

УДК 004

МОДЕРНИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ АНАЛИЗА НЕБАЛАНСА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА КУЙБЫШЕВСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

А.А. Молочков¹, А.А. Тюгашев², Д.Н. Франтасов², Ю.В. Кудряшова²

¹ Куйбышевская дирекция по энергообеспечению – структурное подразделение Трансэнерго – филиала РЖД
Россия, 443030, г. Самара, ул. Чернореченская, 29А

² Самарский государственный университет путей сообщения
Россия, 443066, г. Самара, ул. Свободы, 2 В

Аннотация. Рассматривается применение искусственной нейронной сети в информационно-измерительной системе учета электроэнергии для выявления и анализа факторов, влияющих на небаланс потребления электрической энергии. Рассмотрены эксплуатируемые информационно-измерительные системы коммерческого учета электроэнергии Куйбышевской железной дороги. Установлено, что коммерческие потери присущи розничному рынку, что связано с большим числом подключений к сети и сложностью выявления несанкционированного подключения. Изучена проблема измерения потерь и выявлено несоответствие класса точности существующего измерительного оборудования в точках учета электроэнергии. Рассмотрена возможность повышения точности учета за счет внедрения корректирующего устройства измерительных преобразователей. Для выявления участков сети со сверхнормативными потерями предложено использовать искусственную нейронную сеть. Описана структура входных и выходных данных и организация разработанной нейронной сети. Обучение нейронной сети проводилось на данных о потерях электроэнергии на тяговой подстанции «Жигулевское море» Куйбышевской железной дороги. Приведена общая структура информационно-измерительной системы для контроля небаланса электроэнергии. Показано, что использование нейросетевых технологий может обеспечить уменьшение небаланса до 5 %.

Ключевые слова: небаланс электроэнергии, коммерческие потери электроэнергии, информационно-измерительная система, измерительный трансформатор, искусственная нейронная сеть.

Введение

Концепция «умных электрических сетей» на сегодняшний момент является одним из направлений повышения эффективности использования энергосистемы страны. В рамках концепции предлагаются решения на стыке энергетических и информационных технологий, обеспечивающие эффективное управление на основе поддержания оперативной и достоверной информации о режимах ра-

Молочков Александр Алексеевич, зам. начальника.

Тюгашев Андрей Александрович (д.т.н.), доцент кафедры «Прикладная математика, информатика и информационные системы».

Франтасов Дмитрий Николаевич (к.т.н.), доцент кафедры «Прикладная математика, информатика и информационные системы».

Кудряшова Юлия Викторовна, преподаватель кафедры «Прикладная математика, информатика и информационные системы».

боты энергосистемы. Сегодня применяются отдельные технические решения и в области информационно-измерительных систем (ИИС) управления и учета электроэнергии. Однако эти решения используются локально для мониторинга или учета показателей отдельных узлов, таких как автоматизированные информационно-измерительные системы коммерческого учета электроэнергии (АИИС КУЭ), системы мониторинга силовых трансформаторов, автоматизированные системы управления резервным электропитанием и т. д.

АИИС КУЭ на Куйбышевской железной дороге играет ключевую роль в обеспечении деятельности ОАО «РЖД» по покупке электроэнергии и оказанию услуг по передаче электроэнергии сторонним потребителям по сетям ОАО «РЖД». Целью ее создания и эксплуатации является своевременное и достоверное обеспечение ОАО «РЖД» информацией об электропотреблении по точкам поставки (приема/передачи) электроэнергии на границах со смежными субъектами рынков электроэнергетики (а также по точкам поставки электроэнергии потребителям), по точкам технического учета электроэнергии [1, 2].

АИИС КУЭ состоит из трех подсистем:

- автоматизированная информационно-измерительная система коммерческого учета электроэнергии оптового рынка электроэнергии ОАО «РЖД» – АСКУЭ ОРЭ;

- автоматизированная система контроля и учета электроэнергии розничных рынков электроэнергии ОАО «РЖД» – АСКУЭ РРЭ;

- автоматизированная система контроля и учета электроэнергии железнодорожных узлов ОАО «РЖД» – АСКУЭ ЖУ.

Все АИИС строятся на базе современного микропроцессорного оборудования и позволяют эксплуатировать надежные цифровые каналы связи.

