

УДК 621.311

Г. А СЕНДЕРОВИЧ, А. В. ДЯЧЕНКО**МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОЛЕВОГО УЧАСТИЯ СУБЪЕКТОВ В НАРУШЕНИИ СИММЕТРИИ ПО МОЩНОСТИ СИММЕТРИЧНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ПРИ ДЛИТЕЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЯХ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**

Запропоновано метод визначення часткової участі споживача у відповідальності за порушення симетрії напруги в точці загального приєднання з використанням локального вимірювального пристрою. Метод оснований на розрахунку електроенергії, по якій потрібно визначення відповідальності споживача. Надалі можуть бути розроблені методика і алгоритм реалізації нового методу відповідно до норм оцінки показників якості електричної енергії і зручності використання в умовах експлуатації.

Ключові слова: якість електроенергії, симетрія напруги, активна потужність зворотної послідовності, опір зв'язку, інтервал усереднення, локальний вимірювальний пристрій.

Предложен метод определения долевого участия потребителя в ответственности за нарушения симметрии напряжения в точке общего присоединения с использованием локального измерительного устройства. Метод основан на расчете электроэнергии, по которой требуется определение ответственности потребителя. В дальнейшем могут быть разработаны методика и алгоритм реализации нового метода в соответствии с нормами оценки показателей качества электрической энергии и удобства использования в условиях эксплуатации.

Ключевые слова: качество электроэнергии, симметрия напряжения, активная мощность обратной последовательности, сопротивление связи, интервал усреднения, локальное измерительное устройство.

The method of determination of individual share of a customer in responsibility for violation of symmetry of tension in a point of the general association with use of the local measuring device is offered. This method allows to approach an assessment of an error which is caused by the mutual component of power arising in the presence of two and more sources of distortion of symmetry in a different way. The main feature of a method is the possibility of its use by the analysis of the parameters of the mode measured only on buses of a customer. Further the technique and an algorithm of implementation of this new method according to norms of an assessment of figures of merit of electrical energy and usability under operating conditions can be developed. What in turn will allow to include it in a complex technique of determination of individual share of subjects in responsibility for violation of quality of the electric power.

Key words: quality of the electric power, symmetry of tension, active power of the return sequence, communication resistance, averaging interval, local measuring device.

Введение. Известное детерминированное решение по определению долевого участия субъектов распределения электрической энергии в ответственности за искажение симметрии [1-4] основано на расчете проводимостей симметричных составляющих нагрузок, подключаемых к точке общего присоединения (ТОП). Для реализации такого подхода требуется анализ параметров режима, замеряемых на разных фидерах сборных шин. Если поставщик производит общую оценку ответственности потребителей, надо измерять мгновенные значения токов на всех подключениях [3] к ТОП. Если оценка производится по инициативе потребителя, то достаточно производить измерение мгновенных значений токов на его фидере и на питающем вводе сборных шин [4]. В обоих случаях решение задачи требует получение информации с разных, как минимум двух, точек измерения.

В связи с этим использование известного метода в локальном устройстве, которым можно дополнить счетчик электрической энергии, затруднено. В случае расположения возле точки раздела балансовой принадлежности (ТРБП) на ответвлении метод практически нереализуем.

Постановка задачи. Отказ от метода определения фактического вклада субъекта, в основе которого лежит определение источника искажений симметрии по направлению активной мощности симметричных составляющих, связан с двумя его недостатками [5]. Во-первых, метод не учитывает взаимную составляющую мощности [6],

возникающую при наличии двух и более источников искажения симметрии. Во-вторых, метод не учитывает изменения состава и режимов работы электроприемников в течение времени эксплуатации [7].

Для преодоления первого недостатка разработан метод детерминированной оценки долевого участия потребителей и поставщика в ответственности за нарушение симметрии, в котором коэффициенты участия субъектов определяются без замеров мощностей симметричных составляющих [1-4]. Исключить второй недостаток позволило определение долевого участия в ответственности за нарушение симметрии напряжений не по текущим параметрам режима (мощность), а по интегральным (энергия) – за ту часть электроэнергии, которая в отчетном периоде (сутки, месяц, год или другое время) распределена с нарушениями требований ГОСТ [8, 9].

Определение долевого участия потребителя в ответственности за нарушение симметрии, получаемое по результатам длительных измерений, позволяет по-другому подойти к оценке погрешности, которую вызывает взаимная составляющая мощности, возникающая при наличии двух и более источников искажения симметрии.

