



ПРОБЛЕМЫ НЕДОУЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ, ИМЕЮЩЕЙ ПОДКЛЮЧЕННЫХ СУБАБОНЕНТОВ

В.А. Вальгер, студент,
ric29g@gmail.com

А.Ю. Никишин, канд. техн. наук, доцент
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

Произведен поиск причины явления недоучета электрической энергии, имеющего место в сетях реального предприятия с подключенными субабонентами. Целью данной работы является разработка теоретических предположений, объясняющих наличие недоучета в сети, и дальнейшее аналитическое и экспериментальное их подтверждение, формулирование проблем технического и организационного характера, сопутствующих проведению исследования данного типа.

недоучет электроэнергии, субабоненты, потери трансформаторов, графики нагрузки, схемы подключения счетчиков, регистрация отрицательной мощности

Величина потерь в электроэнергетической сети зачастую является показателем уровня ее развития. На данный момент в Российской Федерации проблема модернизации сетей и внедрения технологий и методов энергосбережения стоит достаточно остро, привлекая внимание не только государства, но и участников рынка. В настоящее время величина коммерческих потерь, в долю которых входят потери, связанные с недоучетом электроэнергии, сопоставима с техническими потерями передачи электрической энергии, что позволяет утверждать, что тема исследования явления недоучета в сетях является актуальной.

Далее проблема наличия недоучета в сетях будет рассмотрена на примере реального предприятия.

Подозрения о наличии в энергосистеме недоучета электрической энергии возникли после получения предприятием счетов, в которых фигурировала задолженность по оплате потребленной электроэнергии. Из чего можно было сделать вывод, что потребление, регистрируемое головными счетчиками на границе раздела ответственности сетей, отличается от потребления, регистрируемого в сетях предприятия и подключенных к этим сетям потребителей в большую сторону. Поскольку приборы учета на подстанциях, принадлежащих самому предприятию, были исправны и их показания верно переданы для дальнейшей оплаты, ситуация умышленного уменьшения показаний потребленной электроэнергии со стороны предприятия невозможна. На момент публикации статьи счета по непризнанным предприятием задолженностям составляют около 10 млн. руб.

На рис. 1 представлена схема совместной энергосистемы предприятия и ее субабонентов.

12 октября 2015 года в ходе инструментальных проверок приборов учета были выявлены нарушения в следующих приборах учета: приборе учета с заводским номером 05027437 модели Elster Альфа A1140-10-RAL-SW-4T, установленном на ЦПП 15кВ на линии, питающей ТП 98-11, приборе учета с заводским номером 05026559 модели Elster Альфа A1140-10-RAL-SW-4T, установленном на ТП 91-07 на линии, питающей ТП 98-11.

В обоих случаях нарушения идентичны: схема подключения счетчика не соответствовала ни одной из возможных схем подключения, указанных в паспорте данного прибора учета, также отсутствовало линейное напряжение СА.

