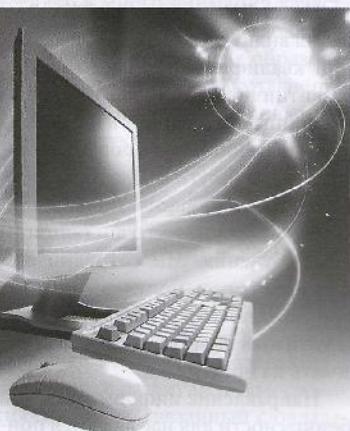


Побочные электромагнитные излучения электронной вычислительной техники и их маскировка

В. П. Иванов, к. ф.-м. н., вед. конструктор ФГУП СКБ ИРЭ РАН, дважды лауреат премии СМ СССР, заслуженный изобретатель РФ,

Н. Н. Залогин, к. т. н., ведущий научный сотрудник ИРЭ им. Академика Котельникова РАН, лауреат Государственной премии СССР, дважды лауреат премии СМ СССР

В статье рассмотрена физика излучений компьютерной техники, произведена оценка диапазонов частот этих излучений, описаны устройства перехвата информативного компонента этих излучений, а также рассказано об устройствах активной радиотехнической маскировки таких излучений.



Введение

Хорошо известно, что практически вся цифровая электронная техника функционирует в двоичном режиме: «1» – прямоугольный электрический импульс фиксированной амплитуды и длительности, «0» – отсутствие такого импульса. Длительность импульса соответствует времени обработки или передачи одного бита информации. В соответствии с законами электродинамики, резкие изменения напряжения

или тока, возникающие при работе схем цифровой электроники, приводят к излучению в окружающее пространство электромагнитных волн. Спектр излучения определяется крутизной фронтов импульсов, их длительностью и тактовой частотой. Большая часть элементов цифровой электроники работает в так называемом параллельном коде (с байтами информации). Исключения составляют устройства отображения информации и некоторые устройства памяти. При работе в параллельном коде результаты излучения фронтов импульсов накладываются друг на друга, и идентификация информации, передаваемой последовательностью импульсов, оказывается невозможной. Когда же работа происходит в последовательном коде, возникает возможность восстановления информации по результатам приема таких излучений.

В самом начале 80-х годов прошлого века перед сотрудниками ИРЭ АП СССР руководством Академии наук и Госкомитета по науке и техники СССР была поставлена задача – разобраться в физике побочных излучений компьютеров, произвести оценку возможностей перехвата и разработать методы и средства

активной маскировки информативного компонента таких излучений. Для решения этой задачи был образован коллектив (временная научно-техническая лаборатория), состоящий из специалистов, активно работающих в самых различных направлениях современной радиотехники и электроники. Совместно работали специалисты, занимающиеся теорией оптимального приема информации в условиях помех, распространением электромагнитных волн в городских условиях, генерацией электромагнитных колебаний, проблемами динамического хаоса и т. д. В короткие сроки этим научным коллективом были продемонстрированы возможности восстановления текстовой информации, отображаемой на экране дисплея компьютера.

Восстановление удалось осуществить с помощью стандартного телевизионного приемника, оборудованного высокочувствительным входным усилителем и перестраиваемыми генераторами строчной и кадровой развертки. Такой приемник был установлен в автомобиле. Со трудниками ИРЭ РАН совместно с представителями Гостехкомиссии СССР продемонстрировали возможность

перехвата текстовой информации с дисплеев компьютеров различных ведомств на местах, находящихся вне охраняемой зоны этих объектов. Кроме того, исследованиям подверглись электромагнитные излучения, исходящие из устройств памяти на магнитных дисках, а также поля вблизи принтеров. На основе результатов научно-исследовательских работ по динамическому хаосу был разработан способ маскировки радиоизлучений средств вычислительной техники и созданы малогабаритные источники широкополосных шумовых помех [1–3], которые эффективно маскировали информативные излучения компьютеров, при этом удовлетворяя нормам на уровень излучений как по техническим, так и по медицинским требованиям. Было организовано опытное производство таких изделий. На рис. 1 приведен внешний вид изделий «Шатер-1», «Шатер-2» и «Шатер-4».

