

## ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

---

УДК 004.031 004.032

### РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СЕРВИСОВ ДЛЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОЙ КОМПАНИИ

Б.А. СТАРОВЕРОВ<sup>1</sup>, А.Е. МОЗОХИН<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУВО «Костромской государственный университет» (КГУ), г. Кострома, Российская Федерация

<sup>2</sup>Филиал ПАО «МРСК Центра» – «Костромаэнерго», г. Кострома, Российская Федерация

E-mail: sba44@mail.ru; mozokhin@mail.ru

#### Авторское резюме

**Состояние вопроса.** Ежегодно в структурных подразделениях электросетевых компаний, занимающихся эксплуатацией сетевого оборудования, средств диспетчерского и технологического управления, техническим обслуживанием и ремонтами силового оборудования, управлением активами, учетом электроэнергии, внедряются специализированные программно-аппаратные комплексы разных производителей. Подобная тенденция приводит к разрозненности средств управления технологическим процессом транспорта и распределения электроэнергии. Затрудняется контроль жизненного цикла оборудования, доступ заинтересованных служб к информации разных ПАК усложняется отсутствием интеграции узкоспециализированных систем. Целью исследования является разработка структуры и информационной модели цифровой интеграционной платформы, объединяющей различные системы управления региональной сетевой компании, а также создание на данной платформе интеллектуальных сервисов для ведения бизнес-процессов разными структурными подразделениями компании.

**Материалы и методы.** Использованы программные средства для разработки облачных цифровых платформ и облачных сервисов. При анализе структуры управления электросетевой компании использованы методы построения многоуровневых автоматизированных систем управления, учитывающие специфику управления распределительными сетями в масштабе региональной компании.

**Результаты.** Предложены структура и информационная модель цифровой интеграционной платформы, формирующей единую доверительную программную среду для автоматизированных систем управления региональной сетевой компании. Разработаны интеллектуальные сервисы для цифровой платформы, в том числе по прогнозированию энергопотребления, а также представлен базовый вариант сервисов для ведения совместных бизнес-процессов разными подразделениями электросетевой компании. Предложена современная иерархическая структура автоматизированной системы технологического управления региональной электросетевой компании, согласно которой на каждом уровне управления предусмотрено наличие интеллектуального модуля, позволяющего интегрировать локальную систему в единую доверенную программную среду в целях оперативного управления в текущих и аварийных ситуациях.

**Выводы.** Предложенная цифровая интеграционная платформа является открытой и масштабируемой. В первом случае она позволяет объединить усилия разработчиков интеллектуальных сервисов, а во втором случае может быть развернута как на локальных серверах внутри предприятия, так и на арендованных облачных ресурсах.

**Ключевые слова:** доверенная программная среда, интеллектуальные сервисы, цифровая интеграционная платформа, электросетевая компания

# DEVELOPMENT OF THE DIGITAL PLATFORM OF INTELLECTUAL SERVICES FOR THE REGIONAL ELECTRIC GRID COMPANY

B.A. STAROVEROV<sup>1</sup>, A.E. MOZOHIN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kostroma State University, Kostroma, Russian Federation

<sup>2</sup>Branch of IDGC of Center – Kostromaenergo, Kostroma, Russian Federation

E-mail: sba44@mail.ru; mozokhin@mail.ru

## Abstract

**Background.** Annually, the structural units of electric grid companies involved in the operation of network equipment, dispatch and technological management tools, maintenance and repair of power equipment, asset management and electricity metering introduce specialized hardware-software complexes (HSC) from different manufacturers. This trend leads to the disunity of technological processes control means of electricity transport and distribution. It is difficult to control the life cycle of the equipment in a single management system, as well as access to the information of the relevant services of different HSC, which requires the integration of highly specialized systems. The aim of the study is to develop the structure and information model of a digital integration platform that integrates the management systems of a regional network company and to create on this platform the intelligent services for conducting business processes by various structural divisions of the company.

**Materials and methods.** The software for the development of cloud digital platforms and cloud services was used. When analyzing the management structure of an electric grid company, the methods for building multi-level automated control systems that take into account the specifics of managing distribution networks on a regional-company scale were applied.