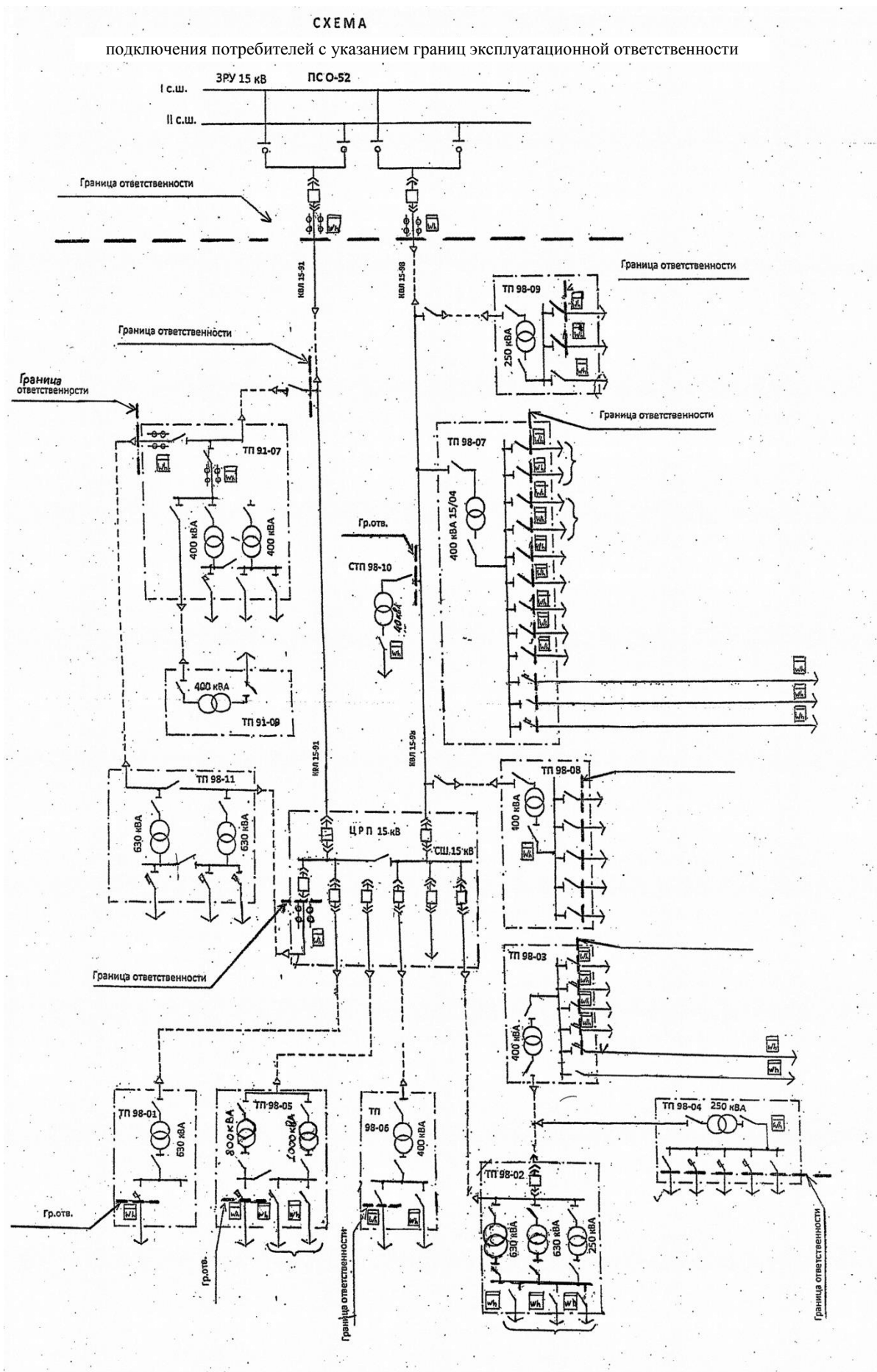


Рисунок 1 – Схема совместной распределительной сети предприятия и субабонентов

До обнаружения данных неисправностей приборы учета считались исправными и их показания использовались для оплаты потребления электроэнергии. Ниже представлен анализ данных неисправностей как источника недоучета в сети и дополнительных факторов, также оказывающих влияние на объем недоучтенной электроэнергии.

К дополнительным факторам можно отнести потери электроэнергии в сетях или незадокументированное ее потребление. Подобные «потребители» располагаются на участке между головными счетчиками и счетчиками подстанций, следовательно, эти мощности не регистрируются счетчиками подстанций.

В сетях следует выделить потери в линиях и потери в трансформаторах. По опыту эксплуатации электрооборудования были известны ориентировочные значения потерь в линиях подобной длины, которые оказались значительно меньше недоучтенных объемов мощностей.

