

УДК 621.311

ББК 31.2

Г.М. МИХЕЕВ, А.Г. ЗИГАНШИН

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПОДСТАНЦИЙ ПУТЁМ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОММУТАЦИОННЫМИ АППАРАТАМИ 6-35 кВ С АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАБОЧЕГО МЕСТА ДИСПЕТЧЕРА

Ключевые слова: подстанция, система управления, коммутационные аппараты, высоковольтный выключатель, автоматизированное рабочее место, телемеханика, видеонаблюдение, измерительные преобразователи.

В статье представлена система управления высоковольтными выключателями на одной из подстанции филиала АО «Сетевая компания» Буинские электрические сети. Описана блок-схема управления коммутационными аппаратами с рабочего места диспетчера, приведены её конкретные блоки, с помощью которых осуществляется весь процесс переключения высоковольтных выключателей в КРУН-10, 35 кВ. Дано пояснение о сборе и передаче информации с интеллектуальных электронных устройств на привод коммутационного устройства, трансляции команд управления, конвертации протоколов и обмена данными с вышестоящими уровнями автоматизированных систем.

Показаны достоинства дистанционной системы управления электрическими аппаратами 6–35 кВ на примере подстанции 110/35/10 кВ «Верхний Услон» системы Татэнерго. Раскрыта система дистанционного управления коммутационными аппаратами при их выводе в ремонт и в случае других нештатных ситуаций на примере одной из подстанций 110/35/10 кВ Республики Татарстан.

Приведены схемы КРУН-10, КРУН-35 кВ с иллюстрацией положений электрических аппаратов, совмещенные с видеонаблюдением о состоянии выключателя определённой ячейки и положении заземляющих ножей отдельного коммутационного аппарата.

В последние годы цифровизация стала одним из важнейших векторов развития энергосистем во всем мире. Она неразрывно связана с появлением функциональных структур нового поколения – так называемых цифровых подстанций (ПС), цифровых распределительных устройств (РУ), цифровых сетей, цифровой диагностики [2, 4, 5].

С 2018 г., согласно стандарту ПАО «ФСК ЕЭС», цифровая ПС обрела новое понимание. Теперь под термином «Цифровая подстанция» стали подразумевать подстанцию электроэнергетической системы с высоким уровнем автоматизации. В этой системе процессы информационного обмена между её элементами, а также управления её работой производятся в цифровом виде на основе стандартов серии МЭК 61850. Отличием этого определения от определения 2011 г. является наличие в основе технологии построения цифровой ПС международного стандарта МЭК 61850, где детально описывается реализация таких ПС [1, 3].

На сегодняшний день в России запущены несколько пилотных цифровых ПС: ПС «Тобол» напряжением 500 кВ в Тюменской области, ПС 110 кВ «Медведевская» ПАО «Московская объединенная электросетевая компания» мощностью 160 МВ·А. Объект предназначен для электроснабжения потребителей, расположенных на территории инновационного центра «Сколково» [6].

В июле 2020 г. в Ямало-Ненецком автономном округе завершён монтаж основного электрооборудования цифровой ПС 110/35/10 «Север» с двумя трансформаторами по 40 МВ·А, расположенной на Новопортовском месторождении [7]. К концу 2020 г. ПС будет способна бесперебойно обеспечивать электроэнергией населенный пункт численностью в 10 тыс. человек.

Создаваемая архитектура системы управления цифровыми ПС позволяет существенно повысить автоматизацию и безопасность вывода в ремонт подстанционного электрооборудования без участия дежурного персонала. Филиал АО «Сетевая компания» Буинские электрические сети усиленно работает в этом направлении.

Целью этой работы является разработка алгоритма действия диспетчера для производства переключений коммутационным аппаратом в удалённом режиме, а также разработка блок-схемы организации канала связи для управления коммутационными аппаратами с помощью multifunctional измерительных преобразователей.

На рис. 1 приведена схема управления коммутационными аппаратами с рабочего места диспетчера.



Рис. 1. Блок-схема организации канала связи для управления коммутационными аппаратами

Для организации этой системы управления в КРУН-10 и КРУН-35 кВ ПС 110/35/10 кВ «Верхний Услон» установлены multifunctional измери-

тельные преобразователи (ЭНИП-2)¹ с модулями ввода/вывода (ЭНМВ-1)² и модули индикации (ЭНМИ)³ для отображения параметров режима электрической сети, измеряемых преобразователями ЭНИП-2.