**Results.** The structure and information model of a digital integration platform has been proposed, which forms a unified trusting software environment for automated management systems of a regional network company. Intelligent services have been developed for a digital platform, including the prediction of energy consumption, and a basic version of services for conducting joint business processes by different divisions of the electric grid company has been presented. A modern hierarchical structure of the automated technological control system of a regional power grid company has been proposed. It implies providing of an intelligent module at each control level, that allows integrating the local system into a single trusted software environment for operational management in everyday and emergency situations.

**Conclusions.** The proposed digital integration platform is open and scalable. In the first case, it allows combining the efforts of intelligent services developers, and in the second one, it can be deployed both on local servers within the enterprise and on rented cloud resources.

**Key words:** trusted software environment, intelligent services, digital integration platform, electric grid company

**DOI:** 10.17588/2072-2672.2020.1.069-076

**Введение.** В свете разработки эталонной модели обмена информацией в энергосистемах, технический комитет Международной электротехнической комиссии (МЭК) в качестве основной задачи выделяет разработку различных стандартных протоколов, которые бы удовлетворяли требованиям передачи данных для различных частей энергосистемы, таких как передача данных по низкоскоростным серийным линиям, протоколы в распределительных сетях и коммуникационные протоколы внутреннего центра управления [1]. Функционально эталонная архитектура обмена информацией в энергетических

системах должна включать в себя следующие компоненты<sup>1</sup>:

- системы SCADA и функционирования сетей;
- защиту, контроль и измерения на подстанциях;
- автоматизацию распределительных сетей;
- малую генерацию;
- контроль нагрузки и реакцию потребителей электроэнергетики;

<sup>1</sup> МЭК 62357: Архитектура ТК 57. Часть 1: Эталонная архитектура обмена информацией в энергосистеме [Электронный ресурс] // Гридология. – 2011. – 177 с. – URL: [http://wiki2.gridology.ru/images/f/fb/МЭК\\_62357\\_-\\_Архитектура\\_ТК\\_57.pdf](http://wiki2.gridology.ru/images/f/fb/МЭК_62357_-_Архитектура_ТК_57.pdf).

- счетчики и обработку результатов измерений;
- планирование расширения сетей;
- планирование и оптимизацию текущей деятельности;
- эксплуатацию и строительство;
- учет и управление активами;
- операции на рынке;
- анализ резерва мощности;
- финансовые вопросы.

Интеграция данных компонентов между собой является необходимым условием развития энергосистемы и перехода к индустрии четвертого поколения. Мировая тенденция в попытках определить эталонную архитектуру обмена информацией в энергосистемах смещается в сторону создания нового уровня абстракции для модели данных и обмена информацией, которые не зависят от исходной инфраструктуры системы [2–4]. Современная концепция предполагает для унификации внедрения использовать общую модель данных и некоторые общие интерфейсы для любого обмена информацией независимо от протоколов, по которым происходит передача данных [5–7]. Достижение эталонной модели информационного пространства электросетевой компании невозможно без единой доверенной среды сбора, интеллектуальной обработки и визуализации информации. Подобной доверенной средой в ближайшей перспективе может стать цифровая платформа интеллектуальных сервисов электросетевых компаний [8].

**Материалы и методы.** Дорожная карта «Энерджинет» в краткосрочной перспективе (2016–2020 гг.) предусматривает разработку и реализацию мероприятий по повсеместному продвижению цифровой инфраструктуры и сервисов. Построение единой цифровой платформы интеллектуальных сервисов на уровне компании ПАО «РОССЕТИ» неактуально для первого этапа стратегии «Энерджинет», так как степень цифровизации разных регионов значительно различается. В связи с этим наиболее актуальной является задача разработки цифровой платформы интеллектуальных сервисов на уровне региональной сетевой компании<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Плана мероприятий («дорожной карты») по совершенствованию законодательства и устранению ад-

На данный момент автоматизированная система технологического управления (АСТУ) региональной сетевой компании представляет собой корпоративную информационную систему (КИС), которая обеспечивает автоматизацию основных видов бизнес-процессов, связанных с деятельностью по передаче и распределению электроэнергии<sup>3</sup>. В соответствии с этой структурой, АСТУ региональной сетевой компании есть совокупность систем управления различными видами оперативно-диспетчерской, технологической и финансово-экономической деятельности. КИС является основным источником информации при формировании базовых сервисов цифровой интеграционной платформы. Также из структуры АСТУ следует, что появление цифровой интеграционной платформы невозможно без формирования автоматизированной информационно-управляющей среды на объектах электросетевого комплекса. При этом развитие средств автоматизации должно проводиться в направлении интеграции как автоматизированных систем диспетчерского управления, так и автоматизированных систем технологического управления.

