

УДК 629.3

## РАЗРАБОТКА БОРТОВОГО УСТРОЙСТВА МОНИТОРИНГА СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ

**Копылов Кирилл Евгеньевич**, студент, специальность 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: bullka.gum@gmail.com

**Телегин Александр Вячеславович**, студент, специальность 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: Sasha\_telegin1@mail.ru

**Аксютин Артем Андреевич**, студент, направление подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: axs0862@gmail.com

Научный руководитель: **Пузаков Андрей Владимирович**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технической эксплуатации и ремонта автомобилей, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: and-rew78@yandex.ru

***Аннотация.** Актуальность проблемы вызвана большим числом отказов системы электроснабжения, которые можно предотвратить путем мониторинга ее технического состояния. Целью статьи является разработка бортового устройства мониторинга на основе текущих значений параметров системы электроснабжения. При разработке бортового устройства мониторинга системы электроснабжения были рассмотрены варианты бортового регистратора по принципу «черного ящика» и передачи информации на основе телеметрического контроля. Сформулированы требования, исходя из которых, устройство должно состоять из двух блоков, один из которых расположен в салоне автомобиля, а второй – в подкапотном пространстве. Изготовлен опытный образец бортового устройства мониторинга системы электроснабжения на базе микропроцессоров Arduino, позволяющих выводить информацию на дисплей и информировать водителя о нештатных ситуациях с помощью многоцветного светодиода. Результаты апробации бортового устройства показали адекватность расчетных значений текущим параметрам системы электроснабжения. Практическая значимость подразумевает эффективное управление запасами и повышение безотказности автомобиля. Дальнейшие исследования будут посвящены размещению бортового устройства на автомобиле и проведению многократных испытаний.*

***Ключевые слова:** оперативный мониторинг, система электроснабжения автомобиля, бортовое устройство, стартерная аккумуляторная батарея, автомобильный генератор.*

***Для цитирования:** Копылов К. Е., Телегин А. В., Аксютин А. А. Разработка бортового устройства мониторинга системы электроснабжения автомобиля // Шаг в науку. – 2023. – № 3. – С. 30–35.*

## DEVELOPMENT OF AN ON-BOARD DEVICE FOR MONITORING THE VEHICLE'S POWER SUPPLY SYSTEM

**Kopylov Kirill Evgenevich**, student, specialty 23.05.01 Ground transport and technological systems, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: bullka.gum@gmail.com

**Telegin Alexander Vyacheslavovich**, student, specialty 23.05.01 Ground transport and technological systems, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: Sasha\_telegin1@mail.ru



**Aksyutin Artem Andreevich**, student, training program 09.03.01 Informatics and Computer Engineering, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: axs0862@gmail.com

Research advisor: **Puzakov Andrey Vladimirovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technical Operation and Repair of Automobiles, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: and-rew78@yandex.ru

**Abstract.** The relevance of the problem is caused by a large number of failures of the power supply system, which can be prevented by monitoring its technical condition. The purpose of the article is to develop an onboard monitoring unit based on the current values of the power supply system parameters. When developing an onboard unit for monitoring the power supply system, variants of onboard recorder based on “black box” principle and information transfer based on telemetric control were considered. Requirements were formulated, based on which the unit should consist of two blocks, one of which is located in the vehicle cabin and the second in the underhood space. We made a prototype of an onboard unit for monitoring of power supply system on the basis of Arduino microprocessors, which allows displaying information and informing the driver about emergency situations with a multicolor LED. The results of testing of the onboard unit showed the adequacy of the calculated values to the current parameters of the power supply system. Practical significance implies effective inventory management and increased vehicle uptime. Further research will be devoted to placing the onboard unit on the vehicle and conducting multiple tests.

**Key words:** on-line monitoring, vehicle power supply system, on-board unit, starter battery, automotive alternator.

**Cite as:** Kopylov, K. E., Telegin, A. V., Aksyutin, A. A. (2023) [Development of an on-board device for monitoring the vehicle’s power supply system]. *Shag v nauku* [Step into science]. Vol. 3, pp. 30–35.

Согласно статистическим данным, собранным ADAC в 2019 году, около половины причин отказов автомобиля приходится на электрооборудование (рисунок 1).



