



# Интеллектуал о'лчаш модули yordamida elektr tamoqlarining samaradorligini oshirish

Viktoriya V. Sipkina<sup>1</sup>, Vera P. Ivanova<sup>1,a)</sup>, Sardor E. O'roqov<sup>1,b)</sup>, Shohruh O. Ergashov<sup>1,s)</sup>  
Sabrinaz S. Pirnazarova<sup>1,d)</sup> Askar. M. Xalmaxanov<sup>2</sup>, Mixail N. Kozlitin<sup>3</sup>

<sup>1</sup> PhD, prof., Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, 100095, O'zbekiston; [c-victory@yandex.com](mailto:c-victory@yandex.com) <https://orcid.org/0000-0003-4252-3216>

<sup>1,a)</sup> PhD, dosent, Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, 100095, O'zbekiston [veronika.tsipkina@yandex.com](mailto:veronika.tsipkina@yandex.com) <https://orcid.org/0000-0002-6315-5291>

<sup>1,b)</sup> katta o'qituvchi, Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, 100095, O'zbekiston [sardor.orakov@tdtu.uz](mailto:sardor.orakov@tdtu.uz) <https://orcid.org/0000-0002-4239-3725>

<sup>1,c)</sup> assistant, Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, 100095, O'zbekiston

<sup>1,d)</sup> magistrant, Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, 100095, O'zbekiston, [sarbisha04@mail.ru](mailto:sarbisha04@mail.ru)

<sup>2)</sup> talaba, Toshkent shahridagi "MMFI" Milliy tadqiqot yadro universitetining filiali

<sup>3)</sup> katta o'qituvchi, Moskva energetika institutining Toshkent shahridagi ilmiy-tadqiqot universiteti filiali, Toshkent, O'zbekiston [kozlitin.mei@gmail.com](mailto:kozlitin.mei@gmail.com) <https://orcid.org/0009-0001-9019-6697>

**Dolzarliligi:** zamonaviy elektr tarmoqlari yuklamalarning o'sishi, yanada murakkab ish rejimlarining murakka-blashishi, elektr ta'minotining ishonchligi va sifatiga talab ortib bormoqda. An'anaviy monitoring va nazorat usullari endi zarur samaradorlik va aniqlikni ta'minlamayapti. Bunday sharoitda aqlli o'lchash modullarini joriy etish elektroenergetika sanoatini rivojlantirishning asosiy yo'nalishiga aylanmoqda. Ular real vaqt rejimida yuqori aniqlikdagi ma'lumotlarni olish, tarmoq samaradorligini oshirish, og'ishlarni tezda aniqlash va operatsion xarajatlarni kamaytirish imkonini beradi. Shu sababli, aqlli o'lchash echimlaridan foydalangan holda elektr tarmoqlarining samaradorligini oshirish usullarini tahlil qilish dolzarb vazifa bo'lib, muhim amaliy ahamiyatga ega. **Maqsad:** intellektual o'lchash modulini amalga oshirish orqali elektr tarmoqlarining samaradorligini oshirish imkoniyatlarini tahlil qilish va uning boshqaruvning aniqligi, operatsion ishonchligi va elektr ta'minoti rejimlarini optimallashtirishga ta'sirini aniqlash.

**Usullar:** tadqiqotda zamonaviy elektr tarmoqlarining holati va tuzilmasini baholash uchun tizimli-tahliliy yondashuv, intellektual o'lchash modulini joriy etish samaradorligini aniqlash uchun texnik-iqtisodiy tahlil, an'anaviy va intellektual o'lchash vositalarining solishtirma funksional tahlili, tarmoqning ish rejimlarini modellashtirish hamda modulning barqarorlikka ta'sirini baholash uchun matematik va imitasion modellashtirish usullari, shuningdek natijalarni talqin qilish va asosiy qonuniyatlarni aniqlash maqsadida statistik ma'lumotlarni qayta ishlash hamda korrelyasion-regression tahlil qo'llanildi.

