

ТЕХНИЧЕСКИЕ И ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

DOI: 10.24143/1812-9498-2020-2-7-13
УДК [658.264:621.31]:621.397.6

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ ЗАЩИТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ПРИБОРА УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ОТ СТОРОННИХ ЛИЦ

О. Г. Коиспаева, С. В. Головки, М. А. Надеев

*Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, Российская Федерация*

Рассматриваются проблемы вмешательства в систему учета электроэнергии и занижения потерь электроэнергии различными способами. Отмечено, что в современных условиях единственным эффективным способом выявления и предотвращения нарушений является установка выносного прибора учета электроэнергии на разделе границ балансовой и эксплуатационной ответственности. В качестве конкретного примера рассматривается интеллектуальный прибор учета электроэнергии типа РиМ 384.02. Представлен фотоснимок прибора, и перечислены его основные положительные характеристики. В дорогостоящий интеллектуальный прибор учета электроэнергии предложено внедрение круглосуточной системы видеонаблюдения и видеофиксации с целью сохранения целостности и работоспособности прибора. Предложена возможность обработки видеопотока с помощью машинного зрения и машинного обучения. Обосновывается экономическая целесообразность цифровизации системы технологического видеонаблюдения. Сделан вывод о необходимости оптимизации развития электрических сетей, совершенствования системы учета электроэнергии, внедрения новых информационных технологий в энергосбытовую деятельность.

Ключевые слова: интеллектуальный прибор учета электроэнергии, потери электроэнергии, цифровые технологии, машинное зрение, видеофиксация.

Для цитирования: Коиспаева О. Г., Головки С. В., Надеев М. А. Технологическое видеонаблюдение как инструмент защиты интеллектуального прибора учета электроэнергии от сторонних лиц // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2020. № 2 (70). С. 7–13. DOI: 10.24143/1812-9498-2020-2-7-13.

Введение

В настоящее время уровень коммерческих потерь в энергосистемах России в целом можно определить на основе сопоставления динамики изменения отпуска электроэнергии в сеть и уровня отчетных потерь за многолетний период. Коммерческой составляющей потерь, или коммерческими потерями, принято называть разность между величинами отчетных и технических потерь.

Снижение потерь электроэнергии в электрических сетях – это сложная комплексная проблема, которая требует высоких капитальных вложений, необходимых для оптимизации развития электрических сетей, совершенствования системы учета электроэнергии, внедрения новых информационных технологий в энергосбытовую деятельность и управления режимами сетей, обучения персонала и его оснащения средствами поверки инструментов измерений электроэнергии и т. д. [1].

Существенными факторами для снижения потерь электроэнергии являются уровень покупательной способности и менталитет населения в регионе. Известно, что уровень коммерческих потерь выше в тех странах, в которых ниже уровень жизни. В современных условиях малому бизнесу также нелегко, тарифы на электроэнергию очень высоки, в то время как большин-

ство энергосбытовых организаций требуют с юридических лиц предоплату за следующий месяц 70 % от потребления в текущем месяце. Бывают случаи, когда расходы на коммунальные платежи больше, чем ежемесячная выручка. Для того чтобы малому бизнесу удержаться на плаву, юридические и приравненные к ним лица осознанно занижают реальное потребление электроэнергии различными способами путем вмешательства в систему учета электроэнергии.

Материалы исследования

Способы незаконного вмешательства в приборы учета бывают настолько изощренными, что единственным методом выявления реального потребления электроэнергии является установка выносного прибора учета электроэнергии на разделе границ согласно выданным техническим условиям. В случаях с крупными энергоемкими предприятиями установку пункта коммерческого учета электроэнергии следует осуществлять на стороне ВЛ-6-10кВ. Одним из эффективных инструментов борьбы с хищением электроэнергии юридическими и приравненными к ним лицами является установка на разделе границ балансовой и эксплуатационной ответственности интеллектуального прибора учета электроэнергии типа РиМ 384.02 (рис.).



