

**АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ЦИФРОВЫХ РЕШЕНИЙ В СФЕРЕ ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЯ  
НА СОВРЕМЕННЫХ ПОДСТАНЦИЯХ**

*С. С. Рахматуллин, А. С. Минкин  
Казанский государственный энергетический университет,  
г. Казань*

**Аннотация.** В настоящей работе, основанной на анализе научной литературы, предпринята попытка исследовать важные аспекты применения цифрового телеуправления на подстанциях, поддерживающих стандарт МЭК 61850.

**Ключевые слова:** электроэнергетика, интеллектуальные энергосистемы, ЦПС, РЗА, ТУ, АСУ.

**TOPICAL ASPECTS OF USING DIGITAL SOLUTIONS IN THE FIELD  
OF TELECONTROL AT MODERN SUBSTATIONS**

*S. S. Rakhmatullin, A. S. Minkin  
Kazan State Power Engineering University, Kazan*

**Abstract.** This paper, based on the analysis of scientific literature, attempts to investigate important aspects of digital telecontrol applications in substations supporting IEC 61850.

**Keywords:** power industry, intelligent power systems, digital substations, RPA, telecontrol, ACS.

Современные предприятия электроэнергетического сектора сталкиваются с проблемой обеспечения надлежащего качества управления системами распределения электрической энергии. Большинство традиционных методов управления подстанциями (ПС) не соответствуют имеющимся требованиям к уровню автоматизации и надежности. В связи с этим активно разрабатываются системы дистанционного управления ПС на основе цифровых технологий и решений.

Цифровые решения в области телеуправления (ТУ) ПС являются актуальным направлением развития энергетического снабжения. Они способствуют повышению качества управления эксплуатируемых энергосистем, а также снижению затрат на их обслуживание. Кроме того, использование ТУ улучшает технико-экономические показатели функционирования электрооборудования на ПС [1].

Цель работы – исследовать актуальные аспекты использования современного ТУ на ПС цифрового типа, направленного на повышение эффективности работы интеллектуальных энергосистем.

В современном мире электроэнергетика играет ключевую роль в развитии экономики и обеспечении комфортной жизни людей. Как было упомянуто, традиционные методы управления энергосистемами с каждым годом становятся все менее эффективными из-за растущих требований к надежности и безопасности их эксплуатации. В ответ на эти вызовы появляются цифровые технологии, которые позволяют значительно улучшить работу электроэнергетических объектов [2].

Анализ литературы показал, что на сегодняшний день одним из наиболее перспективных направлений модернизации хозяйствующих субъектов электросетевого сектора является внедрение цифровых технологий в управление ПС, которые обуславливают возникновение и развитие так называемых цифровых подстанций (ЦПС). Последние представляют собой комплекс энергооборудования и программного обеспечения (ПО), который обеспечивает сбор, обработку и передачу данных о работе ЦПС в режиме реального времени. Такой подход позволяет операторам получать цельную картину состояния задействованной энергосистемы и оперативно реагировать на любые изменения, происходящие в ней [1; 2].

Общая схема работы ЦПС включает в себя следующие важные компоненты:

- 1 Электронно-оптические преобразователи (ЭОП). Эти трансформаторы напряжения и тока направлены на преобразование электрических сигналов в оптические и наоборот. ЭОП служат обеспечению передачи информации надлежащего качества на длинные дистанции без существенных потерь.

2 Терминалы и комплекты релейной защиты и автоматики (РЗА) на основе микропроцессорных технологий. Они известны под названием МУРЗ – микропроцессорные устройства релейной защиты. МУРЗ используются для обработки информации о состоянии сети и для принятия решений о переключении оборудования, установленного на ЦПС.

3 ПО, предназначенное для сбора, обработки и передачи информации. Оно позволяет осуществлять быстрое взаимодействие между множеством компонентов ЦПС, а также обеспечивает передачу информации в диспетчерский центр [2].

Ученые подчеркивают, что важной функцией ЦПС является цифровое ТУ. Данная технология позволяет удаленно управлять оборудованием ПС с помощью компьютерных или переносных мобильных устройств, что существенно упрощает процесс управления и снижает риск ошибок персонала, связанных с человеческими факторами. ТУ на ЦПС базируется на применении автоматизированных систем управления (АСУ), систем телемеханики, SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) и беспроводных решений. Рассмотрим ключевые принципы ТУ на ЦПС более детально [3].

Специалисты отмечают, что АСУ позволяют осуществлять оперативный контроль за состоянием электроэнергетического оборудования, а также своевременно выявлять и устранять возникшие неисправности. Телемеханические системы направлены на решение задач по передаче технологической информации о работе оборудования ЦПС на диспетчерский пункт. Благодаря этому их эксплуатация способствует оперативному реагированию на изменения в работе ЦПС и принятию своевременных мер по обеспечению надежности снабжения электрической энергией критически важных потребителей. Стоит выделить, что SCADA представляют собой программные комплексы, выполняющие функции сбора, обработки и отображения комплексных данных о функционировании современных ЦПС. SCADA позволяют анализировать информацию о работе энергоустановок и выявлять тенденции, которые могут повлиять на безопасность процесса энергообеспечения. Упомянутые беспроводные решения внедряются для связи между устройствами ЦПС и диспетчерским центром. Такой под-

ход минимизирует затраты на закупку и использование протяженных проводных линий. Беспроводные технологии также обеспечивают гибкость и мобильность систем ТУ, не прибегая к осуществлению сложной прокладки кабелей [2–4].

