

Раздел 3. БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 656

В. В. Шматченко, П. А. Плеханов

Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I

УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНЫМ ДВИЖЕНИЕМ МАГНИТОЛЕВИТАЦИОННОГО ТРАНСПОРТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВОГО РАДИОКАНАЛА

Дата поступления: 29.08.2016

Решение о публикации: 30.08.2016

Дата публикации: 30.09.2016

Аннотация: Введение. Система управления транспортными средствами на магнитном подвесе (далее – СУТС МП) имеет ключевое значение для развития магнитолевитационного транспорта.

Цель. В статье рассмотрены вопросы управления безопасным движением магнитолевитационного транспорта с использованием цифрового радиоканала, проанализирован международный опыт и сделаны выводы применительно к российской практике.

Методология. Использовались следующие методы: системный подход, анализ и синтез, обобщение.

Результаты. СУТС МП должна учитывать физические возможности магнитной левитации, факторы и ограничения, влияющие на эти возможности, в том числе – факторы, связанные с безопасностью. СУТС МП должна обладать комплексом функций, позволяющих эффективно, полно и безопасно реализовать возможности магнитной левитации в условиях действия указанных факторов и ограничений.

Практическая значимость. Основными практическими результатами, которые могут быть получены при разработке СУТС МП, являются:

- создание СУТС МП с высоким уровнем автоматизации управления и потому эффективной и безопасной;
- разработка в рамках СУТС МП типовых проектных решений, применимых для адаптации к задачам мониторинга и управления различными системами и средствами транспорта на магнитном подвесе;
- создание предпосылок разработки и совершенствования всего комплекса нормативных документов, соответствие которым обеспечивает безопасность инфраструктуры и подвижного состава транспорта на магнитном подвесе;
- получение опыта взаимодействия Заказчика, исследовательских и проектных организаций, предприятий промышленности, монтажных и эксплуатирующих организаций на этапах жизненного цикла СУТС МП, как ключевой подсистемы транспорта на магнитном подвесе.

Заключение. Главное назначение СУТС МП – создание и постоянное обеспечение условий, в которых реализуется безопасное и эффективное функционирование и развитие этого нового вида транспорта.

Ключевые слова: магнитолевитационный транспорт, цифровой радиоканал, безопасность, анализ риска.

Vladimir V. Shmatchenko, Pavel A. Plekhanov

Emperor Alexander I Petersburg State Transport University

DIGITAL RADIO BASED TRAIN CONTROL FOR SAFETY ASSURANCE OF MAGLEV TRANSPORTATION

Abstract: Introduction. The Control System of Maglev Vehicles (further – CSMV) has key value for development maglev.

Purpose. In article management by safe movement of maglev vehicles with use of digital radio channel are considered, the international experience is analysed and conclusions for Russian practice are drawn.

Methodology. The following methods were used: system approach, analysis and synthesis, generalization.

Results. CSMV should consider physical possibilities of magnetic levitation, factors and the restrictions influencing these possibilities, including – the factors connected with safety. CSMV should possess complex of functions allowing effectively, full and safely to realise possibility of magnetic levitation in conditions of specified factors and restrictions.

Practical importance. The basic practical results, which can be received by working out CSMV, are:

- creation CSMV with high level of control automation and consequently effective and safe;
- working out within CSMV typical design decisions, applicable for adaptation to monitoring and control of problems various systems and maglev vehicles;
- creation of preconditions of design and perfection of all complex of regulatory framework, conformity which provides safety of maglev infrastructure and vehicles;
- reception of interaction experience of the Customer, the research and design organisations, the industry enterprises, the assembly and maintaining organisations at stages of life cycle of CSMV, as key subsystem of maglev.

Conclusion. The main appointment of CSMV – creation and constant provide of conditions for safe and effective functioning and development of this new type of transport.

Key words: maglev, digital radio channel, safety, risk analysis.

Введение

Система управления транспортными средствами на магнитном подвесе (далее – СУТС МП) имеет ключевое значение для развития магнитолевитационного транспорта. Главное ее назначение – создание и постоянное обеспечение условий, в которых реализуется безопасное и эффективное функционирование и развитие этого нового вида транспорта. Система управления должна учитывать физические возможности магнитной левитации, факторы и ограничения, влияющие на эти возможности, в том числе – факторы, связанные с безопасностью. Система должна обладать комплексом функций, позволяющих эффективно, полно и

безопасно реализовать возможности магнитной левитации в условиях действия указанных факторов и ограничений.

