

**УДК 621.316.7**

Д.А. БУКИН, инженер каф. Пром.эл. (НИУ «МЭИ»)  
Р.Н. КРАСНОПЕРОВ, к.т.н., ст.преп. каф. Пром.эл. (НИУ «МЭИ»)  
И.И. ЖУРАВЛЕВ, ассистент каф. Пром.эл. (НИУ «МЭИ»),  
А.Н. РОЖКОВ, к.т.н., доцент каф. Пром.эл.(НИУ «МЭИ»),  
А.С. МУХИН, студент гр. ЭР-02-20 (НИУ «МЭИ»),  
Е.С. СИЗОВА, студент гр. ЭР-02-20 (НИУ «МЭИ»),  
г. Москва.

### **ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ, ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И ПРОГРАММНОЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ЗАРЯДНЫХ СТАНЦИЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ**

В настоящее время во всём мире, в том числе и в России, активно развивается автомобильный электротранспорт, а вместе с ним и электрозарядная инфраструктура. Спрос на электромобили растёт, в связи с чем увеличивается и их производство. Требуется увеличивать количество электрозарядных станций, повышать их наблюдаемость, управляемость, надёжность, согласно концепции по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в Российской Федерации на период до 2030 года, утверждённой распоряжением Правительства Российской Федерации от 23 августа 2021 г № 2290-р.

Важнейшим аспектом при этом является цифровизация, то есть интеграция электрозарядных станций в цифровую сеть - организационно-техническое объединение электросетевых объектов, оснащенных цифровыми системами измерения параметров режима сети, мониторинга состояния оборудования, защиты и противоаварийной автоматики, сетевого и объектового управления, информационный обмен между которыми осуществляется по единым протоколам с обеспечением синхронизации по времени. В качестве инструмента для интеграции ЭЭС и сопутствующих устройств в сеть предлагается использование отдельного устройства – коммуникационного контроллера.

Коммуникационный контроллер - устройство, позволяющее за счёт преобразования протоколов интегрировать устройства в цифровые электрические сети. Благодаря встроенным интерфейсам низкого (например, UART) и высокого (Ethernet) уровня, модулям дискретного ввода/вывода, АЦП контроллер обмена данными может объединять в себе функции системы управления низкого уровня и преобразователя протоколов среднего уровня. Коммуникационный контроллер за счёт интеграции

устройств в цифровую электрическую сеть может значительно повысить надёжность и эффективность работы устройств электрической сети, увеличить степень отслеживаемости, делает возможной более быструю и точную реакцию на аварии и нарушения.

При разработке и конфигурировании контроллера обмена данными важную роль играют информационные модели устройств, интегрируемых в цифровую электрическую сеть. Информационная модель – это представленная в табличном или каком-либо другом виде информация, необходимая для организации обмена данными между устройством верхнего уровня и системой управления устройства силовой электроники или энергетического объекта.

Информационная модель, как правило, описывает передачу данных по одному из стандартных (например, IEC 60870-104, IEC 61850, modbus RTU) или проприетарному протоколу передачи данных. В информационной модели должны содержаться все переменные, содержащие информацию, принимаемую и передаваемую устройством, должны быть заданы их типы (согласно используемому протоколу), форматы, адреса или номера регистров, названия и описания.

Формирование, представление и программная обработка информационных моделей электрозарядных станций сопряжены с определёнными трудностями. Во-первых, из-за отсутствия принятого формата записи информационных моделей становится невозможной стандартизация процессов разработки: аналог информационной модели из технического задания приходится переписывать в формат, принятый в организации. Зачастую вместе с этим требуется корректировка некоторых пунктов информационных моделей, например, в связи с неправильно выбранными типами представления данных. Во-вторых, для программной обработки информационные модели требуется представлять в ещё более строгом, стандартизированном виде, однозначно определяющим все данные, передаваемые и получаемые системой управления электрозарядной станцией. В-третьих, сама программная обработка информационной модели, её рациональное использование для преобразования протоколов, обеспечения быстрого обмена данными между системой управления электрозарядной станцией и верхним уровнем при ограниченных быстродействии и объёме памяти устройств, используемых в энергетике, являются нетривиальной задачей.

Информационные модели устройств электрозарядных станций представляют собой таблицы, в которых для каждой измеряемой величины устройства, команды управления или дискретного сигнала приводятся в

соответствие тип, адрес (регистр), формат и другие параметры, необходимые для приема и расшифровки сообщений по определённому протоколу связи. Например, фрагмент информационной модели устройства по протоколу МЭК 60870-104 представлен в таблице 1. Данная информационная модель описывает само устройство, но не предполагает необходимости конвертации протоколов.