Интеллектуальный прибор учета электроэнергии типа РиМ 384.02

Основные положительные технические характеристики данного прибора учета электроэнергии: удаленный дистанционный опрос, точный учет электроэнергии, полностью исключающий возможность хищения электроэнергии, а также удобство и простота монтажа и демонтажа на ВЛ-6-10кВ, не требующие дополнительных затрат [2].

В связи с неоднократными попытками со стороны юридических лиц препятствовать различными способами ведению сетевой организацией точного учета потребляемой электроэнергии необходимо внедрение технологического видеонаблюдения: удаленного контроля за состоянием целостности и работоспособности прибора учета электроэнергии, а также видеосъемки окружающего его пространства.

Потребитель, в отношении которого сетевая компания устанавливает прибор учета электроэнергии, как правило, не несет ответственности, т. к. в большинстве случаев доказать его причастность к выходу из строя прибора учета электроэнергии нет возможности ввиду отсутствия свидетелей [3]. Поэтому считаем необходимым внедрение в дорогостоящий интеллектуальный прибор учета электроэнергии круглосуточной системы видеofиксации в радиусе не менее 50 м с прямой трансляцией на мониторы компьютера диспетчера сетевой организации.

Традиционную систему технологического видеонаблюдения на энергообъектах можно рассматривать как практически полный аналог системы охранного видеонаблюдения, в которой вся обработка информации производится визуальным диспетчерским персоналом.

Для безусловного повышения эффективности системы технологического видеонаблюдения посредством внедрения цифровых технологий предлагаем рассмотреть возможность обработки видеопотока с помощью машинного зрения и машинного обучения.

В настоящей работе приведено описание концепции системы видеофиксации для повышения эффективности использования систем технологического видеонаблюдения на объектах электроэнергетики с получением новых типов сигналов и расширением функционала современных оперативно-информационных комплексов (SCADA/DMS/OMS).

Цифровизация системы технологического видеонаблюдения на основе машинного зрения и машинного обучения

Машинным зрением называется набор определенных методов, используя которые можно научить компьютерную систему анализировать информацию оцифрованных изображений или видеоданных. Для этого необходимо сформировать обучающую базу, составленную из большого числа исходных изображений или видеоданных.

С помощью технологии машинного обучения компьютерная система исследует обучающую базу, выявляя при этом признаки, указывающие на определенные объекты, рассчитывая их значимость и учитывая ряд других параметров.

Когда процесс машинного обучения завершен, машинное зрение может быть применено на практике. Обработка оцифрованных изображений или видеопотока специальными алгоритмами позволяет компьютерной системе получить данные для последующего анализа. В процессе обработки в первую очередь определяются важные фрагменты, после чего проводится их обработка (выделение самых контрастных участков, ярких фрагментов, подозрительных предметов и т. д.).

После анализа и отбора важных фрагментов компьютерная система превращает их в числовые данные. Фрагмент изображения, записанный в числовом виде, принято называть дескриптором. Используя дескрипторы, система может проводить точное сравнение отдельных фрагментов определенного изображения. Для ускорения этого процесса производится объединение дескрипторов в группы и кластеры по общим схожим признакам.

Когда деление на кластеры завершается, для всей системы становится важным лишь определение кластера, в котором содержатся фрагменты, схожие с искомым местом, где смонтирован интеллектуальный прибор учета типа РИМ 384.02. Процесс перехода от дескрипторов к номерам кластеров принято называть квантованием. Процесс квантования позволяет системе машинного зрения значительно уменьшить объем данных, которые должны подвергаться анализу.

За счет работы дескрипторов при квантовании компьютерной системы удастся производить сравнение разных изображений, определяя на них отдельные объекты. При сравнении наборов дескрипторов разных изображений становится возможным делать выводы о количественной и качественной схожести тех или иных элементов изображений или видеоряда. На основе количественных показателей сравнения можно делать вывод об отнесении зафиксированного объекта к определенному классу (человек, автомобиль, животное, оружие и т. д.) с некоторой вероятностью. Классификацию объекта можно считать успешной, если вероятность отнесения объекта к какому-либо одному классу существенно выше, чем к другим классам. В противном случае, если алгоритм машинного зрения зафиксировал, что объект принадлежит к нескольким классам с приблизительно одинаковой вероятностью, объект считается неопознанным.