1. Необходимость создания системы управления транспортными средствами на магнитном подвесе

Основными практическими результатами, которые могут быть получены при разработке СУТС МП, являются:

- создание СУТС МП с высоким уровнем автоматизации управления и потому эффективной и безопасной;
- разработка в рамках СУТС МП типовых проектных решений, применимых для адаптации к задачам мониторинга и управления различными системами и средствами транспорта на магнитном подвесе;
- создание предпосылок разработки и совершенствования всего комплекса нормативных документов, соответствие которым обеспечивает безопасность инфраструктуры и подвижного состава транспорта на магнитном подвесе;
- получение опыта взаимодействия Заказчика, исследовательских и проектных организаций, предприятий промышленности, монтажных и эксплуатирующих организаций на этапах жизненного цикла СУТС МП, как ключевой подсистемы транспорта на магнитном подвесе.

Однако, получение этих результатов возможно только при правильной организации процесса создания СУТС МП, что означает, как минимум, применение при разработке этой системы современных международных стандартов безопасности в области колеечного транспорта и имеющегося отечественного опыта.

В этой связи далее будут рассмотрены цели создания СУТС МП, задачи, решением которых достигаются цели, и действующие стандарты, позволяющие формализовать требования и методы выполнения задач и уже имеющие опыт соответствующего применения.

2. Цели и задачи создания СУТС МП

Основные цели создания СУТС МП могут быть сформулированы следующим образом.

1. Создать систему управления движением транспортных средств на магнитном подвесе, имеющую высокую степень автоматизации функций мониторинга, управления и обеспечения безопасности в реальном масштабе времени.
2. Сформировать кооперацию работ исследовательских и проектных организаций, предприятий промышленности, монтажных и эксплуатирующих организаций, способных обеспечивать поддержку и развитие СУБД в различных условиях применения.

Для достижения этих целей необходимо решить следующие задачи:

1. Определение требований по назначению СУТС МП и условий ее применения.

Полнота требований к создаваемой системе рассматривается в проекте prEN 50126-1:2012 (действующая редакция – стандарт IEC 62278 [1]) в разрезе общих требований к СУТС МП, требований по безопасности, требований по надежности, готовности ремонтпригодности.

Например, к общим требованиям относятся:

- определение области применения и назначения СУТС МП;
- определение концепции СУТС МП;
- анализ финансовой и технической осуществимости СУТС МП, анализ осуществимости включает также оценку необходимой системы материально-технического обеспечения, для чего целесообразно использовать стандарт IEC 60300-3-12 (2001-12) Dependability management – Part 3-12: Application guide – Integrated logistic support (Менеджмент гарантоспособности – Часть 3-12: Руководство по применению – Комплексное материально-техническое обеспечение);
- создание структуры управления проектом СУТС МП.

К требованиям по надежности, готовности и ремонтпригодности относятся:

- определение показателей надежности, готовности и ремонтпригодности;
- анализ ранее достигнутых показателей для подобных проектов;
- анализ значимости показателей для проекта СУТС МП.

Требования по анализу безопасности включают:

- анализ ранее достигнутых показателей обеспечения безопасности;
- определение значимости показателей обеспечения безопасности для СУТС МП;
- разработка целей и политики в области безопасности (на основе требований проекта prEN 50126-1:2012 (действующая редакция – стандарт IEC 62278 [1])).

2. Идентификация угроз, связанных с применением СУТС МП в соответствии с назначением, и проведение анализа риска, обусловленного действием этих угроз.

Идентификация угроз и оценка связанного с ними риска осуществляется в соответствии с требованиями, приведенными в проектах prEN 50126-1:2012 (действующая редакция – стандарт IEC 62278 [1]) и prEN 50126-2:2012 (действующая редакция – технический отчет PD CLC/TR 50126-2 [2]). Результаты анализа риска являются основанием для выбора тех или иных дополнительных функций защиты транспортной системы.

3. Определение функциональных требований к СУТС МП, включая требования по защите от угроз, и требования к системным и

внутрисистемным интерфейсам, включая интерфейсы между инфраструктурными и мобильными подсистемами СУТС МП и интерфейсы с человеком-оператором.