Измерительные преобразователи, модули ввода/вывода и индикации выпускаются в нескольких модификациях, различающихся набором интерфейсов и количеством входов/выходов. Здесь же в КРУН-10-35 кВ ПС 110 кВ «Верхний Услон» в ячейках установлены, соответственно, модули ЭНИП-2-45/100-220-АЗЕ4-21(220), ЭНМВ-1-16(220)/6-220-А2Е0 и ЭНМИ-4-24-2.

Модули ЭНМВ-1 осуществляют функции дискретного и аналогового ввода/вывода, обеспечивают передачу данных по гальванически развязанным цифровым интерфейсам RS-485 и Ethernet в автоматизированные системы диспетчерского управления. Сбор данных может осуществляться как непосредственно с ЭНМВ-1, так и через устройства сбора данных, устройства телемеханики и другие средства автоматизации. Модули ЭНМВ-1 оборудованы различными типами дискретных выходов, в том числе релейными выходами, что позволяет выдавать управляющие воздействия непосредственно в схему управления коммутационного аппарата. Модуль ЭНМВ-1 имеет встроенные часы реального времени и поддерживает его синхронизацию от блока коррекции времени модуля ЭНКС-2 или по протоколам обмена от вышестоящего уровня. Встроенные часы и журналы событий позволяют присваивать метки времени регистрируемым событиям (изменению состояний дискретных входов и выходов) с точностью до 1 мс.

Синхронизация времени происходит по протоколам обмена от вышестоящего уровня МЭК60870-5-104 с контроллера Aris-2808⁴, который, в свою очередь, синхронизируется с NTP-сервера АО «Сетевая компания».

Вся информация с ячеек КРУН-10 кВ и КРУН-35 кВ собирается в шкафах ШСК-10 кВ и ШСК-35 кВ. Связь между многофункциональными измерительными преобразователями (МИП) и коммутаторами в шкафах ШСК-10 и ШСК-35 организована по кабелю UTP категории 5Е⁵. Для обеспечения передачи большого объема информации с камер технологического видеонаблюдения, телемеханики, систем учета, мониторинга релейной защиты и автоматики (РЗА) и охранно-пожарной сигнализации между КРУН-10 кВ, КРУН-35 кВ и оперативным пунктом управления (ОПУ) был организован оптоволоконный канал связи. Далее вся информация поступает на коммутаторы, расположенные в шкафу те-

¹ ЭНИП-2 Стандарт [Электронный ресурс] // Инженерный центр «Энергосервис»: сайт. URL: <https://enip2.ru/production/izmereniya/enip-2> (дата обращения: 04.10.2020).

² ЭНМВ-1 [Электронный ресурс] // Инженерный центр «Энергосервис»: сайт. URL: https://enip2.ru/production/input_output/enmv-1 (дата обращения: 04.10.2020).

³ Модуль индикации ЭНМИ [Электронный ресурс] // Инженерный центр «Энергосервис»: сайт. URL: https://enip2.ru/documentation/re_enmi.422953.001.pdf (дата обращения: 04.10.2020).

⁴ Многофункциональный контроллер – ARIS-2803/2805/2808/2814/2808E [Электронный ресурс]. URL: <https://energybase.ru/equipment/mnogofunktsionalnii-kontroller-ARIS-28032805280828142808e> (дата обращения 09.10.2020).

⁵ Кабель категории 5 [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Кабель_категории_5 (дата обращения 01.11.2020).

лемеханики и шкафу связи. На подстанции установлена система телемеханики «ARIS» производства ООО «Прософт-Системы». Через нее осуществляются сбор и передача информации с интеллектуальных электронных устройств (IED), МИП, микропроцессорной релейной защиты и автоматики (МП РЗА), счетчиков электроэнергии и микропроцессорных модулей ввода/вывода дискретных и аналоговых сигналов, трансляция команд управления, конвертация протоколов и обмен данными с вышестоящими уровнями автоматизированных систем. Опрос контроллеров и терминалов происходит по протоколам МЭК-60870-5-104, Modbus и МЭК-61850.

На рис. 2 отображены основная информация и положение коммутационных аппаратов КРУН-10 кВ.

