

# Метод идентификации потребителей электрической энергии

М. Р. Богданов • Г. Р. Шахмаметова

Статья посвящена идентификации потребителей электрической энергии. Для проверки гипотезы о возможности идентификации потребителей электрической энергии был проведен эксперимент по измерению таких электрических параметров, как суммарная реактивная мощность, прямая активная энергия, суммарная прямая активная энергия и суммарная кажущаяся мощность при индивидуальном и совместном подключении трех потребителей электроэнергии: пылесос, тепловая пушка и кондиционер. Классификацию признаков проводили с помощью случайного леса. Была получена метрика ассурасы, равная 0.99. Предварительные результаты говорят о перспективности предложенного подхода для идентификации потребителей электрической энергии.

*Электроэнергетика; машинное обучение; цифровая обработка сигналов.*

## ВВЕДЕНИЕ

Роль и значение электроэнергетики в жизни современного общества сложно переоценить. С электроэнергетикой связаны такие проблемы, как потери и нецелевое использование электроэнергии. Выделяют технические потери электроэнергии, происходящие на этапах генерации, передачи и распределения. Они происходят в основном из-за рассеивания энергии в линиях электропередач, силовых трансформаторах и измерительных устройствах [Kon19]. Нетехнические потери – это потери, вызванные внешними по отношению к энергосистеме процессами. Если говорить конкретнее, то неучтенные потребители в основном связаны с хищением электроэнергии. Их также можно рассматривать как необнаруженные потребительские нагрузки, о существовании которых местные коммунальные службы не знают.

Хищение электроэнергии может производиться за счет подключения внешней фазы к клеммам счётчика благодаря вмешательству в работу счётчиков или подключению напрямую к распределительному фидеру [Kon19]. Неучтенные потери электроэнергии сложно измерить, поскольку они часто не учитываются и не регистрируются [Kon19]. Кражи электроэнергии могут происходить из-за высоких цен на энергоносители, безработицы, тяжелого финансового положения потребителей. К нецелевому использованию электроэнергии можно отнести, например, подпольные криптофермы, производство марихуаны, незарегистрированное частное предпринимательство.

Анализ литературы показывает, что основной упор в исследованиях в данной области делается на обнаружение фактов хищения электроэнергии. При этом авторы подходят к проблеме с точки зрения поиска аномалий, когда реальное энергопотребление отличается от прогнозируемого. В работе [Jia21] предлагается использовать метод XGBoost для оценки аномального энергопотребления. В работе [Kon19] описываются нормальные паттерны энергопотребления отдельно для частного сектора и отдельно для бизнеса. Например, предлагаются семь

Рекомендовано к публикации программным комитетом XI Международной научной конференции ITIDS'2025 «Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений», Уфа, 13–15 ноября 2024 г.

Богданов М. Р., Шахмаметова Г. Р. Метод идентификации потребителей электрической энергии // СИИТ. 2026. Т. 8, № 1(25). С. 88-92. DOI: [10.54708/SIIT-2026-no1-p88](https://doi.org/10.54708/SIIT-2026-no1-p88). EDN: [EWZBCL](https://edn.sci.ugatu.su/EDN/EWZBCL).

Bogdanov M. R., Shakhmametova G. R. Method for identification of consumers of electrical energy // SIIT. 2026. Vol. 8, no. 1(25), pp. 88-92. DOI: [10.54708/SIIT-2026-no1-p88](https://doi.org/10.54708/SIIT-2026-no1-p88). EDN: [EWZBCL](https://edn.sci.ugatu.su/EDN/EWZBCL) (In Russian).

основных паттернов потребления электроэнергии бытовыми потребителями, которые включают в себя такие сценарии, как например, «Отсутствие дома с 09:00 до 13:00» (возможно, у жильцов есть подработка в утренние часы) или «Полное отсутствие в будние дни и частичное присутствие в выходные (возможно наличие загородного дома недалеко от постоянного места жительства)». Также приводятся восемь основных нагрузок, характерных для бытового потребления, например, «Домашние дела (пылесос, посудомоечная машина, стиральная машина)», «Личная гигиена (водонагреватель, фен)». В работе [Zha21] предложено совместно использовать трансформеры и метод k-средних для обнаружения фактов аномального потребления электроэнергии.

