

Система дистанционного контроля резервного электропитания объектов информационной инфраструктуры железных дорог

Я. А. Заручевский, к.воен.н. В. Г. Терехов
Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского
Санкт-Петербург, Россия
zaruchevskiy@stm32f0.ru, vter2@rambler.ru

к.т.н. В. А. Гончаренко
Петербургский государственный университет
путей сообщения Императора Александра I,
Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского
Санкт-Петербург, Россия
vlango@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены решения, применяемые в ходе проектирования системы дистанционного контроля электропитания. Описан алгоритм определения текущего состояния энергообеспеченности, общая структура системы, состав ее модулей. Целью функционирования предлагаемой системы является повышение эффективности контроля за состоянием бесперебойных источников питания, входящих в систему электропитания значимых объектов ИТ-инфраструктуры ОАО «Российские железные дороги». Система дистанционного контроля проста во внедрении, не требует глобальной модернизации имеющейся информационно-телекоммуникационной сети, способна отслеживать состояние любых источников бесперебойного питания.

Ключевые слова: мониторинг, дистанционный контроль, электропитание, ИБП, резервирование, микропроцессор, Python.

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире построению ИТ-архитектуры уделяется особенное внимание. Практически у каждого предприятия, каждой организации имеются задачи, для решения которых требуются средства и сервисы информационной инфраструктуры — веб-сервис, в офисе установлены компьютеры и имеется корпоративная компьютерная сеть. И если раньше онлайн-сервисы были лишь дополнением к основной деятельности большинства компаний, то в наше время баланс смещается в другую сторону. Следовательно, от надежности сетевой инфраструктуры зависит достаточно большое количество аспектов деятельности предприятия или организации, особенно если направление их деятельности связано с обслуживанием людей и сохранением их жизни и здоровья. К таким организациям относятся ОАО «Российские железные дороги».

Стандартным методом повышения надежности объектов сетевой информационной инфраструктуры считается обеспечение их резервным питанием. Одним из вариантов реализации резервного питания критически важных объектов зачастую является использование источников бесперебойного питания (ИБП). ИБП, как правило, имеют на корпусе индикацию своего состояния, что позволяет ответственному лицу осуществлять мониторинг вручную, путем обхода всего оборудования, оснащенного ИБП. Однако для ручного контроля большого количества устройств, расположенных на значительном расстоянии в распределенной информационной инфраструктуре потребуется значитель-

ное количество времени, что может привести к потере работоспособности некоторых объектов ИТ-инфраструктуры, а значит, и к нарушению сервисов ОАО «РЖД». Выходом из подобной ситуации могут быть решения в области дистанционного контроля электропитания сетевой информационной структуры критически важных объектов железных дорог.

Для реализации дистанционного контроля за резервным питанием объектов информационной инфраструктуры предлагается использовать систему дистанционного контроля (СДК) основного и резервного электропитания. Целью функционирования СДК является повышение эффективности контроля работоспособности ИБП. Для достижения данной цели в статье представлено решение задачи разработки СДК основного и резервного электропитания, которая должна отвечать требованиям, установленным законодательством Российской Федерации об обеспечении единства измерений и о техническом регулировании [1], иметь удобный интерфейс и быть совместимой с различными операционными системами.

В статье рассмотрены назначение, структура и основные функции СДК, описан алгоритм ее функционирования.

Аналогичные вопросы рассмотрены в статье [2], однако предложенное авторами решение построено на базе протоколов, не получивших широкого распространения в информационных системах, и не может быть универсальным.

НАЗНАЧЕНИЕ, ЗАДАЧИ И СТРУКТУРА СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ

Основным назначением разрабатываемой СДК является повышение эффективности сбора данных о состоянии напряжения основной и резервной линий электропитания в режиме реального времени, что в свою очередь открывает возможность для более оперативного устранения возможных неполадок.

Задачи, которые должна решать СДК:

- сокращение времени, затрачиваемого на анализ напряжения в различных сегментах сети электропитания;
- выдача четкого целеуказания на ремонт или замену конкретного ИБП;
- совместимость с любыми типами ИБП;
- выдача заметных сигналов тревоги.

