

УДК 629.113

Мухаметдинов Э.М., кандидат технических наук, доцент, Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского) федерального университета. E-mail: funte@mail.ru

Габсалихова Л.М., кандидат технических наук, доцент, Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского) федерального университета.

Садыков М.Ф., директор департамента, ПАО «КАМАЗ»

Ризатдинов И.Т., начальник отдела, ПАО «КАМАЗ»

Логинова М.В., начальник отдела, ПАО «КАМАЗ»

Ильмухин Р.Р., ведущий инженер-конструктор, ПАО «КАМАЗ»

К ВОПРОСУ О ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Аннотация: Электробусы представляют собой перспективный и экологически чистый вид общественного транспорта, который активно внедряется в разных странах мира. Это исследование посвящено проблемам вывода на рынок электробусов, необходимостью оценки автоматических функций защиты. Составлен план оценки функциональной безопасности при выводе на рынок электрического транспортного средства.

Ключевые слова: функциональная безопасность, электробус, риски, ГОСТ Р ИСО 26262.

Внедрение электробусов получило значительный импульс в секторе общественного транспорта благодаря их экологическим и энергосберегающим достоинствам. На сегодняшний день стоит задача как можно больше пассажиров привлечь к использованию общественного транспорта. Ожидается, что электрификация автобусных парков в большинстве городов будет расти из-за ее значительных экологических преимуществ [1]. Электробусы работают от электрической энергии, что позволяет значительно снизить выбросы углекислого газа и других загрязняющих веществ, в отличие от традиционных дизельных автобусов.

В связи с динамичным развитием программ электромобильности возникает необходимость оценки новых электромобилей, выводимых на рынок, с экологической, экономической и технической точек зрения [2].

Одним из векторов развития автомобильного транспорта является автоматизация вождения: создаются новые автоматизированные и роботизированные коробки передач, усилители рулевого управления, облегчающие управление автомобилем, тормозные системы, позволяющие уменьшить тормозной путь и сократить износ тормозных механизмов, ретардеры и прочие устройства, улучшающие опыт вождения автомобиля. Автоматизация приводит нас к высокоавтоматизированному транспортному средству (ТС). Увеличение количества электроники на борту ТС, подключенных к облачным сервисам требует особого контроля при проектировании. Беспилотное транспортное средство, в случае отказа, может привести к ДТП. Поэтому важно, чтобы в случае отказа какого-либо компонента, ТС переходило в безопасное состояние, т.е. остановилось, съехало на обочину, прекратило подачу электрической энергии, топлива и позволило безопасно завершить движение и т.п.

Одной из систем электробуса является аккумуляторная батарея, следовательно, из соображения функциональной безопасности, особенно важно, чтобы вся электрическая система, соответствовала высоким стандартам безопасности, надежности и качества. Поскольку новые технологии электрификации продолжают проникать на рынок автобусных перевозок, существует постоянная необходимость в оценке безопасности и производительности этих аккумуляторных электрических систем [3]. В работе [4] комплексная оценка функциональной безопасности системы управления аккумуляторами автономного электромобиля проводится на основе ISO 26262. Анализ опасностей и оценка рисков (HARA) используется для определения опасностей и их рисков. Количественный анализ дерева неисправностей (FTA) проводится для выявления всех возможных причин отказов и определения вероятности отказа.

Развитие новых транспортных технологий, таких как электрические и водородные автобусы, также подчеркивает необходимость переоценки текущих испытаний и стандартов пожарной безопасности для этих транспортных средств [5]. Необходимы более строгие правила пожарной безопасности для обеспечения безопасной эвакуации пассажиров в случае пожара. Существует необходимость в улучшении пожарной безопасности внутренних материалов автобусов, чтобы ограничить распространение огня и дыма внутри автобуса.

Электромеханическая тормозная система с учетом концепции функциональной безопасности рассматривается в статье [6]. Основываясь на ISO 26262, эта статья расширяет системную границу функциональной безопасности и объединяет электромеханическую тормозную систему с другими системами транспортного средства.

С целью обеспечения безопасного функционирования транспортного средства необходимо разрабатывать новые ТС с учетом функциональной безопасности, а именно по стандарту ГОСТ Р ИСО 26262. Проектирование ТС с учетом функциональной безопасности и всевозможных рисков при эксплуатации позволяет добиться абсолютной безопасности для водителя, пассажиров и других участников дорожного движения. Основной целью функциональной безопасности является борьба с отказами электронных и электрических компонентов, ведущих к травмам и жертвам водителя, пассажиров и других участников дорожного движения – создание отказобезопасного транспортного средства.

Безопасность транспортного средства тесно связана с надежностью и качеством. Стандарт ГОСТ Р ИСО 26262 направлен на уменьшение рисков наступления опасных событий до приемлемого уровня. Достижение приемлемого уровня риска невозможно без увеличения качества и надежности компонентов транспортного средства. Поэтому стандарт ИСО 26262 указывает целевые значения архитектурных метрик систематических и случайных отказов, которые указаны в Таблицах 4 и 5 ИСО 26262-5 [7].