В приведенных выше сценариях мониторинга энергопотребления рассуждения велись или на уровне отдельных домохозяйств, или на уровне отдельных объектов бизнеса (ресторанов) [Kon19, Mak24]. На наш взгляд, было бы интересно отслеживать энергопотребление каждого отдельно взятого электрического прибора. Это позволит повышать эффективность ведения бизнеса. Например, выявленные факты использования дополнительных электронагревательных приборов в офисном центре могут свидетельствовать о проблемах с отоплением, подозрительно большое количество включаемых чайников или зарядных устройств для мобильных телефонов на строящемся объекте может говорить о проживании нелегальных мигрантов, работа незарегистрированных швейных машин в торговом центре может говорить о подпольном производстве.

### ЦЕЛЬ РАБОТЫ

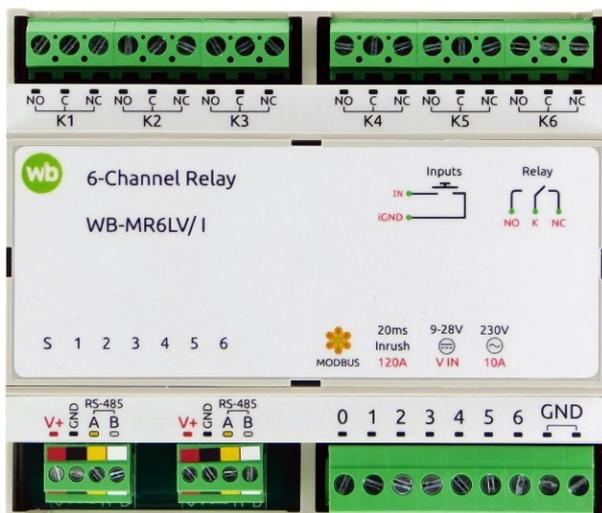
Проверка возможности идентификации потребителей электрической энергии.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В рамках проводимого исследования был проведен эксперимент, целью которого была проверка возможности идентифицировать потребителей электрической энергии индивидуально и при совместном включении. Был собран стенд, который позволил измерять в динамике при подключении к электрической сети потребителей следующие электрические параметры:

- суммарная реактивная мощность;
- суммарная прямая реактивная энергия;
- коэффициент мощности;
- прямая активная энергия;
- реактивная мощность;
- ток (RMS);
- напряжение (RMS);
- суммарная прямая активная энергия;
- активная мощность;
- прямая реактивная энергия;
- суммарная активная мощность;
- суммарная кажущаяся мощность;
- кажущаяся мощность;
- частота;
- суммарный коэффициент мощности.

Для коммутации нагрузки использовали модуль реле WB-MR6-LV с 6 релейными выходами, 7 дискретными входами и управлением по RS-485 (рис. 1). Измерение электрических параметров проводили с помощью универсального измерителя параметров электрических сетей WB-MAP3E с одним трехфазным или 3 однофазными измерительными каналами и интерфейсом RS-485. В качестве нагрузки использовали промышленный кондиционер Ariete Model 9002 мощностью 900 Вт (в дальнейшем будем его называть K1), промышленный пылесос ПС-1600М мощностью 1400 Вт (K2) и тепловую пушку ПТС3-180 мощностью 3 кВт (рис. 2). Частота измерения электрических параметров составляла 1 Гц, продолжительность – 300 с.



