

05.14.02 Электрические станции и электроэнергетические системы

УДК 62-52

DOI 10.37493/2307-907X.2022.5.3

**Шидов Арсен Гумарович, Устаев Рустам Мерзеферович,
Костюков Дмитрий Александрович, Акбаев Азамат Ахмедович**

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОММЕРЧЕСКОГО УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, КАНАЛЫ СВЯЗИ, ПРОИЗВОДИТЕЛИ, ЭФФЕКТЫ ОТ ВНЕДРЕНИЯ

Данная работа имела целью анализ технических решений и программно-аппаратных средств для внедрения автоматизированной системы коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ). Для этого были проанализированы технические характеристики приборов учета разных производителей «ЭНЕРГОМЕРА», «МИР», «РИМ», «МИРТЕК», «ИНКОТЕКС», а также основные каналы связи и способы передачи данных, с помощью которых возможна реализация системы АСКУЭ. Выявлены достоинства и недостатки различных каналов связей. Составлен предварительный расчет стоимости создания системы АСКУЭ с использованием рассмотренных приборов учета и каналов связи и определен протокол обмена данных с интеллектуальными приборами учета. Определена структура и состав оборудования. В заключение выбрана структура АСКУЭ, перечень необходимого оборудования, его производитель и способ передачи данных, которые являются наиболее выгодными по технико-экономическим соображениям.

Ключевые слова: электроэнергия, измерение, потребление, автоматизированная, система, учет, информационный, интеллектуальный, канал связи.

**Arsen Shidov, Rustam Ustaev, Dmitry Kostyukov, Azamat Akbayev
AUTOMATED SYSTEM OF COMMERCIAL ELECTRICITY METERING,
COMMUNICATION CHANNELS, MANUFACTURERS, EFFECTS
OF IMPLEMENTATION**

This work was aimed at analyzing technical solutions and hardware and software for the implementation of an Automated measuring system of commercial accounting. To do this, the technical characteristics of metering devices from different manufacturers «ENERGOMERA», «MIR», «RIM», «MIRTEK», «INCOTEX» were analyzed, as well as the main communication channels and data transmission methods with which the implementation of the Automated measuring system of commercial accounting system is possible. The advantages and disadvantages of various communication channels are revealed. A preliminary calculation of the cost of creating an Automated measuring system of commercial accounting system using the considered metering devices and communication channels has been made and a data exchange protocol with intelligent metering devices has been defined. The structure and composition of the equipment is determined. In conclusion, the structure of the Automated measuring system of commercial accounting, the list of necessary equipment, its manufacturer and the method of data transmission, which are the most profitable for technical and economic reasons, are selected.

Key words: Electricity, measurement, consumption, automated, system, accounting, information, intelligent, communication channel.

Введение / Introduction. Автоматизированная система учета представляет собой комплекс программно-технических средств, состоящих из:

- первичных преобразователей;
- средств учета – цифровых счетчиков электроэнергии, включая программное обеспечение счетчиков;
- каналов связи между сервером Центра сбора и первичными средствами учета;
- сервера Центра сбора и обработки данных, включая программное обеспечение сервера Центра сбора и обработки данных.

АСКУЭ предназначена для:

- автоматизированного контроля и одно-, двух- и многотарифного учета потребления электроэнергии;
- повышения точности учета потребления электроэнергии в точках учета за счет использования современных приборов учета заданного класса точности, применения современных технологий измерения, сбора и обработки данных;
- обеспечения синхронности измерений учета потребления электроэнергии;
- повышения надежности системы коммерческого учета за счет применяемых в системе технических, программных и организационных решений;
- повышения защищенности информации за счет применяемых в системе технических, программных и организационных решений;
- автоматического формирования счетов по каждому дому об объеме потребленной электроэнергии по одно-, двух- и многотарифным временным зонам с разными тарифами, величине потребленной электроэнергии с начала текущего месяца;
- определения месячных объемов потребления электроэнергии, а также получения энергобаланса по потребляемой электроэнергии (в пределах точности системы).