**Результаты.** Рассмотрим сценарий интеграции КИС сетевой компании в цифровую платформу на примере автоматизированной информационно-измерительной системы контроля и учета электроэнергии (АИИС КУЭ). При таком сценарии интеграции начальным этапом развития информационно-управляющей среды электрических распределительных сетей следует считать внедрение простейших АИИС КУЭ. На следующем этапе осуществляется формирование иерархической АИИС КУЭ, основой которой являются подсистемы коммерческого и технического учета [9]. Затем необходимо перехо-

министративных барьеров в целях обеспечения Национальной технологической инициативы «Энерджинет» [Электронный ресурс] // Распоряжение Правительства Российской Федерации № 830-р от 28.04.2018. – 2018. – 141 с. – URL: [http://www.nti.one/docs/DK\\_energynet.pdf](http://www.nti.one/docs/DK_energynet.pdf) (дата обращения: 01.10.2019).

<sup>3</sup> Положение ПАО «Россети» «О единой технической политике в электросетевом комплексе» [Электронный ресурс] // Протокол совета директоров ПАО «Россети» № 252 от 22.02.2017. – 2017. – 196 с. – URL: <http://www.rosseti.ru/investment/science/tech/doc/tehpoltika.pdf> (дата обращения: 01.10.2019)

доть на следующий уровень развития – создание интеллектуальной системы учета электроэнергии за счет использования подсистемы прогнозирования электропотребления и реализации на этой основе системы упреждающего управления на различные интервалы времени [10]. Дальнейшим направлением развития является перерастание систем телеизмерения и телемеханики в систему интернет вещей, позволяющую в перспективе полностью автоматизировать диспетчерское и технологическое управление [11].

Многоуровневая структура позволяет формировать информационно-измерительные системы необходимого масштаба, интегрировать их с другими подсистемами АСТУ сетевой компании (рис. 1).

В предложенной блок-схеме (рис. 1) на каждом уровне управления присутствует интеллектуальный модуль, позволяющий оперативно оценить состояние сети в текущей и аварийной ситуациях, выдать интересующую информацию в доверенную сеть, что создает основу для формирования интеллектуальных сервисов цифровой платформы [12].

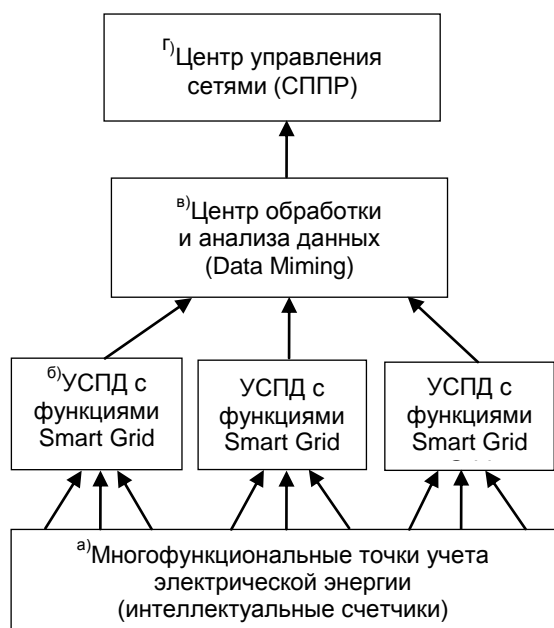


Рис. 1. Перспективная блок-схема АИИС КУЭ региональной сетевой компании: а – уровень измерительно-информационного комплекса; б – уровень информационно-вычислительного комплекса энергообъекта (УСПД – устройства системы передачи данных); в – уровень информационно-вычислительного комплекса ЦОД; г – уровень автоматизированного рабочего места (АРМ)

Необходимым условием современного развития цифровой инфраструктуры системы управления в сетевых компаниях становится формирование концентратора интеллектуальных сервисов. Его основой должна быть цифровая интеграционная платформа, объединяющая в себя такие аналитические модули, как прогнозирование энергопотребления, мониторинг потерь электроэнергии, оценка состояния активных устройств сети, поддержка принятия решения при оперативном управлении, стратегическом планировании и т.д.