**Рис. 1** Реле WB-MR6-LV с 6 релейными выходами, 7 дискретными входами и управлением по RS-485



**Рис. 2** Нагрузка, использованная в эксперименте: кондиционер, пылесос и тепловая пушка

С помощью метода перестановок выявили наиболее важные признаки [Kon 20]. Ими оказались: суммарная реактивная мощность, прямая активная энергия, суммарная прямая активная энергия и суммарная кажущаяся мощность. Были исследованы следующие схемы подключения приборов: K1; K2; K3; K1K2; K1K3; K2K3; K1K2K3.

Для классификации признаков использовали случайный лес. Метрика Accuracy составила 0.99. Была показана возможность разделения сигналов (рис. 3).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для проверки гипотезы о возможности идентификации потребителей электрической энергии был проведен эксперимент по измерению таких электрических параметров, как суммарная реактивная мощность, прямая активная энергия, суммарная прямая активная энергия и суммарная кажущаяся мощность при индивидуальном и совместном подключении трех потребителей электроэнергии: пылесос, тепловая пушка и кондиционер. Классификацию признаков проводили с помощью случайного леса. Была получена метрика Accuracy, равная 0.99. Предварительные результаты говорят о перспективности предложенного подхода для идентификации потребителей электрической энергии. Следует отметить работы [Ели23, Max23, Шап23], повлиявшие на данное исследование.