В то же время существует ряд проблем, решение которых позволит снизить небаланс электроэнергии:

- точность, измеряемая информацией, обрабатываемая в каналах АИИС КУЭ, ниже, чем позволяют современные цифровые каналы;

- несвоевременность в принятии решений ведет к увеличению расхода мощности и энергии и, следовательно, к финансовым затратам [6];

- существуют исследования методов, позволяющие повысить точность АИИС КУЭ в широком диапазоне значений измеряемого тока.

В статье предлагается решение этих проблем с помощью интеллектуализации информационно-измерительной системы коммерческого учета на основе нейронной сети.

Структура потерь электроэнергии в электрических сетях железной дороги

Технологические потери включают в себя:

- технические потери в электрических сетях, обусловленные физическими процессами, происходящими при передаче электроэнергии;

- расход электроэнергии на собственные нужды подстанций;

- потери, обусловленные допустимыми погрешностями системы учета электроэнергии.

Они не являются убытками предприятия, так как стоимость их нормативного объема учитывается в тарифе на передачу электроэнергии. Средства на покрытие финансовых издержек, связанных с приобретением электроэнергии для компен-

сации технологических потерь в рамках установленного норматива, поступают в сетевую компанию в составе собранной выручки за передачу электроэнергии.

Технические потери электроэнергии можно рассчитать по законам электротехники, допустимые погрешности приборов учета – на основании их метрологических характеристик, а расход на собственные нужды подстанций – определить по показаниям электросчетчиков.

В то же время коммерческие потери невозможно непосредственно измерить приборами. Они определяются как разность между фактическими и технологическими потерями электроэнергии и, как правило, не подлежат включению в норматив потерь электроэнергии. Затраты, связанные с их оплатой, не компенсируются тарифным регулированием.

Таким образом, коммерческие потери электроэнергии в отличие от технологических являются прямым финансовым убытком сетевых компаний. Являясь, с одной стороны, причиной денежных расходов сетевого предприятия, они в то же время являются и его упущенной выгодой от неоплаченной передачи электроэнергии. Поэтому сетевые организации в большей степени, чем другие участники рынка электроэнергии, заинтересованы в максимально точном учете электроэнергии и правильности расчетов ее объемов в точках поставки на границах своей балансовой принадлежности.

На рис. 1 представлены факторы, вносящие наибольший вклад в коммерческую составляющую потерь электроэнергии.

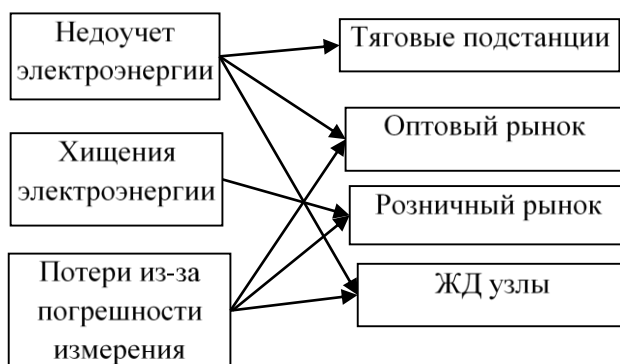


Рис. 1. Факторы, влияющие на коммерческую составляющую потерь электроэнергии

Следует обратить внимание также на высокий уровень отчетных потерь в сетях железнодорожных узлов. Небаланс $W_{НБ}$ между электроэнергией, принятой в сети районов электроснабжения и распределенной отраслевым предприятиям и посторонним железнодорожному транспорту потребителям, достигает 15–25 % и определяется как разность между показаниями счетчиков электроэнергии на входе и выходе участка электросети [3].

Проблема измерения потерь при учете электроэнергии и методы ее решения

Одной из причин потерь при учете электроэнергии являются погрешности систем учета электроэнергии, обусловленные низким классом точности и ненормированными условиями работы измерительных преобразователей и счетчиков,

в том числе их недогрузкой, перегрузкой, работой с ненормированным коэффициентом мощности и т. п.

Авторами был предложен способ коррекции погрешности измерения параметров энергоснабжения для уже эксплуатируемых систем учета. Он позволяет повысить класс точности без существенной модернизации компонентов системы, а только за счет применения корректирующего устройства совместно с уже эксплуатируемыми измерительными трансформаторами [4]. Система учета электроэнергии, построенная с использованием устройств коррекции, имеет более высокий класс точности при сравнимых финансовых затратах.