**Natijalar:** tadqiqot jarayonida aniqlanishicha, intellektual o'lchash modulining joriy etilishi elektr tarmog'i parametrlarini nazorat qilish aniqligini oshiradi, og'ishlarni tezkor aniqlashni ta'minlaydi va avariya rejimlar ehtimolini kamaytiradi. Modellashtirish elektr energiyasini uzatish sifatining yaxshilanganini, tarmoq ishlashining barqarorligi oshganini hamda quvvat yo'qotishlarining qisqarganini ko'rsatdi. Solishtirma tahlil esa intellektual o'lchash modulining an'anaviy o'lchash vositalariga nisbatan yuqori axborotga egaligi, moslashuvchanligi va zamonaviy monitoring hamda boshqaruv tizimlariga integratsiya imkoniyati tufayli ustunlikka ega ekanini tasdiqladi.

**Kalit so'zlar:** aqlli hisoblagich; elektr tarmog'i; raqamli transformatsiya; aqlli tarmoq; parametrlarni kuzatish; raqamli egizak; avtomatlashtirilgan o'lchash tizimi; SCADA; quvvat yo'qotishlari; hisobga olinmagan iste'mol; IoT; quvvat sifatini tahlil qilish.

## Повышение эффективности работы электрических сетей с использованием интеллектуального измерительного модуля

Виктория В. Сипкина<sup>1</sup>, Вера П. Иванова<sup>1а)</sup>, Сардор Э. Уроков<sup>1б)</sup>, Шохрух О. Эргашев<sup>1с)</sup>,  
Сабрина С. Пирназарова<sup>1д)</sup> Аскар М. Халмаханов<sup>2</sup>, Михаил Н. Козлитин<sup>3</sup>

<sup>1</sup> PhD, профессор, Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова, г. Ташкент, 100095, Республика Узбекистан; [c-victory@yandex.com](mailto:c-victory@yandex.com) <https://orcid.org/0000-0003-4252-3216>

<sup>1,a)</sup> PhD, доцент, Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова, г. Ташкент, 100095, Республика Узбекистан; [veronika.tsipkina@yandex.com](mailto:veronika.tsipkina@yandex.com) <https://orcid.org/0000-0002-6315-5291>

<sup>1,b)</sup> старший преподаватель, Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова, г. Ташкент, 100095, Республика Узбекистан [sardor.orakov@tdtu.uz](mailto:sardor.orakov@tdtu.uz) <https://orcid.org/0000-0002-4239-3725>

<sup>1,c)</sup> ассистент, Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримов, г.Ташкент, 100095, Республика Узбекистан

<sup>1д)</sup> магистр, Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримов, г.Ташкент, 100095, Республика Узбекистан [sarbisha04@mail.ru](mailto:sarbisha04@mail.ru)

<sup>2)</sup> студент бакалавриата, Ташкентский филиал НИЯУ МИФИ, г. Ташкент, Республика Узбекистан; [askarhalmahanov@yandex.com](mailto:askarhalmahanov@yandex.com)

<sup>3)</sup> старший преподаватель, Филиал НИУ «МЭИ» в г.Ташкенте, г. Ташкент, Республика Узбекистан [kozlitin.mei@gmail.com](mailto:kozlitin.mei@gmail.com) <https://orcid.org/0009-0001-9019-6697>

**For citation:** Sipkina V.V, Ivanova V.P, Xalmaxanov A.M, Kozlitin M.N, Pirnazarova S.S, O'rokov S.E, Ergashov Sh.O. Improving the efficiency of electrical networks using an intelligent measuring module. Scientific and technical journal of Problems of Energy and Sources Saving, 2025, no. 4, pp. 291-296.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18639140>

Received: 05.04.2025

Revised: 19.04.2025

Accepted: 11.07.2025

Published: 27.12.2025

**Copyright:** © Viktoriya V. Tsyapkina, Vera P. Ivanova, Askar M. Khamakhanov, Mikhail N. Kozlitin, Sarbinaz S. Pirnazarova, Sardor E. Urokov, Shohruh O. Ergashov. 2025. Submitted to Problems of Energy and Sources Saving for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



**Актуальность:** современные электрические сети испытывают рост нагрузок, усложнение режимов работы и повышенные требования к надежности и качеству электроснабжения. Традиционные методы контроля и управления уже не обеспечивают необходимой оперативности и точности. В этих условиях внедрение интеллектуальных измерительных модулей становится ключевым направлением развития электроэнергетики. Они позволяют получать высокоточные данные в реальном времени, повышать эффективность работы сетей, своевременно выявлять отклонения и снижать эксплуатационные издержки. Поэтому анализ способов повышения эффективности электрических сетей с использованием интеллектуальных измерительных решений является актуальной задачей и имеет значимую практическую ценность.

