

Таблица 1 – Результаты аппроксимации количества абонентов

Время измерений	Количество абонентов	Модель аппроксимации		
		полиномиальная $y = -6,0238x^2 + 351,83x + 415,36$	логарифмическая $y = 998,21 \ln(x) + 521,8$	степенная $y = 741,69x^{0,627}$
1.07.2000	808	761,17	521,8	741,69
1.04.2001	1616	1726,3	1905,61	1768,94
1.07.2001	2100	2023,91	2128,36	2034,59
1.04.2002	2786	2844,48	2597,52	2731,87
1.04.2003		3769,89	3002,26	3522,65

По результатам расчетов прогноз среднестатистического количества абонентов (по трем моделям аппроксимаций) на 1.04.03 составил 3432 абонента.

Таблица 2 – Результаты аппроксимации увеличения нагрузки на пейджинговой станции

Время измерений	Среднее количество сообщений в час	Модель аппроксимации		
		полиномиальная $y = 0,0705x^3 - 2,4459x^2 + 3644x + 11,621$	логарифмическая $y = 67,475 \ln(x) + 35,206$	степенная $y = 47,123x^{0,6702}$
1.07.2000	46	45,69	35,21	47,12
1.04.2001	123,18	122,76	128,75	119,33
1.07.2001	142,77	141,49	143,8	138,57
1.04.2002	183,23	182,7	175,52	189,88
1.04.2003		218,52	202,88	249,17

Прогноз на 1.04.03 среднестатистической нагрузки (по трем моделям аппроксимаций) составил 223,52 сообщений в час.

Таким образом, исходя из результатов сделанного прогноза ожидается дальнейшее развитие пейджинговой связи в Гомельской области.

Список литературы

1 Ефимова Н. Пейджинг сегодня и завтра // Электросвязь – 1997. – № 3. – С. 39.

Получено 20.12.2002

V. N. Fomichov, V. G. Shevchuk, P. M. Buoy. Research and analysis of the tendencies of development of a paging communication center of the Gomel region.

The results of research and analysis of the tendencies of development of a paging communication center of the Gomel region are given

2 Шевчук В. Г. Показатели качества обслуживания вызовов на сети ДАТС железнодорожного транспорта // Вопросы ускорения переработки вагонов на станциях и в узлах: Межвуз. сб. научных статей. – Гомель: БелИИЖТ, 1980. – С.80 – 86.

3 Фомичев В. Н., Кричевцова Н. В., Мороз С. В. Анализ работы и динамика развития пейджинговой сети связи Гомельской области // Проблемы безопасности на транспорте: Тез. докл. междунар. науч.-практ. конф. – Гомель: БелГУТ, 2002. – С. 186.

4 Подгородецкий И. А., Разговоров А. В. Статистика связи. – М.: Связь, 1973. – 288 с.

Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. 2003. № 1(6)

УДК 621.396: 621.391.82

Д. В. КОМНАТНЫЙ, аспирант; Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ПОВЫШЕНИЕ АДЕКВАТНОСТИ ИСПЫТАНИЙ МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ СЖАТ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОМУ РАЗРЯДУ

Рассматриваются вопросы повышения адекватности испытаний на устойчивость микроэлектронных СЖАТ к электростатическому разряду. Предложена упрощенная вероятностная модель устойчивости СЖАТ к ЭСР. Описан способ выбора точек испытательных воздействий на основе анализа рассеиваемой в узлах устройств СЖАТ энергии помех.

Нормативными документами Республики Беларусь, Российской Федерации, а также международными, установлены обязательные испытания микроэлектронных систем железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ) на электромагнитную совместимость. В частности, ГОСТ

Р 50656-2001, РД РБ БЧ 19.055-98, стандарт МЭК 61000-4-2-95 требуют проведения испытаний СЖАТ на устойчивость к электростатическому разряду (ЭСР).

Однако процедуры и методы этих испытаний нормативными документами определены недоста-

точно однозначно. Основным документом, регламентирующим порядок испытаний, является ГОСТ 29191-91. В нем рекомендуется вначале отыскивать опытным путем точки на корпусе технического средства (ТС), в которых оно обнаруживает наибольшую восприимчивость к ЭСР, затем производить испытательные воздействия в этих точках для определения устойчивости ТС. В [1] отмечается, что такая процедура делает испытания на устойчивость к ЭСР самыми длительными среди испытаний на устойчивость к электромагнитным помехам. Отсутствуют какие-либо рекомендации по оптимизации выбора точек приложения электростатических разрядов, поэтому представляется актуальным найти методы, позволяющие более адекватно проводить испытания на устойчивость к ЭСР и количественно оценивать степень устойчивости ТС ЖАТ к ЭСР.

