ISSN 1816-4528 (Print) **ISSN 2949-0634 (Online)**

Научная статья

УДК 621.317.385:621.316
DOI: 10.26730/1816-4528-2026-4-24-31

Карелин Егор Владимирович, Синельников Кирилл Дмитриевич,
Немов Владислав Николаевич, Котляров Роман Витальевич*, Маслов Иван Петрович

Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева

* для корреспонденции: kotlyarovrv@kuzstu.ru

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ АСКУЭ НА БАЗЕ СЧЕТЧИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ «МЕРКУРИЙ»

Аннотация.
В условиях современного мира вопросы энергетической эффективности и оптимального использования электроэнергии остаются актуальными. Учет электрической энергии является неотъемлемой частью процесса производства, распределения и потребления электроэнергии, поскольку позволяет контролировать расходы на энергоносители и оптимизировать их использование. Рассмотрена имитационная модель АСКУЭ в виде стенда, который представляет собой комплекс программных и цифровых технических средств, предназначенный для автоматического сбора, обработки и передачи данных об электропотреблении. Имитационная модель АСКУЭ воссоздает процессы реальной системы контроля и управления параметрами электроэнергии и используется для оптимизации работы АСКУЭ, отработки режимов в безопасных условиях, позволяет экспериментировать с рисками и ресурсами без реальных последствий, выявлять закономерности и прогнозировать поведение системы при различном характере нагрузки. При построении имитационной модели АСКУЭ соблюдается принцип иерархичности. Ключевыми компонентами стенда являются устройства, имитирующие измеряемые параметры – постоянные резисторы и дроссель, выполняющие роль активной и реактивной нагрузки, интеллектуальные счетчики электроэнергии, микропроцессорное устройство обработки сигналов электросчетчиков, выполненное на основе микроконтроллера ATmega328P, автоматизированное рабочее место с установленным программным обеспечением для мониторинга и диспетчеризации – SCADA-системой. Имитационная модель АСКУЭ в виде стенда, обеспечивающего функции технической проверки средств учета электрической энергии и демонстрации работы системы энергоучета, имеет практическое значение для студентов и специалистов в области электроэнергетики, обеспечивая возможность понимания и применения основных принципов учета электроэнергии. Внедрение имитационной модели АСКУЭ в учебный процесс повышает качество образования в области электроэнергетических технологий, обеспечивая необходимые знания и практические навыки.

CC BY

Информация о статье
Поступила:
15 мая 2026 г.

Одобрена после рецензирования:
01 сентября 2026 г.

Принята к печати:
15 сентября 2026 г.

Ключевые слова:
счетчик электрической энергии, имитационная модель, стенд, активная нагрузка, реактивная нагрузка, АСКУЭ

Для цитирования: Карелин Е.В., Синельников К.Д., Немов В.Н., Котляров Р.В., Маслов И.П. Имитационная модель АСКУЭ на базе счетчиков электрической энергии «Меркурий» // Горное оборудование и электромеханика. 2026. № 4 (186). С. 24-31. DOI: 10.26730/1816-4528-2026-4-24-31, EDN: PMXBWZ

Введение

В условиях современного мира вопросы энергетической эффективности и оптимального использования энергии становятся все более актуальными. Учет электрической энергии является неотъемлемой частью этого процесса, поскольку позволяет не только контролировать расходы на энергоносители, но и оптимизировать их использование. В работе рассматривается имитационная модель АСКУЭ в виде стенда, который представляет собой комплексное устройство для измерения и анализа потребления энергоресурсов [1]. Работа имеет прак-

тическое значение для студентов и специалистов в области электроэнергетики, обеспечивая им возможность понимания и применения основных принципов учета электроэнергии. Ключевыми компонентами стенда являются устройства, имитирующие измеряемые параметры – постоянные резисторы и дроссель, выполняющие роль активной и реактивной нагрузки [7]. Разработка имитационной модели АСКУЭ в виде стенда и внедрение ее в учебный процесс значительно повышает качество образования в области электроэнергетических технологий, обеспечивая студентам необходимые знания и практические навыки.

Методы

Современная АСКУЭ представляет собой комплекс программных и цифровых технических средств, предназначенный для автоматического сбора, обработки и передачи данных об электропотреблении, исключая необходимость ручного снятия и передачи показаний [5, 10]. Ключевыми преимуществами использования АСКУЭ являются:

- точность учета электропотребления;

- возможность удаленного доступа: информация об электропотреблении в режиме реального времени передается по цифровым каналам к устройствам отображения и хранения;

- экономия энергоресурсов: расчеты и выявление несанкционированного потребления электроэнергии происходят автоматически.