Практическое применение методов машинного обучения предполагает наличие больших объемов исходных данных для обучения классифицирующей нейронной сети. Исходя из того, что для создания специализированной нейронной сети (для интеллектуального прибора учета электроэнергии типа РИМ 384.02) может потребоваться большой период времени, охватывающий все возможные времена года и разнообразие характерных для них погодных и иных условий, для выявления факта наличия персонала предлагается использовать готовую (обученную) нейронную сеть, используемую для классификации объектов видеофиксации в уже освоенных областях. Подобной может являться нейронная сеть, задействованная для управления автотранспортом, т. к. она уже опробована для фиксации человека (пешехода), автотранспорта, животных, птиц в радиусе 50 м от места установки по ВЛ-10кВ интеллектуального прибора учета электроэнергии типа РИМ 384.02 [4].

Ключевым фактором при применении машинного зрения является оценка его правильной работы, за основу которой может быть взят критерий вероятности распознавания объектов.

В рамках пилотного внедрения предполагается считать работу системы видеофиксации успешной, если вероятность определения наличия сторонних лиц равно 85 % или более.

Система и задачи, решаемые видеофиксацией

Для реализации системы видеофиксации необходимы:

- видеокамеры высокого разрешения (на интеллектуальном приборе учета электроэнергии типа РиМ 384.02);

- каналы связи между интеллектуальным прибором учета электроэнергии типа РиМ 384.02 и диспетчерским пунктом;

- полевой видеосервер на электросетевом объекте для обработки изображений либо видеосервер в диспетчерском пункте.

Камера устанавливается на объекте таким образом, чтобы обеспечить обзор вокруг интеллектуального прибора учета электроэнергии типа РиМ 384.02 на наличие людей возле электроустановок и подходов к ним.

Основное назначение полевого видеосервера – это формирование архива событий, происходящих в радиусе не менее 50 м в районе установки по ВЛ 6-10кВ интеллектуального прибора учета электроэнергии типа РиМ 384.02 (наличие/отсутствие людей, формирование подтверждающих изображений). Изображения будут являться единственным и неопровержимым доказательством вмешательства сторонних лиц в интеллектуальный прибор учета электроэнергии при взыскании денежных средств с виновных лиц за причиненный ущерб и привлечение к административной ответственности за порчу имущества. При установке полевого видеосервера для обработки изображений на электросетевом объекте существует возможность значительного снижения трафика видеоданных с электросетевого объекта.

Задачи, решаемые видеосервером:

- сбор и обработка изображений от нескольких камер в форматах сжатия;

- выделение фрагментов изображения;

- анализ изображений объектов наблюдений с определением наличия посторонних лиц и технического состояния интеллектуального прибора учета электроэнергии;

- формирование сигналов телесигнализации в случае обнаружения сторонних лиц и возможных угроз для интеллектуального прибора учета электроэнергии;

- формирование подтверждающих изображений;

- передача телесигнализации о состоянии конструкции и подтверждение угроз прибору;

- архивирование данных на срок до 30 дней;

- запись событий в журнал.

Предлагаемый подход к цифровизации системы технологического видеонаблюдения представляется экономически целесообразным, т. к. основывается на использовании существующей инфраструктуры и не требует организации широкополосных каналов связи с каждым электросетевым объектом, оснащаемым данной системой [5]. Также предложенный подход позволяет сохранить дорогостоящий прибор учета электроэнергии от сторонних лиц; отметим и ежемесячный экономический эффект (снижение коммерческих потерь электроэнергии конкретного юридического лица) [6].