Рассмотрим измерение электрической энергии посредством ИИС, состоящей из измерительных преобразователей напряжения и тока, счетчиков электрической энергии, линий присоединения счетчиков к преобразователям. В этом случае расчет доверительных границ относительной погрешности δ_w измерений количества электрической энергии при доверительной вероятности, равной 0,95, выполняют по следующей формуле (предполагая, что все составляющие погрешности имеют равномерную функцию плотности вероятности):

$$\delta_w = \pm \sqrt{\delta_I^2 + \delta_U^2 + \delta_\theta^2 + \delta_L^2 + \delta_{co}^2 + \sum_{i=1}^l \delta_{ci}^2}, \quad (1)$$

где δ_I – пределы допускаемой токовой погрешности преобразователя тока;

δ_U – пределы допускаемой погрешности напряжения преобразователя напряжения;

δ_θ – доверительные границы допускаемой погрешности трансформаторной схемы подключения счетчика (при измерениях активной или реактивной электроэнергии);

δ_L – погрешность из-за потери напряжения в линии соединения счетчика с преобразователем напряжения;

δ_{co} – пределы допускаемой основной относительной погрешности счетчика;

δ_{ci} – пределы допускаемой дополнительной погрешности счетчика от i -й влияющей величины;

l – число влияющих величин.

На рис. 2 представлены схемы накопления погрешностей измерительных каналов ИИС учета электроэнергии, включающих трансформатор тока (ТТ), трансформатор напряжения (ТН), корректирующие преобразователи (ПК) и счетчики электроэнергии.

При измерениях активной электрической энергии в предположении, что ИИС состоит из измерительных преобразователей напряжения и тока с коррекцией (класс точности 0,05) и цифрового счетчика электрической энергии с коррекцией (класс точности 0,05), при отсутствии потерь напряжения в линии соединения счетчика с преобразователем напряжения, а также отсутствии дополнительной погрешности счетчика (для нормальных условий эксплуатации счетчика) по (1) получим $\delta_w = 0,1$ %.

Если система предназначена для эксплуатации в сетях до 400 В, то погрешностями, вызванными трансформатором напряжения, можно пренебречь, и в результате получаем $\delta_w = 0,07$ %.

Значение результирующей погрешности ИИС учета электроэнергии с коррекцией может быть 4 раза меньше, чем у систем без коррекции [4, 5].

На сегодняшний день на всех тяговых подстанциях установлены электронные счетчики класса точности 0,5, применяемые для коммерческого расчета. На вводах 27,5 кВ применяются двунаправленные счетчики электрической энергии, которые учитывают перетоки, возникающие из-за разности напряжений на соседних тяговых подстанциях. Таким образом, исключается отнесение на тягу перетоков мощностей по контактной сети. Кроме того, на тяговых подстанциях переменного тока электронные счетчики класса 0,5 также установлены на фидерах, участвующих в расчете расхода электроэнергии на тягу.

За счет подключения счетчиков всех фидеров на тяговых подстанциях к АИИС КУЭ ежемесячно контролируется небаланс принятой и распределенной электроэнергии.

Одна из составляющих «условных» потерь определяется техническим состоянием учета электроэнергии на локомотивах, наличием неучтенного отбора электрической энергии от контактной сети, несанкционированным доступом к приборам учета.