Цель. Разработка метода определения фактического вклада субъекта в нарушения симметрии, в основе которого лежит определение источника искажений симметрии по направлению активной мощности симметричных составляющих.

Результаты исследований. Рассмотрим

изменение мощности обратной последовательности на границе раздела балансовой принадлежности (ГРБП) потребителя и энергоснабжающей организации рис. 1, в которой сеть за точкой измерения принадлежит потребителю (нагрузка), до точки измерения – сетевому предприятию (система).

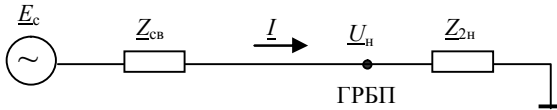


Рис. 1 – Расчетная схема

В расчетной схеме E_c - ЭДС системы; $Z_{св}$ - эквивалентное сопротивление связи; I - ток по связи с системой; U_n - напряжение на ГРБП; Z_n - эквивалентное сопротивление нагрузки.

Классической модели для расчета трехфазной сети в несимметричных режимах [10, 11], выполняется в виде схем трех последовательностей: прямой, обратной и нулевой. В основе используемой модели лежит универсальная схема замещения [12], предназначенная для моделирования процессов несимметричных и несинусоидальных при наличии источников искажений в системе и в нагрузке. Схема замещения обратной последовательности рис. 2 содержит J_{2c} и $J_{2н}$ - эквивалентные источники токов обратной последовательности системы и нагрузки; $U_{2н}$ - напряжение обратной последовательности на ГРБП; I_2 - ток обратной последовательности по связи с системой, который включает в себя ток симметричной I^c_2 и несимметричной (искажающей) $I^н_2$ частей нагрузки; z^3_{2c} и $z^3_{2н}$ - эквивалентное сопротивление передающих элементов искажающей нагрузки системы и потребителя; z_{2c} и $z_{2н}$ - эквивалентное сопротивление неискажающей нагрузки системы и потребителя; $z_{2св}$ - эквивалентное сопротивление связи.

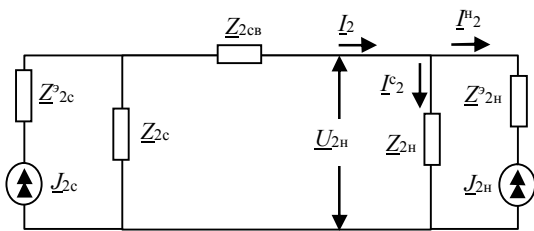


Рис. 2 – Схема замещения обратной последовательности

В соответствии с принципом компенсации [13] ветвь с источником тока и сопротивлением может быть заменена эквивалентным ЭДС. Такая замена не оказывает влияние на параметры режима в цепи внешней по отношению к рассматриваемой ветви. Анализ изменения мощности обратной последовательности будем проводить по известной схеме замещения [6], которая упрощена согласно принципу компенсации по сравнению с универсальной рис. 2 с целью учета особенностей рассматриваемой задачи.

К особенностям задачи следует отнести: во-первых, рассмотрение несимметрии только, по основной гармонике, что соответствует требованиям ГОСТ [14] и, во-вторых, использование измерительного комплекса «АНТЕС АК-3Ф», обеспечивающего возможность получения информации о любых параметрах режима в точке измерения. В частности, схема замещения обратной последовательности рис. 3 включает в себя: E_{2c} - эквивалентные ЭДС обратной последовательности системы; $U_{2н}$ - напряжение обратной последовательности на ГРБП.

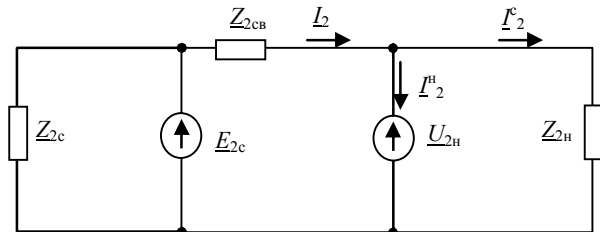


Рис. 3 – Упрощенная схема замещения обратной последовательности

Источники несимметрии E_{2c} и $U_{2н}$ оказывают взаимное влияние, для учета которого используется метод суперпозиции. Режим работы схемы замещения обратной последовательности можно представить, как сумму двух режимов рис. 4: а – нарушение симметрии только в системе; б – нарушение симметрии только у потребителя.