АСКУЭ должна быть создана как трехуровневая автоматизированная система с распределенной функцией измерения и централизованным управлением. Система в целом должна состоять из следующих компонентов:

- измерительных:
 - информационно-измерительные комплексы точек учета (ИИК ТУ) – 1-й уровень;
 - устройство синхронизации системного времени (УССВ);
- комплексных:
 - информационно-вычислительные комплексы электроустановок (ИВКЭ) – 2-й уровень;
 - информационно-вычислительный комплекс (ИВК) – 3-й уровень;

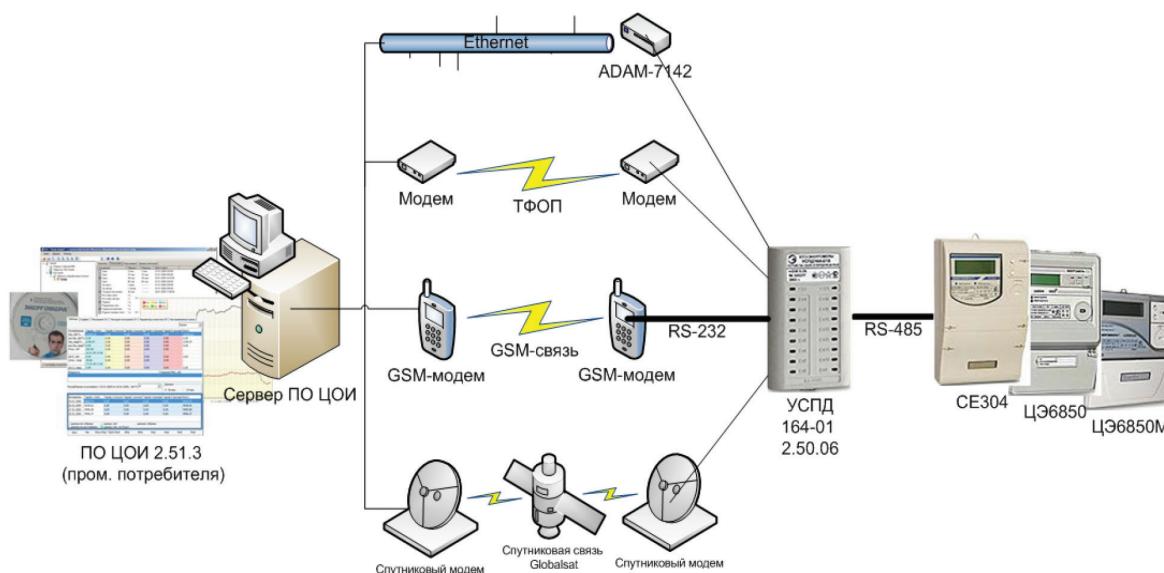


Рис. 1. Пример структуры АСКУЭ

*Составлено авторами

Материалы и методы / Materials and methods. Целью создания такой автоматизированной системы является обеспечение своевременной, полной и достоверной информацией, необходимой для коммерческих расчетов.

Основные каналы передачи данных в АСКУЭ. На сегодняшний день существует немалое количество каналов связи для передачи данных в системе АСКУЭ. К ним относятся как беспроводная передача, так и передача данных непосредственно по линиям электропередач. Каждый способ имеет положительные и отрицательные моменты, которые необходимо рассмотреть. Распределение каналов связи показана на рисунке 2.