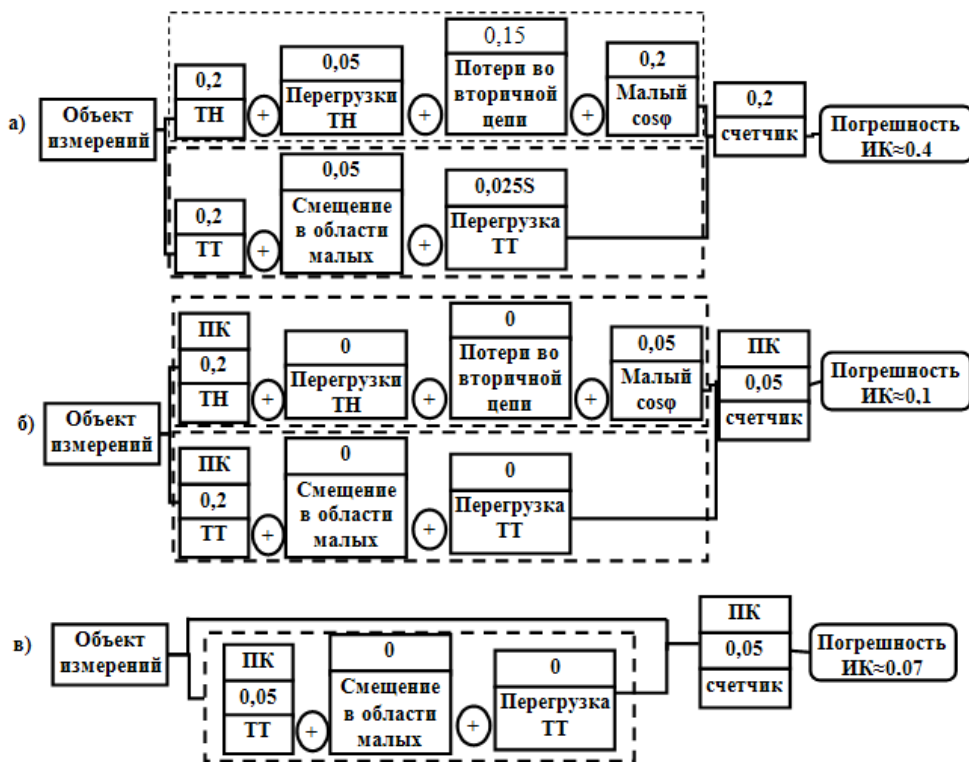


Рис. 2. Схема накопления погрешностей в измерительных каналах ИИС:

а – без коррекции погрешности; б – с коррекцией погрешности в сетях с напряжением свыше 400 В; в – с коррекцией погрешности в сетях с напряжением до 400 В

В результате проведения анализа на Куйбышевской ж. д. результатов поверки показателей приборов учета при токе 5 % номинального (75 А) выяснено, что лишь 9 приборов работают в классе точности. Относительный недоучет потребления электрической энергии более 20 % имеют 18 приборов. Для устранения таких нарушений необходимо установить контроль за качеством проведения калибровки счетчиков подвижного состава путем проведения ежемесячно выбо-

рочной калибровки по разным депо, рассмотреть возможность внедрения локомотивных счетчиков повышенного класса точности. Использование счетчиков класса точности 2,5 не обеспечивает должной достоверности учета на тягу поездов.

Анализ процессов расхода электроэнергии с помощью нейронной сети

Подход к построению информационно-измерительных систем с использованием элементов искусственного интеллекта на основе нейронных сетей успешно развивается в работах [14, 15]. С учетом возможности объединения информационных потоков, а также опыта анализа составляющих небаланса электроэнергии на полигоне Куйбышевской ж. д. авторами предложена структура информационно-измерительной системы, использующая нейронную сеть для определения небаланса расхода электроэнергии. Применение такой ИИС позволит доработать уже эксплуатируемые информационные системы и улучшить контроль небаланса путем экспертных решений [7].

На рис. 3 представлена структурная схема предлагаемой ИИС. Входной сигнал поступает на блок ТТ и БК, на блоке БК формируется корректирующий сигнал. Далее скорректированный сигнал поступает на счетчик. После сигнал передается через УПД либо по сети передачи данных, либо с помощью интернет-модемов. Вся информация поступает в ЭВМ и заносится в базу данных БД.