Рисунок 1. Распределение отказов автомобиля

Источник: разработано авторами

Известными техническими решениями контроля состояния системы электроснабжения можно считать применение электроизмерительных приборов, контроль напряжения с помощью внешних устройств, оснащение автомобиля системой управления аккумуляторной батареей. Однако указанные решения не лишены недостатков, вследствие чего наблюдается высокий процент отказов аккумуляторных батарей (таблица 1) [1, 3].

муляторной батареей. Однако указанные решения не лишены недостатков, вследствие чего наблюдается высокий процент отказов аккумуляторных батарей (таблица 1) [1, 3].

Таблица 1. Технические решения контроля состояния системы электроснабжения

Наименование	Способ реализации	Достоинства и недостатки
Аналоговые приборы		Малая информативность. Возможность только косвенно оценивать состояние системы электроснабжения.
Автомобильная сигнализация		Малая информативность. Обычно сигнализация дает возможность узнать текущее значение напряжения на выводах АКБ.
Встроенная телеметрия		Недостаточная информативность. Возможно узнать степень заряженности АКБ, а также статистику этого состояния.
Система «старт-стоп»		Недостаточная информативность. Отслеживает только заряд АКБ и оценивает по нему пусковую возможность.
BMS (Battery Management System)		Обычно является частью системы управления электропитанием автомобиля. Отличается высокой стоимостью и необходимостью интеграции с другими узлами автомобиля.

Источник: разработано авторами

При разработке бортового устройства мониторинга системы электроснабжения можно выбрать один из трех вариантов (таблица 2): бортовой регистратор по

принципу черного ящика, дополнительное информирование водителя и передача информации на основе телеметрического контроля [5, 6, 7].

Таблица 2. Анализ способов реализации бортового устройства

Наименование	Способ реализации	Достоинства и недостатки
Бортовой регистратор	Сбор и хранение диагностической информации на борту транспортного средства.	Простота конструкции. Невозможность оперативной оценки системы электроснабжения. Трудоемкость передачи информации
Бортовой регистратор с блоком индикации	Сбор и обработка диагностической информации с информированием водителя транспортного средства	Возможность оперативной оценки системы электроснабжения. Трудоемкость анализа информации
Телеметрический бортовой регистратор с блоком индикации	Сбор и обработка диагностической информации с информированием водителя транспортного средства. Оперативная передача телеметрической информации на сервер АТП	Возможность управления запасами агрегатов системы электроснабжения. Повышенная стоимость устройства и эксплуатации.

Источник: разработано авторами

Основным достоинством последнего варианта является повышение эффективности эксплуатации ав-

тотранспортных средств за счет управления запасами и прогнозирования выхода из строя агрегатов.

Требования к бортовому устройству:

1. Адекватная регистрация диагностических параметров системы электроснабжения;
2. Достаточный объем памяти для сохранения текущих значений параметров системы электроснабжения;
3. Определение технического состояния основных агрегатов системы электроснабжения;
4. Легкость считывания показаний, интуитивно понятный интерфейс;
5. Информирование водителя и/или автотранспортное предприятие о возникновении нештатных ситуаций;
6. Возможность сохранения данных при внезапном отключении питания;
7. Возможность разнесения точек сбора и отображения информации;
8. Криптографическая защита, защита от взлома;
9. Минимальное потребление тока в состоянии покоя;
10. Компактность, надежность, унификация, адекватная стоимость.

Для реализации указанных требований устройство должно быть представлено в виде двух отдельных блоков, связанных по каналу Bluetooth. К блоку, размещенному в подкапотном пространстве, подключаются датчики сбора диагностических параметров: тока, напряжения и температуры.

Было принято решение реализовать бортовое устройство на основе микропроцессоров Arduino. Для обеспечения работы датчиков используются стабилизатор и делители напряжения, питаемые стартерной и/или встроенной аккумуляторной батареей. Обработка данных осуществляется микропроцессором Arduino Uno и передаются с помощью Bluetooth-модуля на блок индикации, размещенный на рабочем месте водителя. Блок индикации, процессором которого является Arduino Nano, получающий стабилизированное питание от прикуривателя, отображает полученные значения на многострочном монохромном дисплее, а также записывает данные на карту памяти.