Архитектура цифровой платформы интеллектуальных сервисов региональной сетевой компании (РСК) представлена на рис. 2.

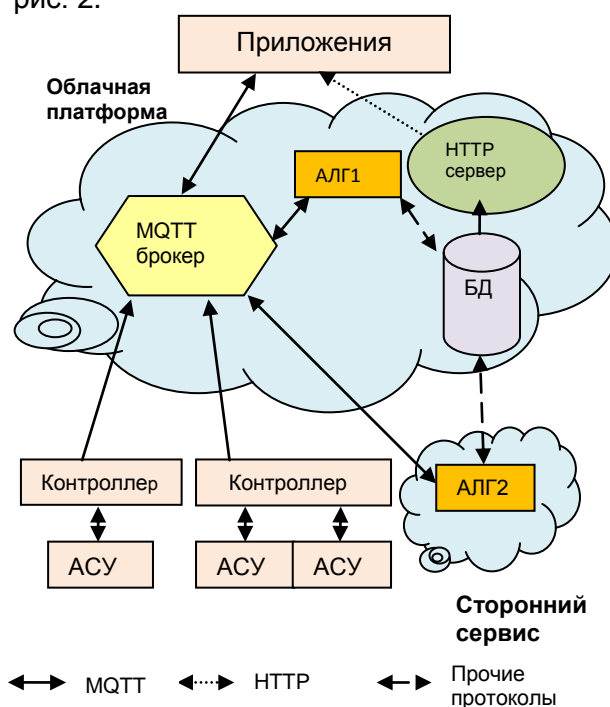


Рис. 2. Архитектура цифровой платформы интеллектуальных сервисов РСК: АЛГ – алгоритмы; АСУ – локальные автоматизированные системы управления на объектах; БД – база данных

Функционально представленная платформа состоит из следующих укрупненных блоков: MQTT-брокер, алгоритмы, составляющие основу интеллектуальных сервисов, база данных (БД), HTTP-сервер, контроллеры-концентраторы.

MQTT (Message Queue Telemetry Transport) – упрощенный сетевой протокол, работающий поверх TCP/IP, используется для обмена сообщениями между устройствами по принципу «издатель-подписчик» и часто применяется в

IoT-системах (Internet of Things – интернет вещей). Для функционирования систем на основе этого протокола необходим MQTT-брокер — центральный узел, который собирает сообщения от одних клиентов и передает их другим клиентам, в случае если они подписаны на определенный тип сообщений. С использованием MQTT может быть реализована цифровая платформа для интеллектуальных сервисов на уровне РСК. Применение этого протокола связано с его высокой популярностью и наличием свободно распространяемых библиотек для различных платформ, позволяющих с ним работать [13].

Информация о состоянии объектов энергосистемы собирается с датчиков автоматизированных систем управления (АСУ), которые уже установлены на подстанциях. Для опроса этих систем наиболее эффективным является применение контроллеров-концентраторов с использованием стандартных протоколов передачи данных (стандарт МЭК). При этом опрос состояния датчиков АСУ объекта контроллерами-концентраторами может осуществляться по тем же каналам передачи данных, что использует основная система. В связи с этим необходимо обеспечить передачу данных без нарушения основного рабочего режима. В свою очередь, один контроллер может опрашивать несколько АСУ, что снижает стоимость реализации системы. Другим решением, учитывая, что контроллер-концентратор представляет собой недорогой встраиваемый компьютер, является его установка отдельно в каждой АСУ, что обеспечит простоту включения в цифровую платформу систем управления территориально удаленных объектов [14].

На основе собранной контроллером-концентратором информации формируются MQTT-сообщения. Они отправляются MQTT-брокеру, который перенаправляет их другим подписчикам. Одним из таких подписчиков является БД, которая сохраняет часть сообщений для формирования ретроспективного набора данных.