Таблица 1 - Возможный источник для получения целевого значения метрики

№	Метрика	ASIL A	ASIL B	ASIL C	ASIL D
1	Метрика одиночных и остаточных сбоев	-	≥90%	≥97%	≥99%
2	Метрика скрытых двойных сбоев	-	≥60%	≥80%	≥90%

Для расчета метрик понадобятся следующие данные:

1. Интенсивности отказов компонентов (предоставляются поставщиком компонента или по справочникам);
2. Виды отказов и распределение интенсивности по компонентам (FMEA и FTA анализы);
3. Диагностическое покрытие защитных механизмов (FMEDA анализ);
4. Рабочие режимы (температуры, напряжения и токи, при которых работают компоненты).

Анализ HARA, анализ FMEA, анализ FTA, анализ FMEDA позволяют рассчитать вероятность нарушения цели безопасности.

Совокупность анализа изделия на наличие чрезмерных рисков позволяет внести корректировки в архитектуру устройства на этапе проектирования, увеличить его безопасность и надежность.

Выводы. В настоящее время происходит стремительное развитие во всех отраслях промышленности, особенно в сфере автомобильного транспорта. Для обеспечения функциональной безопасности электробусов требуется учет всех возможных отказов и ситуаций, которые ведут угрозам для пассажиров и других, особенно уязвимых, участников дорожного движения. Последствия отказов систем может привести к травмам и человеческим жертвам, а также к экономическому, экологическому и прочим ущербам, включая возгорание и полное уничтожение техники.

Список использованных источников

1. Shyam S.G. Perumal, Richard M. Lusby, Jesper Larsen. Electric bus planning & scheduling: A review of related problems and methodologies. European Journal of Operational Research. Volume 301, Issue 2, 1 September 2022, Pages 395-413.

2. Andrzej Niewczas, Łukasz Móraski, Ewa Dębicka, Joanna Rymarz, Dariusz Kasperek, Piotr Hołyszko. A Comparative Study of the Availability of Electric Buses in the Public Transport System. *Appl. Sci.* 2025, 15(3), 1212; <https://doi.org/10.3390/app15031212>
3. Haoran Chen, Cunyuan Qian. Research on Functional Safety of Multifunction Vehicle Bus in Rail Transit. 2020 IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Information Systems (ICAIS). DOI: 10.1109/ICAIS49377.2020.9194933
4. S.R. Sreeraj, T.J. Sarvoththama Jothi. Functional Safety Assessment of Battery Management System of Autonomous Electric Vehicle. 2023 International Conference on Electrical, Electronics, Communication and Computers (ELEXCOM) DOI: 10.1109/ELEXCOM58812.2023.1037028
5. Mohamad El Houssami, Michael Försth, Henrik Fredriksson, Virginie Drean, Eric Guillaume, Anja Hofmann-Böllinghaus, Anna Sandinge. Fire safety of interior materials of buses. *Fire and Materials*. 2023, 47, p.p. 910–924.
6. Zheng Zhu, Liang Li. Architectural design and analysis of Electro-Mechanical-Brake system in view of functional safety concept. *IEEE Transactions on Intelligent Vehicles*, p.p. 1 – 13, DOI: 10.1109/TIV.2024.3478792
7. ГОСТ Р ИСО 26262. Дорожные транспортные средства. Функциональная безопасность. Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2020.

Mukhametdinov Ed.M., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Naberezhnye Chelny Institute of the Kazan (Volga Region) Federal University. E-mail: funte@mail.ru

Gabsalikhova L.M., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Naberezhnye Chelny Institute of the Kazan (Volga Region) Federal University.

Sadykov M.F., Director of the department, KAMAZ PTC.

Rizatdinov I.T., Head of Department, KAMAZ PTC.

Loginova M.V., Head of Department, KAMAZ PTC.

Ilmukhin R.R., leading design engineer, KAMAZ PTC.

ON THE ISSUE OF FUNCTIONAL SAFETY OF VEHICLES

Abstract: Electric buses are a promising and environmentally friendly type of public transport that is being actively implemented in different countries of the world. This study is devoted to the problems of bringing electric buses to the market, the need to evaluate the functions of automatic protection. A functional safety assessment plan has been developed for the launch of an electric vehicle on the market.

Keywords: functional safety, electric bus, risks, GOST R ISO 262.

УДК 621.9.019

Панфилов Э.В., зав. кафедрой «Материалы, технологии и качество» кандидат технических наук, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»;

Сафаров Д.Т., кандидат технических наук, доцент, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»;

Швейёва Т.В., кандидат технических наук, доцент, Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»;

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ В ЭКСПЛУАТАЦИИ ИМПОРТЗАМЕЩЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Аннотация: Исследовано состояние микроструктуры различных сталей в процессе эксплуатации деталей машин. Проведен химический анализ исследуемых образцов, выявлен размер зерна, определена твердость поверхности деталей. По результатам исследований аналог имеет намного ниже показатели надежности, чем оригинал, что и говорит о его преимуществе.

Ключевые слова: детали машин, микроструктура, обезуглероженный слой, износ, импортзамещение

В настоящее время успехи металловедения, открывающие возможности исследования физического состояния и свойств слоев металла, изменяющихся в процессе изготовления и изнашивания деталей машин, обеспечили получение исключительно важных экспериментальных данных. Существование различных видов износа подтверждается практикой эксплуатации и изнашивания деталей