При построении АСКУЭ соблюдается принцип иерархичности [2, 13, 14]. Основными уровнями структуры АСКУЭ являются:

- нижний (измерительный) уровень, который включает приборы учета электроэнергии (счетчики), в частности, интеллектуальные счетчики электроэнергии, и измерительные трансформаторы тока и напряжения, если существует необходимость снизить ток или напряжение для подключения счетчиков [4];

- средний (информационный) уровень, на котором расположены устройства сбора и передачи данных (УСПД). Данные устройства представляют собой специализированные микропроцессорные контроллеры, которые выполняют опрос электросчетчиков, накопление данных, их первичную обработку и передачу на следующий уровень. Информация об электропотреблении в цифровом виде передается по проводным (RS-485, Ethernet) или беспроводным (PLC, GSM/GPRS, LoRaWAN) интерфейсам [4, 16];

- верхний (обзорный или управляющий) уровень содержит серверное оборудование и автоматизированные рабочие места (АРМ) операторов с установленным специализированным программным обеспечением – SCADA-системой. Данный уровень обеспечивает обработку, визуализацию и хранение данных, формирование отчетов, интеграцию с системами биллинга, создание личных кабинетов потребителей электроэнергии и пр.

Имитационная модель АСКУЭ в виде стенда воссоздает процессы реальной системы контроля и управления параметрами электроэнергии и используется для оптимизации работы АСКУЭ, отработки режимов в безопасных условиях, позволяя экспериментировать с рисками и ресурсами без реальных последствий, выявлять закономерности и прогнозировать поведение системы при различном характере нагрузки.

Имитационная модель АСКУЭ в виде стенда предназначена для реализации задач технической проверки электросчетчиков и демонстрации их работы, а также для демонстрации процессов передачи, хранения и визуализации данных, передаваемых по цифровым каналам связи.

С помощью стенда могут быть решены следующие технические задачи [11, 12]:

- проверка точности и калибровка электросчетчиков: стенд обеспечивает высокую точность для проверки работоспособности счетчиков, их калибровки и поверки, гарантируя правильный учет электроэнергии;

- испытание различных типов электросчетчиков: стенд позволяет тестировать как однофазные, так и трехфазные счетчики активной и реактивной энергии, в том числе высокой точности;

- диагностика компонентов АСКУЭ, связанных с системой учета электроэнергии;

- демонстрация работы АСКУЭ: стенд демонстрирует работу интеллектуальных счетчиков, включая применение современных цифровых технологий учета электроэнергии, и может использоваться для обучения правилам установки и эксплуатации приборов учета.

Результаты исследования

Имитационная модель АСКУЭ реализована в виде трехуровневой системы, электрическая схема которой показана на Рис. 1. Первый уровень представляет собой систему имитации активной и реактивной нагрузки, состоящей из постоянных резисторов и дросселя. Активная нагрузка реализована постоянными проволочными эмалированными трубчатыми резисторами *R1*, *R2*, *R3* марки ПЭ-150 с техническими характеристиками: 150Вт, 150 Ом±10%. Резисторы соединены по схеме «звезда». Роль реактивной нагрузки выполняет дроссель, изготовленный из кабеля ПЭВ-2 намоткой этого провода на ферритовое кольцо. Индуктивность дросселя составляет 0,48 Гн.

Второй уровень представлен счетчиками электрической энергии. На данном уровне также располагается устройство связи между счетчиками электрической энергии и SCADA-системой, используемой для мониторинга и диспетчеризации на третьем уровне. Устройство связи между счетчиками электрической энергии и SCADA-системой включает:

- микроконтроллер ATmega328P (*A*4), преобразующий выходные импульсные сигналы электрических счетчиков;

- конвертирующий модуль RS485-USB (*A*5) для организации обмена данными между вторым и третьим уровнями системы.