Определение функциональных требований к СУТС МП осуществляется в соответствии с проектами prEN 50126-1:2012 (действующая редакция – стандарт IEC 62278 [1]), prEN 50126-2:2012 (действующая редакция – технический отчет PD CLC/TR 50126-2 [2]), prEN 50126-4:2012 (действующая редакция – стандарт IEC 62425 [3]) и prEN 50126-5 (действующая редакция – стандарт IEC 62279 [4]). При этом учитывается специфика безопасности аппаратных средств, в которых сначала появляются случайные отказы (события), после чего наступает неисправность (состояние), и программных средств, когда сначала появляются ошибки человека (состояния), которые могут привести к отказу (событию).

Требования к составу функций цифрового радиоканала, необходимых для реализации систем управления подвижными объектами [5, 6], содержатся в серии стандартов IEEE 1474 [7-9], требования по безопасности радиоканала приведены в стандарте IEC 62280 [10] (на основе документа EN 50159 Railway applications – Communication, signalling and processing systems – Safety-related communication in transmission systems (Железнодорожные приложения – Системы связи, сигнализации и обработки данных – Безопасная передача данных в системах связи)).

4. Разработка архитектуры СУТС МП, включая подсистемы технического обслуживания и материально-технического обеспечения на линейном и региональном уровне.

Разработка архитектуры функций СУТС МП является частью уникальной работы по созданию функциональной модели магнитолевитационного транспорта, еще не выполнявшейся в России. Эта модель должна применяться для декомпозиции требований к системе в целом на требования к ее подсистемам и компонентам, в том числе – на требования к подсистеме СУТС МП и ее составным частям. Общие требования по формированию функциональной модели и ее применению приводятся в проектах prEN 50126-1:2012 (действующая редакция – стандарт IEC 62278 [1]), prEN 50126-2:2012 (действующая редакция – технический отчет PD CLC/TR 50126-2 [2]).

5. Разработка технических требований к СУТС МП, ее мобильным и инфраструктурным программным и аппаратным подсистемам и компонентам, включая требования по надежности, готовности, ремонтпригодности, безопасности и по материально-техническому обеспечению.

Определение технических требований к СУТС МП осуществляется в соответствии с проектами prEN 50126-1:2012 (действующая редакция – стандарт IEC 62278 [1]), prEN 50126-2:2012 (действующая редакция –

технический отчет PD CLC/TR 50126-2 [2]), prEN 50126-4:2012 (действующая редакция – стандарт IEC 62425 [3]) и prEN 50126-5 (действующая редакция – стандарт IEC 62279 [4]). Целесообразно также использовать следующие документы:

- IEC 60300-3-7 (1999-05) Dependability management – Part 3-7: Application guide – Reliability stress screening of electronic hardware (Менеджмент гарантоспособности – Часть 3-7: Руководство по применению – Обеспечение надежности электронного оборудования в условиях перегрузок);

- IEC 60300-3-9 (1995-12) Dependability management – Part 3-9: Application guide – Risk analysis of technological systems (Менеджмент гарантоспособности – Часть 3-9: Руководство по применению – Анализ риска технологических систем);

- IEC 60300-3-10 (2001-01) Dependability management – Part 3-10: Application guide – Maintainability (Менеджмент гарантоспособности – Часть 3-10: Руководство по применению – Ремонтопригодность);

- IEC 60300-3-11 (1999-03) Dependability management – Part 3-11: Application guide – Reliability centered maintenance (Менеджмент гарантоспособности – Часть 3-11: Руководство по применению – Обеспечение надежности на основе технического обслуживания);

- IEC 60300-3-12 (2001-12) Dependability management – Part 3-12: Application guide – Integrated logistic support (Менеджмент гарантоспособности – Часть 3-12: Руководство по применению – Комплексное материально-техническое обеспечение);

- IEC 60300-3-14 (2004-07) Dependability management – Part 3-14: Application guide – Maintenance and maintenance support (Менеджмент гарантоспособности – Часть 3-14: Руководство по применению – Техническое обслуживание и его обеспечение);

- IEC 60300-3-16 (2008-10). Dependability management – Part 3-16: Application guide – Guideline for the specification of maintenance support services (Менеджмент гарантоспособности – Часть 3-16: Руководство по применению – Руководство по подготовке требований по техническому обслуживанию).

Технические требования к цифровому радиоканалу целесообразно определить на основе проекта EIRENE [11, 12], содержащего функциональные и технические требования железных дорог Европы к цифровой радиосвязи.

6. Разработка требований по проверке выполнения функциональных и технических требований к СУТС МП, ее программно-аппаратных подсистем и компонентов, включая программу и методику лабораторных натурных испытаний макетов СУТС МП, требования к полигону испытаний и полигону внедрения.