Функциональные блоки «алгоритмы (интеллектуальные сервисы)» обеспечивают обработку данных, которые накапливаются в БД. Эти сервисы также могут получать сообщения, например, для инициации обработки. Результат такой обработки

записывается в БД, а уведомление заинтересованных клиентов о завершении обработки происходит с помощью отправки соответствующего MQTT-сообщения.

Функциональные блоки «приложения» представляют собой программы для клиентских устройств (персональные компьютеры, смартфоны, планшеты). На этих устройствах поступают необходимые им сообщения, чтобы получать данные о состоянии энергосистем в реальном времени. Если приложению необходимы ретроспективные данные, они могут быть запрошены из БД через HTTP-сервер. Таким же образом можно запросить результаты работы алгоритмов. Приложения могут не только получать, но и отправлять MQTT-сообщения. Такая возможность полезна, например, для отправки пользователями данных с домашних приборов учета. Эти данные можно также сохранять в БД для формирования из них отчетов и использования в алгоритмах управления (интеллектуальные сервисы).

База данных, MQTT-брокер, HTTP-сервер, а также некоторые алгоритмы размещаются на облачной платформе. Такое решение позволяет легко масштабировать систему, оплачивая дополнительные ресурсы лишь в случае, если возникает такая необходимость (например, из-за роста числа клиентов). Часть алгоритмов может быть предоставлена сторонними сервисами, что, с одной стороны, позволит сэкономить на разработке собственного программного обеспечения, а с другой стороны, может негативно сказаться на информационной безопасности.

Сервисы цифровой платформы могут быть сориентированы на использование всевозможными службами функционального заказчика (энергосбытовые и электросетевые компании, предприятия жилищно-коммунального хозяйства, бытовые потребители) в качестве системы поддержки принятия решений в текущей ситуации и на стратегическую перспективу. Примерами базовых сервисов являются: прогнозирование энергопотребления (краткосрочное, среднесрочное, долгосрочное); задачи по модернизации или ремонтам активных устройств сетевой инфраструктуры (счетчики, измерительные трансформаторы тока и напряжения, средства сбора и передачи информации);

перспективное развитие районов электрических сетей (технологические присоединения); взаимодействие с потребителями по вопросам энергосбережения.

На рис. 3 представлен вариант базового набора интеллектуальных сервисов для цифровой платформы РСК.

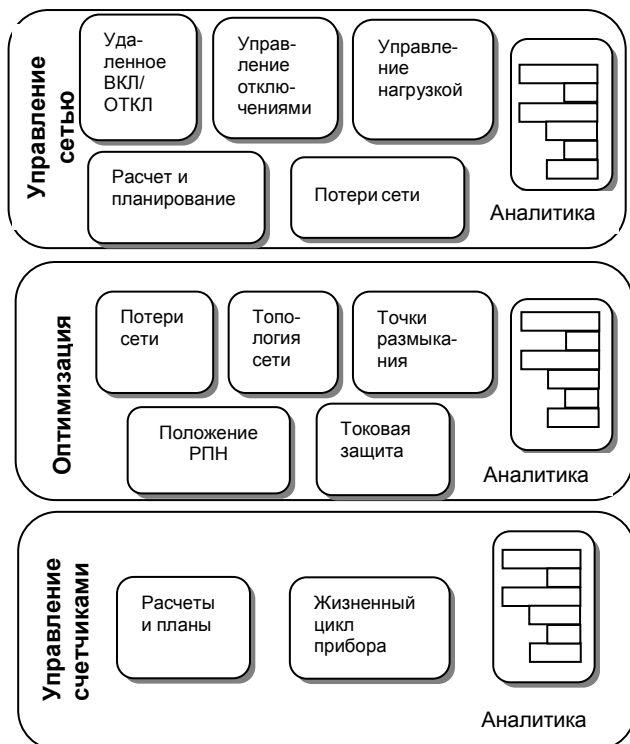


Рис. 3. Вариант базового набора интеллектуальных сервисов цифровой платформы РСК

Внедрение цифровой интеграционной платформы масштабируется, а потому ее внедрение может проходить поэтапно. На первоначальном этапе достаточно установки локального сервера с MQTT-брокером и БД, но без доступа к ним через глобальную сеть Интернет. В дальнейшем цифровая платформа может перейти на облачные сервера и быть доступна для сторонних организаций и бытовых потребителей. Поэтапность внедрения и открытость цифровой платформы позволяет поддерживать систему в актуальном состоянии, а значит, и автоматизировать весь набор задач управления региональной сетевой компанией и смежных организаций минерально-сырьевого и топливно-энергетического комплексов.