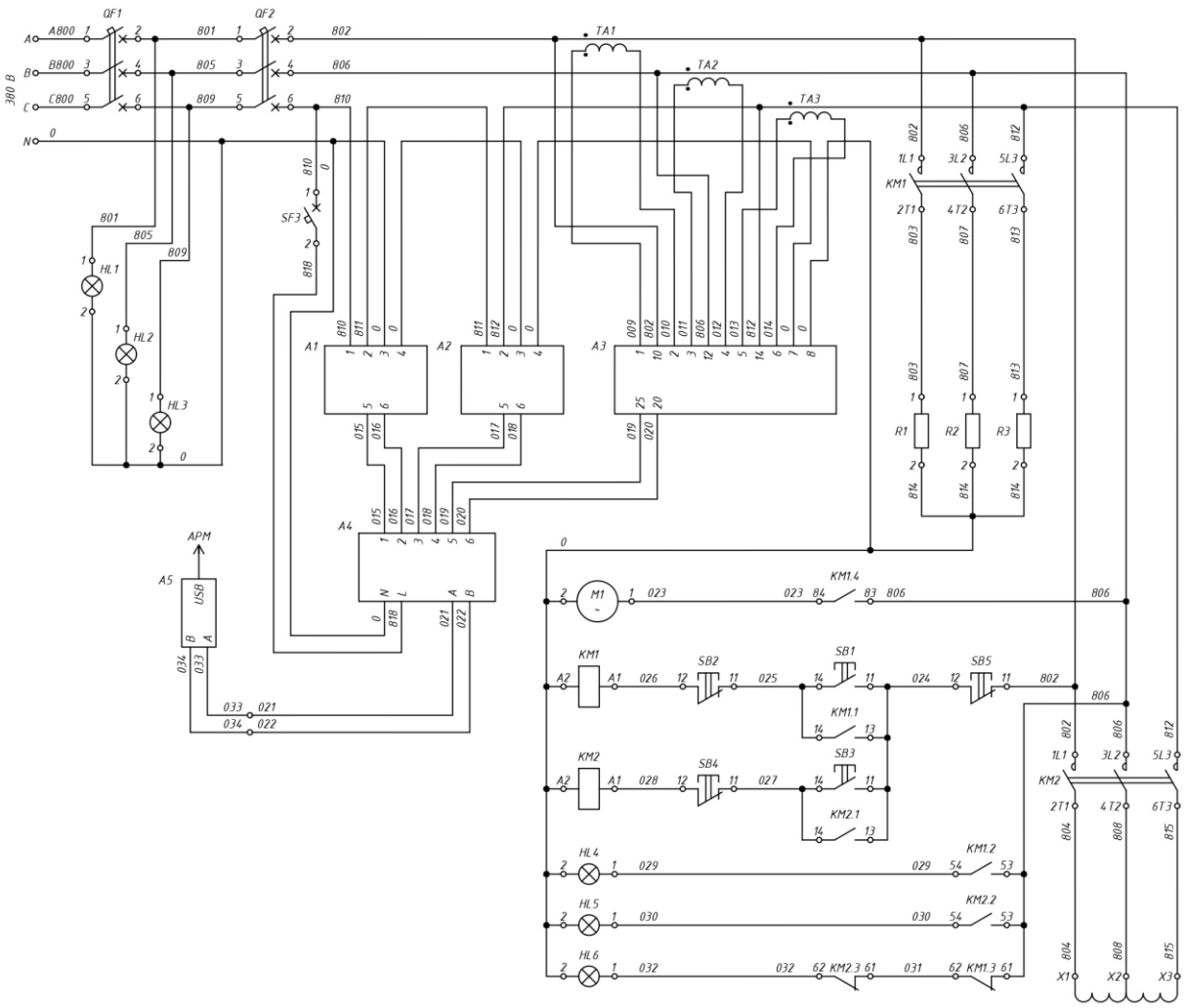

Рис. 1. Электрическая схема имитационной модели АСКУЭ
Fig. 1. Electrical Circuit of Simulation Model of Automated Commercial Electricity Metering System

В качестве компонентов третьего уровня выбран персональный компьютер со специализированным программным обеспечением. Данный уровень обеспечит управление системой через интерфейс RS-485, а также автоматический сбор и хранение результатов измерений, визуализацию информации о параметрах энергоучета с помощью SCADA-системы в виде графиков и мнемосхем.

В составе второго уровня АСКУЭ выбраны наиболее распространенные модели счетчиков электрической энергии [3, 6, 15]:

- счетчик однофазный «Меркурий 201.5»;
- счетчик однофазный «Меркурий 206 RN»;
- счетчик трехфазный «Меркурий 230 ART».

Счетчик ватт-часов активной энергии переменного тока электронный «Меркурий 201.5» (Рис. 2) непосредственного включения, с импульсным выходом, предназначен для измерения и учета электрической активной энергии в двухпроводных сетях переменного тока. Принцип действия счетчика основан на учете информации, получаемой с импульсного выхода измерительной микросхемы. В качестве датчиков тока в счетчике используется шунт, включенный последовательно в цепь тока.