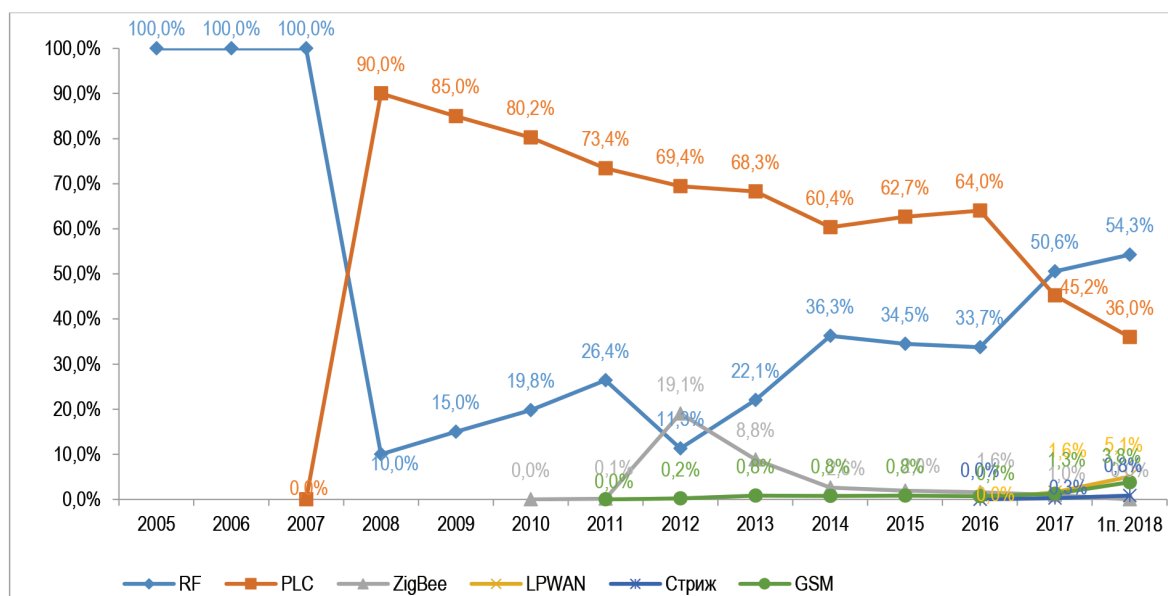


Рис. 2. Распределение каналов связи в Российских ИСУЭ
*Составлено авторами

Хронология появления технологий передачи данных также показана на рисунке 3.

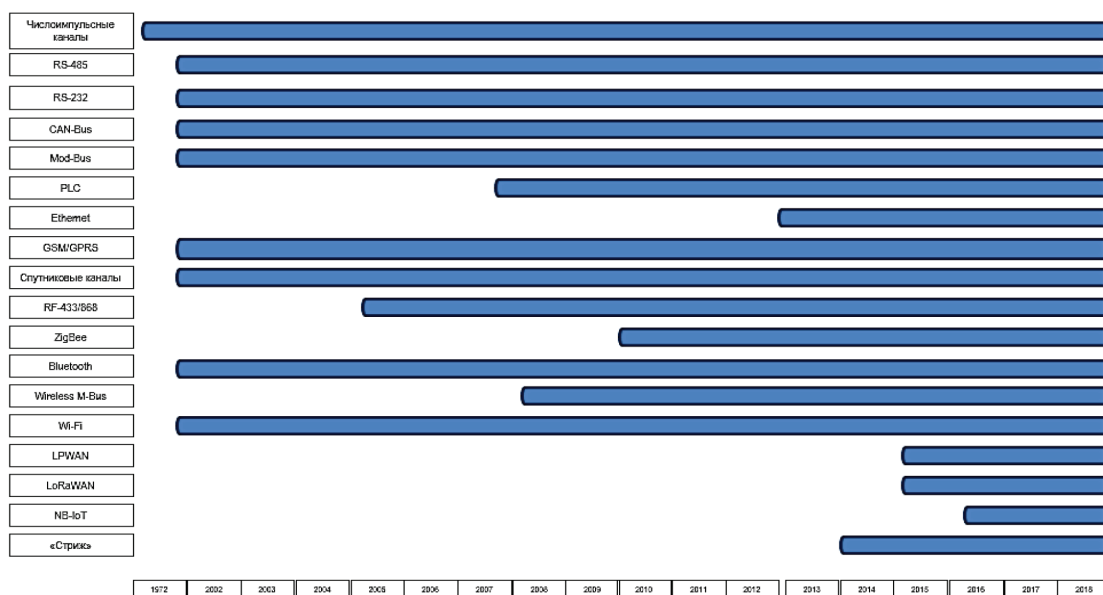


Рис. 3. Хронология появления технологий передачи данных в ИСУЭ
*Составлено авторами

На данный момент наиболее используемыми технологиями передачи данных в Европе являются PLC и GSM. Так, в Австрии, Болгарии, Эстонии, Франции и Греции более 70 % передачи данных в интеллектуальных системах учета проводится по PLC-каналу. GSM наиболее распространен в Финляндии и Германии.