Здесь имеются в виду требования по анализу результатов каждой задачи, ее верификации и валидации, а также требования по будущим валидации и испытаниям системы СУТС МП. Эти требования разрабатываются в соответствии с проектами prEN 50126-1:2012 (действующая редакция – стандарт IEC 62278 [1]), prEN 50126-2:2012 (действующая редакция – технический отчет PD CLC/TR 50126-2 [2]), prEN 50126-4:2012 (действующая редакция – стандарт IEC 62425 [3]) и prEN 50126-5 (действующая редакция – стандарт IEC 62279 [4]). Целесообразно использовать также стандарт IEC 60300-3-5 (2001-03) Dependability management – Part 3-5: Application guide – Reliability test conditions and statistical test principles (Менеджмент гарантоспособности – Часть 3-5: Руководство по применению – Условия тестирования надежности и принципы статистического тестирования).

7. Выполнение разработки программно-аппаратных подсистем и компонентов СУТС МП с изготовлением макетов и подготовкой рабочей конструкторской документации.

Требования по выполнению этой задачи содержатся в проектах prEN 50126-1:2012 (действующая редакция – стандарт IEC 62278 [1]), prEN 50126-2:2012 (действующая редакция – технический отчет PD CLC/TR 50126-2 [2]), prEN 50126-4:2012 (действующая редакция – стандарт IEC 62425 [3]) и prEN 50126-5 (действующая редакция – стандарт IEC 62279 [4]).

8. Проведение комплексной стыковки (интеграции) макетов программно-аппаратных подсистем и компонентов СУТС МП в лабораторных условиях. Проведение испытаний макетов СУТС МП в лабораторных условиях.

Общие требования по интеграции составных частей СУТС МП и методы интеграции приведены в проекте prEN 50126-1:2012 (действующая редакция – стандарт IEC 62278 [1]), дополнительные требования и методы, учитывающие специфику интеграции программно-аппаратных комплексов, содержатся в проекте prEN 50126-4:2012 (действующая редакция – стандарт IEC 62425 [3]).

9. Выполнение доработки макетов СУТС МП, актуализация программы и методики испытаний и рабочей конструкторской документации по результатам лабораторных испытаний. Определение опытного полигона и организация натурных испытаний СУТС МП.

10. Проведение натурных испытаний макетов СУТС МП в условиях выбранного опытного полигона. Определение полигона и организации внедрения СУТС МП.

11. Выполнение доработки макетов СУТС МП, актуализация программы и методики испытаний и рабочей конструкторской документации по результатам натурных испытаний. Подготовка рабочей конструкторской документации и ее передача промышленности для выпуска образцов СУТС МП для опытной эксплуатации.

Выполнение задач 9, 10 и 11 также осуществляется в соответствии с проектами prEN 50126-1:2012 (действующая редакция – стандарт IEC 62278 [1]), prEN 50126-2:2012 (действующая редакция – технический отчет PD CLC/TR 50126-2 [2]), prEN 50126-4:2012 (действующая редакция – стандарт IEC 62425 [3]) и prEN 50126-5 (действующая редакция – стандарт IEC 62279 [4]).

При выполнении всех задач целесообразно учитывать требования проекта prEN 50126-3 по менеджменту безопасности и требования международного стандарта ISO 9001 [13] по менеджменту качества.

3. Задачи формирования кооперации работ

Формирование кооперации работ по созданию СУТС МП осуществляется решением следующих задач:

1. Разработка модели процессов эксплуатации, управления и обеспечения СУТС МП на линейном, региональном и центральном уровне (в том числе – процессов обеспечения безопасности).
2. Определение показателей выполнения процессов.
3. Определение полномочий, ответственности и подотчетности владельцев и исполнителей процессов.
4. Определение организационной структуры процессов эксплуатации, управления и обеспечения СУТС МП на линейном, региональном и центральном уровне.
5. Разработка предложений по кадровому, ресурсному и документальному обеспечению процессов СУТС МП.

Для разработки этих задач целесообразно использовать требования стандарта IRIS [14, 15], главное достоинство которого в данном случае определяется его способностью обеспечить централизованное управление качеством и безопасностью в условиях рыночной экономики.

Заключение

Приведенные выше цели и задачи являются, по существу, частью технического комплексного технического задания на создание СУТС МП. Для завершения подготовки технического задания необходимо увязать выполнение каждой задачи по созданию СУТС МП с согласованными требованиями указанных выше нормативных документов и предусмотреть их выполнение в соответствии с требованиями Международного стандарта железнодорожной промышленности IRIS.