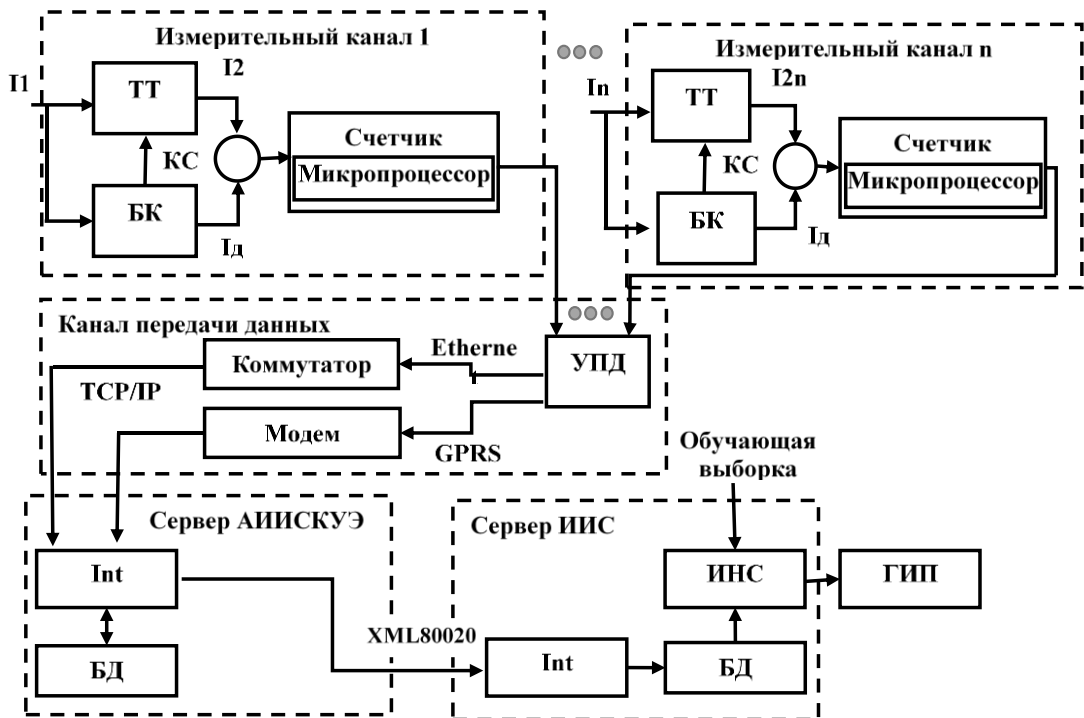


Рис. 3. Структурная схема информационно-измерительной системы:

ТТ – трансформатор тока; БК – блок коррекции; КС – корректирующий сигнал; УПД – устройство передачи данных; ИНС – искусственная нейронная сеть; БД – база данных; ГИП – графический интерфейс пользователя; Int – интерфейс взаимодействия с БД; XML80020 – форма представления данных из АИИС КУЭ

Для обучения нейронной сети были выбраны показатели по тяговой подстанции «Жигулевское море» КБШ ЖД за период I и II кварталов 2018 г. с экспертным анализом факторов небаланса. В качестве эксперта выступал специалист отдела эксплуатации АИИС КУЭ Куйбышевской дирекции по энергообеспечению.

Вначале готовится выгрузка из АИИС КУЭ значений показаний электросчетчиков на входе и выходе участка. Далее рассчитывается значение небаланса $W_{нб}$ как разница между показаниями на входе $W_{вх}$ и выходе $W_{вых}$ участка электросети в момент времени t . Полученное значение сравнивается с нормативным значением данного участка n . Если $W_{нб} > n$, то эксперт выявляет наличие дополнительных факторов, таких как наличие ремонтных работ h_i на участке и прохождение поезда m_i . При наличии одного из этих факторов небаланс считается допустимым, иначе делается вывод о наличии сверхнормативного небаланса и устанавливается признак $k = 1$.

Подготовленная обучающая выборка для обнаружения потерь электроэнергии имеет вид

$$P_i(t) = \{W_{iвх}, W_{iвых}, h_i, m_i, n, k_i\}, i = 1, \dots, I,$$

где P_i – наличие сверхнормативного небаланса электроэнергии;
 t – получасовые интервалы времени за время обучения нейросети;
 $W_{iвх}$ – показания счетчиков на входе участка в момент времени t ;
 $W_{iвых}$ – показания счетчиков на выходе участка в момент времени t ;
 h_i – признак, указывающий на проведение ремонтных работ на участке в момент времени t ;
 m_i – признак прохода поезда по участку в момент времени t ;
 n – норма потерь электроэнергии для данного участка сети;
 k_i – признак наличия сверхнормативного небаланса электроэнергии, выявленный экспертом ($k_i = 0$ при $W_{нб} \leq n$ и $k_i = 1$ при $W_{нб} > n$).

Нейронная сеть построена на компоненте MatLab для проектирования и обучения нейронных сетей Neural Time Series (ntstool) [8–10]. Использование функции PREPARETS позволяет оставить исходные временные ряды неизменными, легко настраивая их для сети с разными размерами задержек как для открытых, так и закрытых нейронных сетей.

