

Методы исследование воздействия сверхширокополосного электромагнитного импульса на систему событийного видеоконтроля

А.В. Секунов

Московский институт электроники и математики Национального исследовательского университета Высшая школа экономики (МИЭМ НИУ ВШЭ). Адрес: 109028, Москва, Б. Трехсвятительский пер., д. 3

Компания "ДИИП 2000". Производство и реализация современного банковского оборудования в России. Адрес: 121096, г. Москва, ул. Кастанаевская, д.24

E-mail: asekunov@hse.ru, andrewha_86@mail.ru

На основе разработанных программ-методик проведены экспериментальные исследования воздействия полей СКИ ЭМП с наносекундными фронтами, которые показали, что существующие системы ССВ не удовлетворяют требованиям стандартов МЭК по устойчивости к действию сверхкоротких импульсных полей современных излучателей. Показано, что установленные защитные средства в части быстрогодействия не в полной мере позволяют обеспечить эффективную защиту некоторых видов ССВ от действия СК ЭМИ, поэтому необходима либо их доработка, либо разработка целевым назначением принципиально новых защитных устройств.

On the basis of the developed programs we conducted experimental research on the effects of ultrashort pulse EMF fields with nanosecond fronts, which showed that the existing system does not respond the requirements of IEC standards for resistance to the action of ultrashort pulse fields of modern radiators. We showed that the protective measures with regard to the performance not fully allow for the effective protection of certain types of event videocontrol systems from actions ultrashort electromagnetic pulse, so they either need a revision, or the development of innovative targeted use of protective devices.

Современные системы событийного видеоконтроля (ССВ) все в большей степени оснащаются электронными системами управления, микропроцессорными устройствами, чувствительными к электромагнитным воздействиям. Повышение степени интеграции элементной базы электроники, и, как следствие, снижение электрической прочности отдельных компонентов аппаратуры приводит к снижению стойкости ССВ к воздействию электромагнитных факторов различного происхождения.

В то же время, оценка устойчивости сложных структурно-разветвленных систем, какими являются, в частности, системы связи, управления и видеонаблюдения представляют пока малоисследованную научную задачу. Систематизация и обобщение этих результатов, которые бы определили методологию оценки стойкости стационарных объектов, расположенных на поверхности земли, с учетом требований международных стандартов, прогноза параметров воздействия, средств защиты до сих пор не проводилась.

В настоящее время электромагнитные помехи большой энергии являются новой серьезной угрозой для электронных систем и ССВ, в частности.

В связи с этим, важным этапом при решении задач, направленных на обеспечение устойчивости ССВ к действию электромагнитных факторов, является проведение исследований с использованием экспериментальных методов. Для проведения исследований воздействия электромагнитного импульса (ЭМИ) на ССВ необходимо создание соответствующей системы исходных данных по параметрам ЭМИ на основе анализа стандартов и существующих экспериментальных методов оценки воздействия ЭМИ на элементы ССВ[1,3].

Актуальность экспериментальных методов определяется:

- необходимостью создания и совершенствования ССВ, соответствующих современным требованиям, предъявляемым к их надежности и устойчивости в условиях воздействия ЭМИ. Существующие методы и средства обеспечения устойчивости в основном ориентированы на решение проблемы ЭМС и не затрагивают самый сложный комплекс задач по устойчивости ССВ к воздействию мощных СК ЭМИ;
- слабой изученностью механизмов воздействия наносекундных ЭМП на ССВ и ее элементы;
- отсутствием в полном объеме рекомендаций по техническим средствам защиты оборудования ССВ от ЭМИ.

Требования к экспериментальной базе

Анализ стандартов МЭК и существующих излучателей ЭМИ показывает, что основные требования к ССВ, средствам метрологического обеспечения их испытаний на стойкость к сверхширокополосным электромагнитным импульсам (СШП ЭМИ) должны разрабатываться, исходя из импульсов ЭМП со следующими параметрами: напряженность электрического поля в диапазоне от 1 до 100 кВ/м; длительность фронта импульса — от 0,1 до 1 нс; длительность импульса - от сотен пикосекунд до единиц наносекунд; частота повторения импульсов до единиц мегагерц.