В состав аппаратно-программного комплекса входят:

1. Модуль снятия показаний (МСП).

1.1. Подсистема резервного питания.

- 1.2. Подсистема обработки датчиков.
- 1.3. Подсистема связи с сервером [3].
- 2. Серверная часть.
 - 2.1. Сервер базы данных.
 - 2.2. Интерпретатор языка Python [4].

- 2.3. Веб-сервер Apache2.
 - 2.4. Веб-приложение с интерфейсом пользователя и администратора.
- Структурная схема СДК представлена на рисунке 1.

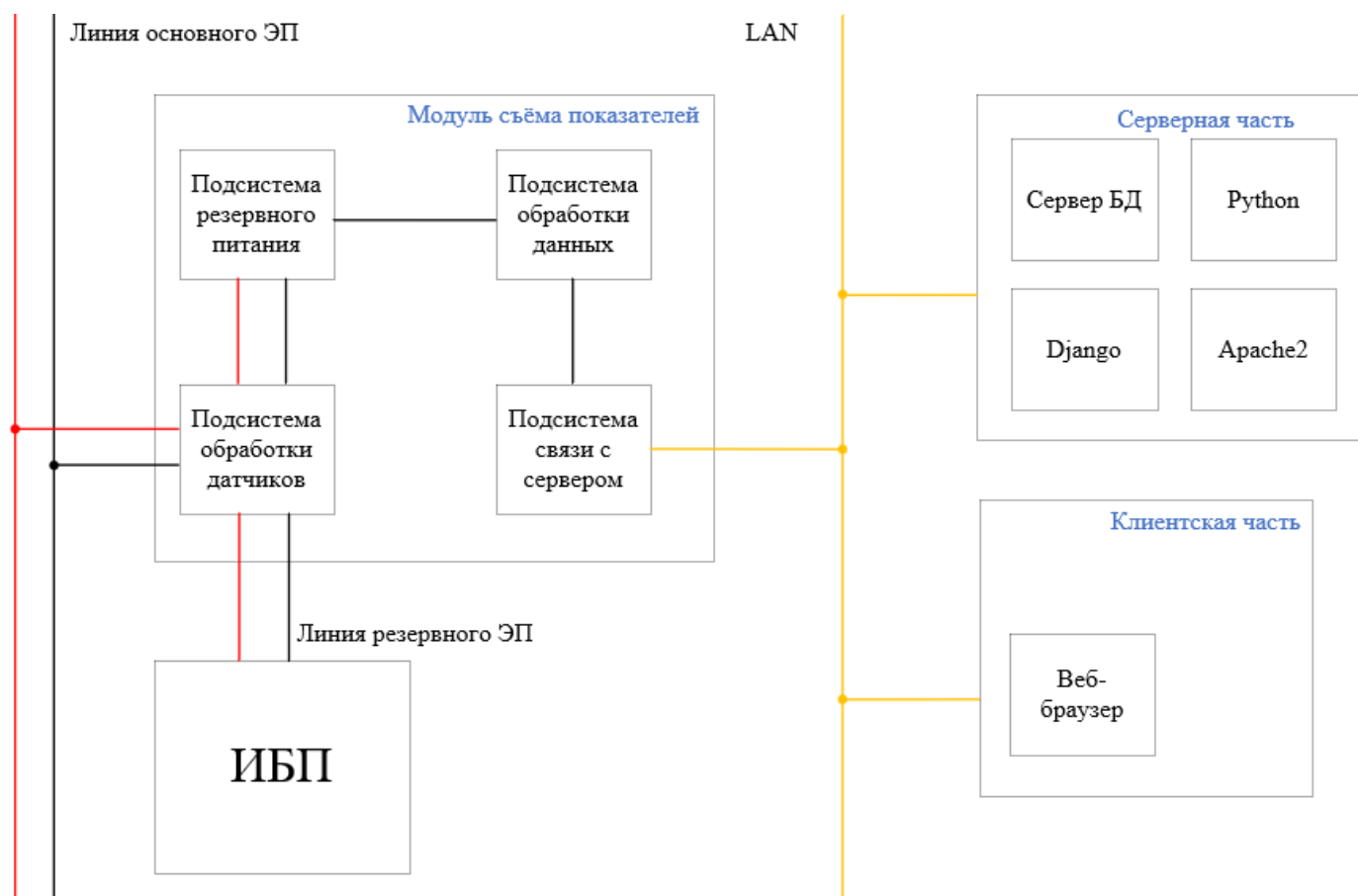


Рис. 1. Структурная схема СДК

Модуль снятия показаний построен на базе микроконтроллера RP2040 [5], на котором установлен интерпретатор MicroPython [6] — фреймворк, позволяющий производить разработку для микроконтроллеров на языке Python [4]. В качестве датчиков используются измерительные трансформаторы ZMPT101B. Связь с сервером осуществляется посредством проводной компьютерной сети при помощи интегрированного Ethernet-контроллера W5500.

Принципиальная схема МСП приведена на рисунке 2.

Вариаций аппаратного оснащения серверной части может быть множество, поэтому приведены лишь минимальные характеристики:

- частота CPU: от 1 ГГц;
- объем ОЗУ: от 512 Мб;
- объем НЖМД: 1 Гб;
- операционная система: Windows 7 и выше, Linux (ядро новее 5.10).