Роль датчиков напряжения выполняют резистивные делители, включенные в параллельную цепь напряжения. В качестве счетного механизма

Рис. 2. Счетчик однофазный «Меркурий 201.5»
Fig. 2. Electric Energy Meter «Merkuriy 201.5»

счетчик имеет электромеханическое устройство отсчета. Суммирующее устройство счетчика выводит показания в кВт·ч. Счетчик имеет световую индикацию мощности потребления [8, 9].

Рис. 3. Счетчик однофазный «Меркурий 206 RN»
Fig. 3. Electric Energy Meter «Merkuriy 206 RN»

Рис. 4. Счетчик однофазный «Меркурий 230 ART»
Fig. 4. Electric Energy Meter «Merkuriy 230 ART »

Счетчик электрической энергии статический однофазный «Меркурий 206 RN» (Рис. 3), непосредственного включения, с телеметрическим импульсным выходом, многотарифный, предназначен для учета электрической активной и реактивной энергии в двухпроводных сетях переменного тока напряжением 230 В, частотой 50 Гц. Счетчик предназначен для эксплуатации как автономно, так и в составе автоматизированной системы сбора данных о потребляемой энергии, для эксплуатации внутри закрытых помещений [9].

Счетчик электрической энергии трехфазный «Меркурий 230 ART» (Рис. 4) с телеметрическим импульсным выходом, многотарифный, предназначен для учета электрической активной и реактивной энергии в трехфазных сетях переменного тока с напряжением 380 В и частотой 50 Гц. Счетчик предназначен для эксплуатации как автономно, так и в составе автоматизированной системы сбора данных о потребляемой энергии [9, 17].

Технические характеристики выбранных счетчиков электроэнергии представлены в Таблице 1.

Электрическая схема устройства счета импульсов приведена на Рис. 5. Данная схема включает микроконтроллер ATmega328P (*A1)*, оптопары транзисторные PC817A (*U3*, *U4, U5*), конвертирующий модуль RS485-TTL, источник питания 5 В (*G1*). Эмиттеры оптопар соединяются с дискретными пинами микроконтроллера, коллекторы оптопар подключены к источнику питания (*G1*).

К микроконтроллеру подключен конвертирующий модуль через цифровые пины, что позволяет корректно управлять и синхронизировать работу всех подключенных элементов системы.

Обсуждение

Имитационная модель АСКУЭ в виде стенда обладает следующими преимуществами:

- наглядность и применимость в процессе практической подготовки специалистов электроэнергетической отрасли: модель позволяет продемон

Таблица 1. Технические характеристики счетчиков электроэнергии
Table 1. Technical Specifications of Electric Energy Meters

Наименование характеристики	Меркурий 201.5	Меркурий 206 RN	Меркурий 230 ART
Активная / полная потребляемая мощность цепью напряжения счетчика при номинальном напряжении, Вт/В·А	2/10	2,5 / 7	2/10
Полная мощность, потребляемая каждой цепью тока, не более, В·А	0,1	0,5	0,1
Количество тарифов	1	4	4
Класс точности	1/2	1/2	1/2
Номинальное напряжение, В	230	230	3×230/400
Номинальный / максимальный ток, А	5/60; 5/80; 10/80	5/60	5/60; 10/100
Наработка на отказ, не менее, ч	220000	220000	210000
Интерфейс	PLCI	оптопорт, RS-485, LoRaWAN	CAN, RS-485, IRDA, PLCI