Например, при установке интеллектуального прибора учета электроэнергии на отпайке по ВЛ6-10 кВ по потребителю «группы риска» рыболовная артель «Каспиец» зафиксированный средний месячный объем потребленной электроэнергии составлял 52 000 кВт·ч, однако потребитель предоставлял данные по ежемесячному потреблению – в среднем 10 000 кВт·ч. Эффект от установки интеллектуального прибора учета электроэнергии типа РиМ 384.02 составил 42 000 кВт·ч в месяц, после чего на прибор было совершено вандальное действие сторонними лицами – расстрел конструкции РиМ 384.02 оружием. Сетевой организацией было направлено заявление в полицию, однако уголовное дело не возбудили ввиду отсутствия свидетелей, интеллектуальный прибор учета электроэнергии типа РиМ 384.02 был размещен в безлюдном месте, отпайка ВЛ-10кВ располагалась между деревьями, вдали от населенного пункта. Сетевая ком-

пания понесла убытки как по сбору отпущенной электроэнергии, потребитель так и продолжил хищение электроэнергии, так и по затратам на покупку интеллектуального прибора учета электроэнергии типа РиМ 384.02 (стоимость от 180 000 до 230 000 руб.). Таким образом, внедрение в конструкцию РиМ 384.02 технологического видеонаблюдения в современных условиях является более чем актуальным вопросом в борьбе с коммерческими потерями электроэнергии.

Заключение

Предложен один из путей сохранения дорогостоящего интеллектуального прибора учета электроэнергии с помощью внедрения системы видеофиксации в конструкцию РиМ 384.02.

Внедрение системы видеофиксации в составе систем технологического видеонаблюдения дает возможность отображения информации о наличии или отсутствии реальной угрозы от сторонних лиц для электросетевых объектов, в данном случае для интеллектуального прибора учета электроэнергии, с подтверждающими события фото- и/или видеоматериалами.

Предлагаемый подход к цифровизации системы технологического видеонаблюдения представляется экономически целесообразным, т. к. основывается на использовании существующей инфраструктуры и не требует организации широкополосных каналов связи с каждым электросетевым объектом, оснащаемым данной системой. Также рассматриваемый подход позволяет сохранить дорогостоящий прибор учета электроэнергии от сторонних лиц и добиться ежемесячного экономического эффекта (снижение коммерческих потерь электроэнергии конкретного юридического лица).

Система видеофиксации повысит эффективность и безопасность работы интеллектуального прибора учета электроэнергии путем внедрения цифровых технологий (машинного обучения и машинного зрения) и интеллектуальных систем управления, а также расширит функционал оперативно-информационных комплексов [7].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Евдокунин Г. А.* Электрические системы и сети: учеб. пособие. СПб.: Родная Ладога, 2018. 384 с.
2. *Абрамченко Е. В., Чирков Ю. А., Апросин К. А.* Применение системы видеофиксации в составе систем технологического видеонаблюдения на объектах электроэнергетики // *Электроэнергия. Передача и распределение.* 2018. № 1 (12). URL: www.eerir.ru (дата обращения: 15.09.2020).
3. *Мамий И. П.* Методологические проблемы энергетической статистики на этапе модернизации экономики // *Вопр. статистики.* 2010. № 6. С. 17–22.
4. *Дьяков А. Ф., Максимов Б. К., Молодюк В. В.* Рынок электрической энергии в России: состояние и проблемы развития. М.: Изд-во МЭИ, 2000. 135 с.
5. *О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с развитием систем учета электрической энергии (мощности) в Российской Федерации: Федеральный закон РФ от 27.12.2018 № 522-ФЗ.* URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72039472/> (дата обращения: 02.09.2020).
6. *Абрамченко Е. В., Харитонова Н. П.* Анализ возможностей внедрения и определения требований к системам управления распределительными сетями // *Электроэнергия. Передача и распределение.* 2018. № 1 (8). С. 22–29.
7. *Концепция цифровизации сетей на 2018–2030 гг.* М.: ПАО «Россети», 2018. 31 с.

Статья поступила в редакцию 02.10.2020

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Коиспаева Оксана Гарифуллаевна – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; студент кафедры электрооборудования и автоматики судов; oxanakoispaeva@yandex.ru.

Головко Сергей Владимирович – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; канд. техн. наук; доцент кафедры электрооборудования и автоматики судов; g_s_v_2007@mail.ru.

Надеев Максим Альмансурович – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; канд. техн. наук; доцент кафедры электрооборудования и автоматики судов; elmech@astu.org.



