

УДК 629.1.05, 62-97/-98

DOI 10.52928/2070-1616-2024-49-1-79-88

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДИСТАНЦИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ
ЯЧЕЕК ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ***канд. техн. наук, доц. А.С. ГУРСКИЙ**(Белорусский национальный технический университет, Минск)*

Рассмотрены способ и устройство дистанционной диагностики ячеек высоковольтной аккумуляторной батареи (ВАКБ) электрических автотранспортных средств. Полученные данные могут быть использованы при диагностировании электрических автотранспортных средств, а также при их конструировании, техническом обслуживании и ремонте. Совершенствование дистанционной диагностики отдельных ячеек и всей ВАКБ путем интегрирования преобразованных данных во внутреннюю сеть данных и передачи на сервер телематических услуг с последующей обработкой данных позволит оперативно выявлять проблемные ячейки, предупреждая тем самым отказы или сбои в работе ВАКБ, планировать выполнение текущего ремонта, корректировать нормативы технического обслуживания, а также прогнозировать состояние ВАКБ для приближения ее к идеальному ресурсу. Кроме того, эти данные будут полезны для корректирования режимов работы на маршруте и выбора маршрутов по фактическому состоянию для отработки максимально-возможного количества циклов заряд-разряд. Созданы алгоритмы чтения данных, формирования комплекса диагностических параметров и пакета данных для интегрирования во внутреннюю шину данных и отправки на сервер.

Ключевые слова: *высоковольтная аккумуляторная батарея, ячейка, параметры, напряжение, дистанционная диагностика.*

Введение. Электрические автотранспортные средства (ЭАТС) стремительно входят в нашу жизнь как в виде легковых электромобилей личного пользования, так и электробусов, троллейбусов с автономным ходом общего пользования. Они показывают замечательные эксплуатационные свойства и имеют относительно высокую надежность.

Первые электромобили начали появляться в разных местах мира начиная с 1830 г. в различных исполнениях, в серию поступили с 1860 г. (например, «Electrobat»). У истоков производства первых электромобилей стояли такие конструкторы, как Густав Труве, Роберт Андерсон, Педро Салом и Генри Г. Моррис, Роберт Скотсман Девидсон^{1,2}.

С тех пор и по сегодня самым уязвимым компонентом является высоковольтная аккумуляторная батарея – основной сдерживающий фактор при производстве ЭАТС. Совершенствование аккумуляторов – главная задача всех производителей ЭАТС. У эксплуатирующих организаций другая, не менее важная, задача – получить максимально возможный ресурс ВАКБ. Эта задача может быть выполнена при дистанционном непрерывном контроле отдельных аккумуляторных ячеек по группе диагностических параметров. В настоящей работе рассматриваются способ и устройство для дистанционной диагностики ячеек ВАКБ.

Основная часть. Проведем исследование аккумуляторных батарей и ячеек компании «Информбизнес», устанавливаемых на ЭТС и отечественных, и зарубежных автомобильных производителей. Отличительной особенностью системы этого производителя является активная балансировка последовательно соединенных ячеек. Система балансировки выполнена в соответствии с патентом на изобретение «Устройство выравнивания напряжения на батарее»³. Данная схема включает систему из двунаправленных преобразователей энергии обратного типа, способную передавать энергию от всей ВАКБ к наименее заряженной ячейке и энергию от наиболее заряженной ячейки всей батарее. Также устройство позволяет измерять напряжение и температуру каждого отдельного элемента литий-ионной аккумуляторной батареи (АБ). Использование активной балансировки значительно усложняет и удорожает всю ВАКБ. Кроме того, производитель сделал систему автономной. В штатном режиме напряжение и температура ячеек не контролируются даже водителем.

Сбором ошибок, возникающих в системе, занимается блок контроля состояния по напряжению и температуре, которому отчитываются последовательно все модули балансировки ячеек. При этом если один из модулей прекращает передачу, то другие модули тоже прекращают передачу. Отказ любого модуля из ячеек, входящих в батарею, приводит к отказу ВАКБ в целом. В случае исправности модуля, но при выходе за допустимые пределы работы ячеек по напряжению или по температуре, отключается автономный режим

¹ URL: <https://quto.ru/journal/istoriya/realnaya-istoriya-elektromobileirealnaya-istoriya-elektromobilei.htm>

² URL: <https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-4006660/Forget-Tesla-Incredible-images-reveal-quirky-electric-cars-old-paved-way-Elon-Musk.html#ixzz4miwyaUZ4%>

³ Stackable Bi-directional Multicell Battery Balancer: №US8692516B2, МПК: H02J7/00. – Опубл. 08.04.2014.

работы ЭАТС либо ЭАТС переводится в аварийный режим работы, что при любом исходе недопустимо при работе на линии.

Для проверки ячеек по напряжению следует подключить специальный сканер-отладчик. С помощью него по каналу BLUETOOTH производится соединение с блоком контроля состояния напряжения и температуры и выводится на экран компьютера в соответствии с рисунком 1.