Позднее в СКБ ИРЭ была осуществлена доработка средств маскировки и наложено их промышленное производство. Устройствами активной маскировки побочных излучений оснащались вычислительные центры многих министерств и ведомств, относящихся к военно-промышленному комплексу. Оказалось, что использование устройств активной маскировки излучений экономически существенно более выгодно, чем экранирование помещений, где располагается защищаемая аппаратура, и замена существующей аппаратуры на аппаратуру, специально доработанную с целью минимизации излучений.

За проведенный цикл исследований и разработок и достигнутый экономический эффект коллектив исполнителей был удостоен Премии Совета Министров СССР за 1984 год.

С тех пор прошло почти три десятилетия. Появились малогабаритные автономные устройства памяти – дискецы, «флешки», легко выполнимые недобросовестными сотрудниками с режимных объектов. Большинство компьютеров оказались объединенными в локальные и глобальные сети, в результате чего появился и вышел на первые позиции такой канал утечки конфиденциаль-

ной информации, как компьютерные атаки, а информативные побочные излучения электронной вычислительной техники как канал утечки информации, напротив, отодвинулись на второй план. Основным способом сохранения конфиденциальности информации, хранящейся на электронных носителях, стало шифрование информационных массивов. Однако при работе с информацией (чтении, редактировании, пополнении) приходится выполнять все эти действия с исходными, нешифрованными объемами, которые отображаются на дисплеях компьютера и могут быть перехвачены при приеме побочных излучений. Поэтому вопросы маскировки информативных побочных излучений компьютерной техники вновь приобретают актуальность.

Побочные излучения электронной цифровой техники

Электромагнитное излучение какого-либо электронного прибора или его узла в пространство имеет место тогда, когда в некотором элементе прибора, обозначаемом как «случайная антенна», возникают переменные напряжения или токи высокой частоты. Очевидно, что в системах, работающих с короткими импульсами, высокочастотные компоненты связаны с фронтами этих импульсов. Чем короче фронт импульса, тем больше в нем содержание высокочастотных составляющих и тем эффективнее излучение. Идеально прямоугольных импульсов нет в природе, ни в технике не бывает. Поэтому спектр излучений всегда ограничен сверху. С другой стороны, если принять, что размеры случайных антенн всегда существенно меньше размеров, обеспечивающих резонансное излучение, интенсивность излучения резко возрастает с увеличением частоты. Поэтому эффективное излучение имеет место в некотором диапазоне частот, ограниченном как снизу, так и сверху.

В ИРЭ АН СССР подробные исследования побочных излучений электронной цифровой техники проводились в период с осени 1980 года по осень 1984 года. Результаты ис-

следований были опубликованы в закрытой печати и рассекречены лишь на рубеже 80-х и 90-х годов. Необходимо отметить, что в 1985 году была опубликована статья голландского исследователя Вима ван Эйка [4], подробно изучившего эту проблему. Ее перевод был опубликован в первом и втором номерах журнала «Защита информации. Конфидент» за 2001 год. Результаты, изложенные в этой статье, во многом сходны с результатами, полученными нами. Дело в том, что исследования проводились с вычислительной техникой одного и того же поколения. Читателю, желающему подробно ознакомиться с излучениями дисплея на ЭЛТ и возможностями восстановления информации при перехвате таких излучений, рекомендуем обратиться к указанной работе. В настоящей статье мы изложим кратко основные результаты, полученные в ИРЭ в начале 80-х.



Рис. 1

Наибольшее внимание было уделено электромагнитным излучениям, исходящим из блока яркостной модуляции дисплея. Для отображения на экране одного пикселя необходимо подать на анод ЭЛТ короткий импульс напряжением в единицы вольт. Естественно, что в электрических цепях дисплеев самых разных конструкций неизбежно находится участок, который служит «случайной антенной», излучающей высокочастотные составляющие импульсов. Для обеспечения хорошего уровня излучений на экране дисплея на всех знаковых строках набирались ряды кириллических заглавных букв «Ш». В результате интенсивность оказывалась достаточной, чтобы подробно исследовать спектр излучения с помощью селективного микровольтметра. Приемная антenna на расстоянии на порядка трех метров от дисплея – рас-

стояние выбиралось из расчета, что волновые поля будут больше квазистатических, то есть производилась оценка именно излученной компоненты полей.