Построение автоматизированной системы на PLC. При данном виде связи интеллектуальные счетчики будут связаны с устройством сбора и передачи данных по низковольтным линиям электропередач (0,4 кВ). Далее информация о потребляемой абонентом электроэнергии будет передаваться диспетчеру через GSM-шлюзы.

Существует европейский стандарт PLC G3, подразумевающий передачу данных по модуляции OFDM. Применение такой технологии увеличивает помехоустойчивость, а также значительно повышает пропускную способность канала связи, что в результате дает оперативный сбор данных в старых, изношенных линиях электропередач.

Как и любой другой канал связи, PLC имеет и преимущества, и недостатки, но в новом стандарте PLC G3 нет минусов, связанных с низкой надежностью.

К преимуществам PLC G3 можно отнести:

- большую скорость передачи данных;
- высокую помехозащищенность;
- соответствие европейскому стандарту;
- оптимальный сбор данных по протоколу DLMS / СПОДЭС.

Таблица 1

Характеристика канала связи PLC G3*

Показатель	Значение
Рабочая частота передачи данных	30–90 кГц
Способы модуляции	QPSK, DBPSK, DQPSK, D8PSK
Скорость передачи данных	до 40–45 кбит/с
Показатель	Значение
Количество устройств, поддерживаемых одним координатором	До 1000 устройств
Шифрование	AES–128

**(Составлено авторами)*

Построение АСКУЭ на LoRaWAN. Архитектура сети представляет собой счетчик, который по протоколу LoRaWAN передает информацию на базовую станцию, далее через Интернет данные поступают на сетевой сервер, где происходит процесс обработки данных, после чего информация отображается в диспетчерском центре или в личном кабинете потребителя.

В России существует несколько операторов LoRaWAN, одними из крупных являются «Сеть 868», «Эр-Телеком» и «LarTech». В совокупности сети этих компаний охватывают большую часть территории нашей страны.

Одним из основных преимуществ данной системы является то, что она представляет из себя энергоэффективную сеть с дальним радиусом действия – до 10 км. Естественно, при такой дальности будет уменьшаться скорость передачи данных, но для передачи данных со счетчиков на базовые станции достаточно скорости в 40–60 бит/с. Среди других преимуществ можно выделить низкое электропотребление, что в перспективе дает нам возможность использовать в устройствах на батарейном питании, а также простоту интегрирования в разнообразные программные комплексы.

Таблица 2

Характеристика канала связи LoRaWAN*

Показатель	Значение
Дальность связи	До 10 км в сельской местности
Частотный диапазон	864– 870 МГц
Количество частотных каналов	8, ширина канала 125 кГц
Показатель	Значение
Мощность передатчика счетчика	25 мВт
Мощность передатчика базовой станции	До 100 мВт
Скорость передачи данных	300– 5120 бит/с
Шифрование	AES– 128

*Составлено авторами

АСКУЭ на базе GSM / GPRS. В наше время глобальное покрытие GSM / GPRS позволяет передавать данные не только в городской среде, но и в сельской местности. Данный вид связи может применяться как для передачи данных с приборов учета к УСПД, так и от УСПД к центру обработки информации. Существует большой выбор оборудования, где могут использоваться либо внешние GSM / GPRS-модемы или встроенные в сами интеллектуальные счетчики и УСПД-модемы. В России все ведущие компании по производству счетчиков электроэнергии поддерживают передачу данных посредством GSM / GPRS-сети.

Достоинствами этого канала связи, как упомянуто выше, являются покрытие почти всей территории страны и достаточно большой выбор оборудования российского производства.

К недостаткам можно отнести плату оператору связи за передачу данных, а также низкую проходимость сигнала через металлические конструкции. К примеру: ТП (трансформаторная подстанция), РП (распределительный пункт). Для решения этой проблемы приходится устанавливать дополнительно внешние антенны.

Автоматизированная система на базе канала связи NB-Iot. NB-Iot (Narrow Band Internet of Things) – стандарт сотовой связи, разработанный консорциумом 3GPP в 2016 году. Подходит в основном для передачи небольших объемов данных. Для связи применяют уже существующую систему сотовой связи.