**Цель:** проанализировать возможности повышения эффективности работы электрических сетей за счёт внедрения интеллектуального измерительного модуля и определить его влияние на точность контроля, надёжность функционирования и оптимизацию режимов электроснабжения.

**Методы:** в исследовании использованы системно-аналитический подход для оценки состояния и структуры современных электрических сетей, технико-экономический анализ для определения эффективности внедрения интеллектуального измерительного модуля, сравнительный функциональный анализ традиционных и интеллектуальных средств измерений, методы математического и имитационного моделирования для воспроизведения режимов работы сети и оценки влияния модуля на её устойчивость, а также статистическая обработка данных и корреляционно-регрессионный анализ для интерпретации результатов и выявления ключевых закономерностей.

**Результаты:** в ходе исследования установлено, что внедрение интеллектуального измерительного модуля повышает точность контроля параметров электрической сети, обеспечивает оперативное выявление отклонений и снижает вероятность аварийных режимов. Моделирование показало улучшение качества передачи электроэнергии, повышение стабильности работы сети и сокращение потерь мощности. Сравнительный анализ подтвердил преимущество интеллектуального модуля перед традиционными средствами измерения за счёт более высокой информативности, адаптивности и возможности интеграции в современные системы мониторинга и управления.

**Ключевые слова:** интеллектуальный измерительный прибор; электрическая сеть; цифровая трансформация; Smart Grid; мониторинг параметров; цифровой двойник; АСКУЭ; SCADA; потери электроэнергии; неучтённое потребление; IoT; анализ качества электроэнергии.

## Improving the efficiency of electrical networks using an intelligent measuring module

Viktoriya V. Tsyapkina<sup>1</sup>, Vera P. Ivanova<sup>1,a)</sup>, Sardor E. Urokov<sup>1,b)</sup>, Shohrukh O. Ergashov<sup>1,c)</sup>, Sarbinaz S. Pirnazarova<sup>1,d)</sup> Askar M. Khamakhanov<sup>2</sup>, Mikhail N. Kozlitin<sup>3</sup>

<sup>1</sup> PhD., prof., Tashkent State Technical University, Tashkent, 100095, Uzbekistan; [c-victory@yandex.com](mailto:c-victory@yandex.com) <https://orcid.org/0000-0003-4252-3216>

<sup>1,a)</sup> PhD., assistant of prof., Tashkent State Technical University, Tashkent, 100095, Uzbekistan; [veronika.tsipkina@yandex.com](mailto:veronika.tsipkina@yandex.com) <https://orcid.org/0000-0002-6315-5291>

<sup>1,b)</sup> senior lecturer, Tashkent State Technical University, Tashkent, 100095, Uzbekistan;

<sup>1,c)</sup> assistant, Tashkent State Technical University, Tashkent, 100095, Uzbekistan; [sardor.orakov@tdtu.uz](mailto:sardor.orakov@tdtu.uz) <https://orcid.org/0000-0002-4239-3725>

<sup>1,d)</sup> master's degree candidate, Tashkent State Technical University, Tashkent, 100095, Uzbekistan; [sarbisha04@mail.ru](mailto:sarbisha04@mail.ru)

<sup>2</sup> Bachelor's student, Tashkent branch of the National Research Nuclear University MEPhI, Tashkent, Republic of Uzbekistan; [askarhalmahanov@yandex.com](mailto:askarhalmahanov@yandex.com)

<sup>3</sup> senior lecturer, Branch of the Moscow Power Engineering Institute Research University in Tashkent, Tashkent, Uzbekistan; [kozlitin.mei@gmail.com](mailto:kozlitin.mei@gmail.com) <https://orcid.org/0009-0001-9019-6697>

**Relevance:** Modern electrical networks are experiencing increased loads, more complex operating modes, and higher requirements for reliability and quality of power supply. Traditional control and management methods no longer provide the necessary speed and accuracy. In these conditions, the introduction of smart metering modules is becoming a key direction in the development of the electric power industry. They enable high-precision data to be obtained in real time, improve network efficiency, identify deviations in a timely manner and reduce operating costs. Therefore, analysing ways to improve the efficiency of electrical networks using smart metering solutions is a pressing task and has significant practical value.