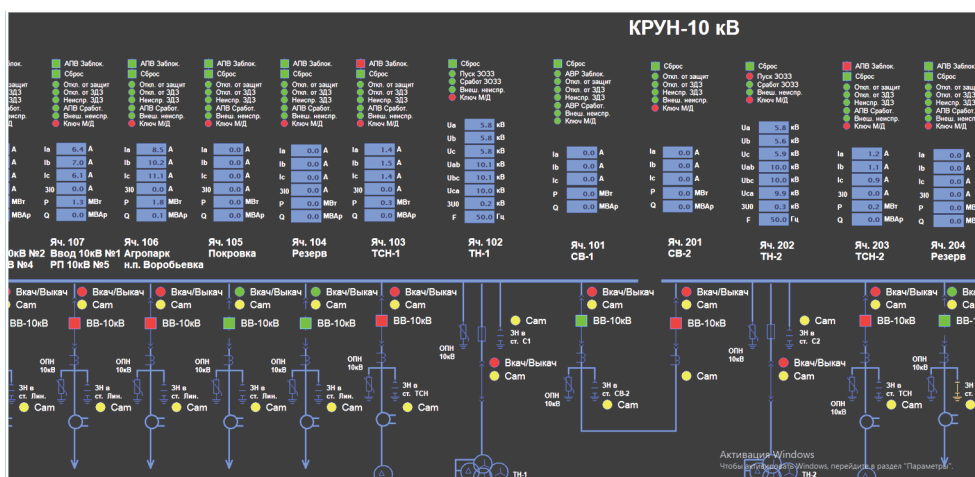


Рис. 2. Однолинейная электрическая схема КРУН-10 кВ ПС 110 кВ «Верхний Услон»

Каждая ячейка оснащена камерами видеонаблюдения, работающими в режиме реального времени. Интеграция видеонаблюдения ячеек в оперативно-информационный комплекс (ОИК) «Диспетчер»¹ произведена при помощи внедрения в схему специальных кнопок включения камер, а также добавления скриптов для захвата видеопотока для каждой камеры в отдельности. Система видеонаблюдения построена таким образом, что один видеопоток с камер передается на сервер хранения видеозаписи, а второй используется на автоматизированном рабочем месте (АРМ) диспетчера для получения визуального подтверждения переключения коммутационного аппарата. При такой организации системы видеонаблюдения видео на АРМ диспетчера передается непосредственно с камер, без промежуточных обработок на серверах. В слу-

¹ Клиент «ОИК диспетчер НТ». Программно-аппаратный комплекс «ОИК диспетчер НТ». Руководство пользователя и администратора. URL: <http://ukravtomatika.com.ua/images/downloads/scada/Клиент%20ОИКСД%20Диспетчер%20НТ.pdf> (дата обращения: 12.10.2020).

чае необходимости все видеозаписи переключений можно посмотреть в архиве на сервере видеозаписей.

На рис. 3 представлена схема КРУН-10 кВ ПС 110 кВ «Верхний Услон», совмещенная с видеонаблюдением о состоянии выключателя отдельной ячейки и положении заземляющих ножей этого коммутационного аппарата.

На верхнем окне этого рисунка показано отключённое положение ячейки №105 КРУН-10 кВ. На нижнем окне (см. рис. 3) представлено отключенное положение заземляющих ножей этой ячейки, а в верхнем правом углу – дата и текущее время.

