

В. В. Туляков, аспирант кафедры «Электрооборудование и автоматика судов» Астраханского государственного технического университета, ведущий инженер отдела автоматизации учета электрической энергии филиала ПАО «Россети ЮГ»-«Астраханьэнерго».

А. А. Круглов, магистрант кафедры «Электрооборудование и автоматика судов» Астраханского государственного технического университета, начальник отдела автоматизированных систем коммерческого учета электроэнергии филиала ПАО «Россети ЮГ»-«Астраханьэнерго».

Д. В. Степанов, к.т.н., доцент кафедры «Электрооборудование и автоматика судов» Астраханского государственного технического университета.

«УМЕНЬШЕНИЕ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ ЗАТРАТ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ КОНТРОЛЬНЫХ СЪЕМОВ ПОКАЗАНИЙ»

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

В статье рассматривается деятельность специалистов сетевой компании ПАО «Россети ЮГ»-«Астраханьэнерго» при выполнении контрольных съемов показаний (далее КСП) с интеллектуальных приборов учета электрической энергии, участвующих в информационном обмене в составе эксплуатируемой автоматизированной системы учёта электроэнергии (далее АСУЭ).

Выполнение КСП рассмотрено для интеллектуальных счетчиков, которые не участвуют в информационном обмене в составе эксплуатируемой АСУЭ по следующим причинам: отсутствие или неисправность промежуточного канала-образующего оборудования; отсутствие зоны покрытия мобильным оператором или «зашумление» физической среды передачи данных, например, при передаче данных по линии электропередач, используя технологию Power Line Communication; неисправность модуля связи счетчика электрической энергии для участия в информационном обмене в составе эксплуатируемой АСУЭ.

Связь с интеллектуальными счетчиками для проведения КСП выполняется через модуль связи Bluetooth Low Energy (далее BLE), предназначенный для подключения к прибору учета устройства считывания данных – дисплей, через который потребитель просматривает объем потребленной электроэнергии в кВт/ч.

Предлагаемое авторами статьи устройство выполняет информационный обмен только со счетчиками электрической энергии производства АО «Концерн Энергомера» СЕ208 СПОДЭС [1], СЕ308 СПОДЭС [2] (рисунок 1), устанавливаемые на опоры линий электропередач на границе балансовой принадлежности с потребителем электроэнергии, внутреннее программное обеспечение которых соответствует [3].



Рисунок 1. Внешний вид счетчика электрической энергии сплит исполнения СЕ308 СПОДЭС с дисплеем СЕ901 BU-03 [4].

Причинами для проведения КСП персоналом компании являются:

1. Сверка показаний, с целью предотвращения расхождения между фактически потребленным объемом электрической энергии и оплаченной потребителем за определенный период.
2. Проверка исправности и целостности прибора учёта. Это достигается путём считывания со счетчика: состояния электронных пломб, статусных кодов периодической самодиагностики счетчика, журналов качества электроэнергии, журнала неудачной авторизации и др.
3. Плановые или внеплановые проверки.
4. Сбор данных для анализа и планирования предстоящих нагрузок электрической сети, планирование ремонтов линий и модернизации оборудования, прогнозирование потребления электрической энергии.

Квалификационные затраты КСП предусматривают:

1. Наличие у исполнителя работ ноутбука с установленным технологическим программным обеспечением и устройство считывания счетчиков СЕ901 BU-03.
2. Наличие профессиональной компетенции исполнителя, включающей в себя: а) умение работать с аппаратно-программным,

технологическим обеспечением, б) умение настраивать устройство считывания данных со счетчика с последующим подключением к прибору учета электроэнергии с использованием MAC-адрес и BLE-пароля.

3. Затраты времени на подключение к прибору учета. Затраты предусматривают выполнение последующих действий: а) синтезировать пароль для подключения к BLE-интерфейсу счетчика по заводскому номеру, б) осуществить ввод MAC-адреса и пароля в устройство считывания данных со счетчика СЕ901 BU-03, в) ожидание подключения устройства считывание данных к прибору учета.

Конструктивное и функциональное исполнение устройства, предлагаемое авторами статьи, позволяют исключить из процесса КСП некоторые квалификационные затраты.

Организационно технические мероприятия предусмотренные КСП при использовании устройства, включают в себя:

1. Загрузить список счетчиков в устройство, для которых планируется выполнение КСП. Каждая запись списка содержит MAC-адрес счетчика и пароль для подключения к BLE-интерфейсу счетчика.

2. Обеспечить присутствие устройства в зоне действия счетчика в вычислительной сети Bluetooth Low Energy достаточного времени для подключения к устройства к счетчику используя MAC-адрес и пароль, считывания необходимых данных со счетчика, завершение сеанса связи.

3. Обеспечить устройство источником бесперебойного постоянного напряжения 3.3 В, на протяжении выполнения КСП.

Применение предлагаемого авторами статьи устройства позволяет компании: экономить время при выполнении КСП; исключить техническую обеспеченность исполнителя КСП ноутбуком; снизить требуемую квалификацию работника, расширяя таким образом потенциальных исполнителей КСП.