Под сверхширокополосным сверхкоротким ЭМИ, в соответствии с определением международного стандарта МЭК 61000-2-13[2], понимаются сигналы, имеющие относительную ширину спектра по уровню 3 дБ более 25%. Мы рассматриваем здесь СШП импульсы с явно выраженной временной зависимостью, формируемые излучающей антенной, возбуждаемой генератором импульсного напряжения. В качестве антенны может быть использован ТЕМ-рупор, открытый конец волновода, решетка из ТЕМ-рупоров или открытых концов волновода, коническая или биконическая антенна. Формы импульсов довольно разнообразны, поскольку зависят от характеристик, как генератора, так и излучающей антенны. Как правило, СШП импульсы имеют общую длительность от сотен пикосекунд до нескольких наносекунд и содержат до нескольких «полупериодов» колебаний. Характерной особенностью является отсутствие в спектре импульсов нулевой частоты. Длительности фронта импульсов современных СШП излучателей лежат в диапазоне 10^{-10} — 10^{-9} с, амплитуды на расстояниях до 10 м от раскрыва антенны могут достигать 10-100 кВ/м.

Для измерения полей излучения наиболее подходит полосковый измерительный преобразователь ИППЛ-Л со ступенчатой переходной характеристикой, позволяющий осуществлять преобразование сигнала электрического поля в сигнал напряжения той же формы с минимальными искажениями.

В процессе проведения испытаний возникает задача исследования ЭМО в более длинном диапазоне времени. Для решения этой задачи целесообразно использовать первичный измерительный преобразователь ИППЛ-М в виде меандрической полосковой линии.

Учитывая, что при решении задач регистрации сверхкоротких электромагнитных импульсов (СК ЭМИ) важной числовой характеристикой сигнала является максимальное значение напряженности импульсного поля, то в качестве аппаратуры контроля применялся индикатор амплитуды СК ЭМИ. В соответствии с решаемой задачей основные требования, которые предъявляются к индикатору амплитуды - малогабаритность и автономность прибора.

Конструкция СИ полей выбирается из условий минимизации габаритов и веса, обеспечения механической прочности и надежности, возможности быстрой сборки, подключения, настройки и поверки СИ, возможности дистанционного управления режимами работы.

Эксплуатационные характеристики СИ должны обеспечивать возможность проводить измерения в любой точке исследуемого испытательного объема, безопасную работу обслуживающего персонала, нормальную работу в заданных климатических условиях, малое потребление энергии активными элементами СИ, достаточно долгий срок автономной работы ИП от внутренних источников питания.

Основным эксплуатационным требованием к лабораторным излучателям является его компактность, возможность размещения на любом требуемом объекте как внутри помещения, так и вне его и достаточно высокая напряженность поля излученных импульсов, которая позволяет моделировать ситуацию воздействия мощных передвижных излучателей сверхкоротких ЭМИ.

Результаты экспериментальных исследований

Экспериментальные установки по исследованию ССВ показаны на рис. 1, рис. 2, рис. 3, рис. 4а и рис. 4б.

Видеокамера МТ- 83 KR10HP MINTRON Panasonic (Рис. 1) устойчива к воздействию гармонических полей в диапазоне частот 1-30 МГц, напряженностью 10—100 В/м и импульсным полям напряженностью 10-100 кВ/м.



Рис. 1. Исследование видеокамеры МТ- 83 KR10HP MINTRON.

Система телевизионного наблюдения (Рис. 2) исследовалась в составе: ПК, видеокамера, блок питания, кабель RG-59, сортировщик денежной наличности Kisan Newton, блок обработки видеосигнала.

При исследовании компьютера (Рис. 3) наблюдался временный отказ мыши и клавиатуры, при котором их работа невозможна или происходит искажение вводимых в ПК данных ($E = 0,5$ кВ/м, $T_p = 0,2$ нс, $F = 100-1000$ Гц).

В результате исследований было установлено следующее:

1. При напряженности поля менее 2 кВ/м большинство из исследованных типов компьютеров не имеют эффектов, связанных с зависанием. При амплитуде прямого излученного сигнала более 10 кВ/м происходит сбой практически всех устройств, чувствительных к воздействию ЭМИ.

2. Диапазон частот повторения импульсов, который является наиболее эффективным при воздействии СИ ЭМП на видеосистемы, составляет 100-1000 Гц в случае применения излучателей на основе полупроводниковых ключей.

3. Однократные ЭМИ имеют эффективность воздействия от одного импульса в 1,5-2 раза ниже, чем пачка импульсов с частотой 10 Гц длительностью в доли секунды.

4. Сбой видеосистемы ПК (Рис. 5), при котором наблюдаются существенные искажения изображения на мониторе во время воздействия ЭМИ, наблюдается при $E = 1$ кВ/м.



Рис 2. Исследование системы видеонаблюдения.



Рис 3. Исследование компьютера.



Рис 4а. Исследование сортировщика денежной наличности.



Рис 4б. Исследование сортировщика денежной наличности.