Расчет потерь в трансформаторах оказался необходимым в силу возможной их значительности. В качестве исходных данных для расчета имелись паспортные данные трансформаторов (рис. 3) и значения активной энергии, прошедшей через них в течение мая 2016 года, предоставленные предприятием. Формат этой статьи не позволяет привести расчет в полном виде, далее объяснены методика расчета и его результаты. ТП 91-07, ТП 91-09, ТП 98-11 не фигурируют в расчете, так как их потери зарегистрированы приборами учета, ТП 98-05 – поскольку обесточена. В процессе расчета был задан один из типовых графиков нагрузки (рис. 2) для предприятий подобного рода, найдены почасовые коэффициенты загрузки для случая, когда 100% загрузки равны номинальной мощности трансформатора, найдены реальные загрузочные коэффициенты, подсчитаны суммарные активные потери согласно следующей формуле:

$$P_{\text{пот}} = \sum_{1}^i P_x + P_k \cdot \beta_{\text{реал } i}^2,$$

где P_x – потери холостого хода, Вт;

P_k – потери короткого замыкания, Вт;

$\beta_{\text{реал } i}$ – реальный коэффициент загрузки i -го интервала суток графика нагрузки.



Рисунок 2 – Заданный типовой график нагрузки

ТП	Сном, кВА	Тип трансформатора	P _х , кВт	P _к , кВт	U _к , %	I _х , %	1*, кВт*ч	2*, кВт*ч
98-09	250	6ТВН 250-24/н	0,675	3,97	5,2	0,27	42700	702,67948
98-07	400	NT 400/15-0,4	1,095	5,61	5,07	0,27375	114337	1645,9669
98-08	400	NT 400/15-0,4	1,095	5,61	5,07	0,27375	114600	1649,9166
98-03	400	NT 400/15-0,4	1,095	5,61	5,07	0,27375	35908	872,98179
98-04	250	6ТВН 250-24/н	0,675	3,97	5,2	0,27	82480	1294,4615
98-02	630;630;250	ТР 7262-630 и 6ТВН 250-24/н	4,463	0,41096	5,3;5,3;5,2	0,3;0,3;0,27	5620	3213,3707
98-01	630	ТР 7262-630	1,894	0,985	5,3	0,30063492	111360	1421,2591
98-06	400	NT 400/15-0,4	1,095	5,61	5,07	0,27375	936	788,45747
1* - Прошедшая за месяц через трансформатор активная энергия						Сумма потерь, кВт*ч	11589,094	
2* - Активные потери за месяц						Недоучет, кВт*ч	55797	

Рисунок 3 – Паспортные данные трансформаторов и результаты расчета

Недоучет электроэнергии за май 2016 года составил 55797 кВт·ч, данное значение было получено по разнице активной энергии, утвержденной к оплате (за вычетом субабонентов), и потребления предприятия. Потери в трансформаторах составили около 20% всего недоучета за данный месяц, что свидетельствует о том, что они не являются единственным источником недоучета.

Кроме потерь, возможным источником недоучета электроэнергии на участке между головными счетчиками и счетчиками подстанций могут быть только незаконно и незадокументированно присоединенные потребители. Однако так как работы по нахождению подобного рода потребителей являются трудновыполнимыми, данное предположение было отложено на случай, если бы источник проблемы не удалось найти другими способами.

Далее подробно рассмотрен анализ неисправностей счетчиков как источника недоучета в сети.

Согласно предписаниям, указанным в актах инструментальной проверки счетчиков, была исправлена только схема подключения прибора учета с заводским номером 05026559, установленного на ТП 91-07 на линии, питающей ТП 98-11. Схема подключения прибора учета с заводским номером 0502743, установленного на ЦРП 15кВ на линии, питающей ТП 98-11, осталась без изменений. Было принято решение проанализировать состояние, настройки и схему подключения данного счетчика.

Далее перечислены проблемы, с которыми пришлось столкнуться в ходе проведения данного исследования.