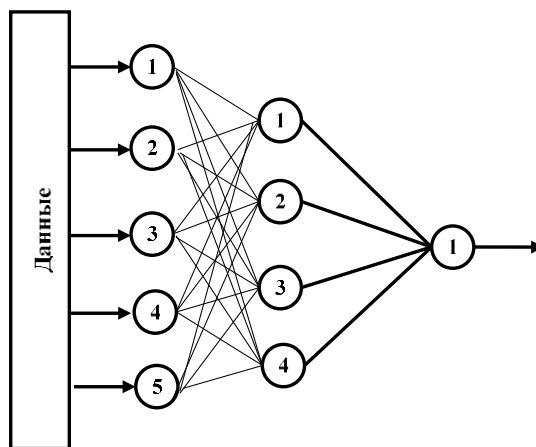


Рис. 4. Схема нейронной сети для выявления потерь электроэнергии

Структура нейронной сети для выявления потерь на участках электросети представлена на рис. 4. Она состоит из 5 входных нейронов первого слоя, 4 нейронов скрытого слоя и 1 выходного нейрона. Функция активации нейрона – сигмоид. Для настройки весов нейронной сети используется алгоритм обучения с учителем, известный как алгоритм обратного распространения ошибки. Количество нейронов входного слоя сети определяется входными параметрами $W_{ВХ}$, $W_{ВЫХ}$, h , m , n . Наилучший результат обучения достигнут при двухслойной нейронной сети при 4 нейронах в скрытом слое, т. к. ошибка в таком случае минимальна.

Обучение нейронной сети было остановлено на 225-й эпохе, и среднеквадратичная ошибка проверки достоверности результатов была равна 0,00501. Коэффициент корреляции R при обучении равен 0,9873, проверочный набор $R=0,9905$, тестовый $R=0,9939$, все наборы $R=0,9887$. Оценка качества обучения показала, что коэффициент корреляции R в среднем равен 0,9499, что свидетельствует о высокой точности работы построенной нейронной сети.

Эффективность использования нейронной сети

Средний небаланс по подстанции «Жигулевское море» в предыдущие годы составлял 20 %. Своевременное выявление с помощью искусственной нейронной сети текущего ненормированного небаланса на данном участке и проведение на основании этого анализа показателей потребления электроэнергии позволяет оперативно выдавать рекомендации о необходимых корректирующих действиях. За период функционирования в 2018 году ИИС с разработанной нейронной сетью и при проведении соответствующих организационных и технических работ небаланс на рассматриваемом участке был уменьшен до 5 %.

В дальнейшем полученные результаты можно использовать для решения задач контроля и прогнозирования потребления электроэнергии, а также для управления энергообъектами [11–16].

Заключение

Предлагаемый подход к интеллектуализации информационно-измерительной системы учета коммерческих потерь электроэнергии обеспечивает достоверный анализ ситуаций с несанкционированным отбором энергии, незаконными подключениями, исключает субъективизм операторов в оценке расхода электроэнергии.

Использование нейронных сетей в совокупности с оснащением измерительных каналов корректирующими устройствами позволяет провести модернизацию АИИС КУЭ без замены уже эксплуатируемых измерительных устройств. В результате повышается точность расчета коммерческой составляющей потерь без значительных финансовых затрат. Кроме того, использование методов искусственного интеллекта дает возможность повысить оперативность управленческих решений.

Объединение различных по назначению АИИС не потребует изменения аппаратной части, а затронет лишь программную составляющую, что уменьшит расходы на внедрение.

Предлагаемые изменения могут стать основой для формирования требований к модернизируемым или вновь вводимым в эксплуатацию элементам энергосистемы, обеспечивающим совместимость с уже эксплуатируемыми устройствами не только на физическом, но и на информационном уровне. Снижение небала-