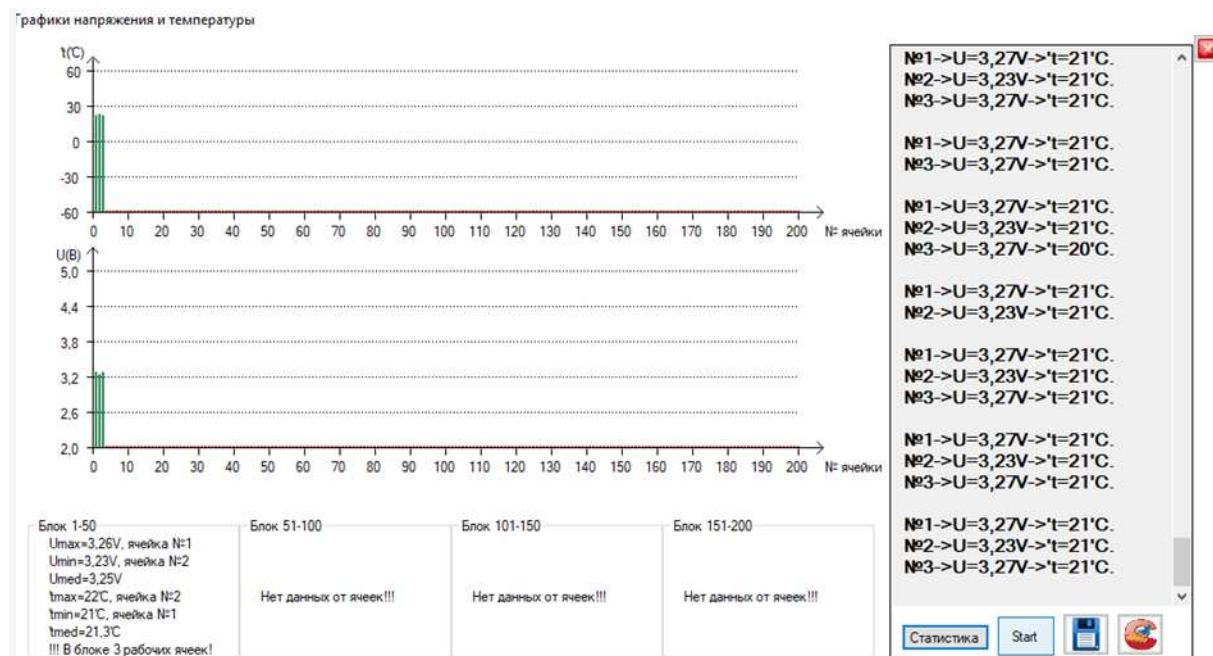


Рисунок 1. – Отображение экрана сканирующего тестера-отладчика

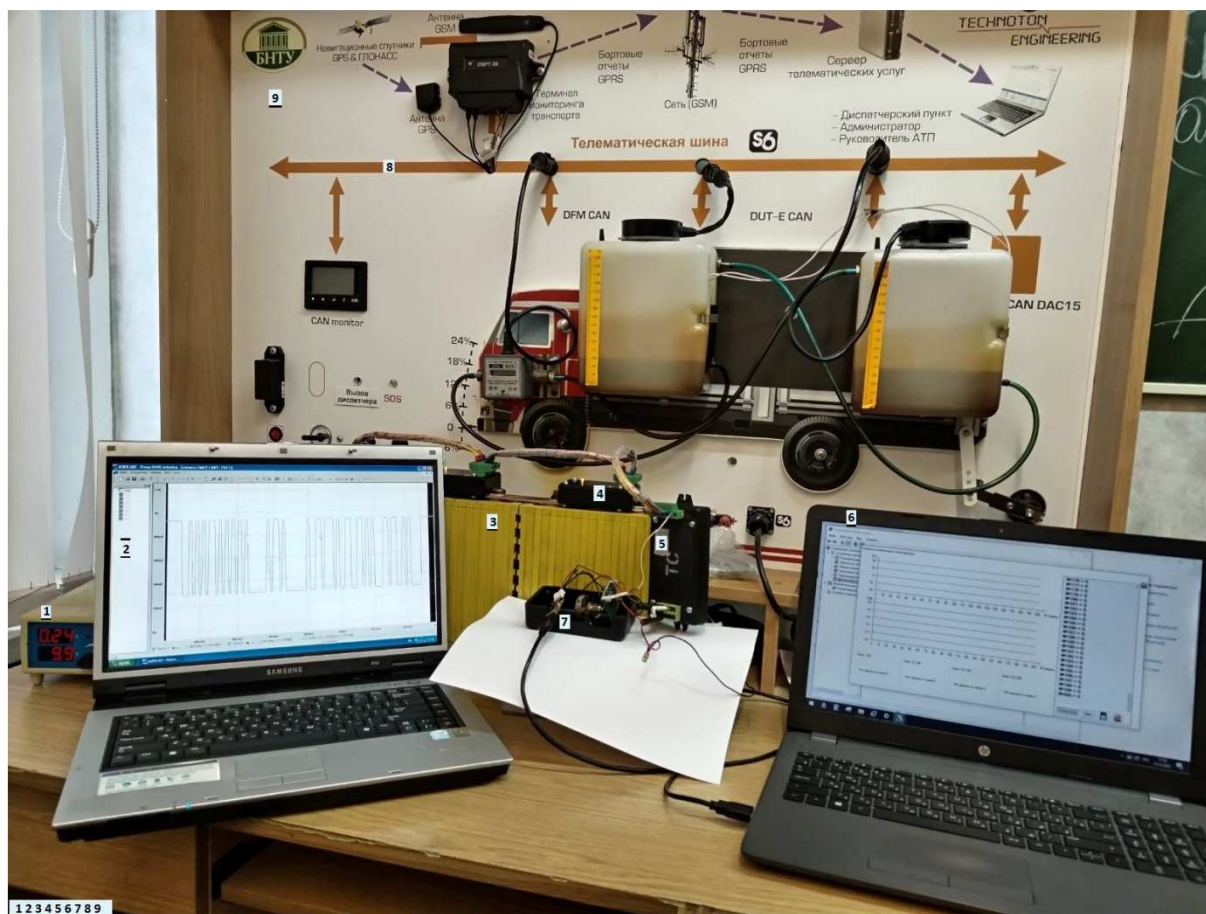
К недостаткам данного диагностического оборудования следует отнести погрешности получаемых данных при работе с BLUETOOTH и программным обеспечением. Как видно на рисунке 1, значения напряжения и температуры имеют расхождения. При проверке наибольшего напряжения значение в блоке 1-50 на 0,01 В меньше значения, одновременно считываемого в правой колонке статистики. Среднее значение напряжения также не соответствует измеренному значению. То же можно сказать и о показаниях температуры. И если такие отклонения по температуре не критичны, то значения в 0,01 В могут иметь серьезные последствия. Другим недостатком является то, что диагностические работы должны проводиться только после возвращения с линии, а это иногда требует транспортировки ЭАТС с помощью аварийной эвакуации. Зачастую диагностическая процедура имеет длительное время для установления проблемной ячейки.