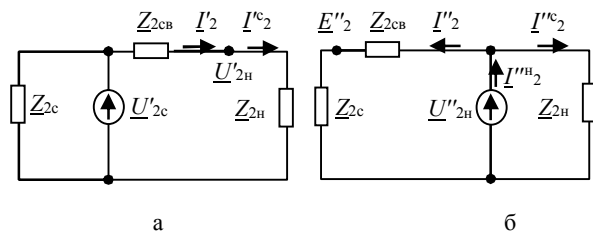


Рис. 4 – Применение метода суперпозиции

При этом E'_{2c} - собственное ЭДС обратной последовательности системы; $U''_{2н}$ - оставляющая напряжения обратной последовательности на ГРБП, генерируемая в нагрузке потребителя. Направление активной мощности определяется [6] из выражения:

$$P_2 = (E'_{2c})^2 \cdot \frac{z_{2н}}{|z_{2св} + z_{2н}|^2} \cdot \cos \varphi_n - (U''_{2н})^2 \cdot \frac{1}{|z_{2св} + z_{2c}|} \cdot \cos \varphi_{св,с} + E'_{2c} \cdot U''_{2н} \cdot \left[\frac{1}{|z_{2св} + z_{2н}|} \cdot \cos(\delta_2 - \varphi_{св,н}) - \frac{z_{2н}}{|z_{2св} + z_{2н}| \cdot |z_{2св} + z_{2c}|} \cdot \cos(\delta_2 + \varphi_n - \varphi_{св,н} + \varphi_{св,с}) \right] \quad (1)$$

где φ_n – аргумент комплексного сопротивления $z_{2н}$;

$\varphi_{св,н}$ – аргумент суммы комплексных сопротивлений $z_{2св} + z_{2н}$;

$\varphi_{св,с}$ – аргумент суммы комплексных сопротивлений $z_{2св} + z_{2с}$;

$\delta_{2с}$ – угол между векторами $E'_{2с}$ и $U''_{2н}$.

Уравнение (1) можно представить в более компактном виде:

$$P_2 = (E'_{2с})^2 \cdot g_{2н}^3 - (U''_{2н})^2 \cdot g_{2с}^3 + E'_{2с} \cdot U''_{2н} \cdot G(\delta_2) \quad (2)$$

где $g_{2н}^3$ – эквивалентная активная проводимость обратной последовательности нагрузки;

$g_{2с}^3$ – эквивалентная активная проводимость обратной последовательности системы;

$G(\delta_2)$ – взаимная активная проводимость обратной последовательности зависящая от угла δ_2 .

Уравнение мощности обратная последовательности (2) имеет три составляющих.

Мощность, генерируемая источником, расположенным в системе:

$$P_{2с} = (E'_{2с})^2 \cdot g_{2н}^3 \quad (3)$$

Мощность, генерируемая источником, расположенным в нагрузке:

$$P_{2н} = -(U''_{2н})^2 \cdot g_{2с}^3 \quad (4)$$

Взаимная мощность, существующая при наличии ЭДС обратной последовательности в системе и в нагрузке:

$$P_{2в} = E'_{2с} \cdot U''_{2н} \cdot G(\delta_2) \quad (5)$$

Если источник несимметрии находится в системе ($U''_{2н} = 0$), то $P_{2н} = 0$ и $P_{2в} = 0$, а уравнение (2) содержит только составляющую, определяемую генерацией активной мощности в системе $P_2 = P_{2с}$ (3). Направление активной мощности обратной последовательности совпадает с направлением активной мощности прямой последовательности, $\text{sign} P_2 = \text{sign} P_1$. При нахождении источника не симметрии в нагрузке ($U'_{2с} = 0$), то $P_{2с} = 0$ и $P_{2в} = 0$, а уравнение (2) содержит только составляющую, определяемую генерацией активной мощности в нагрузке $P_2 = P_{2н}$ (4). Направление активной мощности обратной последовательности встречно направлению активной мощности прямой последовательности, $\text{sign} P_2 = -\text{sign} P_1$.