Доступ к интересующему нас прибору учета был возможен, так как он был установлен в подстанции, принадлежащей предприятию, имеющему проблему недоучета и заинтересованному в данном исследовании. Проблема доступа стала бы актуальной, если бы интересующий нас счетчик находился в сетях, принадлежащих субабоненту, поскольку последний имеет полное право не предоставлять доступ в подстанцию.

Устройство ячеек распределительных устройств таково, что зрительный осмотр схемы подключения невозможен без обесточивания ячейки и трудоемкого демонтажа оборудования. Также для проведения подобных работ потребуется персонал, обладающий необходимыми полномочиями и доступом, данные работы будет необходимо согласовать с собственниками.

В большинстве случаев доступ к портам связи счетчика для получения показаний и осуществления настроек невозможен без срыва пломб. Информации, отображаемой на дисплее, зачастую недостаточно. В данном случае проблема была неактуальна в связи с наличием у данной модели счетчика оптического порта на неопломбированной части корпуса, а также оптического преобразователя, позволяющего совершить подключение к оптическому порту.

Посредством оптического преобразователя АЕ-2 в поставляемом производителем счетчика программном обеспечении «AlphaPlus 100» были получены показания и настройки счетчика. Внимание привлек раздел показаний «Параметры сети» (рис. 4).

Просмотр чтений - 0000000005027437 07.06.2016 13:25:33

Чтения Помощь

Идентификатор счетчика
Константы счетчика
Уставки реле
График нагрузки
Опции счетчика
Счетчик UI Опции
Текущие значения
Параметры сети
Предыдущие данные
Аппаратная конфигурация

	Фаза А	Фаза В	Фаза С	Общее
Вольты	59,5	57,9	59,5	
Амперы	1,6	1,5	1,5	
Частота (Гц)	50,0	## #####	## #####	
Угол фазы (градусы)	17,3	17,3	136,3	
Кос ф мощн	0,956	0,954	-0,727	0,681
Активная мощность	88	84	-64	107
Реактивная мощность	27	26	60	114
Полная мощность	92	88	88	157
Чередование фаз				## #####
Угол L1->L2				238
Угол L1->L3				0

Рисунок 4 – Раздел «Параметры сети» чтения данных счетчика

На фазе С активная мощность и коэффициент мощности регистрировались отрицательными величинами, угол φ фазы С значительно отличался от углов фаз А и В. Для поиска причины нехарактерных регистрируемых значений было принято решение построить векторную диаграмму токов и напряжений посредством подключения анализатора качества электроэнергии Fluke 434. Отметим, что в зависимости от модели счетчика и поставляемого к нему программного обеспечения построение векторной диаграммы может быть невозможно без использования сторонних инструментов, например, в данном случае анализатора качества электроэнергии.

Векторные диаграммы, полученные посредством анализатора качества электроэнергии Fluke 434, представлены на рис. 5.

Вектор напряжения фазы С идентичен вектору напряжения фазы А. Это объясняет отсутствие линейного напряжения СА, а также чрезмерно большое значение угла φ фазы С, которое в дальнейшем приводит к появлению отрицательных величин. Поскольку в рамках данной работы доступ к контактам счетчика и измерительных трансформаторов отсутствовал, а исправность измерительных трансформаторов не подтверждена, невозможно сделать однозначный вывод о причинах, вызвавших такие значения величин. Однако следует отметить, что данного эффекта можно добиться намеренной подачей напряжения с измерительного трансформатора фазы А на контакты напряжения фазы С счетчика (рис. 6).