Сервисы структурированы по иерархическому принципу. На нижнем уровне осуществляются сервисы опроса первичных измерителей и оценка их состояния по

технологии «интернет вещей». На следующем уровне решаются задачи определения законов и алгоритмов оптимального управления распределительными электросетями. И на верхнем уровне осуществляется непосредственное управление.

**Выводы.** Разработанные интеллектуальные сервисы предназначены для ведения бизнес-процессов различными структурными подразделениями РСК в единой доверительной программной среде. Предлагаемая цифровая платформа интеллектуальных сервисов позволит консолидировать информацию с разрозненных АСУ предприятия для ее дальнейшей обработки, а также объединит усилия разработчиков по написанию сервисов для подразделений РСК.

Разработанная структура и информационная модель цифровой платформы интеллектуальных сервисов для региональной сетевой компании с использованием информации от корпоративной информационной системы, а также представленная цифровая интеграционная платформа содержат базовые сервисы мониторинга потерь, оценки состояния активных устройств сети, поддержки принятия решения при стратегическом планировании, исключения недостоверных и восполнения недостающих данных потребления благодаря системному использованию прогнозирования энергопотребления.

Предложенная обновленная структура автоматизированной системы технологического управления региональной сетевой компании включает на каждом уровне управления интеллектуальный модуль, позволяющий объединить информацию с разрозненных корпоративных и технических систем в единую доверительную программную среду, базирующуюся на цифровой интеграционной платформе. Архитектура платформы предполагает как локальное исполнение без выхода в глобальную сеть Интернет, так и облачное представление на арендованных ресурсах.

Возможность поэтапного внедрения цифровой платформы интеллектуальных сервисов РСК создает методическую основу и определяет последовательность развития системы непосредственного цифрового управления электросетевым комплексом в соответствии с Энергетической стратегией России и единой техниче-

ской политикой, принятой в компании ПАО «РОССЕТИ».

### Список литературы

1. **Распределенная** энергетика в России: потенциал развития [Электронный ресурс] / А. Хохлов, Ю. Мельников, Ф. Веселов и др. – 2018. – 87 с. Режим доступа: [https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO\\_EneC\\_DER-3.0\\_2018.02.01.pdf](https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_DER-3.0_2018.02.01.pdf) (дата обращения: 01.10.2019).

2. **Mudialba P.J.** The impact of cloud technology on the automation of businesses // Proc. Int. Conf. on Platform Technology and Service (PlatCon). – 2016. doi: 10.1109/PlatCon.2016.7456831

3. **Smart** meter data analytics for distribution network connectivity verification / W. Luan, J. Peng, M. Maras, et. al. // IEEE Transactions on Smart Grid. – 2015. – Vol. 6, no. 4. – P. 1964–1971. doi: 10.1109/TSG.2015.2421304

4. **Development** of a controller hardware-in-the-loop platform for microgrid distributed control applications / Y. Du, H. Tu, S. Lukic, et. al. // IEEE Electronic Power Grid (eGrid). – 2018. doi: 10.1109/eGRID.2018.8598696

5. **Alahakoon D., Yu X.** Smart electricity meter data intelligence for future energy systems: a survey // IEEE Transactions on Industrial Informatics. – 2016. – Vol. 12, no. 1. – P. 425–436. doi:10.1109/TII.2015.2414355

6. **Jayaram A.** An IIoT quality global enterprise inventory management model for automation and demand forecasting based on cloud // Proc. Int. Conf. on Computing, Communication and Automation (ICCCA). Greater Noida. – India, 2017. – P. 1258–1263. doi: 10.1109/CCAA.2017.8230011