Исходя из вышеизложенных положений предлагаемая архитектура бортового устройства мониторинга системы электроснабжения автомобиля представлена на рисунке 2.

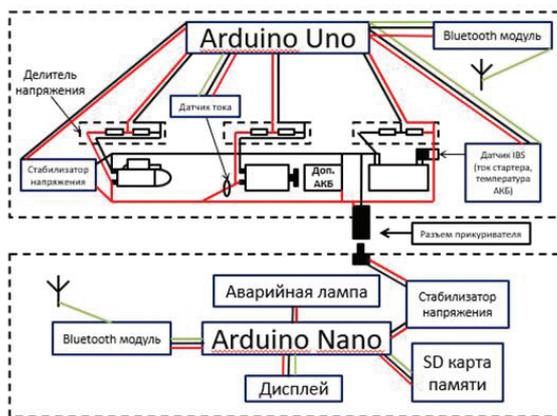


Рисунок 2. Архитектура бортового устройства мониторинга системы электроснабжения автомобиля  
 Источник: разработано авторами

Для функционирования бортового устройства необходимо измерение четырех параметров: напряжений батареи и генератора и сил тока батареи и генератора [2; 4].

Измерение напряжений непосредственно с помощью микропроцессора Arduino невозможно, так как оно превышает допустимый диапазон 0–5 В. Таким образом, для подачи сигналов о текущем значении напряжения на участках бортовой сети был использован делитель напряжения, понижающий выходное напряжение в 5 раз.

Для определения силы тока на участках бортовой сети могут использоваться две технологии. Первая подразумевает определение силы тока на основе падения напряжения на калиброванном манганиновом проводнике – токовым шунте.

Вторая технология предполагает измерение напряжения Холла, возникающего в проводнике при протекании электрического тока и наличии внешнего магнитного поля.

Существенными недостатками шунтового датчика является его интрузивность (необходимость разьедине-

ния участка бортовой сети) и необходимость усиления выходного сигнала. Преимуществом такого датчика является способность работать без потребления энергии.

Одним из главных плюсов датчика Холла является удобство монтажа, а недостатком – ограниченный диапазон измерения ( $\pm 200$  А).

Для проведения экспериментальных исследований был использован автомобильный датчик Холла.

$$U_H = 0,5 \cdot U_{\Pi} \pm k \cdot I, \quad (1)$$

где

- $U_H$  – напряжение Холла, В;
- $U_{\Pi}$  – напряжение питания, В;
- $k$  – коэффициент пропорциональности, Ом;
- $I$  – протекающий ток, А.

Программное обеспечение было создано в среде разработки Arduino IDE.

Программный код был написан на языке программирования C++. Для работы программного кода были подключены библиотеки <GyverNTC.h> (так как в датчике Холла есть встроенный датчик температуры, который работает по принципу терморезистора с отрицательным коэффициентом сопротивления), <SoftwareSerial.h> (для связи между микроконтроллерами Arduino), <SD.h> (для работы модуля чтения SD

Напряжение на выходе датчика зависит от протекающего тока и величины напряжения питания. Протекание тока в прямом направлении (за прямое направление принят зарядный ток батареи) привело к увеличению напряжения на выходе датчика, а протекание тока в обратном направлении, наоборот, к уменьшению напряжения.

карты), <LiquidCrystal\_I2C.h> (для работы дисплея).

На рисунке 3 представлены: блок индикации, который находится в салоне автомобиля и блок сбора и обработки информации, расположенный в подкапотном пространстве автомобиля. Блок индикации состоит из LCD дисплея, микроконтроллера Arduino Nano, модуля чтения SD карты, и Bluetooth модуля. Блок сбора и обработки информации состоит из микроконтроллера Arduino Uno, стабилизатора напряжения, Bluetooth модуля.