**Aim:** analyse the possibilities for improving the efficiency of electrical networks through the introduction of an intelligent metering module and determine its impact on control accuracy, operational reliability and optimisation of power supply modes.

**Methods:** utilised a systematic analytical approach to assess the condition and structure of modern electrical networks, a technical and economic analysis to determine the effectiveness of implementing an intelligent measuring module, a comparative functional analysis of traditional and intelligent measuring devices, methods of mathematical and simulation modelling to reproduce network operating modes and assess the module's impact on its stability, as well as statistical data processing and correlation-regression analysis to interpret the results and identify key patterns.

**Results:** The study found that the introduction of an intelligent measuring module improves the accuracy of electrical network parameter monitoring, ensures rapid detection of deviations, and reduces the likelihood of emergency modes. Modelling showed an improvement in the quality of electricity transmission, increased network stability,



and reduced power losses. A comparative analysis confirmed the advantage of the smart module over traditional measuring devices due to its higher information content, adaptability, and ability to integrate into modern monitoring and control systems.

**Keywords:** smart meter; electrical network; digital transformation; Smart Grid; parameter monitoring; digital twin; ASKUE; SCADA; electricity losses; unaccounted consumption; IoT; power quality analysis.

## 1. Введение (Introduction)

Энергетическая система любого развитого государства является сложной многоуровневой структурой, которая представляет собой комплекс взаимосвязанных объектов по генерации, передачи и распределения электроэнергии. Постоянное развитие производственного и народнохозяйственного комплекса любого государства приводит к постоянному росту потребления электроэнергии, а внедрение возобновляемых источников энергии и переход к цифровым технологиям создают новые возможности для её устойчивого и эффективного функционирования.

Одной из современных тенденций в развитии энергетики является внедрение «Умной сети» (Smart Grid), реализация которой прежде всего строится на применении интеллектуальных измерительных и управляющих устройств, что позволит повысить надёжность энергоснабжения сети, минимизировать потери электроэнергии и оптимизировать баланс между производством и её потреблением.

В этой связи, осуществление перехода от традиционных методов контроля к интеллектуальным технологиям, ориентированных на сбор и анализ данных в режиме реального времени, повлечет за собой цифровизацию энергетической инфраструктуры и создаст условия для оперативного выявления неисправностей, прогнозирования аварийных ситуаций и рациональное управление энергоресурсами. Внедрение интеллектуальных приборов учёта и мониторинга так же позволит снизить углеродный след, более точно распределить нагрузки и обеспечить интеграцию распределённой генерации в общую систему — солнечных, ветровых и малых гидроустановок.

Кроме всего, перед каждой инженерной службой энергетической компании стоит актуальная задача осуществление постоянного мониторинга параметров электрической сети, с целью обеспечения надёжности и эффективности энергоснабжения. В свою очередь, имеющиеся в распоряжении у энергослужб измерительные устройства не в полной мере отвечают современным требованиям, т.к. их работа ориентирована на предоставление ограниченного объёма данных, что не позволяет производить быстрый и оперативный анализ в режиме реального времени и уж точно не в состоянии своевременно осуществить прогноз возможных выходов из строя имеющегося энергооборудования. Наиболее приемлемым вариантом решения поставленной задачи является использование интеллектуального измерительного прибора, способного не только фиксировать параметры сети, но и выполнять предварительную обработку данных, диагностику отклонений и передачу информации в автоматизированные системы управления.

Современные тенденции развития национальной энергосистемы требуют внедрение принципов интеллектуальности, адаптивности и устойчивости работы всего энергетического оборудования, которое входит в её структуру. Применение современных измерительных технологий, это путь, ориентированный на внедрение интеллектуальных приборов, которые станут одной из наиболее важных частей в цифровой трансформации энергосистемы, обеспечивающей сбор и оперативную обработку достоверной информации с проведением анализа и автоматизированного контроля параметров всех рассматриваемых электрических сетей.