Для устранения названных недостатков предлагается внедрить систему дистанционной диагностики ячеек и ВАКБ в целом путем интегрирования преобразованных данных во внутреннюю сеть данных и передачи на сервер телематических услуг с последующей обработкой данных. В первую очередь это позволит оперативно выявлять проблемные ячейки, предупреждая тем отказы или сбои ВАКБ, планировать выполнение текущего ремонта, корректировать нормативы технического обслуживания (ТО), а также прогнозировать состояние ВАКБ для приближения к идеальному ресурсу. Эти данные могут быть использованы для корректирования режимов работы на маршруте и выбору маршрутов по фактическому состоянию для отработки максимально-возможного количества циклов заряд-разряд.

Для проведения исследований отдельные ячейки 3 с соответствующими модулями балансировки 4 и блоком контроля состояния по напряжению и температуре 5 были установлены на стенд 9, представленный на рисунке 2. Воссозданы условия работы при заряде, разряде и диагностике. Для диагностики был использован специальный сканер-отладчик.

Перед выполнением работы по созданию системы дистанционной диагностики ячеек и ВАКБ в целом путем интегрирования преобразованных данных во внутреннюю сеть данных и передачи на сервер телематических услуг с последующей обработкой данных были проанализированные системы контроля аккумуляторных батарей, предложены других предприятий по диагностике ячеек, проверены варианты с использованием специального прибора для интегрирования в общую шину данных. Однако сдерживающим фактором оказалось применение BLUETOOTH. Для повышения точности передаваемой информации было решено использовать проводную систему передачи информации.

При поиске информации по системе передачи информации было найдено ее минимальное количество, непонятны протокол и стандарт передачи данных.



1 – блок питания стенда; 2 – осциллограф с функцией записи; 3 – ячейка-аккумулятор; 4 – модуль активной балансировки с функцией измерения напряжения и температуры; 5 – блок контроля напряжения и температуры всех ячеек ВАКБ с встроенным передатчиком BLUETOOTH; 6 – специальный сканер-отладчик, 7 – тестовое устройство; 8 – телематическая шина S6 (CAN); 9 – стенд передачи телематических параметров

Рисунок 2. – Стенд для проведения испытаний

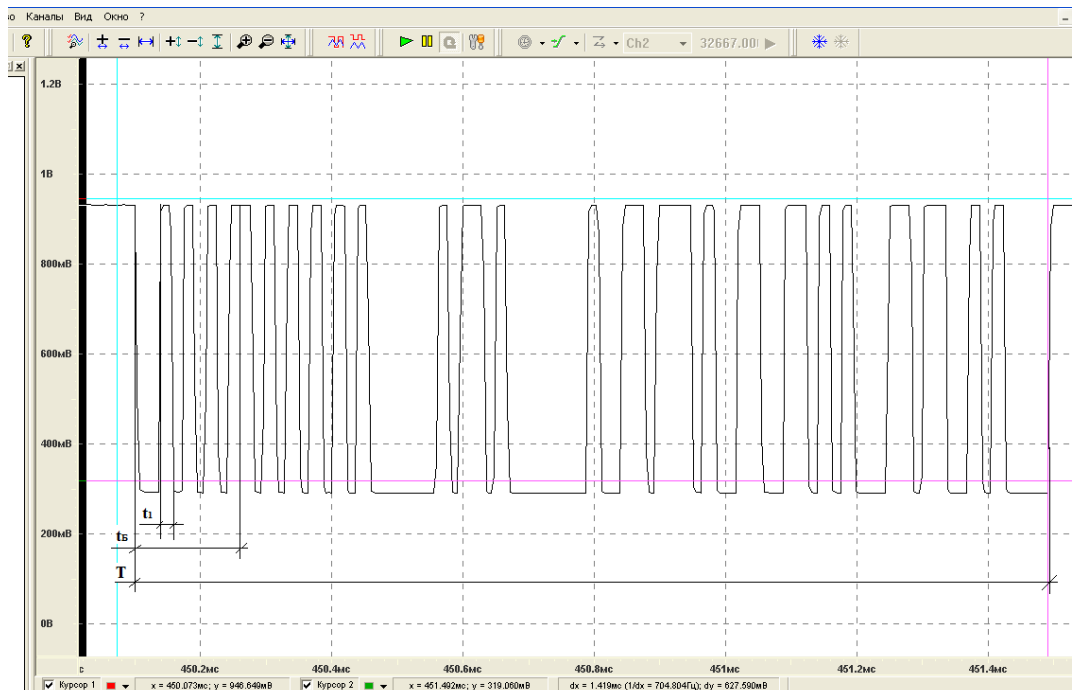
Учитывая, что в настройках специального сканера-отладчика фигурировало обращение к COM порта, было предложено использовать рекомендованный стандарт RS-232 (англ. Recommended Standard 232, другое название EIA232). Данный стандарт используется для асинхронного интерфейса (UART) и на физическом уровне может соответствовать RS-422 или RS-485. Распространенный протокол ISO 9141 данного стандарта подразумевает наличие одного ведущего и одного ведомого устройств для обеспечения связи между ними. Протокол KWP 2000 стандартизован Международной организацией по стандартизации как ISO 14230. Первый основной физический уровень для KWP2000 идентичен ISO 9141 с двунаправленной последовательной линией связи на одном проводе и называется *K*-линией. Кроме того, может быть дополнительная *L*-линия для пробуждения. Скорость передачи данных от 1,2 до 10,4 Кбит/с, при этом сообщение может содержать до 255 байт данных. Подобный принцип был обнаружен позже у модулей балансировки ячеек: у них имеется пробуждающий сигнальный провод, что требует синхронизации задержек сигнала шины. ISO 14230 и ISO 9141 схожи по аппаратной реализации линий передачи данных, т.к. первый – продолжение второго⁴. Различаются они требованиями к электрическим параметрам линии, а также протоколами верхних уровней.