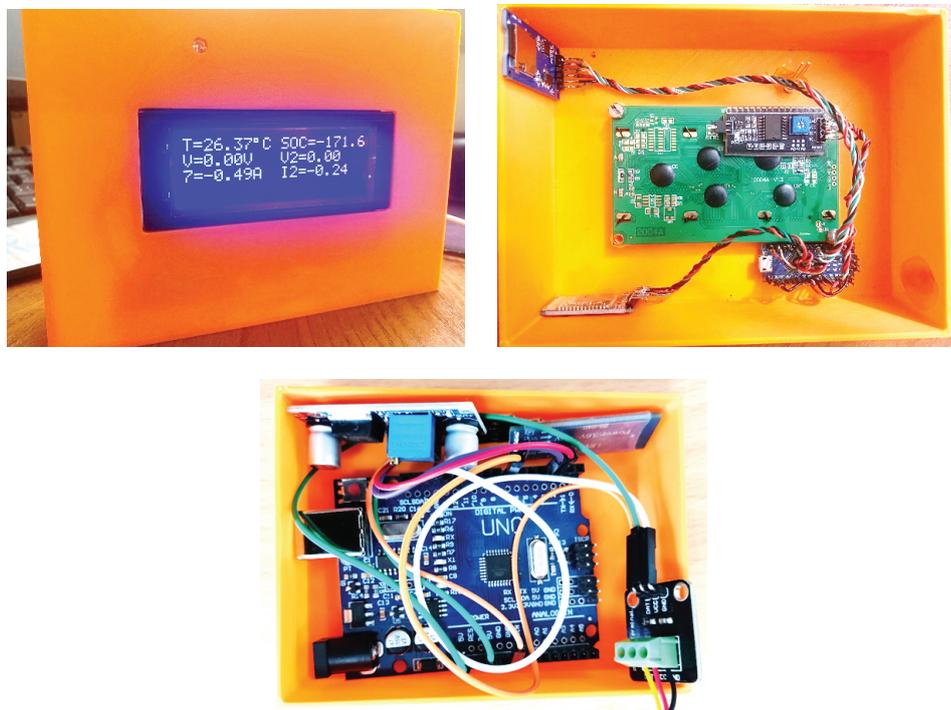


Рисунок 3. Блоки опытного образца бортового устройства

Источник: разработано авторами

Результаты апробации бортового устройства показали адекватность расчетных значений текущим параметрам аккумуляторной батареи в процессе пуска

двигателя. Дальнейшие исследования будут посвящены размещению бортового устройства на автомобиле и проведению многократных испытаний.

### Литература

1. Копылов К. Е. Оперативный контроль параметров системы электроснабжения автомобиля // Транспортные и транспортно-технологические системы: Материалы Международной научно-технической конференции. В 2-х томах, Тюмень, 21 апреля 2022 года. Том I. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2022. – С. 190–194.
2. Копылов К. Е., Телегин А. В. Определение состояния системы электроснабжения автомобиля на основе мониторинга выходного напряжения // Проблемы функционирования систем транспорта: Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Тюмень, 07–09 декабря 2021 года – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2022. – С. 151–154.
3. Пузаков А. В. Бортовое диагностирование системы электроснабжения автомобилей // Прогрессивные технологии в транспортных системах: Евразийское сотрудничество: Сборник материалов XV международной научно-практической конференции, Оренбург, 09–11 декабря 2020 года. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2020. – С. 497–504.
4. Пузаков А. В. Концепция оперативного мониторинга системы электроснабжения автомобилей // Прогрессивные технологии в транспортных системах: Сборник материалов XIV Международной научно-практической конференции, Оренбург, 20–22 ноября 2019 года. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2019. – С. 515–522.
5. Чернов А. Е., Акимов А. В. Повышение энергетической эффективности систем электрооборудования автотранспортных средств // Известия МГТУ МАМИ. – 2019. – Т. 13. – № 1 (39). – С. 67–76. <https://doi.org/10.31992/2074-0530-2019-39-1-67-76>.
6. Nagashima N. et al. (2007) Construction of Highly-Accurate Simulation Model in Automobile's Power System. *7th WSEAS International Conference on Electric Power Systems, High Voltages, Electric Machines*. Venice, Italy, November 21–23, pp. 67–73 (In Eng.).
7. Wang S., Wang L., Shen P., Liu B. (2008) Monitoring system for vehicle power supply based on CAN bus Eighth Int. Conf. on Intelligent Systems Design and Applications (Kaohsiung). pp. 323–326. <https://doi.org/10.1109/ISDA.2008.32> (In Eng.).

Статья поступила в редакцию: 03.05.2023; принята в печать: 07.08.2023.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.