7. **Software-defined** industrial Internet of Things in the context of Industry 4.0 / J. Wan, S. Tang, Z. Shu, et. al. // IEEE Sensors Journal. – 2016. – Vol. 16. – P. 7373–7380. doi: 10.1109/JSEN.2016.2565621

8. **Эталонная** архитектура интеллектуальных энергосетей. Версия 2.0 [Электронный ресурс] // Microsoft Worldwide Группа Power & Utilities. – 2013. – 320 с. – Режим доступа: [http://d2\\_rus.cigre.ru/doc/SERA\\_v2\\_ru\\_v2.1.pdf](http://d2_rus.cigre.ru/doc/SERA_v2_ru_v2.1.pdf) (дата обращения: 01.10.2019).

9. **Оптимальные** решения для автоматизации подстанций: интегрированные системы АСДТУ/АИИС КУЭ // Энергоэксперт. – 2009. – № 6. – С. 25–28.

10. **Староверов Б.А., Гнатюк Б.А.** Повышение эффективности системы автоматизированного коммерческого учета электроэнергии за счет введения функций прогнозирования // Вестник ИГЭУ. – 2013. – Вып. 6. – С. 10–15.

11. **Автоматизация** подстанций для построения интеллектуальных электросетей [Электронный ресурс] // CISCO SYSTEMS, 2010. – 5 с. Режим доступа: [cisco.com/web/RU/downloads/broch...po...podstancij.pdf](http://cisco.com/web/RU/downloads/broch...po...podstancij.pdf) (дата обращения: 01.10.2019).

12. **Староверов Б.А., Мозохин А.Е.** Структура и этапы построения автоматизированной системы управления электросетями в масштабах региональной сетевой компании // Вестник Череповецкого государственного университета. – 2018. – Вып. 3(84). – С. 55–62.

13. **Протокол MQTT** [Электронный ресурс] // I-O-T интернет вещей. – 2018. – Режим доступа: <http://i-o-t.ru/protokol-mqtt.html> (дата обращения: 01.10.2019).

14. **Cloud computing.** Облачные вычисления [Электронный ресурс] // Tadviser. Государство. Бизнес. Информационные технологии. – 2018. – 10 с. – Режим доступа: [http://www.tadviser.ru/index.php/Cloud\\_Computing](http://www.tadviser.ru/index.php/Cloud_Computing) (дата обращения: 01.10.2019).

### References

1. Khokhlov, A., Mel'nikov, Yu., Veselov, F., Kholkin, D., Datsko, K. *Raspredeleonnaya energetika v Rossii: potentsial razvitiya* [Distributed Energy in Russia: Development Potential], 2018, 87 p. Available at: [https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO\\_EneC\\_DER-3.0\\_2018.02.01.pdf](https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_DER-3.0_2018.02.01.pdf) (date accessed: 01.10.2019).

2. Mudialba, P.J. The impact of cloud technology on the automation of businesses. Proc. Int. Conf. on Platform Technology and Service (PlatCon), 2016. doi: 10.1109/PlatCon.2016.7456831

3. Luan, W., Peng, J., Maras, M., Lo, J., Harapnuk, B. Smart meter data analytics for distribution network connectivity verification. IEEE Transactions on Smart Grid, 2015, vol. 6, no. 4, pp. 1964–1971. doi: 10.1109/TSG.2015.2421304

4. Du, Y., Tu, H., Lukic, S., Lubkeman, D., Dubey, A., Karsai, G. Development of a controller hardware-in-the-loop platform for microgrid distributed control applications. IEEE Electronic Power Grid (eGrid), 2018. doi: 10.1109/eGRID.2018.8598696

5. Alahakoon, D., Yu, X. Smart electricity meter data intelligence for future energy systems: a survey. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 2016, vol. 12, no. 1, pp. 425–436. doi:10.1109/TII.2015.2414355

6. Jayaram, A. An IIoT quality global enterprise inventory management model for automation and demand forecasting based on cloud. Proc. Int. Conf. on Computing, Communication and Automation (ICCCA). Greater Noida, India, 2017, pp. 1258–1263. doi: 10.1109/CCAA.2017.8230011

7. Wan, J., Tang, S., Shu, Z., Li, D., Wang, S., Imran, M., Vasilakos, A.V. Software-defined industrial Internet of Things in the context of Industry 4.0. *IEEE Sensors Journal*, 2016, vol. 16, pp. 7373–7380. doi: 10.1109/JSEN.2016.2565621

8. Reference architecture of smart grids. Version 2.0. Microsoft Worldwide Group Power & Utilities, 2013, 320 p. Available at: [http://d2\\_rus.cigre.ru/doc/SERA\\_v2\\_ru\\_v2.1.pdf](http://d2_rus.cigre.ru/doc/SERA_v2_ru_v2.1.pdf) (date accessed: 01.10.2019).