Таким образом, одной из основных целей является проведение исследовательских работ в области является создания интеллектуального прибора, функционал которого обеспечит не только одновременное измерение и осуществление мониторинга основных параметров электрической сети (напряжение, ток, частота, мощность, коэффициент мощности) в режиме реального времени, но и по результатам данных анализа качества электроэнергии позволит выявить аварийные и предаварийные состояния, в том числе передачу данных по цифровым каналам связи (Ethernet, Wi-Fi, GSM и др.) интегрированных в систему АСКУЭ и SCADA.

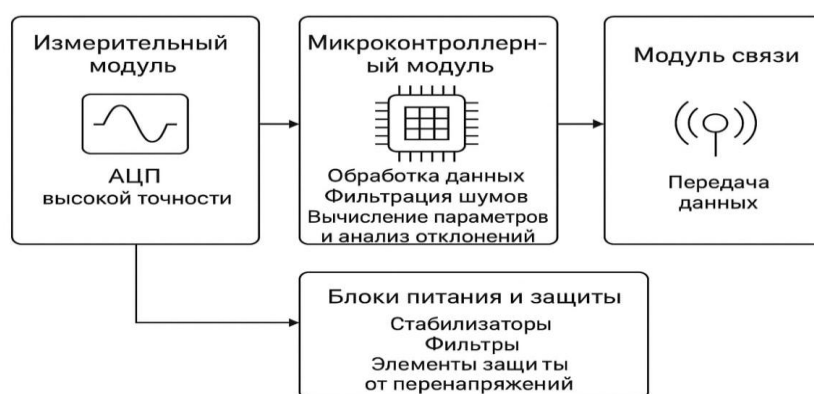
## 2. Материалы и методы (Methods and materials)

Анализ результатов по изучению вопросов разработки интеллектуального измерительного прибора (ИИП) показал, что применение электросетевыми компаниями современных инструментов контроля и мониторинга параметров электрической энергии неразрывно связано с использованием «цифровых двойников», что дает возможность на крупных объектах энергетики, таких как электростанции и подстанции высокого напряжения повысить

эффективность их работы.

Существующие решения в этой области [1] сводятся на работе архитектурной системы, состоящей из устройства на точках установки (датчики/контрольные приборы), которое на базе собранных данных осуществляет обработку в центральной системе с последующей функцией детектировки факта и места неучтённого потребления энергии, а также определяет места и величину технических потерь сочетающейся с совмещением с процедуры сбора статистических данных и возможность формирования на их основе базы по диагностированию и составлению прогнозных вариантов (возможных событий).

В состав обобщенного варианта ИИП [1] входит (рис.1): измерительный модуль, обеспечивающий сбор аналоговых сигналов и их преобразование в цифровую форму с использованием АЦП высокой точности; микроконтроллерный модуль, выполняющий обработку данных, фильтрацию шумов, вычисление параметров и анализ отклонений; модуль связи, обеспечивающий передачу данных на удалённый сервер или в облако; а также блоки питания и защиты, включающие стабилизаторы, фильтры и элементы защиты от перенапряжений. Работа алгоритма ИИП строится на последовательном измерении фазных напряжений и токов, вычисления активной, реактивной и полной мощности, в сочетании с возможностью проведения анализа гармонических составляющих сигнала с помощью БПФ.



**Рис.1.** Функциональная схема устройства для контроля параметров электрической энергии  
**Fig.1.** Functional diagram of a device for monitoring electrical energy parameters