Выбранные программные компоненты позволяют запускать приложение практически на любой аппаратной конфигурации.

Клиентам СДК для работы требуется автоматизированное рабочее место на базе персонального компьютера или иное средство вычислительной техники с установленным

браузером, подключенным к информационной структуре ОАО «РЖД», ограничений по выбору браузера нет.

Модуль снятия показаний осуществляет выборку данных с датчиков с заданной частотой. Измерения производятся при помощи трансформаторов напряжения ZMPT101B, сигнал с которых приводится в наиболее удобную для аналогово-цифрового преобразования форму при помощи каскада из операционных усилителей (ОУ). Первый ОУ устанавливает границы выходного сигнала в $\pm 1,65$ В, второй «поднимает» уровень так, что переменное напряжение становится постоянным со средним значением в 1,65 В. Принципиальная схема каскада показана на рисунке 3.

Проведя математические преобразования по формуле

$$V = \frac{3,3}{4\ 096} \times V_{\text{read}},$$

микроконтроллер отправляет вычисленные значения вместе с присвоенным модулю уникальным номером на сервер.

Со стороны сервера приемником данных является веб-приложение, написанное с применением фреймворка Django [7], имеющее REST-совместимый API [8]. Приложение разбирает полученный пакет и помещает полученные данные в базу данных.