Прототип устройства для проведения демонстрационной работы выполнен на базе маломощной микроконтроллерной системы на кристалле (англ. System-on-a-Chip, SoC) производства компании Espressif Systems, ESP32-S3 [7] со встроенным модулями коммуникации Wi-Fi 2,4 ГГц, Bluetooth Low Energy и др. Также в составе прототипа используется модуль часов реального времени DS1302 (рисунок 2).



Рисунок 2. Модуль часов реального времени с возможностью бесперебойного питания от литиевой батарейки CR1220

Средствами программной разработки выбрана интегрированная среда разработки Microsoft Visual Code, с дополнительным установленным расширением PlatformIO [8], позволяющим выполнять сборку программного кода в исполняемый образ и дальнейшего копирования образа на используемую SoC ESP32-S3.

Для обеспечения информационного обмена по вычислительной сети Bluetooth Low Energy устройства и счетчиков электрической энергии, выбран стек с открытым исходным кодом NimBLE [9], распространяемый по лицензии Apache License 2.0, позволяющий использовать устройство как в коммерческих так и некоммерческих проектах.

Дальнейшее развитие проекта предусматривает: разработку набора команд для информационного обмена с устройством на базе стандарта ASN.1 (Basic Encoding Rules, BER) или ГОСТ 61107-2011, с разработкой соответствующего технологического программного обеспечения; разработку цветовой и цифровой индикации устройства, которая позволит работнику определять: общее количество счетчиков в списке устройства; количество счетчиков из списка для которых успешно выполнено КСП; количество ошибок при установлении связи со счетчиком, с визуальным кодированием, возможных причин ошибок.

Альтернативные решения на базе представленного устройства, реализуют следующие аппаратно-программные роли, обеспечивающие информационный обмен в составе эксплуатируемой АСУЭ:

- промежуточного канала-образующего оборудования, предоставляющего прямой доступ ИВК компании к каждому из приборов учета в физической среде передачи данных;

- транслятора сигнала между физическим средами передачи данных PLC и BLE для обхода зашумленных участков линии электропередачи (рисунок 3) при информационном взаимодействии приборов учета электрической энергии с ИВК компании, используя промежуточное канало-образующее оборудование (Коо).

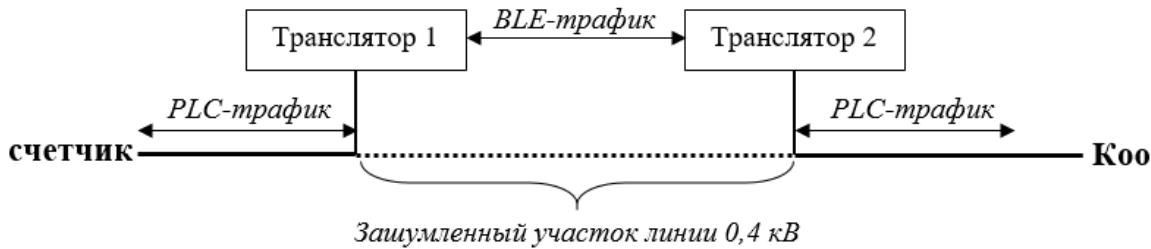


Рисунок 3. Обход зашумленного участка линии электропередачи, транслируя трафик из PLC-сети в BLE-сеть

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Руководство пользователя САНТ.411152.068-05 «Счетчики электрической энергии однофазные многофункциональные СЕ208». Ставрополь. https://www.energomera.ru/ru/products/meters/ce208c4_spodes (дата обращения 07.11.2025 г.).
2. Руководство пользователя САНТ.411152.17-05 «Счетчики электрической энергии трехфазные многофункциональные» Ставрополь. https://www.energomera.ru/ru/products/meters/ce308c36_spodes (дата обращения 07.11.2025 г.).
3. СТО 34.01-5.1-006-2023 г. «Приборы учета электрической энергии. Требования к информационное модели обмена данными (версия 4)». https://www.energomera.ru/download/sto_3401-51-006-2023.pdf (дата обращения 07.11.2025 г.).
4. Устройство считывания счетчиков СЕ901 ВU-03. Руководство по эксплуатации САНТ.418123.005 РЭ.
5. Приказ от 29.09.2025 г. №372 «Об исполнении программы мероприятий по достижению планового значения уровня потерь электрической энергии филиала ПАО «Россети ЮГ» - «Астраханьэнерго» в разрезе районов электрических сетей на 4 квартал 2025 года». 2025 г. – 7 с.
6. Приказ от 28.08.2025 г. №339 «Об организации работ по фиксации показаний приборов учета электрической энергии у потребителей, присоединенных к сетям филиала ПАО «Россети ЮГ»-«Астраханьэнерго» в сентябре 2025 г.». 2025 г. – 8 с.
7. Datasheet ESP32-S3 Series. Supporting IEEE 802.11 b/g/n (2.4 GHz Wi-Fi) and Bluetooth® 5 (LE), version 1.6 Espressif Systems, p 75, 2023. https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-s3_datasheet_en_0.pdf (дата обращения 07.11.2025 г.).

8. Installing and setting framework PlatformIO IDE for Microsoft VSCode, <https://docs.platformio.org/en/latest/integration/ide/vscode.html>.
(дата обращения 07.11.2025 г.).

9. A fork of the NimBLE library structured for compilation with Arduino, for use with ESP32, nRF5x. <https://github.com/h2zero/NimBLE-Arduino>.
(дата обращения 07.11.2025 г.).