*Таблица 1 - фрагмент ИМ по протоколу МЭК 60870-104*

Имя переменной	Адрес по МЭК 60870-104	Тип по МЭК 60870-104	Описание
I_rms	2101	M_ME_TF_1	Величина потребляемого тока, А
U_rms	2102	M_ME_TF_1	Величина напряжения, В
K_st	2001	M_ME_TF_1	Состояние коммутатора

В то же время для коммуникационного контроллера информационные модели устройств усложняются – в них должны быть отражены параметры для двух протоколов передачи данных, используемых верхним и нижним уровнями. Пример информационной модели устройства по протоколам МЭК 60870-104 и modbus представлен в таблице 2. Данная модель является примером того, что поддерживаемые на верхнем уровне (в протоколе МЭК 60870-104) спорадические сообщения могут не поддерживаться системой управления нижнего уровня (протокол modbus RTU)

*Таблица 2 - фрагмент ИМ по протоколам МЭК 60870-104 и modbus*

Адрес регистра	Имя переменной	Формат по modbus	Адрес по МЭК 60870-104	Тип по МЭК 60870-104	Описание
101	I_rms	8.8	2101	M_ME_TF_1	Величина потребляемого тока, А

102	U_rms	8.8	2102	M_ME_TF _1	Величина напряжения, В
1001	K_st	bit	2001	M_ME_TF _1	Состояние коммутатора

Программная обработка представленных в таком виде моделей крайне сложна. Подпрограмма, обрабатывающая такой текстовый файл со сложными, не всегда структурированными таблицами, будет чрезвычайно объёмной, трудной в написании. В связи с этим информационные модели требуется представить в текстовом, удобном для считывания программой, но понятном для человека формате. Такими форматами являются *json*, *yaml* и другие. Они обеспечивают требуемую гибкость, наглядность, возможность иерархичной записи данных.

При считывании файла с информационной моделью данные будут, в зависимости от используемого способа чтения, сохранены в некотором объекте. Использовать данный объект напрямую, обращаясь к его полям при получении каждого сообщения для его расшифровки, не рационально в связи с ограниченными памятью и производительностью устройств, используемых в промышленности. Для того, чтобы ускорить обработку данных, можно создать массив структур и отсортировать его по одному из адресов, например, для протокола верхнего уровня. Тогда станет возможным быстрый поиск нужного элемента методом двоичного поиска за время  $O(\log n)$  в наихудшем случае. Это позволит получать нужные адреса и номера регистров достаточно быстро, не занимая при этом избыточный объём памяти (например, создавая массив длины  $N$ , где  $N$  – наибольший адрес по МЭК 104). Пример отсортированного массива структур, содержащего фрагмент информационной модели, представлен в таблице 3.

*Таблица 3 - фрагмент ИМ в форме отсортированного массива*

index	0	1	2
IEC 104 adress	2001	2101	2102
modbus adress	1001	101	102
modbus format	"bit"	"8.8"	"8.8"

Стоит отметить, что все функции для работы с информационными моделями следует делать как можно более универсальными. Во время разработки или эксплуатации устройства может потребоваться расширение

информационной модели, от установки дополнительных датчиков, счётчиков электроэнергии до изменения требований к спорадической передаче, формату данных.

В рамках предложенной методики были рассмотрены вопросы формирования, представления и программной обработки информационных моделей для коммуникационных контроллеров электростанций. Использование методики позволяет ускорить разработку программного обеспечения для коммуникационных контроллеров, значительно облегчить конфигурирование коммуникационного контроллера под разные устройства и при необходимости гибко менять настройки.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ № FSWF-2023-0024 «Разработка принципов интеллектуального управления и интеграции электростанций (ЭС) в цифровые электрические сети с использованием технологий промышленного интернета вещей».

#### Список литературы:

1. Принципы интеллектуального управления зарядными станциями для электромобилей / Д.Б. Гвоздев [и др.] // ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ. ПЕРЕДАЧА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ. – 2022. - №S1(24) – С.8-14.
2. Аргасцев А.Ю. Развитие производства отечественных зарядных станций для электротранспорта / А.Ю. Аргасцев, О.В. Жданев, Ю.О. Мякочин // ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ. – 2022. - №6(1091) – С.42-53.
3. Развитие технологии мобильных зарядных станций для электромобилей / А.Р. Сафин [и др.] // ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. – 2021. - №5 – С.100-114.
4. AIS-138 (Part 1). Automotive industry standard. Electric Vehicle Conductive. AC Charging System.
5. ISO 11898-1 Road vehicles – Controller area network (CAN) – Part 1: Data link layer and physical signaling.

#### Информация об авторах:

Букин Даниил Андреевич, инженер каф. Пром.эл. НИУ «МЭИ»,  
111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д.14. BukinDA@mpei.ru

Красноперов Роман Николаевич, к.т.н., ст. преп. каф. Пром.эл., НИУ  
«МЭИ», 111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д.14  
KrasnoperovRN@mpei.ru.

Журавлев Иван Исмаилович, ассистент каф. Пром.эл., НИУ «МЭИ»,  
111250, г.Москва, ул. Красноказарменная, д.14 ZhuravlevII@mpei.ru

**VIII Международная научно-практическая конференция  
«ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА»**

506-6

**6-8 декабря 2023 г.**

---

Рожков Александр Николаевич, к.т.н., доцент каф. Пром.эл., НИУ «МЭИ», 111250, г.Москва, ул. Красноказарменная, д.14.

RozhkovAN@mpei.ru

Мухин Александр Сергеевич, студент гр. ЭР-02-20 НИУ «МЭИ», 111250, г.Москва, ул. Красноказарменная, д.14. MukhinAIS@mpei.ru

Сизова Екатерина Сергеевна, студент гр. ЭР-02-20 НИУ «МЭИ», 111250, г.Москва, ул. Красноказарменная, д.14. SizovaYS@mpei.ru