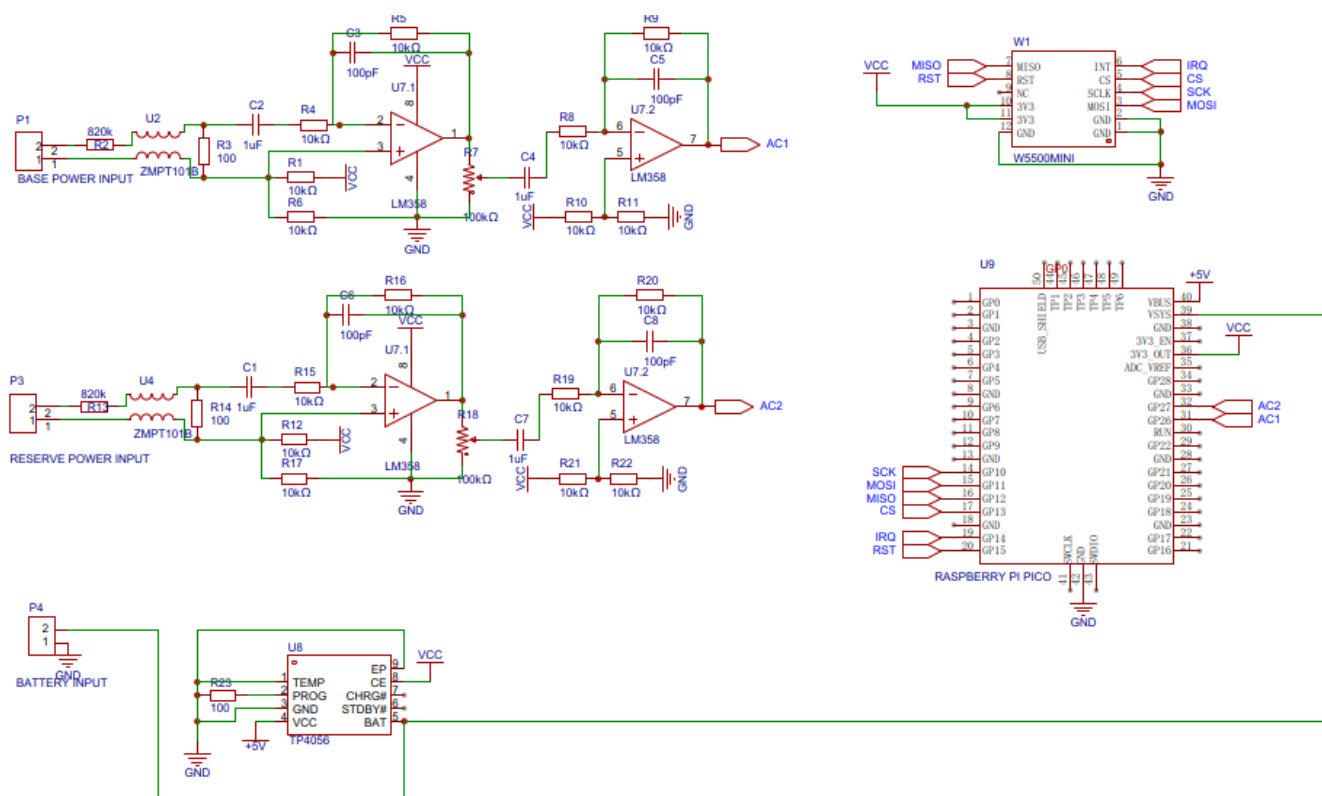


Рис. 2. Принципиальная схема МСП

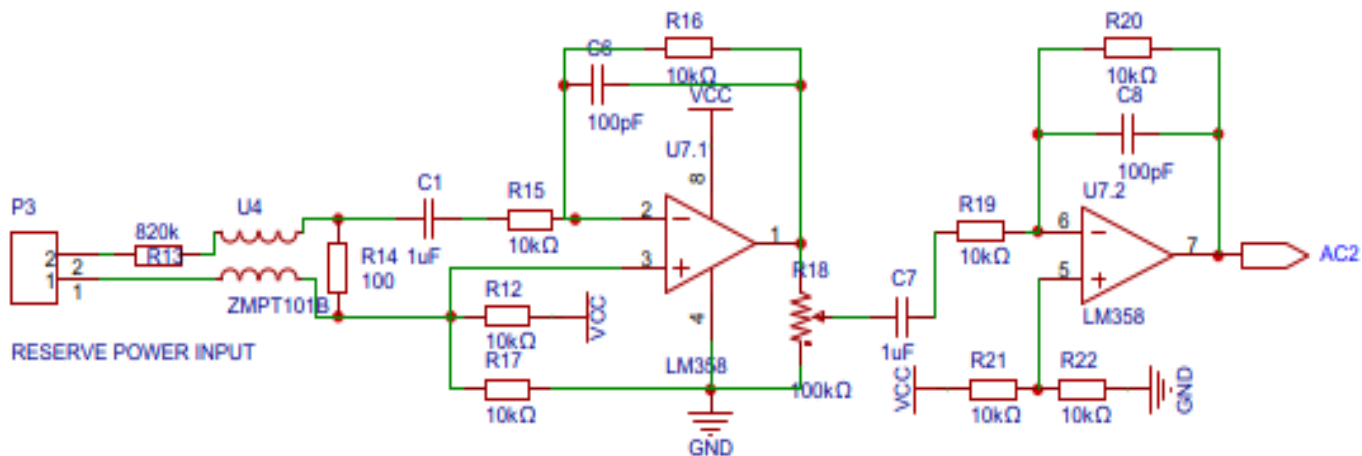


Рис. 3. Принципиальная схема каскада ОУ

АЛГОРИТМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ

Формальный алгоритм обработки данных напряжения показан на рисунке 4.

