

УДК 629.7.052

АНАЛИЗ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ БОРТОВЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ СВЕРХКОРОТКИХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

В.А. Михайлов, генеральный директор ОАО «НИИ «Аргон», к.т.н.

Л.О. Мырова, начальник отдела ОАО «МНИРТИ», д.т.н.; lmyrova@rambler.ru

Т.Л. Рязановский, начальник сектора ОАО «МНИРТИ»

И.Г. Солдатов, начальник сектора ОАО «НИИ «Аргон»

И.А. Фомина, инженер 1 категории ОАО «МНИРТИ»

А.В. Сухов, инженер ФГУП «ВНИИОФИ»

Ключевые слова: бортовой цифровой вычислительный комплекс, электромагнитное воздействие, информационный поток, быстрдействие.

Введение. В настоящее время активно развиваются средства электромагнитного поражения радиоэлектронных систем (РЭС) и устройств, особенно основанные на новых физических принципах. Так, в последние годы появились новые мощные генераторы, излучающие периодические и однократные сверхкороткие электромагнитные импульсы (СК ЭМИ). Они обладают качествами, отсутствующими у традиционных источников преднамеренных помех — сверхширокополосностью и большой амплитудой. Спектральная плотность таких генераторов распределена в интервале от сотен мегагерц до единиц гигагерц.

Особенность данного типа излучения — соизмеримость длительности воздействующих импульсов с длительностью рабочих импульсов при обработке цифровой информации. Анализ устройств, являющихся основой цифровых систем обработки и передачи, показывает их высокую уязвимость к действию СК ЭМИ [1].

Проведенные исследования воздействий СК ЭМИ на электронные компоненты информационных инфраструктур показывают [2–3], что для адекватной оценки реальной стойкости информационных инфраструктур необходимо проведение исследований и испытаний в условиях их реального функционирования. Оценка влияния СК ЭМИ на функционирование бортового цифрового вычислительного комплекса (БЦВК) методами математического моделирования сегодня не представляется возможной из-за отсутствия соответствующего методического аппарата. При этом анализ численных методов решения таких задач [4] показывает не-

возможность получения достоверных расчетных результатов.

В настоящее время наиболее перспективным методом оценки влияния СК ЭМИ на функционирование сложных многофункциональных информационных средств является экспериментальный метод, позволяющий с приемлемой точностью оценить критические уровни воздействия на устройства, к которым относятся БЦВК.

Оценка качества функционирования БЦВК представляет пока малоисследованную научную задачу. В этой связи систематизация и обобщение результатов, разработка методик расчетных и экспериментальных оценок функционирования БЦВК к воздействию сверхкоротких импульсов с учетом требований международных и национальных стандартов является существенным вкладом в обеспечение эффективного функционирования сложных информационных систем.

Как объект воздействия, БЦВК представляет собой сложную систему, подверженную широкому спектру действий дестабилизирующих факторов при неуклонной тенденции повышения требований к надежности и качеству.

Проблема устойчивости РЭС к дестабилизирующим факторам в автоматизированных системах управления (АСУ), включающих средства вычислительной техники, связи и целый комплекс специального оборудования, является одной из сложнейших задач, решаемых при проектировании таких систем. Сложность задачи многократно увеличивается при размещении АСУ в ограниченном пространстве на борту космического, авиационного либо мобильного объекта, сбои и отказы аппаратуры в котором, как правило, не допускаются, так как приводят к необратимым последствиям.

В связи с этим оценка функционирования БЦВК при воздействии СК ЭМИ

становится исключительно актуальной, поскольку БЦВК — центральное звено АСУ, во многом определяющее тактико-технические характеристики объектов. Тем более, что за последнее десятилетие быстро выросла оснащенность БЦВК, а устойчивость этих систем к электромагнитным воздействиям с учетом роста уровня интеграции элементной базы стремительно падает. Все это приводит к необходимости разработки методов и средств расчетной и экспериментальной оценки, позволяющих обеспечивать устойчивое функционирование рассматриваемых объектов к заданному воздействию.

Объект испытаний его состав и назначение. В БЦВК входят: унифицированный отказоустойчивый вычислитель (УОВ), сервер и устройство управления (УУ). Изделие предназначено для использования в составе подвижных автоматизированных вычислительных комплексов, состоящих из унифицированных вычислителей, объединенных высокопроизводительной оптической средой передачи информации в соответствии со стандартами IEEE Std 802.3, 1000Base-T и 1000Base-LX.