Измерения показали, что замеченный уровень излучений начинался с десятков мегагерц. В диапазоне 100–300 МГц наблюдалась максимальная интенсивность излучения. На более высоких частотах интенсивность излучения заметно падала, однако для исследованных дисплеев его можно было зафиксировать вплоть до частоты в 1000 МГц. Характерная структура спектра, обусловленная использованием «П», говорила о том, что принимается и исследуется именно информативный компонент излучения. По структуре спектра можно было оценить минимальную полосу приемного устройства, необходимую для выделения временного промежутка, соответствующего пикселю. В данном случае эта полоса составила величину порядка 10–12 МГц.

Для изучения возможностей восстановления текста, отображаемого на экране дисплея, был использован серийный телевизионный приемник «Электроника-100». Сигнал на вход телевизора подавался от широкополосной антенны, соединенной с широкополосным малопитательным усилителем. Такая система не обеспечивала оптимального приема энергии сигнала во всем спектре излучения, но позволяла найти сигнал достаточного уровня в промежутке между помехами, создаваемыми телевизионными программами. Стробная и кадровая развертки экрана телевизора осуществлялись внешними кварцеванными синтезаторами частоты. Благодаря этому удавалось зафиксировать на некоторый значительный промежуток времени режим разверток, соответствующий режиму работы монитора компьютера, излучения которого перехватывались. Оказалось, что частоты стробной развертки мониторов даже одного типа незначительно, но все же различались. Благодаря этому получалось принять информативные излучения, восстановить и четко зафиксировать картинку, отображенную на экране одного из нескольких

ких одновременно работающих дисплеев. Перестраивая синтезатор частоты строчной развертки, удавалось последовательно получать изображения с дисплеев, находящихся поблизости друг от друга.

Для демонстрации возможностей перехвата информации на эзраке не дисплея отображалось несколько фраз и ряд шифр. Оператор записывал информацию и делал фотографию с экрана телевизора. Затем полученный материал сравнивался с исходным, отображаемым на экране дисплея. Следует отметить, что буквы и цифры на экране телевизионного приемника были несколько размыты из-за недостаточности полосы пропускания приемного устройства. Тем не менее большую часть текста удавалось прочитать без существенных ошибок. Запас по чувствительности создавался благодаря значительному накоплению повторяющихся кадров со статическим изображением. Интересно, что перехват в некоторых случаях мог быть осуществлен даже с дисплеев, находящихся в экранированных помещениях. Выяснилось, что полного экранирования достичь не удалось — всегда находились щели, работающие как антенны.

Основные помехи перехвату информативных излучений компьютерных дисплеев были обусловлены работой телевизионного центра. Поэтому, когда приемник перехвата был размещен в автомобиле, для перехвата выбирались места, в которых здание, содержащее компьютерную технику, одновременно затеняло излучение телекомпании. В ходе совместной работы с представителями Гостехкомиссии СССР было обследовано несколько объектов, работающих с конфиденциальной информацией. Выяснилось, что информативные излучения дисплеев могут быть перехвачены с расстояний в 100 м и более от объектов вне охраняемой территории. Принятая устройством перехвата картинка производила неизгладимое впечатление на лиц, отвечающих за защиту информации на конкретном объекте. Операторы, работавшие с информационной системой (компьютером), рассказывали о сердечном приступе

ие, случившимся с одним из ответственных работников при виде утечки конфиденциальной информации.

В процессе обследования объектов, где производилась работа с закрытой компьютерной информацией, стало понятно, что в короткие сроки при переходе на неизлучающую технику, ни надежное экранирование помещений вычислительных центров не осуществимы как технически, так и экономически. Единственной возможностью предотвратить утечку информации стали активные помехи. Возможностям генерации помех, надежно перекрывающих канал утечки информации через побочные электромагнитные излучения, посвящен следующий раздел.

Широкополосные источники помех

Развитие военной и специальной радиоэлектроники всегда происходило по одной и той же схеме: появление какой-либо системы, обеспечивающей решение некоторой задачи (связь, радиолокация, навигация, радио и радиотехническая разведка и т. д.), всегда порождало разработку средств противодействия такой системе. Радиоэлектронная борьба (РЭБ) — совокупность методов и средств противодействия различным радиотехническим системам и средствам противоборствующей стороны существует и развивается уже более ста лет. Основной способ РЭБ — постановка помех тем или иным средствам противника. Существует множество вариантов помех применительно к различным электронным средствам и системам. При выборе того или иного типа помехи следует прежде всего обеспечить гарантированную эффективность ее применения. Необходимо учитывать, что сторона, эксплуатирующая системы, подлежащие электронному подавлению, всегда пытается придумать и разработать устройства, снижающие возможности применения весьма эффективных на первый взгляд помех.