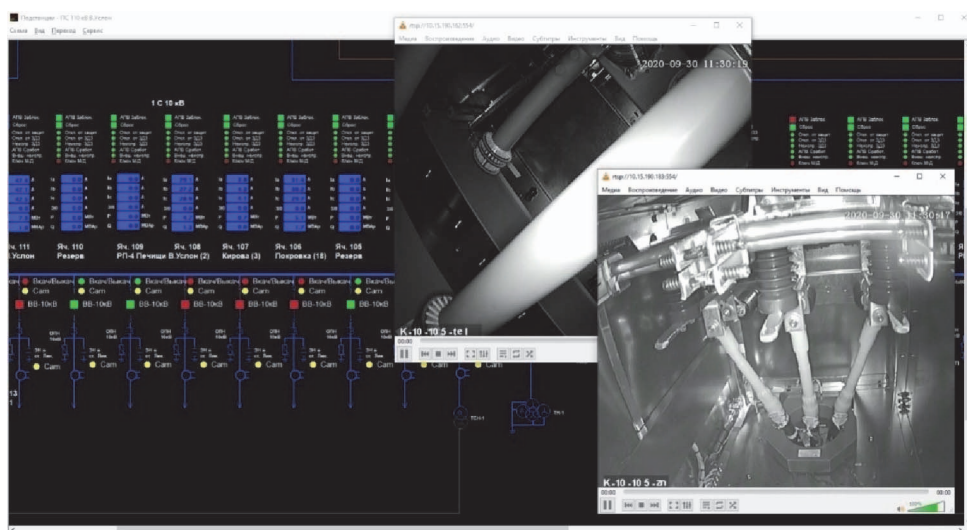


Рис. 3. Схема КРУН-10 кВ ПС 110 кВ «Верхний Услон»

В ячейках КРУН-10 кВ ПС 110 кВ Верхний Услон (с напряжением 110/35/10 кВ) установлены вакуумные выключатели *BB/TELISM15_LD_1(51)* производства «Таврида Электрик».

На рис. 4 представлена схема КРУН-35 кВ на вышеупомянутой подстанции, совмещенная с видеонаблюдением о состоянии выключателя отдельной ячейки и положении заземляющих ножей этого коммутационного аппарата.

В ячейках КРУН-35 кВ ПС 110 кВ Верхний Услон (с напряжением 110/35/10 кВ) установлены вакуумные выключатели *HVX40-25-12F* производства «Schneider Electric».

На рис. 5 приведён алгоритм действия диспетчера для производства переключений коммутационным аппаратом в удалённом режиме.

Для удаленного управления ячейкой необходимо в окне приложения, в котором отображается схема, нажать на кнопку камеры рядом с коммутационным аппаратом, которым нужно оперировать. После этого откроется окно с видео в режиме реального времени, в котором отчётливо просматривается положение коммутационного аппарата (см. рис. 3, 4).

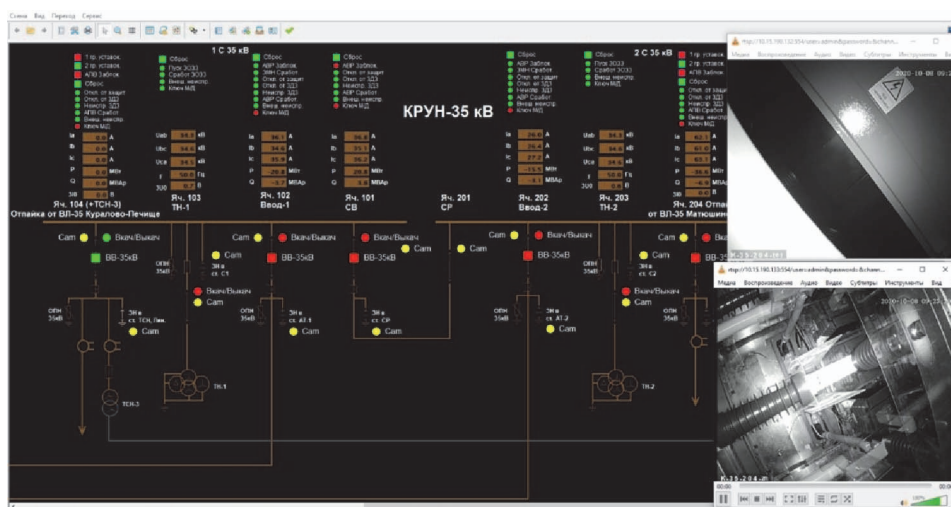


Рис. 4. Схема КРУН-35 кВ ПС 110 кВ «Верхний Услон»

После этого оператор может подать команду на переключение коммутационного аппарата, при этом весь процесс коммутации высоковольтного оборудования отображается на экране АРМ диспетчера.

Достоверность выполнения команд телеуправления электрическим аппаратом в ячейках высоковольтных выключателей можно контролировать визуально по положению коммутационного устройства посредством видеокамер и по наличию или отсутствию нагрузки на интересующем присоединении.

