

Номиналы элементов эквивалента рельсовой линии были рассчитаны исходя из следующих исходных данных: средняя длина ТРЦ – 500 м; длина рельсового звена – 25 м; стыковой соединитель – штепсельный; расстояние между точками закрепления стыкового соединителя – 0,5 м; тип рельса – Р65; сопротивление изоляции балласта – 1 Ом/км.

Проверка наличия и регистрация уровней гармоник и интергармоник напряжения питания переменного тока 50 Гц на выходной шине резервированного питания ИБП осуществлялась в полосе частот от 400 до 800 Гц при частотном разносе соседних спектральных составляющих 5 Гц. Измерения проводились для двух фаз выходной шины резервированного питания ИБП, от которых осуществляется электропитание тональных рельсовых цепей и их схем кодирования.

Согласно разработанной в научно-исследовательской лаборатории «Безопасность и ЭМС технических средств» методике измерение напряжения гармоник и интергармоник проводилось в соответствии с требованиями ГОСТ 30804.4.7 «Совместимость технических средств электромагнитная. Общее руководство по средствам измерений и измерениям гармоник и интергармоник для систем электроснабжения и подключаемых к ним технических средств» на основных интервалах времени 10 периодов (200 мс) без промежутков между интервалами. В качестве результатов измерений на основных интервалах времени использованы среднеквадратические значения гармонических и интергармонических составляющих напряжения каждого порядка в пределах исследуемой полосы частот. Результаты измерений на основных интервалах времени (10 периодов) затем объединялись для получения значений гармонических и интергармонических составляющих напряжения для увеличенного интервала времени 1 мин. За значение величины гармонической или интергармонической составляющей напряжения на объединенном интервале времени 1 мин принималось значение, равное корню квадратному из среднеарифметического значения квадратов входных величин (которые получены на основных интервалах времени). За результаты измерений принимались значения гармонических и интергармонических составляющих напряжения на увеличенном интервале времени 1 мин. Для большей достоверности результатов испытаний через некоторый промежуток времени производились повторные измерения.

В городе Тула (РФ) сотрудниками научно-исследовательской лаборатории «Безопасность и ЭМС технических средств» БелГУТа были проведены испытания опытного образца ИБП серии SM производства российской компании ООО «Штиль Энерго». По результатам испытаний было установлено, что гармонические и интергармонические составляющие в диапазоне от 400 до 800 Гц не превышают значения 0,31 В (максимальное значение). Исходя из этого было сделано заключение, что ИБП Штиль серии SM не будет оказывать влияния на работу путевых приемников тональных рельсовых цепей, работающих в диапазоне частот от 400 до 800 Гц, и может применяться для их электропитания.

Таким образом, с помощью разработанной в научно-исследовательской лаборатории «Безопасность и ЭМС технических средств» методики проведения испытаний и средств измерений, соответствующих ГОСТ 30804.4.7, решается задача по проверке выполнения требований функциональной безопасности к ИБП в части появления и превышения нормированного уровня гармоник и интергармоник в диапазоне частот работы тональных рельсовых цепей от 400 до 800 Гц.

УДК 004.052.2

## РАЗРАБОТКА ОТКАЗОУСТОЙЧИВЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ДИВЕРСИТЕТНЫХ АКСИОМАТИЧЕСКИХ БАЗИСОВ

К. А. БОЧКОВ, С. Н. ХАРЛАП, Б. В. СИВКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время одной из актуальных проблем безопасных и отказоустойчивых систем является влияние отказов по общей причине (CCF, *common cause failure*), из-за которых происходит большое количество аварий и катастроф. Её решение требуется для разработки и верификации систем, которые относятся к критически важным объектам информатизации. Это множество устройств, активно эксплуатирующихся на железнодорожном и морском транспорте, в гражданской авиации, телекоммуникациях, медицине, космосе, опасном химическом производстве и др.

Учет фактора CCF настоятельно рекомендуется стандартом IEC 61508, и в настоящее время основным способом защиты от CCF является аппаратный и программный диверситет. Для оценки диверситета могут быть использованы ВЕТА-метод и модель ВЕТАPLUS, рекомендованные стандартом IEC 61508. Однако имеющиеся решения проблемы CCF являются экспертными, что ограничивает их эффективность и глубину решения.

Метод на основе диверситетных аксиоматических базисов основан на аксиоматико-базисном подходе и позволяет сравнивать системы относительно их диверситета и тем самым предоставляет инструмент по целенаправленному усилению диверситета. Как результат, это дает возможность выполнять диверсификацию и её доказательство целенаправленно и формализованно.

Рассматриваемый метод позволяет выделить общий базис, нарушение утверждений которого приводит к CCF. Как следствие, можно определить факторы, ведущие к CCF, и обратить на них особое внимание. Вместе с тем, метод позволяет формализованно развести факторы, ведущие к CCF, на разные базисы, и тем самым решать проблему CCF.

В настоящее время эффективность метода подтверждена посредством имитационного моделирования с помощью КИИБ (комплекс имитационных испытаний на безопасность), который предназначен для проведения имитационных испытаний на функциональную безопасность в соответствии с IEC 61508, EN 50126, ОСТ 32.146 микропроцессорных систем управления ответственными технологическими процессами. Метод применялся при анализе типовой микропроцессорной железнодорожной системы счета осей подвижного состава. В дальнейшем разработанная система подвергалась испытаниям, во время которых вносились все возможные отказы, которые могли повлиять на её функционирование. В последующем свойства отказоустойчивости и безопасности определялись исходя из анализа результатов моделирования, которые подтвердили положения метода.

Практика разработки и имитационного моделирования показала, что отказы в независимых базисах не коррелированы, и на основании этого возможно улучшение показателей безопасности и отказоустойчивости. Также было экспериментально подтверждено, что диверситет, достигнутый с помощью метода на основе диверситетных аксиоматических базисов, позволяет обнаружить все одиночные отказы независимых базисов. Вместе с тем показано, что метод предоставляет формализованное описание для периодической проверки базисов, которая может быть выполнена средствами самотестирования.

Таким образом, в настоящее время эффективность метода на основе диверситетных аксиоматических базисов подтверждена экспериментально и отработана практика его применения. В докладе рассматриваются как основные положения метода, так и его особенности использования при разработке и верификации безопасных и отказоустойчивых систем.

УДК 621.38

## **КРИТЕРИИ ОТНЕСЕНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ К КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫМ ОБЪЕКТАМ ИНФОРМАТИЗАЦИИ**

*П. М. БУЙ, О. А. ЧЕКАНОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Понятие критически важного объекта информатизации (КВОИ) введено Указом Президента Республики Беларусь № 486 «О некоторых мерах по обеспечению безопасности критически важных объектов информатизации» от 25 октября 2011 г. В соответствии с ним КВОИ – это объект информатизации, который:

1) обеспечивает функционирование экологически опасных и (или) социально значимых производств и (или) технологических процессов, нарушение штатного режима которых может привести к чрезвычайной ситуации техногенного характера;

2) осуществляет функции информационной системы, нарушение (прекращение) функционирования которой может привести к значительным негативным последствиям для национальной безопасности в политической, экономической, социальной, информационной, экологической, иных сферах;