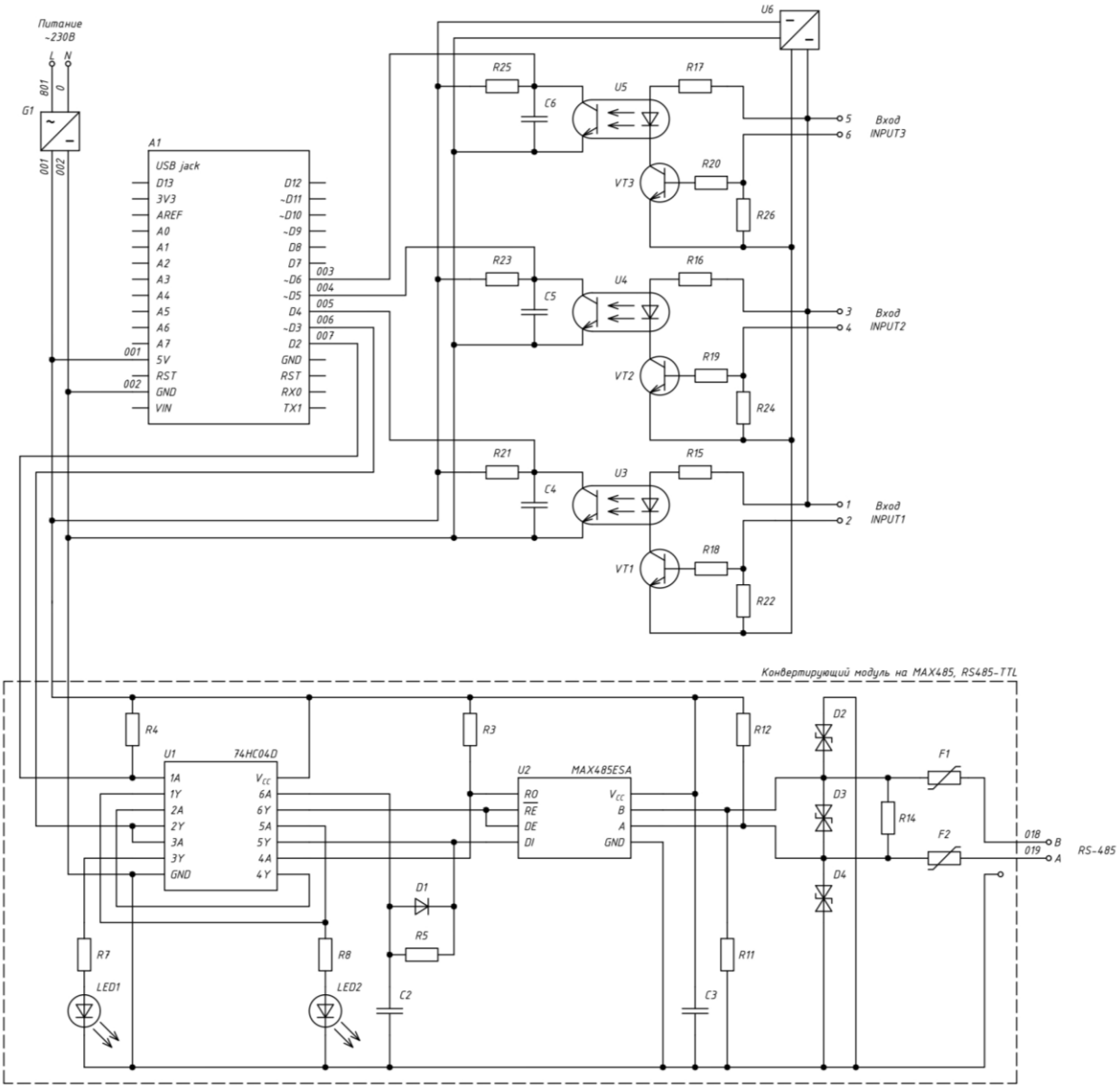

Рис. 5. Электрическая схема устройства счета импульсов
Fig. 5. Electrical circuit of the pulse counting device

стрировать работу АСКУЭ и основных процессов учета электроэнергии;

- многофункциональность и модульная структура: стенд позволяет моделировать процессы сбора и передачи электроэнергии с применением различных электросчетчиков, что делает его универсальным;

- безопасность: модель АСКУЭ имитирует реальный процесс учета электроэнергии в безопасной среде, исключая риск для обучающихся;

- достоверность моделирования работы АСКУЭ: электросчетчики в составе стенда обеспечивают учет электроэнергии с точностью, необходимой для воспроизведения энергоучета в реальных условиях, что необходимо для качественного обучения и исследований;

- возможность проведения испытаний различных электросчетчиков с целью выявления скрытых недостатков и дефектов конструкции, их реакции на нагрузки;

- простота эксплуатации и обслуживания: конструкция стенда позволяет производить монтаж и демонтаж счетчиков электроэнергии, их настройку и проверку в диапазонах, установленных параметрами активной и реактивной нагрузок.

Имитационная модель АСКУЭ в виде стенда изготовлена с применением современных интеллектуальных счетчиков и цифровых технологий обмена данными.