Если имеется напряжение со стороны основной линии электропитания (ЭП), и оно находится в допустимых пределах [9], данные просто учитываются в графике напряжений за определенный период времени.

Если напряжение со стороны основной линии ЭП выходит за допустимые пределы, но напряжение со стороны резервной линии появилось в течение заданного интервала и находится в допустимых пределах, то интерфейс приложе-

ния отображает уведомление о неполадках на основной линии. Это уведомление вместе с отметкой времени помещается в Журнал нештатных событий.

Если же напряжение со стороны основной линии ЭП выходит за допустимые пределы [10], а напряжение со стороны резервной линии не появилось в течение заданного интервала или находится вне допустимых пределов, то интерфейс приложения отображает уведомление о критической потере ЭП. Это уведомление вместе с отметкой времени помещается в Журнал нештатных событий. Также при этом на соответствующий модуль снятия показаний отправляется команда перехода в спящий режим до появления одного из внешних напряжений.

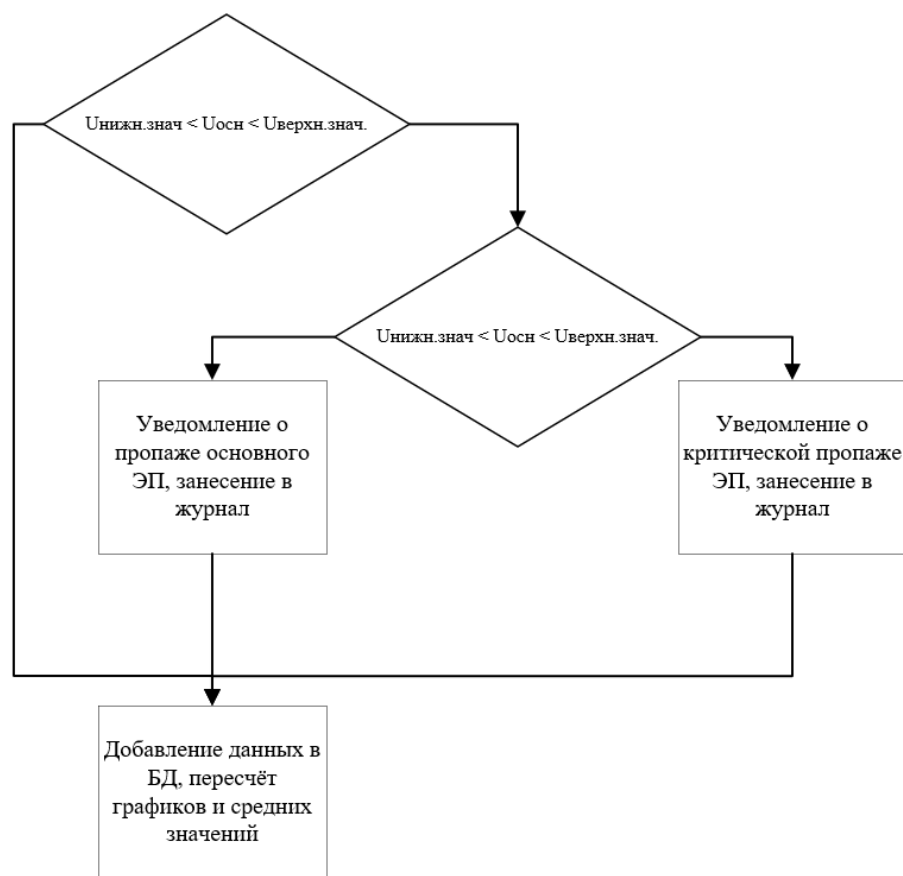


Рис. 4. Формальный алгоритм обработки данных

Во время переходных процессов, например переключения питания с основной линии на резервную, модуль питается при помощи встроенной подсистемы резервного питания, построенной на базе LiPO-аккумулятора, модуля подзарядки и преобразования напряжения.