TECHNOLOGICAL VIDEO SURVEILLANCE AS PROTECTIVE TOOL OF SMART ELECTRICITY METERS FROM UNAUTHORIZED ACCESS

O. G. Koispaeva, S. V. Golovko, M. A. Nadeev

*Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, Russian Federation*

Abstract. The article touches upon the problems of interference in the electricity metering system and different types of electricity loss underestimation. It has been stated that in modern conditions the only effective way to identify and prevent violations is to install a remote electricity meter at the borderline of balance and operational responsibilities. РИМ 384.02 smart electricity meter is considered as an example. A picture of the device is presented and its main positive characteristics are listed. It has been proposed to introduce the twenty-four-hour video surveillance and video recording system into an expensive smart electricity meter in order to maintain the integrity and operability of the device. Video stream processing by means of machine vision and machine learning has been proposed. The economic feasibility of digitalization of the technological video surveillance system is being substantiated. The need of optimization of the electrical networks, the improvement of electricity metering system and of introducing the new information technologies in energy sales has been substantiated.

Key words: smart electricity meter, power losses, digital technologies, computer vision, video recording.

For citation: Koispaeva O. G., Golovko S. V., Nadeev M. A. Technological video surveillance as protective tool of smart electricity meters from unauthorized access. *Vestnik of Astrakhan State Technical University*. 2020;2 (70):7-13. (In Russ.) DOI: 10.24143/1812-9498-2020-2-7-13.

REFERENCES

1. Evdokunin G. A. *Elektricheskie sistemy i seti: uchebnoe posobie* [Electric systems and networks: teaching guide]. Saint-Petersburg, Rodnaia Ladoga Publ., 2018. 384 p.
2. Abramchenko E. V., Chirkov Iu. A., Aprosin K. A. Primenenie sistemy videofiksatsii v sostave sistem tekhnologicheskogo videonabliudeniia na ob'ektakh elektroenergetiki [Application of video recording systems as part of technological video surveillance systems at power industry facilities]. *Elektroenergiia. Peredacha i raspredelenie*, 2018, no. 1 (12). Available at: www.eepir.ru (accessed: 15.09.2020).
3. Mamii I. P. Metodologicheskie problemy energeticheskoi statistiki na etape modernizatsii ekonomiki [Methodological problems of energy statistics at stage of economic modernization]. *Voprosy statistiki*, 2010, no. 6, pp. 17-22.
4. D'iakov A. F., Maksimov B. K., Molodiuk V. V. *Rynok elektricheskoi energii v Rossii: sostoianie i problemy razvitiia* [Electricity market in Russia: state and problems of development]. Moscow, Izd-vo MEI, 2000. 135 p.
5. *O vnesenii izmenenii v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossiiskoi Federatsii v sviazi s razvitiem sistem ucheta elektricheskoi energii (moshchnosti) v Rossiiskoi Federatsii* [On amendments to legislative acts of the Russian Federation in connection with development of metering systems for electric energy (power) in the Russian Federation]. Federal'nyi zakon RF ot 27.12.2018 № 522-FZ. Available at: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72039472/> (accessed: 02.09.2020).

6. Abramchenko E. V., Kharitonova N. P. Analiz vozmozhnostei vnedreniia i opredeleniia trebovaniia k sistemam upravleniia raspreditel'nymi setiami [Analysis of implementing and definition of requirements for distribution network management systems]. *Elektroenergiia. Peredacha i raspredelenie*, 2018, no. 1 (8), pp. 22-29.

7. *Kontsepsiia tsifrovizatsii setei na 2018–2030 gg.* [Network digitalization concept for 2018–2030]. Moscow, PAO «Rosseti», 2018. 31 p.

The article submitted to the editors 02.10.2020

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Koispaeva Oxana Garifullaevna – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Student of the Department of Ship Electric Equipment and Automation; oxanakoispaeva@yandex.ru.

Golovko Sergey Vladimirovich – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Candidate of Technical Sciences; Assistant Professor of the Department of Ship Electric Equipment and Automation; g_s_v_2007@mail.ru.

Nadeev Maksim Alimansurovich – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Candidate of Technical Sciences; Assistant Professor of the Department of Ship Electric Equipment and Automation; elmech@astu.org.

