

региона внедрения СТК и национального законодательства. Часть параметров определяется экспертами, приближенно; в) обоснование граничных значений величины приведённого ущерба между дискретными уровнями.

В методике предлагается рассматривать отдельно пять критериев ущерба: угроза жизни и здоровью людей; нарушение процесса перевозок, включая прочие экономические издержки; повреждение инфраструктуры СТК; подвижного состава; экологический ущерб. Оценивается уровень тяжести ущерба по каждому критерию. Затем для данного происшествия в качестве результирующего выбирается наибольший (самый пессимистичный) уровень тяжести последствий.

Разработанная методика прошла апробацию при анализе безопасности внедряемого в г. Марьяна Горка, Республика Беларусь, СТК «Юнилайт» и при разработке ряда ответственных за безопасность подсистем подвижного состава.

Список литературы

1 ГОСТ 33433–2015. Безопасность функциональная. Управление рисками на железнодорожном транспорте. – Введ. 2016-09-01. – М. : Стандартинформ, 2016. – 34 с.

2 СТБ ИЕС 61508–2014. Функциональная безопасность электрических, электронных и программируемых электронных систем, связанных с безопасностью. – Введ. 2015-06-01. – М. : Стандартинформ : БелГИСС, 2015. – 53 с.

3 EN 50126:2017. Железные дороги. Требования и подтверждение надёжности, готовности к эксплуатации, ремонтно-пригодности и безопасности (RAMS) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://standards.itech.ai>. – Дата доступа : 02.09.2024.

4 ГОСТ Р ИСО 31000–2019. Менеджмент риска. Принципы и руководство [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://docs.cntd.ru/document/1200170125>. – Дата доступа : 02.09.2024.

УДК 629.432.3

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ДВЕРНОЙ СИСТЕМЫ СТРУННОГО ТРАНСПОРТА

А. Э. ЮНИЦКИЙ, В. А. ГАРАХ, А. Ю. КАХАНОВИЧ, Д. Н. ШЕВЧЕНКО
ЗАО «Струнные технологии», г. Минск, Республика Беларусь

В докладе рассматриваются основные особенности струнного транспорта и используемых пассажирских рельсовых транспортных средств (РТС).

Одной из подсистем РТС, выполняющих функции безопасности (ФБ), является дверная система. Назначением автоматической дверной системы струнного транспорта (ДССТ) является выполнение следующих функций:

- предоставление доступа в / из РТС (в автоматическом или в ручном / аварийном режиме);
- защита пассажиров от воздействий внешней среды (осадков, высоких / низких температур, ветра, шума и пр.);
- обеспечение безопасной эксплуатации (защита пассажиров от падения из РТС, невозможность зацемяления створками, волочения РТС, невозможность причинения травм механизмами ДССТ при эксплуатации и пр.).

Функции ДССТ непосредственно выполняются механической конструкцией и системой управления двери (СУД) – подсистемой «нижнего уровня» бортовой системы управления (БСУ) РТС. Кроме того, функции управления ДССТ частично выполняются подсистемой БСУ «верхнего уровня» – модулем контроллеров (МК). В докладе рассматривается распределение функций ДССТ между её механической конструкцией, СУД и МК БСУ.

В штатном режиме СУД получает команды от МК на открытие/закрытие, блокировку/разблокировку двери и другие, непосредственно исполняет их, предоставляет в МК информацию о техническом и технологическом состоянии ДССТ. Решение о возможности открытия двери принимает МК после проверки следующих условий: а) скорость РТС равна нулю; б) координата РТС соответствует зоне платформы; в) тяга РТС отключена; г) активна функция удерживающего торможения. Решение о возможности начала движения РТС (с учётом ДССТ) также принимает МК после проверки: а) факта закрытия и запираения двери; б) отсутствия диагностируемых отказов ДССТ.

В соответствии с межгосударственным стандартом [1] автоматическая дверная система железнодорожного подвижного состава должна выполнять функцию безопасности «Дистанционное управление закрытием и открытием автоматических дверей электропоездов, дизель-поездов и поездов высокоскоростного движения с обеспечением безопасного контроля их закрытого состояния» на уровне SIL 3 (по стандарту [2]). Однако проведённая для ДССТ оценка рисков [3] показала, что в условиях: а) эксплуатации РТС на эстакаде, б) беспилотного управления РТС, в) прислонно-сдвижного типа ДССТ (которая подвержена выталкиванию изнутри), г) выполнения функций безопасности ДССТ совместно двумя подсистемами БСУ (СУД и МК) по логической схеме «И» (отказ каждой подсистемы приводит к отказу функции), требования к составу функций безопасности СУД должны быть расширены и ужесточены. Вышеуказанная функция безопасности из [1] для ДССТ детализирована на две следующие функции:

- ФБ1 – защита от несанкционированного отпирания двери;
- ФБ2 – контроль закрытого и запёртого технологического состояния двери.