Экспериментальным исследованием на воздействие мощных сверхкоротких импульсных электромагнитных полей (СКИ ЭМП) подвергался опытный образец — унифицированный отказоустойчивый вычислитель, как наиболее



Рис. 1. Внешний вид УОВ

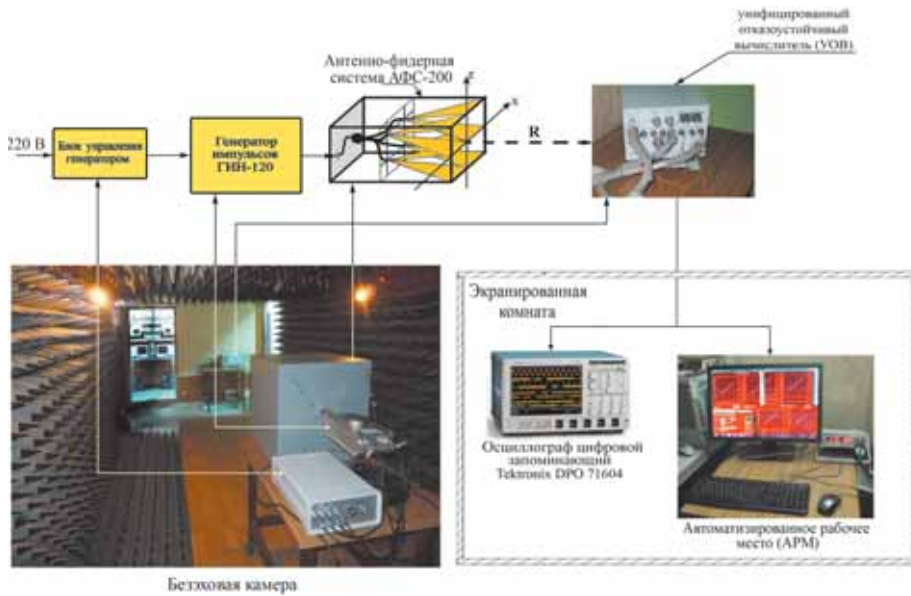


Рис 2. Схема проведения эксперимента

критичный к воздействию СК ЭМИ (рис. 1).

Объем испытаний. В состав проверок изделий и их программного обеспечения входит проверка выполнения требований: к информационной памяти; к модулям адаптеров контроля и управления, МКИО и локальной сети, к модулям коммутатора, оптических конвертеров и унифицированных системных интерфейсов; к электропитанию вычислительных средств, а также требований по трехминутной готовности.

Все испытания изделия проводились в нормальных климатических условиях:

- температура окружающего воздуха 15–35 °С;
- относительная влажность воздуха 45–80 %;
- атмосферное давление 86 кПа (645 мм рт. ст) – 106 кПа (795 мм рт. ст).

Средства измерения. Для экспериментальных исследований воздействия СКИ ЭМИ выбранного УОВ использовались следующие средства воспроизведения и измерения параметров СКИ ЭМП: осциллограф цифровой запоминающий Tektronix DPO71604; безховая камера из состава государственного специального эталона (ГСЭ) ГЭТ 148-93 единиц максимальных значений напряженностей импульсных электрического и магнитного полей; измерительный преобразователь ИППЛ-Л; экранированная кабина из состава ГЭТ 148-93; генераторный комплекс с антенной ГИН-120, предназначенный для формирования воздействующего поля.

Цель испытаний. Испытания проводились для: выявления функционирования УОВ при воздействии СК ЭМИ; проверки основных эксплуатационных характеристик УОВ во время и после воздействия СКИ ЭМП; определения критических параметров СКИ ЭМП, приводящих к нарушениям в работе УОВ.

Исследования проводятся в следующем объеме:

- определение параметров воздействующего СКИ ЭМП;
- воздействие СК ЭМИ на УОВ;
- определение работоспособности УОВ до и при воздействия СКИ ЭМП.

Схема эксперимента и типичная осциллограмма импульса напряженности электрического поля $E = 10$ кВ/м излучателя на расстоянии $R = 3,8$ м от блока показаны соответственно на рис. 2 и 3, а.