NB-Iot передает данные по основной полосе высокоскоростной передачи данных LTE. Это дает возможность использовать все функции, которые имеются в LTE. Данная технология заменяет привычные нам виды мобильной связи, такие как GPRS и EDGE.

Данная технология востребована и активно развивается в наши дни. Это не удивительно, так как данная технология имеет ряд преимуществ, к которым относятся:

- высокая стабильность качества связи;
- эффективность для систем с небольшим количеством приборов учета;
- снижение стоимости системы ввиду отсутствия уровня УСПД.

Основным оператором связи, имеющим достаточно большое покрытие в РФ, включающее зону Азовского района выступает МТС. Тариф на 1 год для одного прибора учета составляет 800 рублей.

Результаты и обсуждение / Results and discussion. Протоколы обмена данными. В качестве протокола обмена с интеллектуальными приборами учета выступает ГОСТ Р 58940-2020 «Требования к протоколам обмена информацией между компонентами интеллектуальной системы учета и приборами учета», обеспечивающий стандартизацию информационного обмена на основе международной спецификации DLMS / COSEM, принятой во многих энергокомпаниях стран мира.

Для межмашинного обмена на уровне ИВК выбрана Спецификация защищенного протокола передачи данных, утвержденная приказом Минэнерго России от 30.12.2020 № 1234.

Оба протокола обмена поддерживаются программным обеспечением «Пирамида-Сети». Стоимость внедрения АСКУЭ была рассчитана на примере района электрической сети ПАО «Россети Юг», так были взяты для расчетов 2 269 однофазных и 148 трехфазных потребителей в зависимости от производителя, приведено в таблице 3.

Таблица 3

Стоимость внедрения АСКУЭ*

Компании	Канал связи	Стоимость оборудования для построения АСКУЭ, руб.	Стоимость стороннего оборудования для монтажа, руб.	Стоимость работ на создание АСКУЭ, руб.	Общая стоимость, руб.
Энергомера	GSM	26 908 970,00 (1 933 600,00 дополнительно ежегодно)	4 904 916,47	11 048 849,02	42 862 735,49
	PLC G3	31 514 630,00			47 468 395,49
	LoRaWAN	30 405 415,00			46 359 180,49
	NB-Iot	32 204 047,56 (1 933 600,00 дополнительно ежегодно)			48 157 813,05
МИР	GSM	25 244 500,00 (1 933 600,00 дополнительно ежегодно)	4 904 916,47	11 048 849,02	41 198 265,49
	PLC G3	24 548 760,00			40 502 525,49
РИМ	PLC	28 538 295,00	4 904 916,47	11 048 849,02	44 492 060,49
МИРТЕК	NB-Iot	30 974 980,00 (1933600,00 дополнительно ежегодно)	4 904 916,47	11 048 849,02	46 928 745,49
	GSM	25 871 900,00 (1 933 600,00 дополнительно ежегодно)			41 825 665,49

*Составлено авторами

Расчеты показали, что построение АСКУЭ по каналам связи GSM или PLC G3 дешевле по сравнению с системами, основанных на других каналах связи. Важно учитывать, что ежегодно оператору связи нужно будет выплачивать сумму, установленную в договоре по оказанию услуг. При использовании PLC G3 будет обеспечиваться достаточно высокая скорость по отношению к каналу передачи данных PLC.

Если учитывать все эти факторы и ориентироваться на стоимость, то становится очевидным, что наиболее верным при выборе канала связи станет PLC G3 производителя ООО «НПО «МИР»». Общая стоимость оборудования при выборе приборов учета этой компании составит 40,5 млн руб., что является наименьшей из представленных вариантов.

Приборы учета компании ООО «НПО «МИР»» соответствуют требованиям как конечного потребителя, так и энергоснабжающей организации.

Для энергоснабжающей организации это:

- высокий процент собираемости данных;
- высокое качество приборов учета;
- надежность передачи данных в систему;
- развитый функционал защиты от хищений электроэнергии.