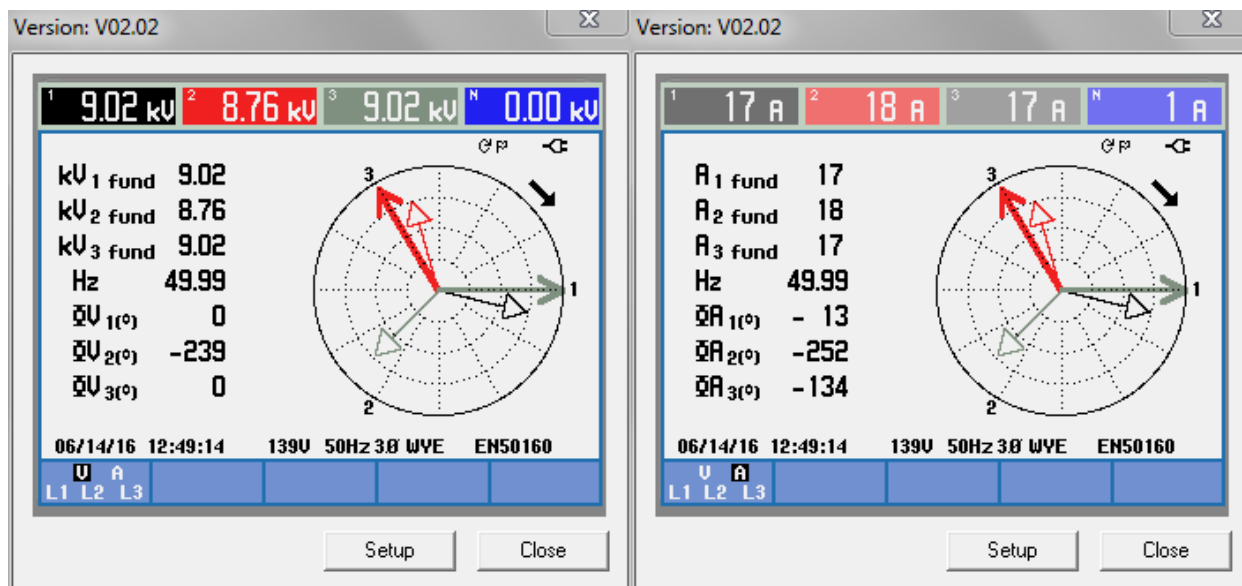


Рисунок 5 – Векторные диаграммы напряжений и токов

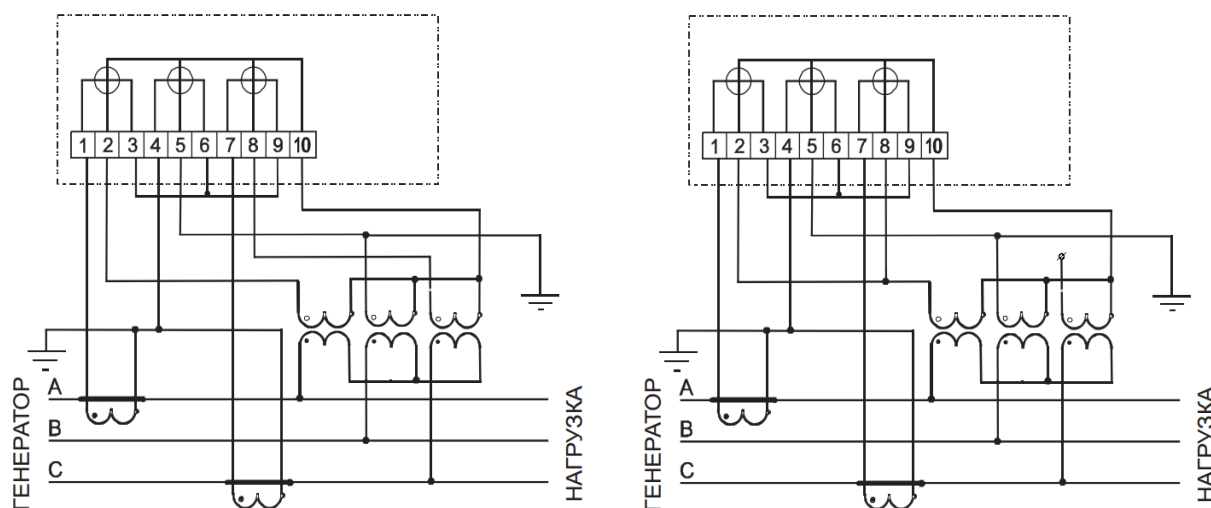


Рисунок 6 – Схемы подключения счетчика: правильная схема подключения согласно паспорту (слева), предполагаемая реальная схема подключения (справа)