В [2] для решения этой проблемы предлагается использовать вероятностно-статистическую модель на основе разработок НИЛ «Безопасность и ЭМС» БелГУТа [3, 4]. В этой модели уровни помех на входах рецепторов и уровень помехоустойчивости рецепторов рассматриваются как случайные величины. Уровень совместимости рецепторов оценивается величиной вероятности их сбоя в реальной электромагнитной обстановке. В качестве одного из параметров, описывающего электромагнитные помехи от ЭСР на входах рецепторов, рассматривается энергия помех, рассеиваемая во входных цепях рецептора. Это объясняется тем, что сбой рецептора наступает с вероятностью, равной единице, когда энергия помехи превышает некоторый пороговый уровень, зависящий от элементной базы. Это позволяет при известном законе распределения энергии электромагнитных помех на входных цепях рецепторов определять вероятность сбоя ТС из соотношения (рисунок 1)

$$P_{сб} = \int_{W_{пор}}^{\infty} p(W) dW, \quad (2)$$

где $p(W)$ – плотность вероятности распределения уровней энергии; $W_{пор}$ – пороговое значение энергии, Дж.

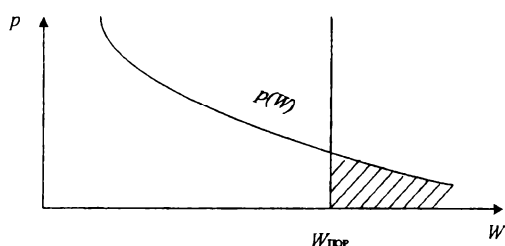


Рисунок 1 – Распределение уровней энергии и помехоустойчивости ТС

Для применения этой модели требуется знать закон распределения уровней энергии помех. Непосредственное их измерение затруднительно. Энергия помехи зависит от амплитуды и длительности импульса помехи, наведенного на линии связи в узлах ТС. Но измерение этих величин требует применения осциллографов с широкой полосой пропускания [5].

Таким образом, предложенная модель нуждается в упрощении. Для этого следует принять во внимание, что явление ЭСР зависит от многих факторов: напряжения на источнике, размеров источника, размеров рецептора и других. Используя принцип наихудших условий, можно перейти от многомерных функций распределения к сечениям по наиболее неблагоприятным параметрам. При этом рассматриваются одномерные функции распределения помех при фиксированном значении других параметров (для наихудших условий). Рассмотрим начальное напряжение на источнике ЭСР, которое может быть достаточно просто измерено методом электрического зонда [6]. Его величина зависит от множества факторов: климатические условия, электрофизические свойства соприкасающихся поверхностей, размеры источника [7]. Эти факторы изменяются случайным образом, и каждый из них вносит свой вклад в закон распределения напряжения. В [8] показано, что для случайной величины, зависящей от множества случайных слагаемых, справедливо предположение о нормальном законе ее распределения. В реальных условиях эксплуатации устройств ЖАТ величины напряжения на источнике ЭСР всегда ограничены предельными значениями сверху и снизу, поэтому распределение напряжения на источнике будет описываться усеченным нормальным законом с математическим ожиданием U_{μ} (рисунок 2).

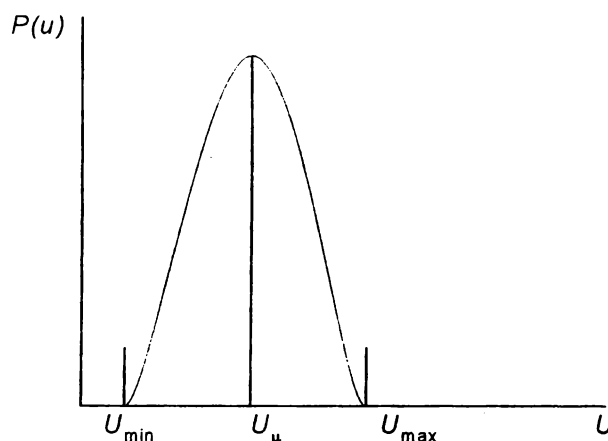


Рисунок 2 – Распределение напряжения на источнике ЭСР

Таким образом, оценивать устойчивость ТС ЖАИ к ЭСР следует путем расчета энергии помех, возникающих при максимально возможном напряжении на источнике разряда.