Выводы

Разработана и внедрена в учебный процесс имитационная модель АСКУЭ в виде стенда. Модель демонстрирует принципы работы АСКУЭ, включающей современные интеллектуальные приборы энергоучета. Особое внимание уделено созданию устройств, имитирующих активную и реактивную нагрузку, использование которых позволяет изучать воздействие различных типов нагрузок на систему учета электроэнергии, а также созданию устройства счета импульсов, способного обрабаты-

вать данные от электрических счетчиков и передавать информацию в SCADA-систему.

Разработка имитационной модели АСКУЭ в виде стенда является актуальной и перспективной задачей, направленной на подготовку специалистов с современными знаниями в области автоматизации электроэнергетики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баженов В. И. Цифровое развитие технологий ВКХ: доступность и эффективность // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2024. № S2. С. 162–169.

2. Ворновская Д. С., Доманский В. В., Цыганкова К. В. Проектирование системы интеллектуального сбора и обработки информации с объектов инфраструктуры СКЖД // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. 2022. № 2(59). С. 62–66.

3. Воротницкий В. В., Камалетдинов Р. А. Средства и системы учета электроэнергии: от истоков до цифровых двойников и искусственного интеллекта // Энергетик. 2025. № 11. С. 35–42.

4. Доманский В. В., Доманская Г. А., Васенко В. А. Информационные технологии режимов работы тягового электроснабжения и питающих их энергосистем // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2020. № 3(79). С. 154–165.

5. Закиряев К. Э., Жолдошов Т. М., Иманакунова Ж. С., Осмонова Р. Ч. Имитационная модель процессов энергопотребления в распределительных сетях в условиях работы АСКУЭ // Вестник Ошского государственного университета. 2025. № 3. С. 207–226.

6. Козлов К. И. Цифровой двойник системы коммерческого учета электроэнергии: архитектура и функциональность на основе IOT -принципов // Научно-технический вестник Поволжья. 2025. № 12. С. 287–289.

7. Кочетков А. С., Кочеткова Я. А. Интеллектуальные системы управления жилищным хозяйством // Славянский форум. 2025. № 4(50). С. 428–454.

8. Любченко А. А., Копытов Е. Ю., Богданов А. А. Концептуальная модель процесса передачи данных в автоматизированных системах контроля и учета электроэнергии // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2020. Т. 14. № 6. С. 4–12.

9. Мамонтов А. Ю. Меры технологического развития оборудования АСУ ТП в электросетевом комплексе // КИП и автоматика: обслуживание и ремонт. 2024. № 10. С. 26–32.

10. Моргоев И. Д. Алгоритм интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений в процессе оперативного выявления безучетного потребления электроэнергии в электросетях // Вести высших учебных заведений Черноземья. 2022. Т. 18. № 3(69). С. 33–45.

11. Садров Д. Р. Ключевые стратегии и технологии оптимизации электроснабжения промышленных предприятий // Вестник науки. 2025. Т. 2. № 6(87). С. 2369–2376.

12. Самарин И. В. Подходы к модернизации энергетической промышленности для обеспечения развития цифровой экономики // Хлебопечение России. 2024. Т. 68. № 1. С. 45–62.

13. Chencheng W., Lijuan Pu., Zhihui Zh., Jiefu Zh. A Method for Analyzing the Operating Data of Electric Energy Meters Based on Data Mining Analysis // International Journal of Image and Graphics. 2024.

14. Ibadov Ch. Sh. Balance of electrical energy in electrical networks and commercial loss analysis // German International Journal of Modern Science. 2023. № 64. Pp. 8–17.

15. Liang J., Liang W., Li J. Research on Case Design of Electric Energy Meters Reliability Detection Based on Equivalent Class // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 740. № 1. Art. 012092.

16. Chen J., F. Zhao, W. Zhu [et al.] Research and Analysis on the Reliability of Smart Energy Mete // Journal of Physics: Conference Series. 2021. Vol. 1802. № 4. Art. 042098.

17. Wnukowska B. Application of electric energy meters in industrial processes // Zeszyty Naukowe Collegium Witelona. 2023. Vol. 4. № 49. Pp. 13–24.