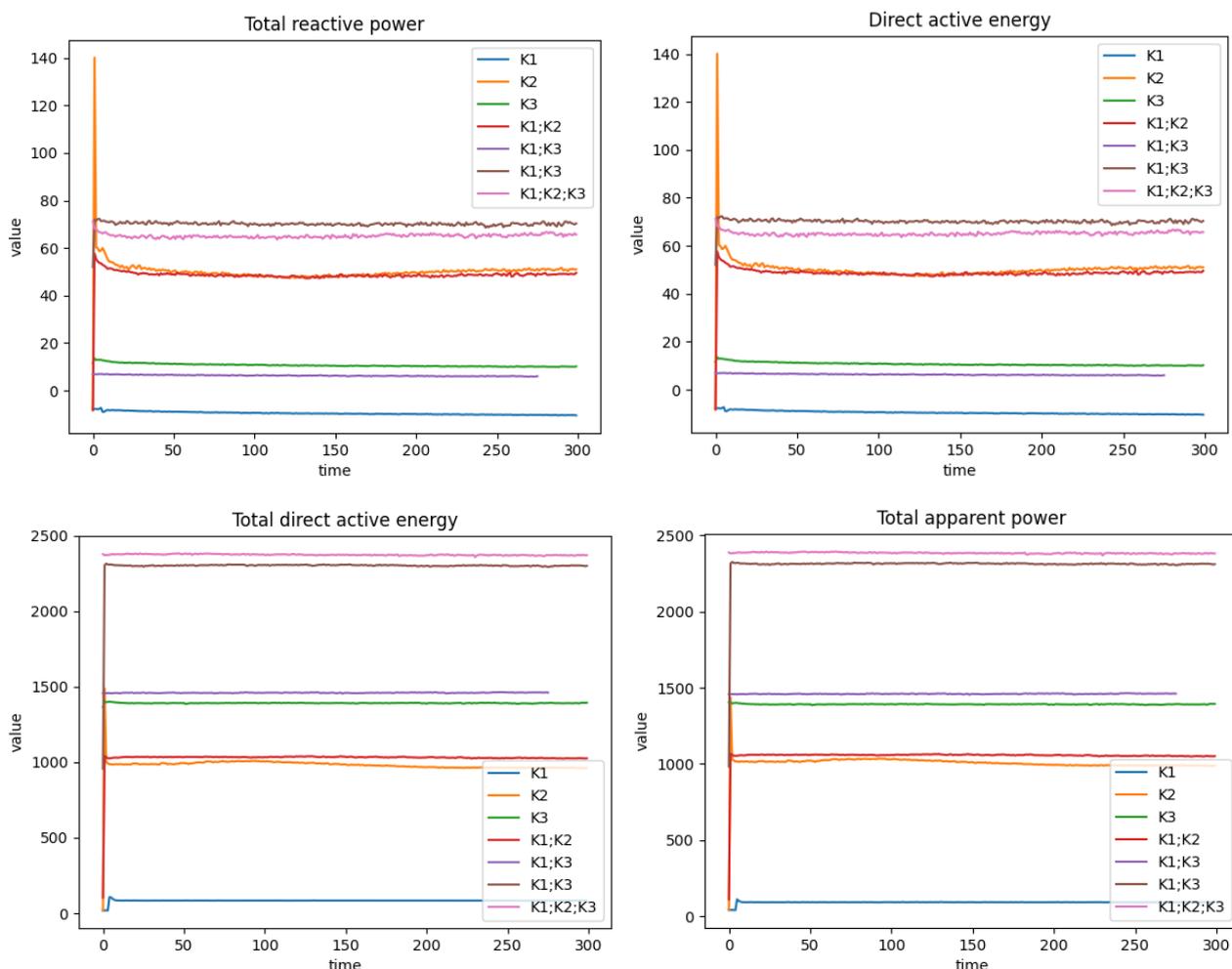


Рис. 3 Идентификация потребителей электрической энергии

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

- [Jia21] Jianfeng J., Wenjun Z., Xingang W., Chong Z. Abnormal Power Consumption Detection Based on Data-Driven. E3S Web of Conferences. 2021. 261. 01029 ICEMEE 2021. [10.1051/e3sconf/202126101029](https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126101029). EDN: YEXIWF.
- [Kon19] Konstantinos B., Georgios S. Efficient power theft detection for residential consumers using mean shift data mining knowledge discovery process // International Journal of Artificial Intelligence and Applications (IJAI). January 2019. Vol. 10, No.1. P. 69–85. DOI: [10.5121/ijai.2019.10106](https://doi.org/10.5121/ijai.2019.10106).
- [Zha21] Zhang J., Zhang H., Ding S., Zhang X. Power Consumption Predicting and Anomaly Detection Based on Transformer and K-Means // Front. Energy Res. 2021. 9:779587. DOI: [10.3389/fenrg.2021.779587](https://doi.org/10.3389/fenrg.2021.779587). EDN: L BXARA.
- [Ели23] Елизарова А. В., Сaitова Г. А., Момзиков Н. В. Выбор архитектуры нейронной сети для прогнозирования состояния заряда аккумулятора // СИИТ. 2023. Т. 5, № 4(13). С. 123–131. DOI: [10.54708/2658-5014-SIIT-2023-no4-p123](https://doi.org/10.54708/2658-5014-SIIT-2023-no4-p123). EDN: RXSDIA. [[Elizarova A. V., Saitova G. A., Momzikov N. V. Selecting a neural network architecture for predicting the battery charge state // SIIT. 2023. Vol. 5, No. 4(13). P. 123-131. (In Russian).]]
- [Мак24] Макарова Е. А., Габдуллина Э. Р. и др. Структура и динамические модели управляемого взаимодействия секторов домохозяйств и государственных учреждений // СИИТ. 2024. Т. 6, № 1(16). С. 67–76. EDN: TWYQFA. [[Makarova E. A., Gabdullina E. R. et al. Structure and dynamic models of controlled interaction of household sectors and government institutions // SIIT. 2024. Vol. 6, No. 1(16). P. 67-76. (In Russian).]]
- [Мах23] Махмутов А. Р., Вульфин А. М., Миронов К. В. Исследование возможностей автономной работы конечных устройств Интернета вещей // СИИТ. 2023. Т. 5, № 1(10). С. 41–47. DOI: [10.54708/2658-5014-SIIT-2023-no1-p41](https://doi.org/10.54708/2658-5014-SIIT-2023-no1-p41). EDN: DPEMFA. [[Makhmutov A. R., Vulfin A. M., Mironov K. V. Study of the capabilities of autonomous operation of end devices of the Internet of Things // SIIT. 2023. Vol. 5, No. 1(10). P. 41-47. (In Russian).]]
- [Шап23] Шапошникова А. С., Богданов М. Р. Определение сердечного ритма плода по неинвазивному ЭКГ с применением различных фильтров // СИИТ. 2023. Т. 5, № 6(15). С. 32–37. DOI: [10.54708/2658-5014-SIIT-2023-no5-p32](https://doi.org/10.54708/2658-5014-SIIT-2023-no5-p32). EDN: WBBOVK. [[Shaposhnikova A. S., Bogdanov M. R. Determination of fetal heart rate using non-invasive ECG using various filters // SIIT. 2023. Т. 5, No. 6(15), pp. 32-37. (In Russian).]]
- [Kon 20] Konig G., Molnar C., Bischl B., Grosse-Wentrup M. Relative Feature Importance. arXiv:2007.08283v1 [stat.ML] 16 Jul 2020

