

ции систем, поскольку при необходимости замены аппаратных средств в течение жизненного цикла имеется возможность использования, например, аппаратно - и программно- совместимых промышленных компьютеров других производителей.

Таким образом, при выборе и технико-экономическом обосновании обновления на железной дороге систем электрической централизации на основе микропроцессорной техники для достижения реальных результатов в ближайшей перспективе должны учитываться новые критерии. Системам МПЦ, как и релейным ЭЦ в прошлом, в течение всего жизненного цикла потребуется постоянное совершенствование в отношении использования самой современной элементной базы и для выполнения изменений и дополнений, вносимых заказчиком – железной дорогой. Реализация новых функциональных возможностей МПЦ, а также и изменение технологических схем оперативного управления должны проводиться с обязательным подтверждением их технико-экономической эффективности. Все это совместно с требованиями информационной безопасности программного обеспечения и кибербезопасности является доказательством целесообразности использования дороге МПЦ отечественных разработок и производства.

УДК 656.259.12

## ИСПЫТАНИЯ ИСТОЧНИКА БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ ТОНАЛЬНЫХ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ НА НАЛИЧИЕ ГАРМОНИК И ИНТЕРГАРМОНИК

К. А. БОЧКОВ, П. П. РУБАНИК

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время в ОАО «РЖД» находится на рассмотрении отраслевой стандарт «Устройства электропитания железнодорожной автоматики и телемеханики. Технические требования», в котором к устройствам электропитания предъявляется требование функциональной безопасности в части появления и превышения нормированного уровня гармоник и интергармоник в диапазоне частот от 400 до 800 Гц. В связи с этим становится актуальной разработка методики проведения испытаний источников бесперебойного питания, от которых могут питаться и тональные рельсовые цепи, на наличие гармоник и интергармоник выходного напряжения питания переменного тока.

В научно-исследовательской лаборатории «Безопасность и ЭМС технических средств» БелГУТа была разработана методика испытаний и проведены испытания опытного образца источника бесперебойного питания (ИБП) серии SM производства российской компании ООО «Штиль Энерго». Испытания заключались в том, что во время функционирования ИБП проверялись наличие и уровень гармоник и интергармоник напряжения питания переменного тока 50 Гц на выходной шине резервированного питания, от которой питаются тональные рельсовые цепи 400–800 Гц и схемы их кодирования.

К выходной шине резервированного питания ИБП во время испытаний подключалась нагрузка в виде комплекта тональных рельсовых цепей, работающего на частоте 580 Гц. Данная нагрузка в виде одного комплекта тональных рельсовых цепей была выбрана исходя из наихудших условий помехозащищенности, так как весь уровень напряжения помех приходился на одну тональную рельсовую цепь, а не распределялся между несколькими. К путевым генератору и приемнику тональной рельсовой цепи вместо рельсовой линии подключался ее физический эквивалент (рисунок 1) для шунтового режима, который хорошо зарекомендовал себя во время испытаний.

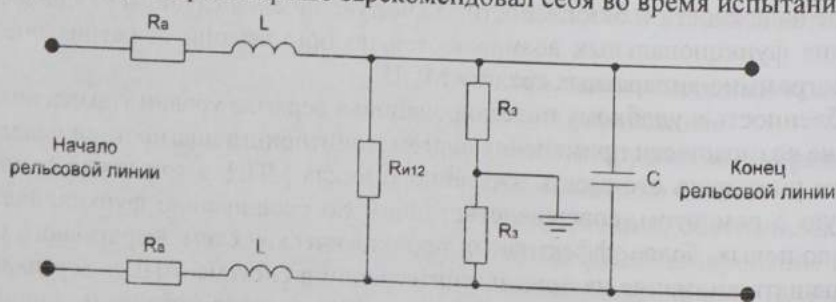


Рисунок 1 – Физический эквивалент рельсовой линии

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.