© 2026 Авторы. Эта статья доступна по лицензии CreativeCommons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

Карелин Егор Владимирович, студент группы ЭАм-241, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28)

Синельников Кирилл Дмитриевич, студент группы ЭАм-241, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28)

Немов Владислав Николаевич, старший преподаватель кафедры электропривода и автоматизации, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), e-mail: nemovvn@kuzstu.ru

Котляров Роман Витальевич, доцент кафедры электропривода и автоматизации, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), кандидат технических наук, доцент, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4152-8149, e-mail: kotlyarovrv@kuzstu.ru

Маслов Иван Петрович, доцент кафедры электропривода и автоматизации, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), кандидат технических наук, e-mail: maslovip@kuzstu.ru

Заявленный вклад авторов:
Карелин Егор Владимирович – обзор соответствующей литературы, сбор и анализ данных, выводы, написание текста.
Синельников Кирилл Дмитриевич – обзор соответствующей литературы, сбор и анализ данных, выводы, написание текста.
Немов Владислав Николаевич – постановка исследовательской задачи, научный менеджмент, концептуализация исследования.
Котляров Роман Витальевич – постановка исследовательской задачи, научный менеджмент, концептуализация исследования.
Маслов Иван Петрович – постановка исследовательской задачи, научный менеджмент, концептуализация исследования.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Original article

DOI: 10.26730/1816-4528-2026-4-24-31

Edor V. Karelin, Kirill D. Sinel'nikov, Vladislav N. Nemov, Roman V. Kotlyarov*, Ivan P. Maslov

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

* for correspondence: kotlyarovrv@kuzstu.ru

SIMULATION MODEL OF AUTOMATED SYSTEM FOR COMMERCIAL ACCOUNTING OF POWER CONSUMPTION BASED ON « MERKURIY» ELECTRIC ENERGY METERS

Abstract.
In the modern world, issues of energy efficiency and optimal use of electricity are relevant. Electric energy metering is an integral part of the process of production, distribution and consumption of electricity, as it allows you to control energy costs and optimize their use. A simulation model of Automated System for Commercial Accounting of Power Consumption (ASCAPC) in the form of a stand is considered, which is a set of software and digital hardware designed for automatic collection, processing and transmission of power consumption data. The ASCAPC simulation model recreates the processes of a real system for monitoring and managing electricity parameters and is used to optimize the operation of the ASCAPC, testing modes in safe conditions, allows you to experiment with risks and resources without real consequences, identify patterns and predict the behavior of the system under different load patterns. When constructing an ASCAPC simulation model, the principle of hierarchy is observed. The key components of the stand are devices that simulate the measured parameters – fixed resistors and a choke, acting as active and reactive loads, smart electricity meters, a microprocessor device for processing signals from electricity meters, made on the basis of the ATmega328P microcontroller, an automated workstation with installed software for monitoring and dispatch – a SCADA system. The ASCAPC simulation model in the form of a stand that provides the functions of technical verification of electrical energy metering devices and demonstration of the operation of the energy metering system is of practical importance for students and specialists in the field of electrical energy, providing the opportunity to understand and apply the basic principles of electricity metering. The introduction of the ASCAPC simulation model into the educational process improves the quality of education in the field of electric power technologies, providing the necessary knowledge and practical skills.

CC BY

Article info
Received:
15 May 2026

Accepted for publication:
01 September 2026

Accepted:
15 September 2026

Keywords: *electric energy meter, simulation model, stand, active load, reactive load, ASCAPC*

For citation: Karelin E.V., Sinel'nikov K.D., Nemov V.N., Kotlyarov R.V., Maslov I.P. Simulation model of automated system for commercial accounting of power consumption based on « Merkuriy» electric energy meters. Mining Equipment and Electromechanics, 2026; 4(186):24-31 (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1816-4528-2026-4-24-31, EDN: PMXBWZ

REFERENCES

1. Bazhenov V.I. Cifrovoe razvitie tekhnologij VKKH: dostupnost' i effektivnost'. *Nailuchshie dostupnye tekhnologii vodosnabzheniya i vodootvedeniya.* 2024; S2:162-169.

2. Vornovskaya D.S., Domanskij V.V., Cygankova K.V. Proektirovanie sistemy intellektual'nogo sbora i obrabotki informacii s ob"ektov infrastruktury SKZHD. *Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshcheniya.* 2022; 2(59):62-66.

3. Vorotnickij V.V., Kamaletdinov R.A. Sredstva i sistemy uchyota elektroenergii: ot istokov do cifrovyh dvojnikov i iskusstvennogo intellekta. *Energetik.* 2025; 11:35-42.

4. Domanskij V.V., Domanskaya G.A., Vasenko V.A. Informacionnye tekhnologii rezhimov raboty tyagovogo elektrosnabzheniya i pitayushchih ih energosistem. *Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshcheniya.* 2020; 3(79):154-165.