Энергию, рассеиваемую в узлах рецептора при напряжении U на источнике, можно найти расчетным путем [2]. Критерием устойчивости устройства ЖАТ к ЭСР является соотношение

$$W_{\text{расч}} < W_{\text{пор}}, \quad (2)$$

где $W_{\text{расч}}$ – рассчитанный уровень помех, Дж.

Для выбора порядка и мест приложения испытательных воздействий применяется метод, аналогичный известному в теории надежности методу поиска неисправностей [10]. Для этого составляется множество значений энергии помех, рассеиваемой во входных цепях узлов рецептора, и упорядочивается по возрастанию. Точки испытательных воздействий размещаются на металлических частях корпусов ТС, щелях, решетках, находящихся вблизи узлов рецептора. Испытания начинают с узла, в котором рассеивается максимальная энергия, и продолжают до тех пор, пока не встретится узел с рассеиваемой энергией, меньшей пороговой для данной элементной базы.

Такая методика проведения испытаний позволяет выделять наиболее чувствительные к электростатическим разрядам узлы устройств ЖАТ с учетом как электромагнитной обстановки, так и конструктивных особенностей и подвергать их испытанию в первую очередь, так как именно эти узлы определяют устойчивость ТС.

Автором выполнены испытания адаптера связи АС-15 ДЦ «Неман», разработанной Дорожным конструкторско-технологическим бюро Белорусской железной дороги. Выбор точек испытательных воздействий при этом производился согласно изложенному выше способу. Значения рассеиваемой в узлах адаптера связи энергии помех отыскивались путем численного расчета электрического поля, возникающего внутри корпуса адаптера связи при воздействии электростатического разряда. Были также проведены испытания по общеприня-

той методике ГОСТ 29191-91, которая является чисто экспериментальной и поэтому может применяться для проверки расчетных методов. Результаты обоих экспериментов показали, что адаптер связи устойчив к электростатическому разряду. Это является подтверждением предлагаемой в данной статье методики.

Таким образом, можно сделать вывод, что предлагаемые вероятностно-статистические модели позволяют оптимизировать процедуры испытаний на устойчивость к ЭСР путем сокращения количества испытательных воздействий на ТС ЖАТ.

Список литературы

- 1 *Белишкихина Т. А., Шатохин В. А.* Испытания технических средств железнодорожной автоматики и телемеханики на электромагнитную совместимость // Испытания систем железнодорожной автоматики и телемеханики на безопасность и электромагнитную совместимость: Тр. междунар. семинара / Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель, 2001. – С.85–87.
- 2 *Бочков К. А., Комнатный Д. В.* Вероятностный метод определения устойчивости микроэлектронной СЖАТ к электростатическому разряду // Проблемы безопасности на транспорте: Тез. докл. междунар. науч.–практ. конф. / Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель, 2002. – С. 161 – 162.
- 3 *Бочков К. А., Рязанцева Н. В.* Вероятностный метод определения уровней ЭМС микроэлектронных систем обеспечения безопасности // Испытания систем железнодорожной автоматики и телемеханики на безопасность и электромагнитную совместимость: Тр. междунар. семинара / Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель, 2001. – С.20 – 29.
- 4 *Бочков К. А., Рязанцева Н. В.* Нормирование параметров ЭМС с учетом реальной электромагнитной обстановки // Испытания систем железнодорожной автоматики и телемеханики на безопасность и электромагнитную совместимость: Тр. междунар. семинара / Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель, 2001. – С.35 – 42.
- 5 *Кравченко В. И.* Грозозащита радиоэлектронных средств. – М.: Радио и связь, 1991. – 264 с.
- 6 *Техника высоких напряжений: теоретические и практические основы применения / Бейер М., Бек М., Мейер В. и др.* – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 553 с.
- 7 *Хабигер Э.* Электромагнитная совместимость. Основы ее применения в технике. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 304 с.
- 8 *Дунин-Барковский И. В., Смирнов Н. В.* Теория вероятностей и математическая статистика в технике. – М.: Гостехиздат, 1995. – 556 с.
- 9 *Надежность технических систем: Справочник / Под ред. И. А. Ушакова.* – М.: Радио и связь, 1985. – 605 с.

Получено 13.06.2002

D. V. Komnatny. Adequacy rising of microelectronic railway automatic systems electrostatic discharge immunity testing.

The article is considering the questions of adequacy rising of electrostatic discharge immunity testing of railway automatic systems. The probabilistic model of railway automatic systems electrostatic discharge immunity is developed. Also simplified model for engineer practice is described. The method of test points choosing with the help of ESD energy analysis is proposed.