Анализ результатов исследования воздействия СКИ ЭМП на УОВ. В ре-

№	Расположение блока	Результаты воздействия
1		Излучение воздействует на боковую стенку блока. Вертикальная поляризация антенны. При расстоянии от источника излучения до блока УОВ $R = 3,8$ м и $E = 67,5$ кВ/м происходит отказ компьютерной мыши. Осциллограмма импульса напряженности электрического поля приведена на рис.3, б.
2		При использовании фольги и экранирующей ткани на разъемах и кабелях (расположение блока см. №1). Вертикальная поляризация антенны: - при $R = 1$ м и $E = 200$ кВ/м происходит периодическое пропадание изображения на экране монитора АРМ; - при $R = 1,5$ м через 2-3 с после включения излучающей установки начинается периодическое пропадание изображения экрана монитора АРМ; - при $R = 2,5$ м сбоев в работе УОВ не обнаружено; - при $R = 1,87$ м и $E = 148$ кВ/м возникает эффект периодического пропадания изображения экрана монитора АРМ. Граничный уровень восприимчивости аппаратуры к воздействию. Горизонтальная поляризация антенны. При $R = 1,8$ м и $E = 140,4$ кВ/м возникает однократное пропадание изображения на экране монитора АРМ, далее без изменений (рис. 3, в). Также происходит сбой внешнего вентилятора, после снятия воздействия он продолжает функционировать в нормальном режиме. После установки в районе вентилятора экранирующего материала сбоев работоспособности системы блока не обнаружено (кроме отключения вентилятора).
3		Вертикальная поляризация антенны. На расстоянии $R = 2$ м сбоев в работе УОВ не обнаружено.
4		Излучение воздействует перпендикулярно плоскости вращения вентилятора блока. Горизонтальная поляризация антенны. При расстоянии $R = 1,1$ м происходит отключение внешнего вентилятора.
5		Горизонтальная поляризация антенны. При $R = 1,1$ м сбоев в работе УОВ не обнаружено. При $R = 1$ м, $E = 200$ кВ/м происходит периодическое мерцание экрана монитора АРМ. При воздействии излучения перпендикулярно боковой стенке блока $R = 1,28$ м и $E = 219,8$ кВ/м (рис. 3, д) сначала отключается внешний вентилятор и через 5 с - внутренний. Через 5 с после отключения воздействующего излучения работоспособность вентиляторов восстанавливается.