В заблуждение вводит тот факт, что передача идет по одному проводу и сразу ко всем модулям балансировки параллельно. Можно предположить, что это протокол ISO 17987, соответствующий стандарту промышленной сети, ориентированный на управление автомобильными системами низкой ответственности, что сопоставимо с шиной LIN (англ. Local Interconnect Network). По топологии сети тип «общая шина» подобен нашей сети, в которой есть только один ведущий и несколько ведомых блоков. Однако шина LIN поддерживает до 15 модулей, а в рассматриваемой ВАКБ их используется 200, что опровергает предположение.

Требуется более глубокий анализ данной системы передачи данных.

⁴ URL: <http://lib.madi.ru/fel/fel1/fel09E043.pdf>

1 этап. Анализ электрических параметров передаваемого сигнала⁵. Для данной работы необходим осциллограф с возможностью записи осциллограмм. Аккумуляторные ячейки с модулями балансировки подключаются на стенде, активируется блок контроля напряжения и температуры, подключается осциллограф к сигнальному проводу. Записывается сигнал и разворачивается до удобочитаемых размеров осциллограмм в соответствии с рисунком 3.



**t1 – длительность одиночного бита; tB – длительность одного байта;
T – длительность полного сообщения**

Рисунок 3. – Развернутая осциллограмма полученного сигнала

Рекомендуется развертку установить на наибольшее значение, т.к. частота передаваемого сигнала на этапе испытаний неизвестна. В данном случае была включена развертка при записи сигнала в 250 тыс. выборок в секунду. Наличие наклонных линий отдельных импульсов с одной стороны указывает на необходимость увеличения частоты развертки, с другой – на высокую частоту передаваемого сигнала. При расчете амплитудных значений следует учесть, что на входе осциллографа установлен делитель входного сигнала 1:10.

Полученные результаты обработки полученного сигнала заносятся в таблицу.

Таблица. – Результаты обработки полученного сигнала

Параметры с единицами измерения	Значение	Обозначение
Верхнее значение амплитуды, В	9,4	AB
Нижнее значение амплитуды, В	3,5	AH
Размах сигнала, В	5,9	A
Период следования пачки импульсов, с	4,0	ТП
Длительность следования пачки импульсов, мс	1,4	T
Длительность следования 1 бита, мкс	17,40	t1
Длительность следования 1 байта, мкс	156,3	tB
Абсолютная погрешность длительности 1 бита, мкс	0,03	Δt1
Количество битов, шт.	9	nб
Количество стартовых битов, шт.	1	nST
Количество информационных битов, шт.	8	nI
Количество стоповых битов, шт.	0	nSP

⁵ Гурский А.С., Седяко П.В. Анализ шины K-line как первоисточника параметров для общего и поэлементного диагностирования = Analysis of the K-line bus as the primary source of parameters for general and element-by-element diagnostics // XI Форум вузов инженер.-технол. профиля Союз. государства: сб. материалов / Минск (12–16 дек. 2022 г.). – Минск: БНТУ, 2023. – С. 133–136.

Определяем скорость передачи данных:

$$BD = \frac{10^6}{t_1}, \text{ кбит/с}, \quad (1)$$

где t_1 – одиночный бит;
 10^6 – переводной коэффициент;

$$BD = \frac{10^6}{17,4} = 57\,471 \text{ Кбит/с}.$$

Принимаем скорость $BD = 57\,600$ Кбит/с.

Определяем количество битов:

$$n_B = \frac{t_B}{t_1}, \quad (2)$$

где t_B – длительность байта;
 n_B – количество битов в байте.

$$n_B = \frac{156,3}{17,4} = 8,983.$$

Принимаем количество байтов $n_B = 9$.

Определяем среднюю длительность одиночного бита:

$$t_{cp} = \frac{t_B}{n_B}, \text{ мкс.} \quad (3)$$

Определяем среднюю длительность бита:

$$t_{cp} = \frac{156,3}{9} = 17,37 \text{ мкс.}$$

Определяем абсолютную погрешность измерения длительности одиночного бита:

$$\Delta t_1 = |t_{cp} - t_1|, \text{ мкс.} \quad (4)$$

$$\Delta t_1 = |17,37 - 17,40| = 0,03 \text{ мкс.}$$

Этап 2. Расшифровка полученных данных [1]. Перед началом расшифровки полученных данных можно сделать несколько предположений, основанных на анализе документа KWP 2000 (Keyword Protocol 2000), а также проведенных испытаний:

- порядок следования параметров в программе специального сканера-отладчика и порядок следования байт сообщения на осциллограмме одинаковы;
- если переменная находится в достаточно большом диапазоне значений (более 255) или имеет высокую точность (в имеющемся диапазоне с данной точностью имеет более 255 значений переменной), то для хранения значения такой переменной используется 2 байта;
- если переменная дробная, то используется коэффициент для разбивки диапазона переменной на 255 значений с необходимой точностью;
- если значение переменной выходит за пределы от 0 до 255, то используется смещение (прибавляется или отнимается некая постоянная величина).