Для потребителя:

- удобный интерфейс
- защита бытовых приборов от перепадов напряжения
- автоматическая передача информации

НПО «МИР» является первым из российских производителей приборов учета для розничного рынка, который прошел аттестацию на соответствие стандарту ПАО «Россети» и был допущен к применению на объектах данной компании.

Структура выбранного канала связи показана на рисунке 4.

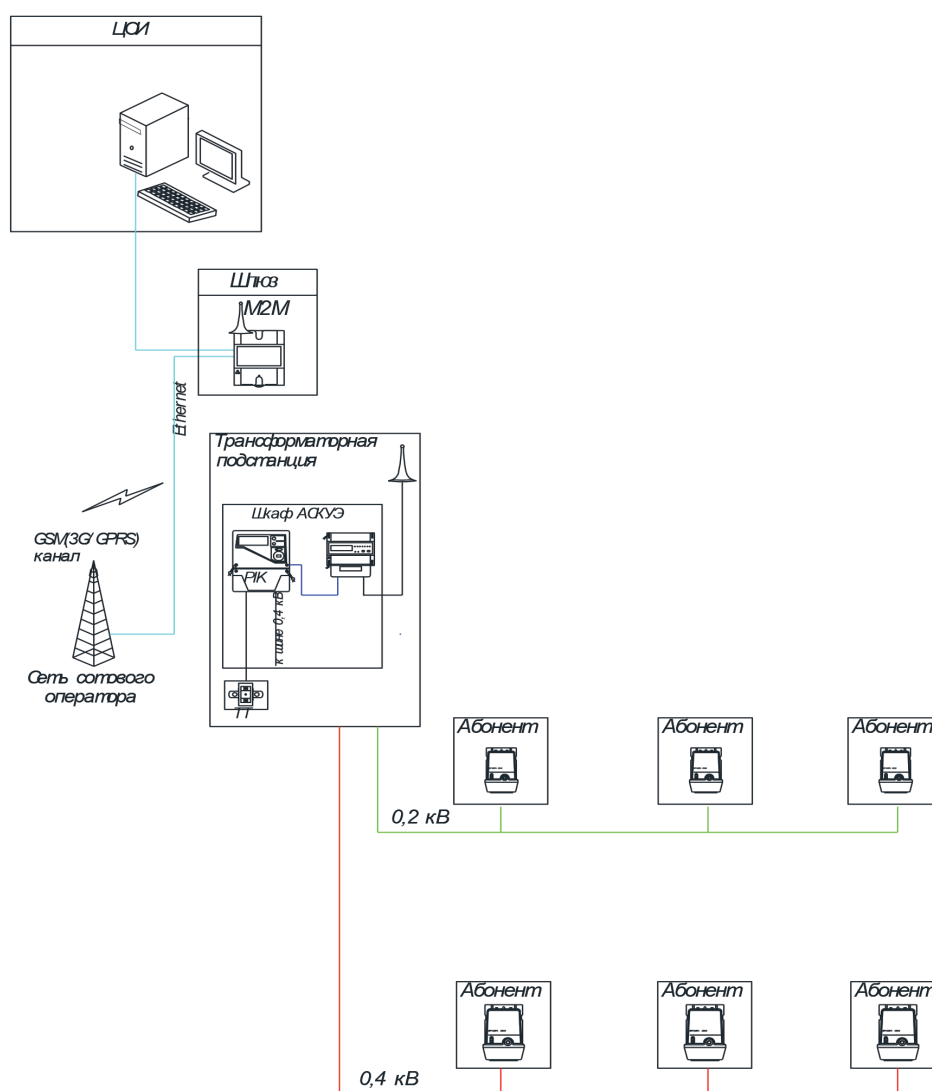


Рис. 4. Структурная схема PLC G3

*Составлено авторами

Внедрение предложенной АСКУЭ позволит достичь уменьшения фактических потерь электроэнергии. При создании АСКУЭ также важную роль играет график выполнения работ по созданию системы. Обычно с момента подписания договора до окончания выполнения работ проходит 4 месяца. За это время ведутся:

- проектно-изыскательные работы;
- поставка оборудования и материалов;
- строительно-монтажные работы;
- пусконаладочные работы;
- опытная эксплуатация;
- промышленная эксплуатация.