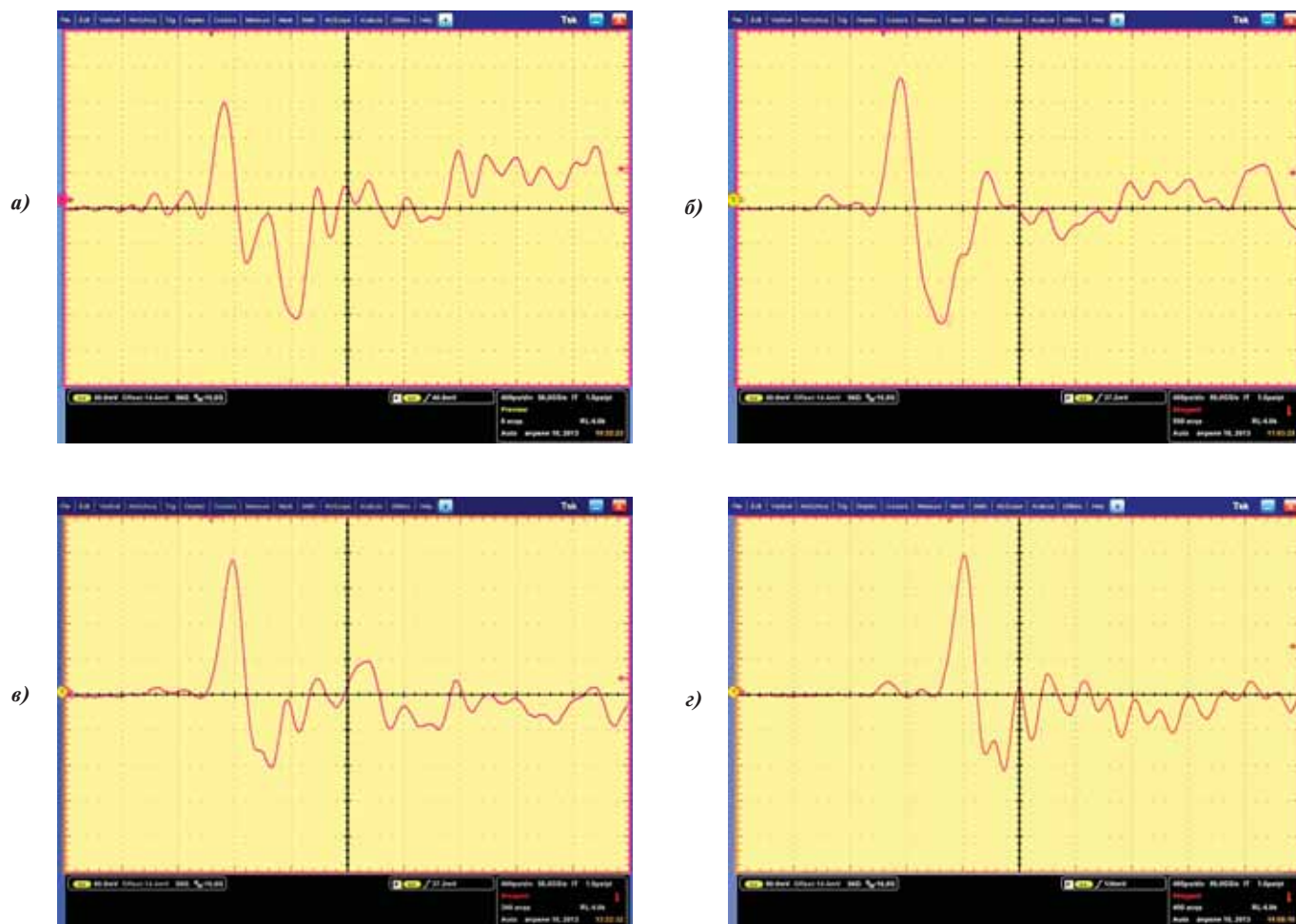


Рис. 3. Осциллограммы импульса напряженности электрического поля излучателя в месте воздействия

зультате экспериментальных исследований УОВ в соответствии с требованиями ТУ в условиях воздействия СКИ ЭМП установлено, что УОВ нормально функционировал по критерию устойчивости при напряженности электрического поля от 1–30 кВ/м, частоте следования импульсов – 1 кГц. Это свидетельствует о высоком уровне устойчивости и правильности конструктивных решений по защите УОВ от воздействия СКИ ЭМП.

Для оценки предельных уровней устойчивости функционирования проводились экспериментальные исследования УОВ (с подключенными кабельными линиями) при повышенных уровнях воздействия СКИ ЭМП до наступления сбоев в работе. Было установлено, что в УОВ устойчивые сбои возникали, как во время тестирования системы, так и в рабочем режиме при воздействии электрического поля напряженностью более 200 кВ/м, частотой следования импульсов 1кГц.

Количественные и качественные характеристики устойчивости УОВ в условиях воздействия СКИ ЭМП приведены в таблице.

Экспериментально полученный коэффициент запаса по устойчивости функционирования оценивается в диапазоне значений 2–7 в зависимости от уровня защищенности кабельных линий УОВ. Для уменьшения воздействия электромагнитных помех рекомендуется увеличить эффективность экранирования бортовой кабельной сети и разъемов УОВ. При дополнительном экранировании кабельных линий УОВ сохраняла нормальное функционирование при напряженности электрического поля 140,4 кВ/м и частоте следования импульсов 1кГц.

Заключение. Как объект проектирования, БЦВК представляет собой сложную не только в схемотехническом и конструкторско-технологическом, но и в плане устойчивости систему, подвергающуюся широкому спектру воздействий мощных электромагнитных факторов.

Анализ экспериментальных данных и механизмов воздействия СКИ ЭМП на УОВ показывает, что сбои, системные отказы и нарушения функционирования возникают в основном за счет недостаточной эффективности экранирования бортовой кабельной

сети БЦВК, которые, как правило, выявляются при испытаниях и в процессе эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сухоруков С.А., Горячевский В.В. Исследование функционирования СВТИ при испытаниях на устойчивость к намеренному силовому воздействию методами электромагнитного терроризма. Часть 1. Однократные наносекундные импульсы электромагнитного поля // Технологии ЭМС. – 2008. – № 1. – С. 3–12.
2. Сахаров К.Ю., Туркин В.А., Михеев О.В. и др. Исследования влияния СК ЭМИ на персональные компьютеры // Технологии ЭМС. – 2006. – № 2(17).
3. Сахаров К.Ю., Соколов А.А., Туркин В.А. и др. Исследования функционирования локальной вычислительной сети в условиях воздействия сверхкоротких электромагнитных импульсов // Технологии ЭМС. – 2006. – № 3.
4. Михайлов В.А. Актуальные вопросы повышения стойкости бортовых вычислительных машин к электромагнитным воздействиям / Сб. докл. 10 НТК по ЭМС и электромагнитной безопасности (ЭМС-2008). – С.-Петербург: ВИТУ, 2008. – С. 382–386.

Получено 24.04.13