На основании вышеизложенных предположений значение параметра, которому для хранения нужен только 1 байт, сводится к предполагаемой формуле линейного закона:

$$N = E_{DEC} \cdot a + b, \quad (5)$$

где E_{DEC} – передаваемый байт, содержащий значение параметра преобразованный из шестнадцатеричной в двоичную систему исчисления;

a – коэффициент, учитывающий крутизну значения параметра;

b – корректировка начальной точки относительно оси абсцисс (смещение диапазона параметра).

После проведения испытаний было предложено для повышения точности пересылаемых данных до 0,01 В ввести дополнительный корректирующий коэффициент k . Кроме того, установлено, что коэффициент, учитывающий крутизну значения параметра, $a = 1$. Тогда формула по определению напряжения будет выглядеть следующим образом:

$$N = k(E_{DEC} + b). \quad (6)$$

Для нахождения коэффициентов в линейном законе необходимо иметь две точки в системе координат, из формулы (1) видно, что имеется два неизвестных значения коэффициентов. Для их нахождения необходимо решить систему уравнений

$$\begin{cases} N_1 = k(E_{1DEC} + b), \\ N_2 = k(E_{2DEC} + b), \end{cases} \quad (7)$$

где N_1, N_2 – значение интересующего параметра по показаниям специального сканера-отладчика;
 E_{1DEC}, E_{2DEC} – передаваемый байт, преобразованный из шестнадцатеричной в десятичную систему исчисления;

k – дополнительный корректирующий коэффициент;

b – смещение диапазона параметра.

После несложных преобразований коэффициенты k и b будут равны

$$k = \frac{N_2 - N_1}{E_{2DEC} - E_{1DEC}}. \quad (8)$$

При подстановке значений в формулу получаем $k = 0,01$, что подтверждает предположение о точности данных напряжения в 0,01 В.

$$b = N_1 - E_{1DEC} \cdot k = N_1 - E_{1DEC} \cdot \frac{N_2 - N_1}{E_{2DEC} - E_{1DEC}}. \quad (9)$$

При подстановке значений в формулу получаем $b = 209$.

Подобным образом вычисляется корректирующий коэффициент в формуле определения температуры ячеек.

Этап 3. Изготовление устройства согласования уровней и преобразователя интерфейсов транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ) COM–USB. Простейшим решением для считывания данных следует применить преобразователь COM–USB для работы с рекомендованным стандартом RS-232. Для захвата и согласования уровней сигналов применен операционный усилитель, который имеет возможность подстройки по уровню сигнала. Пример электрической принципиальной схемы согласования уровней сигнала и преобразователя представлен на рисунке 4.

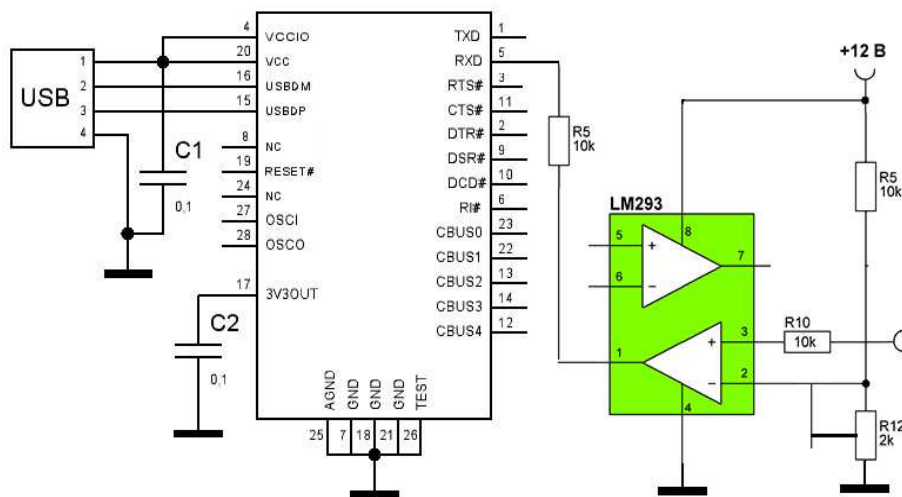


Рисунок 4. – Электрическая принципиальная схема согласования уровней сигнала и преобразователя

Этап 4. Создание алгоритма чтения данных [2]. Разработанный алгоритм приведен на рисунке 5.

На базе представленного алгоритма создается рабочее окно на экране с выделением кнопок включения, выключения и области вывода данных в столбец с отсчетом времени и синхронным переводом в различных системах исчисления для удобства дальнейшей работы. После получения пакета данных процедура многократно повторяется для выявления возможных сбоев в работе и точной повторяемости результатов. При наличии сбоев необходимо проверить и отрегулировать уровни захвата сигнала операционным усилителем. После подтверждения точности и достоверности передаваемых данных необходимо проверить первый полученный байт с осциллографическим сигналом в соответствии с рисунком 4.