Библиографический список

1. IEC 62278 (2002) Railway applications. Specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS).
2. PD CLC/TR 50126-2:2007 Railway applications - The specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS) - Part 2: Guide to the application of EN 50126-1 for safety.
3. IEC 62425 (2007) Railway applications - Communication, signalling and processing systems – Safety related electronic systems for signaling.
4. IEC 62279 (2002) Railway applications - Communications, signalling and processing systems - Software for railway control and protection systems.
5. Шматченко В. В. Методология измерений в цифровых системах технологической радиосвязи / В. В. Шматченко, П. А. Плеханов, П. Н. Ерлыков // Бюллетень результатов научных исследований, 2014. – № 3 (12). – С. 31-39.
6. Роенков Д. Н. Основные требования к организации радиосвязи на высокоскоростной магистрали / Д. Н. Роенков, В. В. Шматченко, П. А. Плеханов, В. Г. Иванов // Транспорт Российской Федерации, 2015. – № 2 (57). – С. 49-52.
7. IEEE 1474.1 Communications-Based Train Control (CBTC) performance and functional requirements.
8. IEEE 1474.2 User interface requirements in Communications-Based Train Control (CBTC) systems.
9. IEEE 1474.3 Recommended practice for Communications-Based Train Control (CBTC) – System design and functional allocations.
10. IEC 62280 (2014) Railway applications - Communication, signalling and processing systems - Safety related communication in transmission systems.
11. European Integrated Railway Radio Enhanced Network (EIRENE). Functional Requirements Specification (FRS). Version 7.4.0 (27 April 2014).
12. European Integrated Railway Radio Enhanced Network (EIRENE). System Requirements Specification (SRS). Version 15.4.0 (31 March 2014).
13. ISO 9001:2015 Quality management systems - Requirements.
14. IRIS Revision 02.1 (2012) International Railway Industry Standard.
15. IRIS Audit Tool V4.2.0.00.

References

1. IEC 62278 (2002) Railway applications. Specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS).
2. PD CLC/TR 50126-2:2007 Railway applications - The specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS) - Part 2: Guide to the application of EN 50126-1 for safety.

3. IEC 62425 (2007) Railway applications - Communication, signalling and processing systems – Safety related electronic systems for signaling.
4. IEC 62279 (2002) Railway applications - Communications, signalling and processing systems - Software for railway control and protection systems.
5. Shmatchenko V. V., Plekhanov P. A. & Erlikov P. N. *Bulleten rezultatov nauchnyh issledovaniy - Bulletin of scientific research results*, 2014, no. 3 (12), pp. 31–39.
6. Roenkov D. N., Shmatchenko V. V., Plekhanov P. A. & Ivanov V. G. *Transport Rossiiskoy Federatsii – Transport of Russian Federation*, 2015, no. 2 (57), pp. 49–52.
7. IEEE 1474.1 Communications-Based Train Control (CBTC) performance and functional requirements.
8. IEEE 1474.2 User interface requirements in Communications-Based Train Control (CBTC) systems.
9. IEEE 1474.3 Recommended practice for Communications-Based Train Control (CBTC) – System design and functional allocations.
10. IEC 62280 (2014) Railway applications - Communication, signalling and processing systems – Safety related communication in transmission systems.
11. European Integrated Railway Radio Enhanced Network (EIRENE). Functional Requirements Specification (FRS). Version 7.4.0 (27 April 2014).
12. European Integrated Railway Radio Enhanced Network (EIRENE). System Requirements Specification (SRS). Version 15.4.0 (31 March 2014).
13. ISO 9001:2015 Quality management systems – Requirements.
14. IRIS Revision 02.1 (2012) International Railway Industry Standard.
15. IRIS Audit Tool V4.2.0.00.

Сведения об авторах:

ШМАТЧЕНКО Владимир Владимирович, кандидат технических наук, доцент Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I

E-mail: railwayradio@gmail.com

ПЛЕХАНОВ Павел Андреевич, кандидат технических наук, доцент Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I

E-mail: pavelplekhanov@gmail.com

Information about authors:

Vladimir V. SHMATCHENKO, candidate of technical sciences (PhD in engineering), assistant professor of Emperor Alexander I Petersburg State Transport University

E-mail: railwayradio@gmail.com

Pavel A. PLEKHANOV, candidate of technical sciences (PhD in engineering), assistant professor of Emperor Alexander I Petersburg State Transport University

E-mail: pavelplekhanov@gmail.com