5. Zakiryaev K.E., Zholdoshov T.M., Imanakunova Zh.S., Osmonova R.Ch. Imitacionnaya model' processov energopotrebleniya v raspredelitel'nyh setyah v usloviyah raboty ASKUE. *Vestnik Oshskogo gosudarstvennogo universiteta.* 2025; 3:207-226.

6. Kozlov K.I. Cifrovoj dvojnik sistemy kommercheskogo ucheta elektroenergii: arhitektura i funkcional'nost' na osnove IOT-principov. *Nauchno-tekhnicheskij vestnik Povolzh'ya.* 2025; 12:287-289.

7. Kochetkov A.S., Kochetkova Ya.A. Intellektual'nye sistemy upravleniya zhilishchnym hozyajstvom. *Slavyanskij forum.* 2025; 4(50):428-454.

8. Lyubchenko A.A., Kopytov E.Yu., Bogdanov A.A. Konceptual'naya model' processa peredachi dannyh v avtomatizirovannyh sistemah kontrolya i ucheta elektroenergii. *T-Comm: Telekommunikacii i transport.* 2020; 14(6)4-12.

9. Mamontov A.Yu. Mery tekhnologicheskogo razvitiya oborudovaniya ASU TP v elektrosetevom komplekse. *KIP i avtomatika: obsluzhivanie i remont.* 2024; 10:26-32.

10. Morgoev I.D. Algoritm intellektual'noj podderzhki prinyatiya upravlencheskih reshenij v processe operativnogo vyyavleniya bezuchetnogo potrebleniya elektroenergii v elektrosetyah. *Vesti vysshih uchebnyh zavedenij Chernozem'ya.* 2022; 18(3(69):33-45.

11. Sadrov D.R. Klyuchevye strategii i tekhnologii optimizacii elektrosnabzheniya promyshlennyh predpriyatij. *Vestnik nauki.* 2025; 2(6(87):2369-2376.

12. Samarin I.V. Podhody k modernizacii energeticheskoj promyshlennosti dlya obespecheniya razvitiya cifrovoj ekonomiki. *Hlebopechenie Rossii.* 2024; 68(1):45-62.

13. Chencheng W., Lijuan Pu., Zhihui Zh., Jiefu Zh. A Method for Analyzing the Operating Data of Electric Energy Meters Based on Data Mining Analysis. *International Journal of Image and Graphics.* 2024.

14. Ibadov Ch.Sh. Balance of electrical energy in electrical networks and commercial loss analysis. German *International Journal of Modern Science.* 2023; 64:8-17.

15. Liang J., Jiang W., Li J. Research on Case Design of Electric Energy Meters Reliability Detection Based on Equivalent Class. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.* 2020; 740. Art. 012092.

16. Chen J., Zhao F., Zhu W. [et al.] Research and Analysis on the Reliability of Smart Energy Mete. Journal of Physics: Conference Series. 2021; 1802(4). Art. 042098.

17. Wnukowska B. Application of electric energy meters in industrial processes. *Zeszyty Naukowe Collegium Witelona.* 2023; 4(49):13-24.

© 2026 The Authors. This is an open access article under the CC BY license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

The authors declare no conflict of interest.

About the author:

Egor V. Karelin, Student, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (650000, Russia, Kemerovo, Str. Vesennyaya, 28)

Kirill D. Sinel'nikov, Student, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (650000, Russia, Kemerovo, Str. Vesennyaya, 28)

Vladislav N. Nemov, Senior Lecturer, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (650000, Russia, Kemerovo, Str. Vesennyaya, 28), e-mail: nemovvn@kuzstu.ru

Roman V. Kotlyarov, C. Sc. (Engineering), Associate Professor, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (650000, Russia, Kemerovo, Str. Vesennyaya, 28), C. Sc. (Engineering), Docent, ORCID: https://0000-0002-4152-8149, e-mail: kotlyarovrv@kuzstu.ru

Ivan P. Maslov, Associate Professor, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (650000, Russia, Kemerovo, Str. Vesennyaya, 28), C. Sc. (Engineering), e-mail: maslovip@kuzstu.ru

Contribution of the authors:

Egor V. Karelin – reviewing the relevant literature, data collection, data analysis, drawing the conclusions, writing the text.
Kirill D. Sinel'nikov – reviewing the relevant literature, data collection, data analysis, drawing the conclusions, writing the text.
Vladislav N. Nemov – research problem statement, scientific management, conceptualization of research.
Roman V. Kotlyarov – research problem statement, scientific management, conceptualization of research.
Ivan P. Maslov – research problem statement, scientific management, conceptualization of research.

Authors have read and approved the final manuscript.