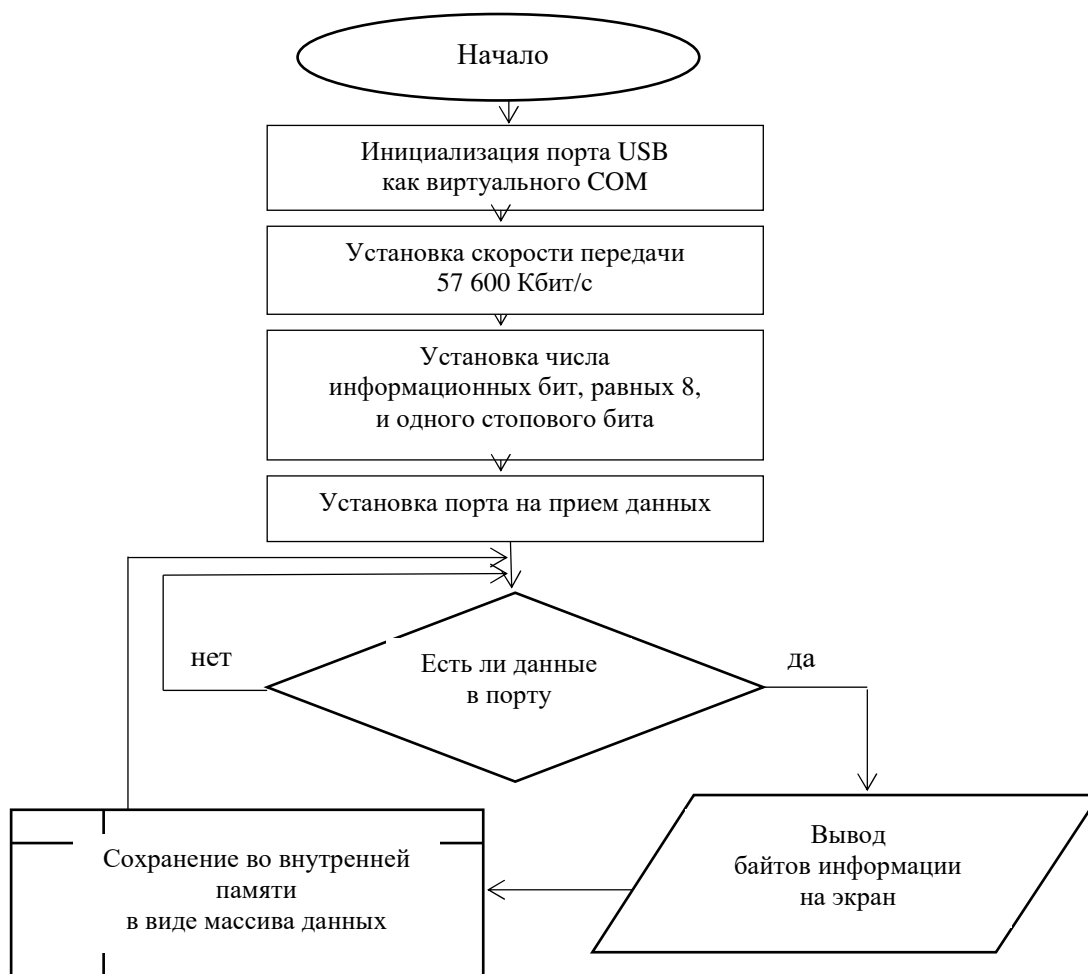


Рисунок 5. – Алгоритм чтения данных

Этап 5. Расшифровка и верификация пакета данных. Следует учитывать тот факт, что передача байтов осуществляется по направлению от младшего разряда к старшему, поэтому расположим биты первого байт следующим образом: 10101010. Эта запись сделана в двоичной системе исчисления, что соответствует числу AA в шестнадцатеричной системе исчисления и числу 170 в десятичной.

В случае получения стабильных сообщений с начальным байтом, равным 170, пытаемся по данному байту инициализировать протокол передачи данных. Однако после анализа известных протоколов передачи сообщений выявлено, что данное значение байта в них не применяется. Следовательно, необходимо использовать метод реверс-инжиниринга.

После проведения исследований было установлено, что первые три байта отвечают только за идентификацию и не несут полезной технической информации. Следующий байт указывает на порядковый номер ячейки. Следующие байты постоянно изменяются, что свидетельствует об их информационной составляющей. Можно допустить, что четвертый байт отвечает за уровень напряжения ячейки, а пятый – за температуру. Последний байт предположительно отвечает за окончание передачи пакета данных.

Дешифрование полученных последовательностей производится с использованием формул (5)–(9).

Вначале определяются данные по напряжению и проводится верификация полученных значений. Для проведения испытаний создаются условия изменения напряжения на ячейке. Сложность заключается в том, что модуль активной балансировки и контроля постоянно подключен параллельно ячейке и сопротивление блока постоянно меняется в зависимости от уровня напряжения на ней. Лучшим способом в данном случае является подключение к внешнему источнику стабилизированного напряжения с плавной регулировкой напряжения. Устанавливаем нормативное значение напряжения, в данном случае соответствующее полной зарядке ячейки 3,3 В. Сопротивление модуля в этом случае составляет 200 Ом, сила тока в цепи равна 0,0165 А. Плавное изменение уровня напряжения с шагом 0,001 В и отслеживание значения по вольтметру, определяем полученное значение байта напряжения. Установлено, что значение байта напряжения изменяется при выполнении 10 шагов изменения напряжения на ячейке. Проведенное испытание подтверждает, что считываемый байт напряжения в цифровом виде соответствует точности 0,01 В.

Подобный подход используется и для определения температуры.

На первом этапе формируем комплекс параметров для определения состояния ячеек аккумуляторной батареи. Рабочее напряжение ячеек принимается за исходное значение

Этап 6. Формирование комплекса диагностических параметров для интегрирования во внутреннюю шину данных и отправки на сервер. Определяем среднее значение напряжения по формуле

$$U_{cp} = \frac{\sum_1^n U}{n}, \text{ В.} \quad (10)$$

Алгоритм определения ячеек с наибольшими и наименьшими значениями по напряжению представлен на рисунке 6.

