAO «Jeksar». URL: <http://www.enpro.ru/blog/proekty/avtomatizirovannaya-sistema-kontrolya-kachestva-elektroenerгии-eksar/> (accessed 31.08.2017).

15. AIIS (ASKUJe) Merkurij-Jenergouchjot. ООО «NPK INKOTEKS». URL: http://www.incotexcom.ru/ME_po.htm (accessed 31.08.2017).

16. Avtomatizirovannaja sistema kommercheskogo uchjota jelektroenerгии (ASKUJe) «MSR-Jenergo» / Jelektronnyj zhurnal jenergoser-visnoj kompanii "Jekologicheskie sistemy". URL: www.journal.esco.co.ua/2005_1/art53.htm (accessed 31.08.2017).

17. SATEC PM175. Analizator kachestva jelektroenerгии s klassom tochnosti 0,2S // Oficial'nyj predstavitel' kompanii SATEC Ltd.. URL: <http://satec-global.ru/pm175/> (accessed 31.08.2017).

18. SATEC PM130/PM135. Modul'nyj pribor tele-mehaniki i uchjota jelektroenerгии 0,5S // Oficial'nyj predstavitel' kompanii SATEC Ltd.. URL: <http://satec-global.ru/pm130-pm135/> (accessed 31.08.2017).

19. Merkurij 230 AR ООО «NPK INKOTEKS». URL: <http://www.incotexcom.ru/m230ar.htm> (accessed 31.08.2017).

20. Kovalenko P.V., Smyshljaeva O.A. Analiz poter' moshhnosti v jelektricheskikh setjah pri neravnomernoj i nesimmetrichnoj nagruzke. Jelektrika, 2009, no. 9, pp. 18–22.