При нахождении источников несимметрии в системе и в нагрузке уравнение активной (2) мощности обратной последовательности содержит все три составляющие.

$$P_2 = P_{2с} - P_{2н} + P_{2в} \quad (6)$$

Для определения долевого участия потребителя в ответственности за нарушение симметрии напряжений в ТОП с использованием локального измерительного устройства представляем его нагрузкой P_1 отдельным фидером. Остальную часть сети, включая другие фидера с нагрузкой P_i , считаем системой (рис. 5), так как потребитель несет

ответственность за нарушение, если источник искажений качества электроэнергии (КЭ) находится

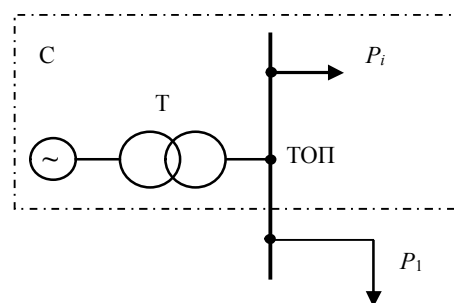


Рис. 5 – Представление системы для локальной оценки участия потребителя

в его внутренней сети. Если источник искажений расположен за пределами внутренней сети, ответственность за КЭ на ГРБП возлагается на электроснабжающее предприятие.

В случае возникновения в системе или в сети потребителя несимметрии напряжений по обратной последовательности знак P_2 (6) дает достоверную информацию о расположении источника несимметрии. При нахождении источников несимметрии в системе и во внутренней сети потребителя возникает погрешность, вызванная взаимной составляющей $P_{2в}$. В первом случае долевое участие системы и потребителя в нарушении симметрии определяются в течении одного интервала усреднения Δt , во втором – следует ожидать снижения влияния взаимной составляющей при длительных измерениях в силу различных (случайных) значений угла δ_2 в отдельных интервалах усреднения.

Известная методика распределения ответственности за искажение симметрии [15] предполагает общий учет потребления электроэнергии W за время мониторинга T , определение электроэнергии, полученной потребителем с нарушением нормально $W^{нд}$ и предельно $W^{нд}$ допустимых требований к показателям качества электроэнергии (ПКЭ), и электроэнергии $W_{отв}$, которая ответственности в виде компенсации или штрафных санкций при взаиморасчетах.

Общее потребление электроэнергии W определяют в виде суммы потребления в каждом-ом интервале усреднения Δt :

$$W = \sum_{i=1}^{i=T/\Delta t} P(i) \cdot \Delta t \quad (7)$$

Электроденергия, получаемая потребителем с нарушением нормально $W^{нд}$ и предельно $W^{нд}$ допустимых требований к симметрии напряжений, определяется по факту превышения коэффициентами несимметрии K_{2U} или K_{0U} из допустимых значений. Расчет производится по формуле (7), из которой исключаются интервалы усреднения, где нет нарушений.

Электроденергию, по которой требуется определение ответственности потребителя, находят в виде суммы потребления в тех интервалах усреднения, где имело место нарушение КЭ по

рассматриваемому ПКЭ с учетом коэффициентов ответственности $K_{отв}$ в каждом i -ом интервале усреднения Δt [16]:

$$W_{отв} = \sum_{i=1}^{i=T/\Delta t} W(i) \cdot K_{отв}(i) \quad (8)$$

В качестве коэффициента ответственности потребителя автор предлагает использовать знак активной мощности обратной (нулевой) последовательности, характеризующий расположение источника несимметрии в нагрузке. Так, для нарушения по обратной последовательности в i -ом интервале усреднения:

$$K_{2отв}(i) = -\text{sign } P_2(i) \quad (9)$$

Коэффициент ответственности за нарушение симметрии по обратной последовательности должен $K_{2отв}(i)$ должен определяться в каждом интервале, в котором коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности превосходит допустимое значение $K_{2U}(i) > K_{2U\text{доп}}$. Если $K_{2U}(i) \leq K_{2U\text{доп}}$, то данное нарушение отсутствует и соответственно $K_{2отв}(i) = 0$.

Следует отметить, что электроэнергия, по которой требуется определение ответственности потребителя $W_{отв}$ (8) есть балансная величина за расчетный период. В зависимости от места расположения источника несимметрии в i -ом интервале усреднения энергия, потребляемая в этом интервале может суммироваться с разными знаками. Если за расчетный период T будет получен положительный баланс ($W_{отв} > 0$), то потребитель будет подвергнут санкциям за нарушение КЭ при распределении $W_{отв}$ энергии. Если баланс будет отрицательный ($W_{отв} < 0$), то потребитель должен получить компенсацию за получение $W_{отв}$ некачественной энергии.