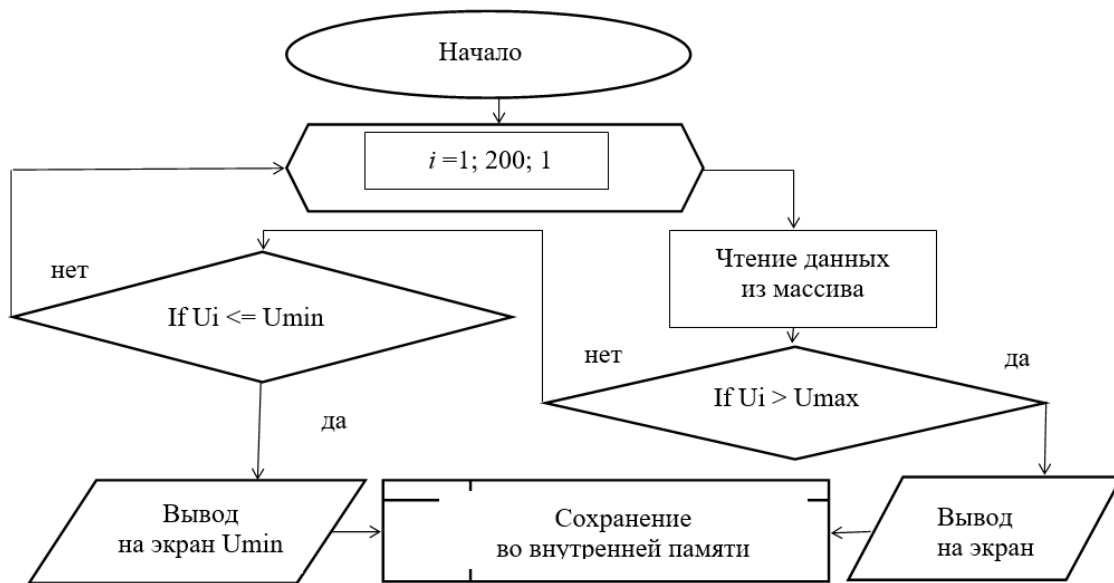


Рисунок 6. – Алгоритм определения ячеек с наибольшими и наименьшими значениями по напряжению

Определяем разность значений напряжения по ячейкам по формуле:

$$\Delta U = U_{max} - U_{min}, \text{ В.} \quad (11)$$

В случае превышения разности значений напряжения по ячейкам над критическими значениями включается сигнализатор аварии с указанием номера соответствующей ячейки.

По образцу напряжения определяется средняя и наибольшая температура ячеек. При выявлении наибольшей температуры в ячейке записывается номер ячейки. В случае превышения температуры в ячейке над критическим значением включается сигнализатор аварии с указанием номера соответствующей ячейки.

Измерения параметров всех ячеек производятся каждые 4 с с соответствующими расчетами в течение 1 мин. Таким образом, после считывания 15 раз 200 сообщений от каждого из модулей балансировки выполняется окончательное формирование пакета сообщения для хранения и отправки на сервер. При получении последовательно средних значений напряжения определяем режим работы батареи в целом: заряд, разряд, покой. После сравнения первого значения средних напряжений с последним определяется режим работы батареи:

- если первое значение больше последнего – происходит разряд;
- если первое значение меньше последнего – происходит заряд;
- если первое значение равно последнему – состояние покоя.

Обрабатывается массив, накопленный в течение 1 мин и содержащий 9000 информационных байтов за 15 циклов. В каждом из циклов в соответствии алгоритмом (см. рисунок 6) производится расчет 200 значений напряжения, 200 значений температуры и 200 номеров ячеек. После обработки для постоянного хранения и отправки на сервер остается только комплекс параметров, включающий:

- среднее напряжение;
- наибольшее напряжение и номер ячейки;
- наименьшее напряжение и номер ячейки;
- наибольшую температуру и номер ячейки;
- режим работы и аварийное состояние.

Этап 7. Формирование пакета данных для интеграции в шину данных CAN отправки на сервер. Для организации стандартного пакета данных создаем строку в соответствии с международным стандартом ISO 11898 [3]. Идентификационный номер ячеек выбираем из перечня зарезервированных дополнительных идентификаторов с установкой среднего приоритета сообщений. Выбираем максимальное количество 8 байт сообщения. Первый байт формируется из среднего значения напряжения. Для формирования первого байта используем ту же формулу для шифрования данных, что и в исходной системе. Удобство заключается том, что можно передать значение напряжения в виде 1 байта высокой точностью с шагом 0,01 В. Значение напряжения после расчета переводим в шестнадцатеричную систему исчисления. Вторым, четвертым и шестым байты будут задействованы для отображения номеров ячеек в шестнадцатеричной системе исчисления. Третий и пятый будут показывать значения наибольшего и наименьшего напряжения по аналогии с первым байтом. Седьмой байт – значения температуры. Для удобства измерения отрицательных температур используем корректирующие постоянные по тому же принципу, что и в исходном сообщении. Восьмой байт следует разделить на два полубайта. Старший будет отражать режим работы: заряду будет соответствовать значение 1, разряду – значение 2, состоянию покоя – 0. Младший полубайт будет отражать ошибки работы ячеек: 0 – ошибок нет; 1(A) – превышение высшего значения напряжения; 2(B) – превышение нижнего предела; 3(C) – превышение температуры ячейки; 4(D) – превышение разности напряжений.