Таким образом, мощность фазы С не только недоучитывается, но ее отрицательное значение уменьшает общую мощность, которая является суммой мощностей всех фаз и заносится в память счетчика. Если условиться, что нагрузка всех фаз одинакова, то счетчик регистрирует только одну треть реально потребленной электроэнергии. Точное прогнозирование объемов недоучтенной энергии на длительном промежутке времени возможно лишь при наличии данных нагрузки по каждой фазе на протяжении длительного времени, которые можно получить также посредством подключения анализатора качества электроэнергии на длительный срок.

Сопоставление прогнозируемых объемов недоучета с реальными на момент написания статьи не завершено в связи с трудностями получения данных показаний головных приборов учета и показаний приборов учета субабонентов, согласно которым были утверждены счета к оплате. В ходе исследования обнаружилось, что потребитель, получающий питание от ТП 98-11, как и прочие субабоненты, передает показания своих приборов учета самостоятельно. Данный фактор возможной недостоверности показаний субабонентов (которого можно было бы избежать, обязав потребителей установить АСКУЭ) будет необходимо учесть в дальнейших подтверждающих расчетах.

Заключение

Недоучет электроэнергии вызван в первую очередь неправильной схемой подключения приборов учета предприятия-субабонента, получающего питание от ТП 98-11. Анализ векторной диаграммы и регистрируемых счетчиком величин по каждой фазе показывает, что при условии равенства нагрузок фаз недоучет при данной схеме подключения прибора учета составляет две трети реально потребленной мощности. Предположительно, этот факт вызван подачей напряжения с измерительного трансформатора фазы А одновременно на контакты напряжения счетчика фаз А и С, что нуждается в проверке. Для подтверждения главенствующей роли неисправности прибора учета в создании недоучета необходимы значения потребленной энергии, зарегистрированные головными счетчиками на границе раздела ответственности. В рамках данной работы мы были вынуждены столкнуться с трудностями технического характера, касающимися особенностей модели прибора учета и технического обеспечения исследовательской группы, которые могли значительно ограничить информацию для анализа, сложностью получения необходимых данных, не доступных заказчику исследования, отсутствием гарантий достоверности известных данных и информации, связанных с субабонентами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гринберг-Басин, М.М. Тяговые подстанции. Пособие по дипломному проектированию: учеб. пособие для техникумов ж.-д. транспорта / М.М. Гринберг-Басин. – Москва: Транспорт, 1986. – 168 с.
2. Лыкин, А.В. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в электрических сетях: учеб. пособие / А.В. Лыкин. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2013. – 115 с.
3. О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии: постановление Правительства РФ от 4 мая 2012 г. № 442 // Собрание законодательства. – 2012. – № 23. – Ст. 3008.
4. Идельчик, В.И. Электрические системы и сети: учебник для вузов / В.И. Идельчик. – Москва: Энергоатомиздат, 1989. – 592 с.

PROBLEMS OF UNDERCOUNT OF ELECTRIC ENERGY IN DISTRIBUTION NETWORK WITH INDIRECTLY CONNECTED CONSUMERS

V.A. Valger, student, Kaliningrad State Technical University

ric29g@gmail.com

A.Yu. Nikishin, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,
Kaliningrad State Technical University

The search for the reason of undercount of electric energy, having place in distribution network of a real plant with indirectly connected consumers. The goal of this research is development of theoretic hypothesis, which can explain the existence of undercount in the network and further analytical and experimental validation of them, formulation of technical and organizational problems associated with such type of research.

undercount of electric energy, indirectly connected consumers, transformer losses, load diagram, connection diagram of power monitor, registration of negative value of electric power