Как поэтапно будут выполняться работы, можно увидеть в таблице 4.

Таблица 4

График выполнения работ

Наименование этапа	График выполнения, в месяцах с момента подписания договора			
	1	2	3	4
Проектно-изыскательские работы	■	■	■	
Поставка оборудования и материалов		■	■	
Строительно-монтажные работы		■	■	
Пусконаладочные работы		■	■	■
Опытная эксплуатация				■
Промышленная эксплуатация				■

Заключение / Conclusion. Реализация проекта внедрения АСКУЭ на предлагаемом канале связи позволит избежать недостоверных данных электропотребления и невозможности выявления причины и места недоучета электроэнергии. Благодаря автоматизированному сбору данных АСКУЭ снизит коммерческие потери электроэнергии и обеспечит точность и прозрачность взаимоотношений между поставщиком и потребителем электроэнергии.

АСКУЭ на сегодняшний день развивается и каждый год появляются новые каналы связи и модификации, которые позволяют передавать данные наиболее быстро, надежно и безопасно. Это значительно снижает хищение электроэнергии, что дает не только экономический эффект, но и побуждает потребителей электроэнергии ответственно относиться к потреблению электричества и энергосбережению.

ЛИТЕРАТУРА И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

1. Кононов, Ю. Г. Перспективы применения интеллектуальных информационно-измерительных систем в электрических сетях / Ю. Г. Кононов, Р. Н. Липский ; ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет». – 2020. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44344985&pf=1> (дата обращения: 05.09.2022). – Текст : электронный.
2. Концепция. Цифровая трансформация 2030. – Москва : ПАО «Россети». – 31 с. – 2018. – URL: https://rosseti.ru/investment/Kontseptsiya_Tsifrovaya_transformatsiya_2030.pdf (дата обращения: 08.09.2022). – Текст : электронный.
3. Оборудование, материалы и системы, допущенные к применению на объектах «Россети». ПАО «Россети» – 2021. – 47 с. – URL: https://www.rosseti.ru/investment/science/attestation/doc/razdel_P_15.08.2022_v2.pdf (дата обращения 10.08.2022). – Текст : электронный.
4. Руководство по эксплуатации счетчиков «РиМ» / ООО «РиМ». – 2020. – 66 с. – URL: https://www.ao-rim.ru/public/files/rim_289_2X/dat/RE.pdf (дата обращения: 08.08.2022). – Текст : электронный.
5. Руководство по эксплуатации счетчиков типа «МИР» / НПО «МИР». – 2021. – 159 с. – URL: https://mir-omsk.ru/upload/doc/M15.035.00.000_RE_MIR_S_05_arkh.12.pdf (дата обращения: 23.08.2022). – Текст : электронный.

6. Руководство по эксплуатации счетчиков «ЭНЕРГОМЕРА» / АО «Энергомера». – 2020. – 28 с. – URL: http://www.energomera.ru/documentations/product/ce101_re.pdf (дата обращения: 29.08.2022). – Текст : электронный.
7. Руководство по эксплуатации счетчиков «МИРТЕК» / ООО «МИРТЕК». – 2020. – 73 с. – URL: <https://mirtekgroup.com/produkcija/odnofaznye-schyotchiki/mirtek-12-ru-sp3> (дата обращения: 03.09.2022). – Текст : электронный.
8. Руководство по эксплуатации счетчиков «ИНКОТЕКС» / ООО «ИНКОТЕКС». – 2020. – 58 с. – URL: <https://www.incotexcom.ru/files/em/docs/merkuriy-200-avlg-411152-020-re-izm-6-2021-09-03.pdf> (дата обращения 06.09.2022). – Текст : электронный.
9. Счетчики электрической энергии. Требования к информационной модели обмена данными. – СТО 34.01-5.1-006-2017. – 2017. – URL: https://www.rosseti.ru/investment/standart/corp_standart/doc/STO_34.01-5.1-006-2019.pdf (дата обращения: 16.09.2022). – Текст : электронный.