К преимуществам работы ИИП [1] относятся возможность осуществлять контроль параметров электрической энергии (учёт, мониторинг, снижение потерь), что является хорошим решением актуальной задачи по цифровизации современного электроэнергетического хозяйства. Функциональная нагрузка рассматриваемого прибора строится на работе системы «ТОЧКИ ЗАМЕРА» + «СЕТЬ» + «АНАЛИТИКА», что позволяет обеспечить движение от локального измерения к системному мониторингу сети в целом, т.к. он имеет существенные отличия от обычных счётчиков в части интеллектуализации: автоматическое определение неисправности в сети (перегрузка, перекос фаз, всплески напряжения); способность адаптировать частоту опроса в зависимости от состояния сети; использование встроенных алгоритмов машинного обучения для прогнозирования аварийных ситуаций; возможность хранения данные во внутренней памяти и осуществлять их передачу при восстановлении связи. Рассматриваемый прибор — это не устройство, а система работающая как «СЕТЬ УСТРОЙСТВ» + «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КОМПЬЮТЕР». Программная часть прибора включает в себя прошивку микроконтроллера, отвечающую за сбор, обработку и передачу данных, а также пользовательское приложение для визуализации параметров сети. Интерфейс реализуется в виде веб-панели или мобильного приложения, позволяющего наблюдать за состоянием сети в реальном времени.

### 3. Результаты (Results)

Анализ результатов работы ИИП [1] подтвердил актуальность направления по цифровой трансформации электроэнергетики и распределительных сетей с низким и средним напряжением, что обеспечивает комплексный подход, позволяющий не просто проводить измерение потреблённой энергии, но обеспечить расширенный набор параметров (напряжение, ток, фазовый угол, среда) и тем самым осуществить диагностику для всей рассматриваемой системы. Так же существует и большая практическая значимость связанная с плавным внедрением ИИП электросетевыми компаниями, а не только как теоретической модели, но и как реальный прибор, который на базе современных средств математического моделирования имеет возможность выдавать обоснованные решения.

Однако, поведенная работа по исследованию функционала ИИП так же позволила сделать



некоторые заключения, которые указывают на наличие вопросов, требующих дополнительного рассмотрения и проработки, а именно: стоимость его внедрения, в которую входят затраты и время на обучение персонала и его интеграцию в энергосистему (совмещение протоколов с оборудованием различных производителей); надежность, точность и помехозащищенность в его работе; адаптация его в работу сетей имеющих различие по конфигурации, нагрузки, состояние, а также условия эксплуатации. Все приведенные сведения авторам в статье «Разработка устройства для контроля параметров электрической энергии в распределительной сетей» [1] строится не лишь на результатах математического моделирования, а значит нет возможности в полной мере оценить применение этого прибора в полевых условиях, т.к. нет данных по экспериментальной проверке в условиях работы в реальных сетях/узлах. Помимо вышеперечисленного отсутствуют сведения по оценке возможных рисков по кибербезопасности, отказоустойчивости и защищенности данных.

#### 4. Обсуждение (Discussion)

Предлагаемое решение, в целом, электросетевым компаниям несомненно позволит выявить неучтенное потребление и участки с повышенными техническими потерями, что в значительной мере будет способствовать снижению затрат и повышению эффективности процессу передачи и потребления в отдельно взятой энергосистеме. Однако данные вопросы необходимо рассматривать с точки зрения «Пилотного тестирования», которое позволит оценить не только надёжность, но и экономической выгоды в реальных условиях работы и эксплуатации.

#### 5. Заключение (Conclusion)

В перспективе, развитие интеллектуальных измерительных приборов может идти по нескольким направлениям, которые неразрывно связаны с интеграцией в энергосистемы передовых технологий, такие как Интернет вещей (IoT), что даст возможность их усовершенствовать за счет внедрения распределённой сети датчиков, обеспечивающих постоянный мониторинг электрических параметров как для целого предприятия так и для отдельного населённого пункта.