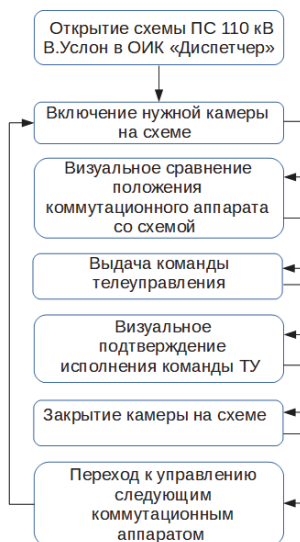


Рис. 5. Схема выполнения телеуправления

Выводы. 1. Разработана блок-схема организации канала связи для управления коммутационными аппаратами с помощью многофункциональных измери-

тельных преобразователей (ЭНИП-2) с модулями ввода/вывода ЭНМВ-1 и модулями индикации ЭНМИ для отображения параметров режима электрической сети. Синхронизацию времени предложено производить по протоколам обмена от вышестоящего уровня МЭК60870-5-104 с контроллера *Aris-2808*, который, в свою очередь, синхронизируется с NTP-сервера АО «Сетевая компания».

2. Разработан алгоритм действия диспетчера для производства переключений коммутационным аппаратом в удалённом режиме.

3. Дистанционная система управления коммутационными аппаратами 6–35 кВ даёт возможность производить переключения на подстанции без участия оперативного персонала, вести мониторинг выключателей, выкатных ячеек и заземляющих ножей, а также контролировать их состояние и процесс переключения в режиме реального времени.

4. Система дистанционного управления обеспечивает одновременный и быстрый доступ к выполнению операций над высоковольтными выключателями на нескольких подстанциях, а в случае внештатных ситуаций она обеспечивает их оперативную и эффективную коммутацию.

5. Предложенная система управления коммутационными аппаратами с автоматического рабочего места диспетчера решает задачи по извлечению неоперативных данных с датчиков силового высоковольтного электрооборудования, а также записи аварийных событий, необходимые для реализации концепции технического обслуживания.

6. Система управления коммутационными аппаратами повышает надёжность и бесперебойность электроснабжения потребителей, удешевляет ее стоимость за счет уменьшения эксплуатационных расходов, увеличивает безопасность эксплуатационного персонала.

Литература

1. Каячков Р.А., Тен Е.Е. Цифровая трансформация как способ повышения качества услуг по передаче электроэнергии // Инновации. Наука. Образование. 2020. № 12. С. 372–377.
2. Лапшин Е., Селиханович А., Афонин И. Система мониторинга и диагностики силовых трансформаторов и КРУЭ на цифровой подстанции «Медведевская» // Электроэнергия. Передача и распределение. 2018. № 52(9). С. 42–43.
3. Лобов Б.Н., Лызарь И.О., Левчук В.Э. Понятие «Цифровая подстанция» // Молодой исследователь Дона. 2020. № 3(24). С. 49–52.
4. Михеев Г.М. Цифровая диагностика высоковольтного электрооборудования. М.: ИД «Додэка XXI», 2008. 304 с.
5. Руссов В.А. Мониторинг сухих и маслонаполненных распределительных трансформаторов 6–35 кВ в условиях цифровых подстанций // Энергоэксперт. 2019. № 1. С. 44–47.
6. Старкова Л.Е., Балашов Е.П. Анализ целесообразности внедрения цифровых электрических подстанций // Вестник Вологодского государственного университета. Сер. Технические науки. 2020. № 2(8). С. 44–48.
7. Цифровая подстанция «Север» для Новопортовского кластера Газпром-нефти будет запущена до конца 2020 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://neftegaz.ru/news/energy/556319-tsifrovaya-podstantsiya-sever-dlya-novoportovskogo-klastera-gazprom-nefti-budet-zapushchena-dokonts> (дата обращения: 04.11.2020).

МИХЕЕВ ГЕОРГИЙ МИХАЙЛОВИЧ – доктор технических наук, профессор кафедры электроснабжения и интеллектуальных электроэнергетических систем, Чувашский государственный университет, Россия, Чебоксары (mikheevg@rambler.ru).

ЗИГАНШИН АЙРАТ ГАБДУЛХАКОВИЧ – аспирант кафедры электроснабжения и интеллектуальных электроэнергетических систем, Чувашский государственный университет, Россия, Чебоксары (ZiganshinAG@gridcom-rt.ru).

Georgi M. MIKHEEV, Ayrat G. ZIGANSHIN

THE DIGITALIZATION OF SUBSTATIONS BY CREATING A 6-35 kV SWITCHING DEVICES CONTROL SYSTEM FROM THE AUTOMATED WORKPLACE

Key words: Substation, control system, switching devices, high-voltage switch, automated workplace, telemechanics, video surveillance, measuring converters.