Нами были рассмотрены различные виды помеховых сигналов для маскировки побочных излучений электронной вычислительной техники.

ники. При этом рассмотрение велось исходя из возможности использования в качестве устройства перехвата излучений так называемого оптимального приемного устройства. Оказалось, что оптимальной помехой, обеспечивающей гарантированную эффективность подавления такого приемника, является широкополосная шумовая помеха с нормальным (гауссовым) распределением вероятностей мгновенных значений. Создать достаточно мощный помеховой сигнал с такими параметрами – весьма непростая задача. Дело в том, что усиление флюктуационных шумов на величину порядка многих десятков децибел практически невозможно из-за наличия в системе паразитных обратных связей, приводящих к самовозбуждению системы на некоторых выбранных частотах. Модуляционные принципы создания высокочастотных широкополосных помех тоже не работают. Помеха неизбежно будет нестационарной – отдельные участки спектра будут реализовываться в разные времена, а это снижает эффективность помехи во много раз.

К счастью, коллектив, на основе которого была организована временная научно-техническая лаборатория, в процессе проведения более ранних исследований приобрел хороший опыт в части разработки генераторов широкополосных шумов. Начиная с 1962 года сотрудниками ИРЭ АН СССР создавались и исследовались электронные генераторы широкополосных шумовых колебаний в СВЧ-диапазоне. Это были генераторы на основе системы «плазма – электронный пучок», шумотроны – генераторы, использующие лампу бегущей волны (ЛБВ) с запаздывающей обратной связью, генераторы с лавинно-пролетными диодами, диодами Ганна, СВЧ-транзисторами и т. д. Суть принципа состоит в том, что в автоколебательной системе создаются условия для одновременного возбуждения нескольких видов колебаний с неэквидистантным спектром частот. Специфическая нелинейность системы обуславливает рождение множества комбинационных частотных составляющих. В установившемся ре-

жиме это обеспечивает непрерывность, широкополосность и относительную равномерность спектра генерируемых частот. Некоторые из этих приборов уже использовались в средствах противодействия радиотехнической разведке.

При разработке устройств радиомаскировки побочных электромагнитных излучений средств вычислительной техники сотрудники ИРЭ АН СССР предложили и исследовали несколько вариантов генераторов широкополосных высокочастотных шумов и выбрали наиболее оптимальный генератор радиошума (передатчик) «Шатер-4» (рис. 2).



Рис. 2

Устройство состояло из трех основных функциональных узлов: сверхширокополосного генератора шума, активного излучающего антенного контура и схемы контроля работоспособности. Трудности возникли при обеспечении эффективности излучения сформированным генератором сигнала в такой широкой полосе частот. Эффективного излучения сверхширокополосного шумового сигнала можно было добиться, только развязав генератор и антенну с помощью выходного усилительного каскада. При этом важно, чтобы реакция генератора на нагрузку в виде усилительного каскада не приводила к ухудшению параметров генерируемого сигнала.

В нашем случае («Шатер-2», «Шатер-4») излучающая антenna являлась составной частью автоколебательной системы. Соответствующий широкополосному хаотическому сигналу ток, усиленный специальным усилителем, протекает по проводнику антены и излучается в окружаю-

щее пространство во всем диапазоне генерируемых частот. Частотная зависимость коэффициента усиления усилителя подчеркивает низкочастотную составляющую сигнала, сформированного генератором, что приводит к выравниванию суммарного спектра.

Следует отметить, что конструкция антенной системы изделия «Шатер» (одновитковая кольцевая антenna) предполагает поляризованное излучение. Для исключения возможности селекции по поляризации на особо ответственных объектах использовались сборки из трех изделий, антennы которых располагались в ортогональных плоскостях.

По результатам комплексных испытаний (спектральная плотность напряженности электромагнитного поля, коэффициент качества маскирующего сигнала, диаграмма направленности, коэффициент межспектральных связей, зависимость выходной мощности от питающего напряжения), проведенных межведомственной комиссией, изделие «Шатер-2» было рекомендовано для применения как средство маскировки побочных электромагнитных излучений средств вычислительной техники на всех предприятиях Советского Союза. Необходимые решения и рекомендации были приняты Гостехкомиссией СССР.