Если представляет интерес общее количество электроэнергии, распределенной с нарушением КЭ, то расчет его производится по формуле (7) только для тех интервалов усреднения, где есть нарушение $[K_{2U}(i) > K_{2U\text{доп}}]$.

Анализ КЭ производится в течение длительного времени и включает в себя большое количество интервалов усреднения. Так, при $\Delta t = 3$ с рекомендуемая продолжительность измерений [14] $T = 7$ суток включает $T/\Delta t = 201600$ интервалов усреднения, минимально допустимая продолжительность $T = 24$ час – $T/\Delta t = 28800$. Постоянный мониторинг, на который и ориентируется данная разработка, с ежемесячным контролем показателей ($T = 30$ суток) будет включать $T/\Delta t = 864000$ интервалов усреднения.

Если оценка производится в отдельно взятом интервале усреднения, то, как было показано выше, при наличии источников несимметрии в системе и в нагрузке определение $K_{отв}$ по формуле (3.14) не дает достоверного результата. При длительном мониторинге составляющая коэффициента ответственности, определяемая значениями взаимной мощности $P_{2в}$, направление и величина которой в

отдельных интервалах усреднения зависят от случайных значений угла δ_2 , должна уменьшить свое влияние. Уравнение (8) с учетом выражений (1, 3, 9) можно записать для обратной последовательности в виде:

$$W_{2отв} = \sum_{i=1}^{i=T/\Delta t} -W(i) \cdot \text{sign} \left\{ \begin{aligned} & \left(E'_{2c} \right)^2 \cdot g_{2н}^3 - \left(U''_{2н} \right)^2 \cdot g_{2c}^3 + \\ & + E'_{2c} \cdot U''_{2н} \cdot G[\delta_2(i)] \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

$$G[\delta_2(i)] = \frac{z_{2н}}{\left| z_{2св} + z_{2н} \right|} \cdot \left\{ \begin{aligned} & \frac{1}{z_{2н}} \cdot \cos[\delta_2 - \varphi_{св,н}] - \\ & \frac{1}{\left| z_{2св} + z_{2н} \right|} \cdot \cos[\delta_2(i) + \varphi_{н} - \varphi_{св,н} + \varphi_{св,с}] \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Выводы. Разработан метод определения ответственности потребителя и поставщика за искажение симметрии напряжений, основанный на расчете электроэнергии, по которой требуется определение ответственности потребителя $W_{отв}$. Расчет производится за интервал времени измерения T с учетом коэффициентов ответственности субъектов в каждом интервале усреднения Δt .

Основной особенностью метода является возможность его использования путем анализа параметров режима, замеряемых только на шинах потребителя.

Список литературы:

1. Сендерович Г. А. Анализ влияния потребителей не симметрию по обратной последовательности в точке общего присоединения / Г. А. Сендерович. // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2005. – № 1/2 (13). – С. 89 – 94.
2. Сендерович Г. А. Оценка влияния потребителя на искажение симметрии в точке общего присоединения / Г. А. Сендерович. // Вісник НТУ «ХПИ». – 2005. – №45. – С. 416–417.
3. Сендерович Г. А. Определение действительного вклада потребителя в создание несимметрии на сборных шинах / Г. А. Сендерович. // Вісник НТУ «ХПИ». – 2004. - №47. – С. 136–139.
4. Щербакова П. Г. Моделирование коэффициентов участия субъектов в нарушении симметрии по обратной последовательности / П. Г. Щербакова. // Світлотехніка та електроенергетика. – 2007 – № 3-4. – С.53–57.
5. Методические указания по контролю и анализу качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Часть 2. Анализ качества электрической энергии РД 153-34.0-15.501-01. Разработано научно-методическим центром 000 «Научный центр ЛИНВИТ». – Москва: Энергосервис, 2001. – 23 с.
6. Сендерович Г. А. Использование мощностных симметричных составляющих для определения фактического вклада субъекта в искажение симметрии / Г. А. Сендерович. // Автоматика. Автоматизация. Электрические комплексы и системы. – 2005, – № 2 (16) – С. 169–176.
7. Гриб О. Г. Контроль потребления электроэнергии с учётом её качества / О. Г. Гриб, В. И. Васильченко, Ю. С. Громадский, [и др.]. – Харьков: ХНУРЭ, 2010. – 444 с.
8. Сендерович Г. А. Определение ответственности субъектов распределения электрической энергии за нарушение симметрии на сборных шинах / Г. А. Сендерович. // Коммунальное хозяйство городов. Сер. Архитектура и техн. науки – К.: Техніка, 2005. – Вып. 63 – С. 255–259.
9. Сендерович Г. А. Определение долевого участия субъектов в ответственности за нарушение симметрии напряжений / Г. А. Сендерович. // Наукові праці Донецького Національного