При этом вышеуказанные ошибки указывают на превышение в небольшом диапазоне, что соответствует желтому цвету предупреждения. Эти же ошибки с уровнем значения А, В, С, D укажут на аварийное состояние требующего оперативного вмешательства соответствует красному цвету с включением звукового сигнализатора или речевого информатора.

Заключение. Данные, полученные с ячеек ВАКБ, имеют высокую информационную ценность для общего и поэтапного диагностирования. Накопление данных за интервалы времени или пробега позволяют корректировать нормативы ТО и ТР, режимы работы для получения ресурса ВАКБ, приближенного к максимально возможному. Обработка данных о состоянии ячеек ВАКБ даст возможность проводить прогнозирование работоспособности, выполнения ремонтно-восстановительных работ, а также определять экономическую эффективность эксплуатации при ухудшении технических качеств ячеек.

Выполненная работа состоит из 7 этапов: анализа электрических параметров передаваемого сигнала; расшифровки полученных данных; изготовления устройства согласования уровней и преобразователя интерфейсов транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ) COM–USB; создания алгоритма чтения данных; расшифровки и верификации пакета данных; формирования комплекса диагностических параметров для интегрирования во внутреннюю шину данных и отправки на сервер; формирования пакета данных для интеграции в шину данных CAN отправки на сервер.

Таким образом, на основании вышесказанного можно сделать выводы:

1. Внедрение дистанционной диагностики позволит с высокой точностью определять состояние отдельных ячеек и ВАКБ в целом.
2. Существующие штатные модули активной балансировки и блок контроля за напряжением и температурой отлично работают в автономном режиме, однако функции диагностики имеют ограничения.
3. Сравнение суммы напряжений всех ячеек с общим напряжением ВАКБ позволит диагностировать систему контроля по достоверности и точности измерения.
4. Введение более совершенной системы диагностики позволит сократить сбои и отказы ВАКБ, скорректировать нормативы ТО и ТР, выполнять прогнозирование работоспособности, корректировать маршруты и загрузку ЭАТС, что позволит получить наибольший возможный ресурс ВАКБ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гурский А.С., Седяко П.В. Реверс-инжиниринг протоколов обмена шин данных электронных блоков управления = Reverse engineering of exchange protocols data bus of electronic control units // Транспорт и транспортные системы: конструирование, эксплуатация, технологии: сб. науч. ст. / редкол.: С.В. Харитончик (гл. ред.) [и др.]. – Минск: БНТУ, 2022. – Вып. 4. – С. 36–44.
2. Гурский, А. С. Анализ параметров высоковольтных аккумуляторных батарей электробусов с целью создания алгоритмов их общего и поэтапного диагностирования с применением телематических систем = Analysis of parameters of high-voltage batteries of electric buses in order to create algorithms for their general and element-by-element diagnostics using telematics systems / А. С. Гурский // Транспорт и транспортные системы: конструирование, эксплуатация, технологии : сб. науч. ст. / редкол.: С. В. Харитончик (гл. ред.) [и др.]. – Минск: БНТУ, 2022. – Вып. 4. – С. 12-20.
3. Гурский А.С, Савич В.Л. Мониторинг транспортных средств с использованием шины данных CAN. – Минск: БНТУ, 2017. – С. 24–36.

REFERENCES

1. Gurskii, A.S. & Sedyako, P.V. (2022). Revers-inzhiniring protokolov obmena shin dannykh elektronnykh blokov upravleniya [Reverse engineering of exchange protocols data bus of electronic control units]. *Transport i transportnye sistemy:*

- konstruirovaniye, ekspluatatsiya, tekhnologii* [Transport and transport systems: design, operation, technologies], (4), 36–44. (In Russ., abstr. in Engl.)
2. Gurskii, A.S. (2022). Analiz parametrov vysokovol'tnykh akkumulyatornykh batarei elektrobusov s tsel'yu sozdaniya algoritmov ikh obshchego i poelementnogo diagnostirovaniya s primeneniem telematicheskikh sistem [Analysis of parameters of high-voltage batteries of electric buses in order to create algorithms for their general and element-by-element diagnostics using telematics systems]. *Transport i transportnye sistemy: konstruirovaniye, ekspluatatsiya, tekhnologii* [Transport and transport systems: design, operation, technologies], (4), 12–20. (In Russ., abstr. in Engl.)
 3. Gurskii, A.S. & Savich, E.L. (2017). *Monitoring transportnykh sredstv s ispol'zovaniem shiny dannykh SAN*. Minsk: BNTU. (In Russ.)

Поступила 28.12.2023

IMPROVEMENT OF REMOTE DIAGNOSTICS OF CELLS OF A HIGH-VOLTAGE BATTERY PACK

A. GURSKII

(Belarusian National Technical University, Minsk)

The article discusses the method and device for remote diagnostics (RD) of cells of a high-voltage battery pack (HVBP) of electric vehicles (EV). The data obtained can be used in the diagnosis of electric vehicles, as well as in the design, maintenance and repair. Improvement of remote diagnostics of individual cells and the entire HVBP by integrating the converted data into the internal data network and transmitting to the server of telematics services with subsequent data processing, which, first of all, will allow to quickly identify problem cells, thereby preventing failures or failures in the operation of the HVBP, plan routine repairs, adjust maintenance standards, and also to predict the state of the HVBP in order to bring it closer to the ideal resource. This data can be used to adjust the operating modes on the route and to select routes according to the actual state in order to work out the maximum possible number of charge-discharge cycles.

The work includes the creation of algorithms for reading data, the formation of a set of diagnostic parameters and a data package for integration into the internal data bus and for sending to the server.

Keywords: high-voltage battery, cell, parameters, voltage, remote diagnostics.