ланса до 5 % позволит сэкономить в год по всей Куйбышевской железной дороге порядка 25 млн руб.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Постановление Правительства РФ «О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии» (утв. 04.05.2012 № 442, ред. 22.02.2016).
2. Постановление Правительства РФ «Об утверждении правил оптового рынка электрической энергии и мощности и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам организации функционирования оптового рынка электрической энергии и мощности» (утв. 27.12.2010 № 1172, ред. от 29.02.2016).
3. *Франтасов Д.Н., Кудряшова Ю.В., Ефимов А.А.* Перспективные направления модернизации информационно-измерительных систем энергообъекта на транспорте // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2017. – № 2. – С. 103–109.
4. *Тюгашев А.А., Франтасов Д.Н., Кудряшова Ю.В.* Информационно-измерительная система контроля потерь электроэнергии // Мягкие вычисления и измерения. – 2018. – № 3. – С. 25–29.
5. *Франтасов Д.Н., Митрофанов А.В.* Исследование новых методов и средств учета энергоресурсов на транспорте // Образование, наука, транспорт в XXI веке: опыт, перспективы, инновации: V Международная научно-практическая конференция. – Самара; Оренбург: СамГУПС, 2015. – С. 265–266.
6. *Шойшмова С.П.* Потери электроэнергии и способы борьбы с ними // Молодой ученый. – 2015. – № 23. – С. 278–280.
7. *Бильгаева Л.П., Власов К.Г.* Прогнозирование продаж в среде MatLab // Естественные и математические науки в современном мире: сб. ст. по матер. XLIX Междунар. науч.-практ. конф. – № 12(47). – Новосибирск: СибАК, 2016. – С. 64–76.
8. *Бабанова И.С., Абрамович Б.Н.* Разработка перспективного планирования энергосистемы на основе создания модели искусственной нейронной // Материалы XI Международной научной школы молодых ученых и специалистов, 24–28 ноября 2014 г. – М.: ИПКОН РАН, 2014. – 388 с.
9. *Ефименко Г.А., Сеница А.М.* Нейронные сети в MatLab [Электронный ресурс] // Digiratory. 2017 г. URL: <https://digiratory.ru/508> (дата обращения: 19.09.2018).
10. *Гаранин М.А., Блинкова С.А.* Статистический анализ факторов, определяющих энергообеспеченность перевозочного процесса // Образование, наука, транспорт в XXI веке: Материалы V международной научно-практической конференции. – Самара; Оренбург: СамГУПС, 2015. – С. 13.
11. *Давлетов Б.Б.* Методы снижения коммерческих потерь в электроэнергетике // Развитие и актуальные вопросы современной науки. – 2017. – № 6 (6). – С. 9–11.
12. *Воронина Е.В., Хлебникова М.В., Хлебникова Н.В.* Определение потерь электроэнергии в электрических сетях // Будущее науки – 2018: Сборник научных статей 6-й Международной молодежной научной конференции. В 4 т. Отв. ред. А.А. Горохов. – 2018. – С. 334–336.
13. *Крестов Д.А., Рузанов Р.В.* Прогнозирование электропотребления энергосбытовой компании с использованием искусственной нейронной сети // Инженерный вестник Дона. – 2015. – № 2.
14. *Галушка В.В., Фатхи В.А.* Формирование обучающей выборки при использовании искусственных нейронных сетей в задачах поиска ошибок баз данных // Инженерный вестник Дона. – 2013. – № 2.
15. *Орлов С.П., Гирип Р.В.* Интеллектуализация контроля и диагностики электронных приборов на основе нейронных сетей // Труды XXI Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям (SCM–2018). – СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2018. – С. 99–102.
16. *Хачкиев В.В.* Обзор создания искусственной нейронной сети в прикладном программном пакете MatLab // Студенческий электрон. научн. журн. – 2018. – № 10(30).

Статья поступила в редакцию 26 сентября 2018 г.

MODERNIZATION OF INFORMATION-MEASUREMENT SYSTEM WITH USE OF NEURAL NETWORK TECHNOLOGIES FOR ANALYSIS OF ELECTRICITY BALANCE ON KUIBYSHEV RAILWAY

A.A. Molochkov¹, A.A. Tyugashev², D.N. Frantasov², Yu.V. Kudryashova²

¹ Kuibyshev Energy Supply department – a structural unit of Transenergo – a branch of Russian Railways
29A, ul. Chernorechenskaya, Samara, 443030, Russian Federation

² Samara State Transport University
2V, Svoboda str., Samara, 443066, Russian Federation

Abstract. *The paper discusses the use of an artificial neural network in an information-measuring system for electricity metering to identify and analyze factors affecting the imbalance of electrical energy consumption. The exploited information-measuring systems for commercial metering of electric power of the Kuibyshev Railway are considered. It is established that commercial losses are inherent in the retail market, which is associated with a large number of network connections and the difficulty of identifying unauthorized connections. The problem of measuring losses has been studied and the discrepancy between the accuracy class of the existing measuring equipment at electricity metering points has been revealed. The possibility of increasing the accuracy of metering due to the introduction of a correction device of measuring transducers is considered. An artificial neural network is proposed to be used to identify sections of the network with excessive losses. The structure of the input and output data and the organization of the developed neural network is described. Training of the neural network was carried out on the data on electric power losses at the traction substation "Zhiguli Sea" of the Kuibyshev Railway. The general structure of the information-measuring system for controlling the imbalance of electricity is given. It is shown that the use of neural network technologies can reduce imbalance to 5%.*