- технічного університету. Серія "Електротехніка і енергетика". – Донецьк: ДонНТУ. – 2011. Випуск 11 (186). – С. 330–335.
10. Ульянов С. А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах: Учебник. / С. А. Ульянов – М.: Энергия, 1970. – 520 с.
 11. Півняк Г. Г. Перехідні процеси в системах електропостачання: Підручник для вузів / Г. Г. Півняк, В. М. Винославський, А. Я. Рибалко, [и др.]. – Дніпропетровськ: Видавництво НГА України, 2000. – 597 с.
 12. Майер В. Я. Методика определения вкладов потребителей в ухудшение качества электроэнергии / В. Я. Майер // Электричество. – 1994. – № 9 – С. 19 – 24.
 13. Поливанов К. М. Теоретические основы электротехники / К. М. Поливанов – М.: Энергия, 1972. – 240 с.
 14. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения: ГОСТ 13109-97. – [Введ. в Украине 01.01.2000]. – Минск: ИПК. Изд-во стандартов, 1998. – 30 с. – (Межгосударственный стандарт стран СНГ).
 15. Грив О. Г. Алгоритм реализации методики распределения ответственности за искажение симметрии / О. Г. Грив, Г. А. Сендерович, П. Г. Сендерович // Вісник НТУ «ХП». – 2006. – Вип. №10. – С. 7 – 13.
 16. Сендерович Г. А. Методика распределения ответственности за искажение синусоидальности в точке общего присоединения / Г. А. Сендерович. // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2005. – № 6/2 (18). – С. 139 – 143.
- References:**
1. Senderovich, G. A. "Analiz vliyaniya potrebitel'ev ne nesimmetriyu po obratnoy posledovatelnosti v toчке obshchego prisoedineniya". *Vostochno-evropeyskiy zhurnal peredovyih tekhnologiy*, 2005. 1/2 (13). 89–94. Print.
 2. Senderovich, G. A. "Otsenka vliyaniya potrebitel'ev na iskazhenie simmetrii v toчке obshchego prisoedineniya". *Visnik NTU "KhPI"*, 2005. No. 45. 416–417. Print.
 3. Senderovich, G. A. "Opredelenie deystvitelnogo vkladov potrebitel'ev v sozdanie nesimmetrii na sbornyih shinah". *Visnik NTU "KhPI"*. 2004. No. 47. 136–139. Print.
 4. Scherbakova, P. G. "Modelirovaniye koeffitsientov uchastiya sub'ektov v narushenii simmetrii po obratnoy posledovatelnosti". *SvItotekhnika ta elektroenergetika*, 2007. No. 3–4. 53–57. Print.
 5. "Metodicheskie ukazaniya po kontrolyu i analizu kachestva elektricheskoy energii v sistemah elektrosnabzheniya obshchego naznacheniya. Vol. 2. Analiz kachestva elektricheskoy energii RD 153-34.0-15.501-01". *Razrabotano nauchno-metodicheskim tsentrom 000 «Nauchnyiy tsentr LINTT»*. Moscow Energoservis, 2001. Print.
 6. Senderovich, G. A. "Ispolzovanie moschnosti simmetrichnyih sostavlyayuschih dlya opredeleniya fakticheskogo vkladov sub'ekta v iskazhenie simmetrii". *Avtomatika. Avtomatizatsiya. Elektricheskoe kompleksy i sistemy*, 2005. No. 2 (16). 169–176. Print.
 7. Grib O. G., et al. "Kontrol potrebleniya elektroenergii s uchytom eyo kachestva". Kharkiv: NURE. 2010. Print.
 8. Senderovich, G. A. "Opredelenie otvetstvennosti sub'ektov raspredeleniya elektricheskoy energii za narushenie simmetrii na sbornyih shinah". *Kommunalnoye hazyaystvo gorodov. Ser. Arhitektura i tehn. nauki*. Kiev. Technika, 2005. No 63. 255–259. Print.
 9. Senderovich, G. A. "Opredelenie dolevogo uchastiya sub'ektov v otvetstvennosti za narushenie simmetrii napryazheniy". *Naukovi pratsi Donetskogo Natsionalnogo tekhichnogo univrsitetu. Seriya "Elektrotehnika i energetika"*. Donetsk NTU, 2011. No 11 (186). 330–335. Print.
 10. Ulyanov S. A. "Elektromagnitnyye perehodnyye protsessy v elektricheskikh sistemah". Moscow Energiya, 1970. Print.
 11. Pivnyak G. G., et al. "Perehidniy protsesi v sistemah elektropostachannya: Pidruchnik dlya vuziv". *Vidavnistvo NGA Ukraine*. Dnipropetrovsk, 2000. Print.
 12. Mayer V. Y. "Metodika opredeleniya vkladov potrebitel'ev v uhdushenie kachestva elektroenergii". *Elektrichestvo*. 1994. No 9. 19–24. Print.
 13. Polivanov K. M. "Teoreticheskie osnovy elektrotehniki". Moscow Energiya, 1972. Print.
 14. "GOST 13109-97. Elektricheskaya energiya. Sovmestimost' tekhnicheskikh sredstv elektromagnitnaya. Normy kachestva elektricheskoy energii v sistemah elektrosnabzheniya obshchego naznacheniya". Minsk, IPK Publishing house of standards, 1998. Print.
 15. Grib O. G., G. A. Senderovich, and P. G. Senderovich "Algoritm realizatsii metodiki raspredeleniya otvetstvennosti za iskazhenie simmetrii". *Visnik NTU "KhPI" Tematichniy vipusk „Novi rishennya v suchasnih tekhnologiyah”*, Kharkiv: NTU "KhPI", 2006. No 10. 7–13. Print.
 16. Senderovich, G. A. "Metodika raspredeleniya otvetstvennosti za iskazhenie sinusoidalnosti v toчке obshchego prisoedineniya". *Vostochno-evropeyskiy zhurnal peredovyih tekhnologiy*, 2005. No. 6/2 (18). 139–143. Print.