Для ДССТ добавлены две функции безопасности:

- ФБ3 – обнаружение защемления пассажира дверью;
- ФБ4 – обнаружение волочения пассажира транспортным средством.

Необходимые требования к функциональной безопасности ДССТ определены посредством оценки рисков [3]. С целью ограничить риск несанкционированного отпирания двери (ФБ1) на уровне «Пренебрегаемый» последствия опасностей должны реализовываться не чаще, чем на уровне «Неправдоподобно», т. е. с интенсивностью менее $1,14E-09$ 1/час [3]. Предполагая, что «причины» (влекущие ущерб) реализуются «последствиями» лишь в 20 % случаев (при отпирании двери не открылись створки, рядом не было людей, человек не выпал, не были причинены травмы и т. п.), то частота «причин» должна быть менее $5,7E-09$ 1/час. Поэтому для функции ФБ1 предъявлено требование к интенсивности отказов не более $5E-9$ 1/час. Данное требование соответствует уровню SIL 4 [2] по критерию интенсивности случайных отказов. С учётом требований [2] по прочим критериям к функции ФБ1 предъявлено общее требование SIL3. Аналогичные обоснования выполнены для прочих функций безопасности. Итоговые требования к ФБ СУД сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Требования к функциональной безопасности СУД

Номер	Уровень SIL [2]	Интенсивность (опасного) отказа	Дополнительные требования
ФБ1	SIL 3	$5E-9$ 1/час	Отсутствие допустимых одиночных опасных отказов
ФБ2	SIL 3	$5E-9$ 1/час	
ФБ3	SIL 1	$9E-7$ 1/час	Нет
ФБ4	SIL 1	$9E-7$ 1/час	Нет

Разработка ДССТ ведётся в соответствии со стандартами [2, 4]. Разработаны Политика и Программа обеспечения безопасности. Разработана архитектура СУД, предъявлены требования к элементам СУД, интерфейсу с МК, механическим подсистемам ДССТ, разработаны алгоритмы функционирования СУД. Для реализации предъявляемых требований к функциональной безопасности СУД используются следующие принципы:

- обеспечение безотказности (использование высоконадёжной элементной базы);
- дублированное выполнение функций безопасности – использование архитектуры 2oo2 (по [2]), когда к опасному отказу (отказу функции безопасности) приводит совместный опасный отказ двух независимых подсистем, выполняющих функцию безопасности;
- использование (с учётом периодического технического обслуживания) механической конструкции ДССТ:
 - исключающей независимое перемещение двух створок (положение одной створки однозначно определяется положением другой створки);
 - обеспечивающей механическое запираение створки в закрытом положении створки;
 - обеспечивающей гарантированное соответствие состояния створки состоянию соответствующего датчика;
 - обеспечивающей гарантированное соответствие состояния запора состоянию соответствующего датчика (невозможен электрический контроль запёртого состояния механического замка каждой створки при отсутствии такового);

– безопасное поведение при отказах – использование элементной базы с несимметричной характеристикой отказов и принципов построения, когда наиболее вероятные отказы элементов переводят систему в неопасное защитное состояние. Например, к опасному отказу (при накоплении нескольких отказов) приводят короткие замыкания датчиков положения запоров, которые существенно менее вероятны по сравнению с обрывом, переводящим СУД в защитное неопасное состояние;

– применение в СУД такой архитектуры, чтобы возможные одиночные отказы элементов не приводили к отказу ФБ1 и ФБ2, к которым предъявлены требования по SIL 3;

– диагностирование отказов и своевременное реагирование с целью минимизации вероятности накопления множественных отказов, нарушающих условия безопасного функционирования.

Выполнено доказательство безопасности ДССТ для этапа распределения требований к компоненту общего назначения: показано, что выбранная архитектура СУД и элементы (удовлетворяющие требованиям) позволят обеспечить заданные требования к функциональной безопасности ДССТ.

Выбранная архитектура СУД предполагается к внедрению (с незначительными изменениями и адаптацией) в различных адресных проектах струнного транспорта.

Список литературы

1 ГОСТ 33435–2023. Устройства управления, контроля и безопасности железнодорожного подвижного состава. Требования безопасности и методы контроля. – Введ. 2016-09-01. – М. : Стандартинформ, 2016. – 52 с.

2 СТБ ИЕС 61508–2014. Функциональная безопасность электрических, электронных и программируемых электронных систем, связанных с безопасностью. – Введ. 2015-06-01. – М. : Стандартинформ : БелГИСС, 2015. – 53 с.

3 Методика идентификации и оценки уровней рисков струнных транспортных комплексов UST. Утверждена заместителем генерального конструктора по транспортным комплексам 20.12.2023.

4 ГОСТ 33432–2015. Безопасность функциональная. Политика, программа обеспечения безопасности. Доказательство безопасности объектов железнодорожного транспорта. – Введ. 2016-09-01. – М. : Стандартинформ, 2016. – 25 с.