REFERENCES AND INTERNET RESOURCES

1. Kononov, Ju. G. Perspektivy primeneniya intellektual'nyh informacionno-izmeritel'nyh sistem v elektricheskikh setyah (Prospects for the application of intelligent information and measurement systems in electrical networks) / Ju. G. Kononov, R. N. Lipskij / FGAOU VO «Severo-Kavkazskij federal'nyj universitet», 2020. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44344985&pff=1> (data obrashheniya: 05.09.2022).
2. Konceptsiya. Cifrovaja transformacija 2030 (Concept. Digital transformation 2030). – Moskva: PAO «Rosseti», 2018. – 31 s. – URL: https://rosseti.ru/investment/Kontseptsiya_Tsifrovaya_transformatsiya_2030.pdf (data obrashheniya: 08.09.2022).
3. Oborudovanie, materialy i sistemy, dopushhennye k primeneniju na objektah «Rosseti» (Equipment, materials and systems approved for use at ROSSETI facilities) / PAO «Rosseti». – 2021. – 47 s. – URL: https://www.rosseti.ru/investment/science/attestation/doc/razdel_II_15.08.2022_v2.pdf (data obrashheniya: 10.08.2022).
4. Rukovodstvo po jekspluatacii schetchikov «RiM» (Operating instructions for the meters «RiM»). ООО «RiM» – 2020. – 66 s. – URL: https://www.ao-rim.ru/public/files/rim_289_2X/dat/RE.pdf (data obrashheniya: 08.08.2022).
5. Rukovodstvo po jekspluatacii schetchikov tipa «MIR» (Operating instructions for meters of the «MIR» type.) / NPO «MIR» – 2021. – 159 s. – URL: https://mir-omsk.ru/upload/doc/M15.035.00.000_RE_MIR_S_05_arkh.12.pdf (data obrashheniya: 23.08.2022).
6. Rukovodstvo po jekspluatacii schetchikov «ENERGOMERA» (Operating instructions for meters «ENERGOMERA») / АО «Энергомера» – 2020. – 28 с. – URL: http://www.energomera.ru/documentations/product/ce101_re.pdf (data obrashheniya: 29.08.2022).
7. Rukovodstvo po jekspluatacii schetchikov «MIRTEK» (Operating instructions for MIRTEK meters) / ООО «MIRTEK». – 2020. – 73 с. – URL: <https://mirtekgroup.com/produkcija/odnofaznye-schyotchiki/mirtek-12-ru-sp3> (data obrashheniya: 03.09.2022).
8. Rukovodstvo po jekspluatacii schetchikov «INKOTEKS» (Operation manual for INCOTEX meters) / ООО «ИНКОТЕКС» – 2020. – 58 с. – URL: <https://www.incotexcom.ru/files/em/docs/merkuriy-200-avlg-411152-020-re-izm-6-2021-09-03.pdf> (data obrashheniya: 06.09.2022).
9. Schetchiki elektricheskoy energii. Trebovaniya k informacionnoj modeli obmena dannymi. STO 34.01-5.1-006-2017 (Electric energy meters. Requirements for the information model of data exchange. HUNDRED 34.01-5.1-006-2017). – 2017. – URL: https://www.rosseti.ru/investment/standart/corp_standart/doc/STO_34.01-5.1-006-2019.pdf (data obrashheniya: 16.09.2022).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Устаев Рустам Мерзеевич, кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента, СКФУ. E-mail: rustaev@ncfu.ru

Костюков Дмитрий Александрович, старший преподаватель кафедры АЭСИЭ, СКФУ. E-mail: d-kostjukov@mail.ru

Акбаев Азамат Ахмедович, аспирант, СКФУ. E-mail: akbaevakbaevakbaev@mail.ru

Шидов Арсен Гумарович, студент, СКФУ. E-mail: shidovarsen@gmail.com

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Rustam Ustaev, Candidate of Economics, Associate Professor of the Department of Management, NCFU. E-mail: rustaev@ncfu.ru

Dmitry Kostyukov, Senior Lecturer of the AECIE Department, NCFU. E-mail: d-kostjukov@mail.ru

Azamat Akbayev, postgraduate student, NCFU. E-mail: akbaevakbaevakbaev@mail.ru

Arsen Shidov, student, NCFU. E-mail: shidovarsen@gmail.com