Посмунула (received) 14.04.2017

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Метод определения долевого участия субъектов в нарушении симметрии по мощности симметричных составляющих при длительных измерениях потребления электрической энергии / Г. А. Сендерович, А. В. Дяченко // Вісник НТУ «ХП». Серія: Гідравлічні машини та гідроагрегати. – Х. : НТУ «ХП», 2017. – № 22 (1244). – С. 77–82. – Бібліогр.: 16 назв. – ISSN 2411-3441.

Метод определения долевого участия субъектов в нарушении симметрии по мощности симметричных составляющих при длительных измерениях потребления электрической энергии / Г. А. Сендерович, А. В. Дяченко // Вісник НТУ «ХП». Серія: Гідравлічні машини та гідроагрегати. – Х. : НТУ «ХП», 2017. – № 22 (1244). – С. 77–82. – Бібліогр.: 16 назв. – ISSN 2411-3441.

Method of definition of individual share of subjects in violation of symmetry on the power of symmetric components at long measurements of consumption of electric energy / G. A. Senderovich, O. V. Diachenko // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Hydraulic machines and hydrounits. – Kharkov : NTU "KhPI", 2017. – No. 22 (1244). – С. 77–82. – Bibliogr.: 16. – ISSN 2411-3441.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Сендерович Генадій Аркадійович – доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри автоматизації та кібербезпеки енергосистем; e-mail: senderovichg@mail.ru

Сендерович Геннадий Аркадьевич – доктор технических наук, профессор, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», профессор кафедры автоматизации и кибербезопасности энергосистем; e-mail: senderovichg@mail.ru

Senderovich Gennady Arkadievich – Doctor of Engineering, Professor, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Professor at the department of Automation and cyber security of power supply systems; e-mail: senderovichg@mail.ru

Дяченко Александр Васильевич – магістр, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», аспірант кафедри автоматизації та кібербезпеки енергосистем; тел.: (095) 209-81-50; e-mail: alex.7491@mail.ru.

Дяченко Александр Васильевич – магистр, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», аспирант кафедры автоматизации и кибербезопасности энергосистем; тел.: (095) 209-81-50; e-mail: alex.7491@mail.ru.

Diachenko Oleksandr Vasylovych – master, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», post graduate at the department of Automation and cyber security of power supply systems; tel.: (095) 209-81-50; e-mail: alex.7491@mail.ru.