Рис 5. Пример сбоя видеосистемы ПК во время воздействия ЭМИ.

Было отмечено, что практически все компьютеры, находящиеся под воздействием СКИ ЭМП с уровнями меньшими, чем это требуется для сбоя, замедляли свою работу. Причем замедление проявлялось также в запаздывании реакции компьютера на периферийное управление (с клавиатуры, мыши, дисководов). Время запаздывания составляло, как правило, от долей секунды до нескольких секунд. Некоторые компьютеры после воздействия временно зависали до минуты и выше, после чего их режим работы восстанавливался.

Наибольшее влияние на компьютер оказывают импульсы поля длительностью примерно 400 пс. Импульсы более длинные (-600 пс), как и более короткие (-190 пс и короче) вызывают сбои в ПК при большей напряженности поля.

Исследования устойчивости видеокамер к воздействию гармонических и импульсных СК ЭМП показали их высокую устойчивость к гармоническим полям в диапазоне частот 1-30 МГц, напряженностью 10-100 В/м и импульсным полям напряженностью 10-100 кВ/м.

При воздействии СКИ ЭМП на элементы ССВ (видеокамера, ПК, сортировщик денежной наличности) различных конфигураций наблюдались следующие эффекты нарушения работоспособности:

- временный отказ мыши и клавиатуры, при котором их работа невозможна или происходит искажение вводимых в ПК данных ($E = 0,5$ кВ/м, $T_{\text{фр}} = 0,2$ нс, $F = 100-1000$ Гц);
- сбой видеосистемы ПК, при этом наблюдаются существенные искажения изображения на мониторе во время воздействия ЭМИ ($E = 1$ кВ/м);
- зависание ПК, требующий для восстановления работоспособности перезагрузки ($E = 2-4$ кВ/м);
- самопроизвольная перезагрузка ($E = 2-4$ кВ/м);

- сбой системы сортировщика денежной наличности.

Исходя из полученных результатов, определены режимы работы излучателей СКИ ЭМП, при которых происходит нарушение работоспособности СВ:

- амплитуда воздействующих импульсов поля 1—10 кВ/м;
- диапазон частот воздействующих импульсов в интервале 100-1000 Гц в случае применения излучателей на основе полупроводниковых ключей;
- длительность излучаемых импульсов в пределах 0,25-0,5 нс.

Результаты исследований позволили сформулировать основные рекомендации по защите ССВ от воздействия СК ЭМИ. Наиболее простым и эффективным способом защиты предлагается применять различные типы экранов. В качестве эффективных экранов для защиты от СКИ ЭМП могут быть использованы металлические сетки (размер ячейки сетки не должен превышать 0,1—0,2 минимальной длины волны в спектре сигнала), фольга, напыляемые пленки, металлизированные краски. Защитная краска уменьшает амплитуду электромагнитного поля внутри диэлектрического объема примерно в 3 раза [4].

Применение к аппаратуре, размещаемой в пластиковых корпусах, мер защиты, основанных на использовании относительно тонкостенных экранов, даже с учетом существующих в них неоднородностей, позволяет повысить эффективность экранирования аппаратуры на 10-20 дБ. Важной организационной мерой, направленной на повышение защищенности ССВ, насыщенных цифровыми устройствами от действия СКИ ЭМП, должна стать разработка требований к ним по стойкости и проведение сертификационных исследований.

Основным требованием, предъявляемым к средствам защиты, является обеспечение их минимального влияния на работу защищаемой цепи, устройства, аппаратуры при отсутствии ЭМИ.

Рекомендуется использовать методы повышения устойчивости ССВ к воздействию ЭМИ:

- конструктивные (экранирование, зонирование, группирование, рациональное заземление);
- схемотехнические (ограничение наводок по спектру, амплитуде), использование элементов оптоэлектроники.

Литература

1. Акбашев Б.Б., Степанов П.В., Ольшевский А.Н. Современное состояние телекоммуникационных технологий. Сборник научных трудов МИЭМ под ред. Кечиева Л.Н., 2007, с.7-15.
2. МЭК 61000-2-13. Электромагнитная совместимость (ЭМС). Устойчивость к СШП-ЭМИ, 2004.
3. Воскобович В.В. Актуальность и современное состояние проблемы защиты технических средств от сверхширокополосных импульсов большой мощности. Технологии ЭМС № 3, 2004, с. 17 - 24.
4. Акбашев Б.Б., Куприенко В.М. Концепция проектирования защиты объектов от внешних электромагнитных воздействий. Технологии ЭМС, № 1(28), 2009, с.56-62.