В свою очередь, применение новых технологий, работающих на базе искусственного интеллекта и нейронных сетей обеспечат условия для автоматического выявления скрытых закономерностей в изменении параметров сети и прогнозирования аварийных ситуаций высокой точностью, за счет выявления неучтенного потребления электроэнергии, определения участков с повышенными техническими потерями и сбор статистических данных о состоянии сети. Развитие беспроводных технологий связи (5G, LoRaWAN, NB-IoT) так же откроют новые возможности не только для удалённого мониторинга и управления, особенно в труднодоступных или распределённых объектах, но позволят создать возможность повышения их эффективности за счет снижения потерь и повышения надёжности энергосетей отдельно взятой энергетической компании.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. И. М. Казымов, Б. С. Компанец, О. Н. Дробязко Разработка системы контроля параметров электрической энергии в распределительной сети. Научный журнал «Инновационные транспортные системы и технологии», т.2, №2, 2021, с.106-118
2. Молчанов А.А. Цифровизация в области энергоснабжения. Энергетическое право: модели и тенденции развития. В: Сб. матер. 2-й Междунар. науч.-практ. конф. Белгород, 12–13 ноября, 2020 г. Под ред. А.В. Габова. Белгород: Изд. Дом «Белгород»; 2021. С. 139–141.
3. Поспелов Г. Е., Сазонов Ю. Н. Интеллектуальные электроэнергетические системы: основы, методы и технологии. — М.: Энергоатомиздат, 2020.
4. Жуков В. С., Ковалёв А. А. Современные методы мониторинга и диагностики электрических сетей. — Санкт-Петербург: ПЭИ, 2019.
5. Котин И. В., Михеев А. А. Интеллектуальные измерительные устройства в распределительных сетях // Электрические станции. — 2021. — №4. — С. 35–42.
6. Kundur P. Power System Stability and Control. — New York: McGraw-Hill, 2019.
7. Gungor V. C., Sahin D. Smart Grid Technologies: Communication Technologies and Standards // IEEE Transactions on Industrial Informatics. — 2020. — Vol. 16(8). — P. 5562–5574.
8. Майоров Н. Н., Сидоров Д. В. Моделирование переходных процессов в электрических сетях с использованием интеллектуальных датчиков // Известия вузов. Электромеханика. — 2022. — №3. — С. 48–55.
9. Farahani B. Smart Monitoring of Power Networks Using Intelligent Measurement Modules // Energy Systems Research. — 2021. — Vol. 12. — P. 101–109.
10. Лебедев К. С., Ромашов А. В. Анализ эффективности внедрения цифровых технологий в



распределительных сетях // Энергетика и промышленность России. — 2022. — №7. — С. 12–17.

## REFERENCES

1. I. M. Kazimov, B. S. Kompaneyets, O. N. Drobyazko Razrabotka sistemy kontrolya parametrov elektricheskoy energii v raspredelitel'noy seti. Nauchnyy jurnal «Innovatsionnyye transportnyye sistemy i tehnologii», t.2, №2, 2021, s.106-118
2. Molchanov A.A. Sifrovizatsiya v oblasti energosnabzheniya. Energeticheskoye pravo: modeli i tendentsii razvitiya. V: Sb. mater. 2-y Mejdunar. nauch.-prakt. konf. Belgorod, 12–13 noyabrya, 2020 g. Pod red. A.V. Gabova. Belgorod: Izd. Dom «Belgorod»; 2021. S. 139–141.
3. Pospelov G. Ye., Sazonov Yu. N. Intellektual'nyye elektroenergeticheskiye sistemy: osnovnyye metody i tehnologii. — M.: Energoatomizdat, 2020.
4. Jukov V. S., Kovalyov A. A. Sovremennyye metody monitoringa i diagnostiki elektricheskikh setey. — Sankt-Peterburg: PEI, 2019.
5. Kotin I. V., Mixeyev A. A. Intellektual'nyye izmeritel'nyye ustroystva v raspredelitel'nykh setyakh // Elektricheskyye stantsii. — 2021. — №4. — S. 35–42.
6. Kundur P. Power System Stability and Control. — New York: McGraw-Hill, 2019.
7. Gungor V. C., Sahin D. Smart Grid Technologies: Communication Technologies and Standards // IEEE Transactions on Industrial Informatics. — 2020. — Vol. 16(8). — P. 5562–5574.
8. Mayorov N. N., Sidorov D. V. Modelirovaniye perexodnykh protsessov v elektricheskikh setyakh s ispol'zovaniyem intellektual'nykh datchikov // Izvestiya vuzov. Elektromekhanika. — 2022. — №3. — S. 48–55.
9. Farahani B. Smart Monitoring of Power Networks Using Intelligent Measurement Modules // Energy Systems Research. — 2021. — Vol. 12. — P. 101–109.
10. Lebedev K. S., Romashov A. V. Analiz effektivnosti vnedreniya sifrovyykh tehnologiy v raspredelitel'nykh setyakh // Energetika i promyshlennost' Rossii. — 2022. — №7. — S. 12–17.