## ОБ АВТОРАХ | ABOUT THE AUTHORS

**БОГДАНОВ Марат Робертович**

Уфимский университет науки и технологий, Россия.  
[bogdanov\\_marat@mail.ru](mailto:bogdanov_marat@mail.ru) ORCID: 0000-0003-1775-5920.  
Доцент каф. вычислительной математики и кибернетики

**ШАХМАМЕТОВА Гюзель Радиковна**

Уфимский университет науки и технологий, Россия.  
[shakhgouzel@mail.ru](mailto:shakhgouzel@mail.ru) ORCID: 0000-0002-7742-793X.  
Зав. кафедрой вычислительной математики и кибернетики.

**BOGDANOV Marat Robertovich**

Ufa University of Science and Technology, Russia.  
[bogdanov\\_marat@mail.ru](mailto:bogdanov_marat@mail.ru) ORCID: 0000-0003-1775-5920.  
Assoc. Prof. Dept. of Computational Maths and Cybernetics

**SHAKHMAMETOVA Guzel Radikovna**

Ufa University of Science and Technology, Russia.  
[shakhgouzel@mail.ru](mailto:shakhgouzel@mail.ru) ORCID: 0000-0002-7742-793X.  
Head of the Dept. of Computational Maths and Cybernetics.

## МЕТАДАННЫЕ | METADATA

**Заглавие:** Метод идентификации потребителей электрической энергии.

**Авторы:** Богданов М. Р., Шахмамметова Г. Р.

**Аннотация:** Статья посвящена идентификации потребителей электрической энергии. Для проверки гипотезы о возможности идентификации потребителей электрической энергии был проведен эксперимент по измерению таких электрических параметров, как суммарная реактивная мощность, прямая активная энергия, суммарная прямая активная энергия и суммарная кажущаяся мощность при индивидуальном и совместном подключении трех потребителей электроэнергии: пылесос, тепловая пушка и кондиционер. Классификацию признаков проводили с помощью случайного леса. Была получена метрика Accuracy, равная 0.99. Предварительные результаты говорят о перспективности предложенного подхода для идентификации потребителей электрической энергии.

**Ключевые слова:** Электроэнергетика; машинное обучение; цифровая обработка сигналов.

**Язык:** Русский.

Статья поступила в редакцию 1 февраля 2026 г.

**Title:** Method for identification of consumers of electrical energy

**Authors:** Bogdanov M. R., Shakhmametova G. R.

**Abstract:** This paper is about the identification of electrical energy consumers. To test the hypothesis concerning the ability of identifying electrical energy consumers, an experiment was conducted measuring electrical parameters such as total reactive power, direct active energy, total direct active energy, and total apparent power for three electrical consumers: a vacuum cleaner, a heat gun, and an air conditioner, individually and simultaneously connected. Feature classification was performed using a random forest. An accuracy metric of 0.99 was obtained. Preliminary results indicate the potential of the proposed approach for identifying electrical energy consumers.

**Key words:** Electric power engineering; machine learning; digital signal processing.

**Language:** Russian.

The editors received the article on 1 February 2026.