9. Optimal'nye resheniya dlya avtomatizatsii podstantsiy: integrirovannye sistemy ASDTU/AIIS KUE [Optimal solutions for substation automation: integrated system ASDTM/AIMSCME]. *Energo-ekspert*, 2009, no. 6, pp. 25–28.

10. Staroverov, B.A., Gnatyuk, B.A. Povyshenie effektivnosti sistemy avtomatizirovannogo kommercheskogo ucheta elektroenergii za schet vvedeniya funktsiy prognozirovaniya [Improving the efficiency of the automated commercial accounting of power consumption due to the introduction of the prediction functions]. *Vestnik IGEU*, 2013, issue 6, pp. 10–15.

11. Avtomatizatsiya podstantsiy dlya postroeniya intellektual'nykh elektrosetey [Automation of substations for the construction of intelligent power]. *CISCO SYSTEMS*, 2010. 5 p. Available at: [cisco.com/web/RU/downloads/broch...po...podstancij.pdf](http://cisco.com/web/RU/downloads/broch...po...podstancij.pdf).

12. Staroverov, B.A., Mozokhin, A.E. Struktura i etapy postroeniya avtomatizirovannoy sistemy upravleniya elektrosetyami v masshtabakh regional'noy setevoy kompanii [The structure and stages of construction of the automated control system of power grids at the scale of regional network company]. *Vestnik Cherepovetskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2018, issue 3(84), pp. 55–62.

13. Protokol MQTT [MQTT Protocol]. *I-O-T internet veshchey*, 2018. Available at: <http://i-o-t.ru/protokol-mqtt.html> (date accessed: 01.10.2019).

14. Cloud computing. *Tadviser. State. Business. Information technology*, 2018, 10 p. Available at: [http://www.tadviser.ru/index.php/Cloud\\_Computing](http://www.tadviser.ru/index.php/Cloud_Computing).

*Staroverov Boris Alexandrovich*,

ФГБОУВО «Костромской государственный университет», доктор технических наук, профессор кафедры автоматизации и микропроцессорной техники, e-mail: sba44@mail.ru

*Staroverov Boris Alexandrovich*,

Kostroma State University, Doctor of Engineering (Post-doctoral Degree), Professor, Department of Automation and Microprocessor Technology, e-mail: sba44@mail.ru

*Mozokhin Andrey Evgenievich*,

ФГБОУВО «Костромской государственный университет»; Филиал ПАО «МРСК Центра» – «Костромаэнерго», кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизации и микропроцессорной техники; заместитель начальника отдела эксплуатации автоматизированных систем управления, e-mail: mozokhin@mail.ru

*Mozokhin Andrey Evgenievich*,

Kostroma State University, Branch of PJSC MRSK Centre – Kostroma-Energo (Kostroma), Candidate of Engineering (PhD), Associate Professor, Department of Automation and Microprocessor Technology; Deputy Manager of Automated Control Systems Operation Department, e-mail: mozokhin@mail.ru

## ВЕСТНИК ИВАНОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

### Выпуск 1

Издание зарегистрировано в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.  
Свидетельство о регистрации ПИ N 77-13527 от 20.09.02 г.

Подписано в печать 12.02.2020. Выход в свет 28.02.2020. Формат 60x84 1/8.

Усл. печ. л. 8,83. Уч.-изд. л. 9,62. Тираж 100 экз. Цена свободная. Заказ

Ивановский государственный энергетический университет, 153003, г. Иваново, ул. Рабфаковская, 34.  
Типография ООО «ПресСто», 153025, г. Иваново, ул. Дзержинского, 39, оф. 307.