ТУ на ЦПС реализуется с помощью специализированных протоколов обмена данными, таких как IEC (МЭК) 61850. Этот новый стандарт определяет форматы сообщений и требования к цифровому электрооборудованию, а также обеспечивает совместимость интеллектуальной аппаратуры разных производителей. Это делает возможным масштабируемость установленного комплекса устройств ТУ [4].

Рассмотрим основные достоинства и преимущества применения современного ТУ на ЦПС:

- повышение безопасности энергетического снабжения за счет снижения риска возникновения аварий;

- повышение надежности энергоснабжения благодаря использованию резервированных каналов связи и оборудования, характеризующегося высокими показателями отказоустойчивости;

- снижение затрат на обслуживание и ремонт энергоустановок за счет сокращения количества персонала и минимизации расходов на их содержание;

- оптимизация и повышение эффективности функционирования энергосистемы цифрового типа за счет автоматизации электроэнергетических процессов, оперативного реагирования на изменения в работе ЦПС, детального анализа информации и прогнозирования потенциальных неисправностей;

- повышение качества работы операторов электросетевых организаций благодаря автоматизации их задач и более точному контролю параметров ЦПС [5].

Из недостатков важно отметить то, что внедрение ТУ на ЦПС требует существенных инвестиционных расходов в разработку новых технологий, модернизацию имеющихся энергетических устройств и обучение соответствующего персонала. Кроме того, сегодня присутствует риск несанкциони-

рованного доступа и кибератак на цифровые системы ТУ, для устранения которого следует обеспечить высокий уровень кибербезопасности, чтобы защитить критически важную инфраструктуру объектов электроэнергетики [5].

Ученые отмечают, что использование современного комплекса устройств ТУ на ЦПС является перспективным направлением развития всей сферы электроэнергетики. Однако для дальнейшего совершенствования интеллектуальных энергосистем необходимо обеспечить справедливое распределение выгод от внедрения цифрового ТУ между компаниями и сотрудниками. Такой подход позволит избежать потери рабочих мест и будет способствовать устойчивому развитию энергетического сектора.

Для успешного применения цифровых технологий в области ТУ важно заниматься решением ряда существующих проблем. В настоящее время одной из ключевых задач является интеграция ЦПС с традиционными системами управления и мониторинга, а также с АСУ технологическими процессами (АСУ ТП). Ожидается, что мероприятия в данном направлении будут способствовать непрерывности и стабильности функционирования объектов энергетического обеспечения.

Для поддержания необходимых показателей безопасности и защиты от киберугроз необходимо предпринимать соответствующие меры, которые могут включать использование криптографического шифрования данных, многофакторную аутентификацию пользователей и устройств, а также регулярное обновление ПО. В данном контексте важной задачей также является обучение и подготовка персонала, работающего с ЦПС. Необходимо проводить тренинги и семинары по работе с цифровым энергооборудованием и новыми ПО [6].

Таким образом, цифровое ТУ на ПС – важный шаг на пути к созданию интеллектуальной энергетики будущего. Как показал анализ, разработка технологий и осуществление решений в данном направлении позволяют повысить надежность, безопасность и эффективность работы энергосистем, а также способствуют снижению затрат на эксплуатацию ЦПС и обеспечению устойчивого развития отрасли в целом.

## Библиографический список

1 Рахматуллин С. С. К вопросу о важности техобслуживания микропроцессорной релейной защиты в электроэнергетике / С. С. Рахматуллин // Академическая публицистика. – 2024. – № 4. – С. 143–145.

2 Дорохов Д. В. Комплекс цифровых решений в сфере телеуправления подстанциями / Д. В. Дорохов // Энергетик. – 2020. – № 2. – С. 47–51.

3 Лобов Б. Н. Понятие «цифровая подстанция» / Б. Н. Лобов, И. О. Лызарь, В. Э. Левчук // Молодой исследователь Дона. – 2020. – № 3. – С. 49-52.

4 Половников М. С. Разработка программной архитектуры РЗА для распределенной системы цифровой подстанции / М. С. Половников, В. И. Ухов // Автоматизация в промышленности. – 2016. – № 11. – С. 17–19.

5 Боченков И. Н. Опыт реализации подсистемы телемеханики цифровой подстанции / И. Н. Боченков [и др. ] // Электрические станции. – 2023. – № 4. – С. 36-39.

6. Попова М. В. Использование цифровых технологий в электроэнергетике России / М. В. Попова, А. Н. Струков, Е. А. Козлов // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. – 2020. – № 32. – С. 20–23.