Keywords: *power unbalance, commercial power losses, information-measuring system, measuring transformer, neural network, artificial neural network.*

REFERENCES

1. Resolution of the Government of the Russian Federation «On functioning of retail markets of electric energy, full and (or) partial restriction of the mode of consumption of electric energy» (app. 04.05.2012 g. № 442, ed. 22.02.2016 g.).
2. Resolution of the Government of the Russian Federation «On approval of the rules of the wholesale market of electric energy and power and on amendments to some acts of the Government of the Russian Federation on the organization of the wholesale market of electric energy and power» (approved. 27.12.2010 No1172, ed. by 29.02.2016 g.).
3. *Frantasov D.N., Kudryashov Yu., Efimov A.A.* Promising directions of modernization of information-measuring systems of the power facility transport // Bulletin of Rostov state University of railways. 2017. No. 2. Page 103–109.
4. *Tugashev A.A., Frantasov D.N., Kudryashova Yu.V.* Information-measuring system of control of nergy losses // Soft calculations and measurements. № 3, 2018. p. 25–29.
5. *Frantasov D.N., Mitrofanov A.V.* Research of new methods and means of energy accounting of transport // Education, science, transport in XXI century: experience, prospects, innovations. V international scientific and practical conference. Samara, Orenburg: Samara State, 2015. P. 265–266.
6. *Salimova S.P.* Energy loss and ways of dealing with them // a Young scientist. – 2015. – № 23. – P. 278–280.

Aleksandr A. Molochkov, Deputy Director.

Andrey A. Tyugashev (Dr. Sci. (Techn.)), Associate Professor.

Dmitry N. Frantasov (Ph.D. (Techn.)), Associate Professor.

Yulya V. Kudryashova Teacher.

7. *Beligaeva L.P., Vlasov K.G.* Sales forecasting in matlab // Natural and Mathematical Sciences in the modern world: collected articles on the mater. XLIX international. scientific.-prakt. Conf. № 12 (47). – Novosibirsk: Sibak, 2016. – P. 64–76.
8. *Babanova I.S., Abramovich B.N.* Development of long-term planning of the power system based on the creation of an artificial neural network model // Proceedings of the XI International scientific school of young scientists and specialists, November 24–28, 2014. – M: ipcon RAS, 2014. – 388 p.
9. *Efimenko G.A., Bird A.M.* Neural network in MatLab [Electronic resource] // Digiratory. 2017. URL: <https://digiratory.ru/508> (date accessed: 19.09.2018).
10. *Garanin M.A., Blinkov S.A.* Statistical analysis of the factors determining the energy supply of the transportation process // Education, science, transport in the XXI century: Materials of the international scientific and practical conference. – Samara: Orenburg, 2015. – p. 13.
11. *Davletov B.B.* The methods of reducing commercial losses in the power industry // Development and topical issues of modern science. 2017. No. 6 (6). P. 9–11.
12. *Voronina E.V., Khlebnikova M.V., Khlebnikova N.V.* In definition of losses of the electric power in electric networks // In the collection: the Future of science-2018 Collection of scientific articles of the 6th international youth scientific conference. In 4 volumes. The responsible editor of the peas. 2018. P. 334–336.
13. *Krestov D.A., Ruzanov R.V.* Forecasting of power consumption of an energy-saving company using an artificial neural network // Engineering Bulletin of the don, 2015, № 2.
14. *Galushka V.V., Fatkhi V.A.* Formation of a training sample in the use of artificial neural networks in the problems of search of errors in databases // Engineering Bulletin of the don, 2013, № 2.
15. *Orlov S.P., Girin R.V.* Intellectualization of monitoring and diagnostics of electronic devices based on neural networks // Proceedings of the XXI International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM–2018). – SPb.: SPbETU «LETI», 2018. – p. 99–102.
16. *Khackiew V.V.* Review of artificial neural network in the application software package Matlab // Student electron. scientific. journal. 2018. No. 10 (30).