The control system of high-voltage switches at one of the substations of the branch of JSC "Grid Company" Buinskie Power Networks is presented in the work. The block control circuit of switching devices from the automated workplace is described. Its specific blocks with the help of which the whole process of switching of high-voltage switches in the switchgear – 10, 35 kV is performed are provided.

An explanation of the collection and transfer of information from intelligent electronic devices to the switchgear drive, transmission of control commands, protocol conversion and data exchange with higher levels of automated systems is given.

Advantages of the remote control system for 6-35 kV electrical apparatus are shown on the example of the 110/35/10 kV "Verkhny Uslon" substation of the Tatenergo system.

The system of remote control of switchgear during its repair and in case of other emergency situations is opened on the example of one of the substations 110/35/10 kV of the Republic of Tatarstan.

There are schemes KRUN-10, KRUN-35 kV with an illustration of the positions of electrical apparatus, combined with video surveillance of the state of the switch of a certain cell and the position of the earthing switch of a separate switching device.

References

1. Kayachkov R.A., Ten E.E. *Tsifrovaya transformatsiya kak sposob povysheniya kachestva uslug po peredache elektroenergii* [Digital transformation as a way to improve the quality of the power transmission services]. *Innovatsii. Nauka. Obrazovanie*, 2020, no. 12, pp. 372–377.
2. Lapshin E., Selikhanovich A., Afonin I. *Sistema monitoringa i diagnostiki silovykh transformatorov i KRUE na tsifrovoi podstantsii «Medvedevskaya»* [Energoekspert 2019. System of monitoring and diagnostics of the power transformers and GIS at the digital substation "Medvedevskaya"]. *Elektroenergiya. Peredacha i raspredelenie*, 2018, no. 52(9), pp. 42–43.
3. Lobov B.N., Lyzar' I.O., Levchuk V.E. *Ponyatie «Tsifrovaya podstantsiya»* [«Digital substation» concept]. *Molodoi issledovatel' Dona*, 2020, no. 3(24), pp. 49–52.
4. Mikheev G.M. *Tsifrovaya diagnostika vysokovol'nogo elektrooborudovaniya* [Digital diagnostics of high voltage equipment]. Moscow, Dodeka 21 Publ. House, 2008, 304 p.
5. Russov V.A. *Monitoring sukhikh i maslonapolnennykh raspredelitel'nykh transformatorov 6-35 kV v usloviyakh tsifrovyykh podstantsii* [Monitoring of the dry and oil-filled distribution transformers 6-35 kV in the digital substations conditions]. *Energoekspert*, 2019, no. 1, pp. 44–47.
6. Starkova L.E., Balashov E.P. *Analiz tselesoobraznosti vnedreniya tsifrovyykh elektricheskikh podstantsii* [Analysis of expediency of the digital electric substation implementation]. *Vestnik Vologodskogo gosudarstvenno universiteta. Ser. Tekhnicheskie nauki*, 2020, no. 2(8), pp. 44–48.
7. *Tsifrovaya podstantsiya Sever dlya Novoportovskogo klastera Gazprom nefi budet zapushchena do kontsa 2020 g.* [Digital substation "North" for the Novoport cluster Gazprom-Oil will be launched by the end of 2020]. Available at: <https://neftegaz.ru/news/energy/556319-tsifrovaya-podstantsiya-sever-dlya-novoportovskogo-klastera-gazprom-nefti-budet-zapushchena-do-kontsa>.

GEORGI M. MIKHEEV – Doctor of Technical Sciences, Professor of Electric Power Industry Department, Chuvash State University, Russia, Cheboksary (mikheevg@rambler.ru).

AYRAT G. ZIGANSHIN – Post-Graduate Student of Electric Power Industry Department, Chuvash State University, Russia, Cheboksary (ZiganshinAG@gridcom-rt.ru).

Формат цитирования: Михеев Г.М., Зиганшин А.Г. Цифровизация подстанций путём создания системы управления коммутационными аппаратами 6-35 кВ с автоматизированного рабочего места диспетчера // Вестник Чувашского университета. – 2021. – № 1. – С. 78–85. DOI: 10.47026/1810-1909-2021-1-78-85.