Веб-приложение поддерживает несколько ролей пользователей. В роли «Администратор» пользователю доступно:

- добавление новых модулей снятия показаний;
- удаление ненужных модулей;
- редактирование описания модулей;
- установка порогов напряжений;
- создание новых пользователей с различными ролями;
- все действия, доступные обычному пользователю.

Обычному пользователю доступно:

- просмотр Журнала нештатных событий;
- просмотр текущего состояния каждого датчика;
- просмотр графиков напряжений и отказов ЭП за заданный период.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, разработанная система дистанционного контроля за резервным питанием объектов сетевой информационной структуры реализует функции, позволяющие более оперативно реагировать на неисправности ИБП и принимать меры к их устранению. По графику напряжения с резервной линии питания возможно планировать мероприятия по корректному отключению или переводу на дру-

гие рабочие мощности на время, оставшееся до полного отключения, косвенно оценивать состояние аккумулятора в ИБП. Благодаря универсальности, СДК можно интегрировать практически в любые существующие сетевые информационные структуры подразделений ОАО «Российские железные дороги».

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 8.000-2015. Государственная система обеспечения единства измерений. Основные положения = State system for ensuring the uniformity of measurements. Basic principles: национальный стандарт Российской Федерации: утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 31 августа 2015 г. № 1207-ст: дата введения 2016-07-01. — Москва: Стандартинформ, 2015. — 15 с.
2. Система дистанционного мониторинга состояний источников бесперебойного питания / Р. А. Бандурко, Н. Д. Наракидзе, И. А. Антоник, Л. Г. Тарасова // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3, № 7-1 (18-1). С. 126–129. DOI: 10.12737/14818.
3. Олифер, В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Юбилейное издание // В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. — [6-е изд.]. — Санкт-Петербург: Питер, 2020. — 1008 с. — (Учебник для вузов).
4. Язык программирования Python: [Пер. с англ.] / Г. Россум, Ф. Л. Дрейк, Д. С. Откидач, [и др.]. — 2001. — 454 с. URL: http://codernet.ru/books/python/yazyk_programirovaniya_python_g_rossum (дата обращения 25.03.2023).

5. RP2040 Datasheet. Build version ae3b121-clean, build date 02.03.2023 // Raspberry Pi Datasheets. — 639 p. URL: <http://datasheets.raspberrypi.com/rp2040/rp2040-datasheet.pdf> (дата обращения 25.03.2023).

6. Tollervey, N. H. Programming with MicroPython: Embedded Programming with Microcontrollers and Python. — Sebastopol (CA): O'Reilly Media, 2017. — 214 p.

7. Ravindran, A. Django Design Patterns and Best Practices: Industry-standard web development techniques and solutions using Python. Second Revised Edition. — Birmingham: Packt Publishing, 2018. — 282 p.

8. Vincent, W. S. Django 3.0 for APIs: Build web APIs with Python and Django. — Lean Publishing, 2018. — 190 p.

9. ГОСТ 29322-2014. Напряжения стандартные = Standard voltages: межгосударственный стандарт: принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 30 сентября 2014 г. № 70-П; с изм. № 1, протокол от 26 февраля 2021 г. № 137-П): введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 25 ноября 2014 г. № 1745-ст: дата введения 2015-10-01 (изм. № 1 — дата введения 2021-06-01; поправка к изменению — дата введения 2022-04-20). — Москва: Стандартинформ, 2015. — 15 с.

10. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения = Electric energy. Electromagnetic compatibility of technical equipment. Power quality limits in the public power supply systems: межгосударственный стандарт: принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 25 марта 2013 г. № 55-П): введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 июля 2013 г. № 400-ст: дата введения 2014-07-01. — Москва: Стандартинформ, 2014. — 19 с.

Remote Control System for Backup Power Supply of Railway Information Infrastructure Facilities

Ya. A. Zaruchevskiy, PhD V. G. Terekhov
Mozhaisky Military Space Academy
Saint Petersburg, Russia
zaruchevskiy@stm32f0.ru, vter2@rambler.ru

PhD V. A. Goncharenko
Emperor Alexander I St. Petersburg
State Transport University,
Mozhaisky Military Space Academy
Saint Petersburg, Russia
vlango@mail.ru

Abstract. The article discusses the solutions used during the design of the remote control system of power supply. The algorithm for determining the current state of energy supply, the general structure of the system, and the composition of its modules are described. The purpose of the proposed system is to increase the efficiency of monitoring the state of uninterruptible power supplies included in the power supply system of significant IT infrastructure facilities of JSC Russian Railways. The remote control system is easy to implement, does not require global modernization of the existing information and telecommunications network, is able to monitor the status of any uninterruptible power supplies.

Keywords: monitoring, remote control, power supply, UPS, redundancy, microprocessor, Python.

REFERENCES

1. GOST R 8.000-2015. State system for ensuring the uniformity of measurements. Basic principles [GOST R 8.000-2015. Gosudarstvennaya sistema obespecheniya edinstva izmereniy. Osnovnye polozeniya]. Effective from July 01, 2016. Moscow, StandartInform Publishing House, 2015, 15 p.
2. Bandurko R. A., Narakidze N. D., Antonik I. A., Tarasova L. G. System of Remote Monitoring of the State of Uninterruptible Power Supplies [Sistema distantsionnogo monitoringa sostoyaniy istochnikov bespereboynogo pitaniya], *Actual Directions of Scientific Researches of the XXI Century: Theory and Practice [Aktualnye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika]*, 2015, Vol. 3, No. 7-1 (18-1), Pp. 126–129. DOI: 10.12737/14818.
3. Olifer V. G., Olifer N. A. Computer networks. Principles, technologies, protocols: Anniversary edition [Kompyuternye seti. Printsipy, tekhnologii, protokoly: Yubileynoe izdanie]. Saint Petersburg, Piter Publishing House, 2020, 1008 p.
4. Van Rossum G., Jr. Drake F. L., Otkidach D. S., et al. Python programming language. 2001, 454 p. Available at: http://codernet.ru/books/python/yazyk_programmirovaniya_python_g_rossum (accessed 25 Mar 2023).
5. RP2040 Datasheet. Build version ae3b121-clean, build date 02.03.2023, *Raspberry Pi Datasheets*, 639 p. Available at: <http://datasheets.raspberrypi.com/rp2040/rp2040-datasheet.pdf> (accessed 25 Mar 2023).
6. Tollervey N. H. Programming with MicroPython: Embedded Programming with Microcontrollers and Python. Sebastopol (CA), O'Reilly Media, 2017, 214 p.
7. Ravindran A. Django Design Patterns and Best Practices: Industry-standard web development techniques and solutions using Python. Second Revised Edition. Birmingham, Packt Publishing, 2018, 282 p.
8. Vincent W. S. Django 3.0 for APIs: Build web APIs with Python and Django. Lean Publishing, 2018, 190 p.
9. GOST 29322-2014. Standard voltages [GOST 29322-2014. Napryazheniya standartnye]. Effective from October 01, 2015. Moscow, StandartInform Publishing House, 2015, 15 p.
10. GOST 32144-2013. Electric energy. Electromagnetic compatibility of technical equipment. Power quality limits in the public power supply systems [GOST 32144-2013. Elektricheskaya energiya. Sovmestimost tekhnicheskikh sredstv elektromagnitnaya. Normy kachestva elektricheskoy energii v sistemakh elektrosnabzheniya obshchego naznacheniya]. Effective from July 01, 2014. Moscow, StandartInform Publishing House, 2014, 19 p.