Результаты исследований и разработок ИРЭ АН СССР в области активной маскировки побочных излучений электронной вычислительной техники

В период с 1981 по 1984 год в ИРЭ АН СССР было изготовлено и поставлено предприятиям и организациям оборонной промышленности более 1000 генераторов радиошума «Шатер-2» и «Шатер-4». Документация на изделие «Шатер-4» была передана на Краснодарский приборный завод, где осуществлялось серийное производство средств защиты информации.

Параллельно сотрудники ИРЭ АН СССР и НИИ автоматической аппаратуры совместно сформулировали основные технические требо-

вания к средствам активной защиты информации и разработали методику контроля защищенности объектов вычислительной техники при применении средств активной защиты.

Несколько позднее в работе [5] была показана возможность приема побочных электромагнитных излучений и восстановления информации, передаваемой по каналам связи с использованием средств криптографии. Применение средств активной защиты обеспечивает в этом случае полное исключение утечки информации. Теоретические и практические вопросы, связанные с генерацией сверхширокополосных хаотических колебаний и их применением в радиотехнических и информационных системах, подробно рассмотрены в [6].

Как уже говорилось выше, использование недорогих, малогабаритных средств активной радиотехнической маскировки обеспечивает хороший экономический эффект. В частности, подсчет экономического эффекта от использования изделий «Шатер» на предприятиях и организациях ВПК СССР с учетом только официальных актов составил более 10 миллионов рублей в ценах 1984 года.

За проведенные исследования и оригинальные разработки, обеспечившие значительный экономический эффект от их использования, коллектив, состоявший из сотрудников ИРЭ АН СССР и специалистов, занимавшихся внедрением средств защиты информации на предприятиях и организациях ВПК, был удостоен премии Совета Министров СССР за 1984 год.

В последующие годы усовершенствованием генераторов широкополосных шумов для маскировки побочных информативных излучений цифровой электроники занимались сотрудники СКБ ИРЭ РАН. Были созданы изделия ГШ-1000 (рис. 3) и ГШ-К-1000, впоследствии сертифицированные Гостехкомиссией при Президенте РФ.

В настоящее время ФГУП СКБ ИРЭ РАН серийно изготавливает и поставляет заинтересованным организациям генераторы шума ГШ-

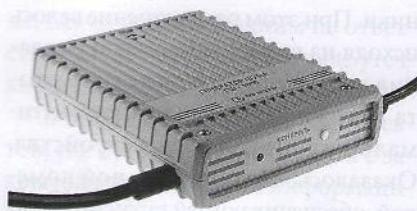


Рис. 3

1000М, ГШ-К-1000М, ГШ-1000У, ГШ-2500 и ГШ-1800, предназначенные для исключения утечки информации по каналам ПЭМИН.

Авторы как непосредственные участники всех описываемых событий и исполнители работ считают необходимым обратить внимание читателей, что проблема исследования побочных информативных излучений средств вычислительной техники, их приема и восстановления, а также исключения утечки информации по физическим каналам (ПЭМИН) была решена в Институте радиотехники и электроники АН СССР в 1981–1984 годах. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриев А. С., Залогин Н. Н., Иванов В. П., Калинин В. И., Кислов В. Я., Соколов А. В. Способ маскировки радиоизлучений средств вычислительной техники и устройство для его осуществления: Авт. свидет. № 181591, СССР (№ 1773220). Приоритет от 21 сентября 1981 г.
2. Анисимова Ю. В., Бурыкин В. А., Дмитриев А. С., Залогин Н. Н., Иванов В. П., Кислов В. Я., Максимов А. С. Устройство для маскировки радиоизлучений радиотехнических средств вычислительной техники: Авт. свидет. № 207055, СССР от 2 августа 1984 г. Приоритет от 25 ноября 1983 г.
3. Кальянов Э. В., Кислов В. Я., Залогин Н. Н., Калинин В. И., Иванов В. П., Бурыкин В. А., Палатов К. И. Устройство активной радиомаскировки. Авт. свидет. № 197621, СССР от 5 января 1984 г. Приоритет от 22 июня 1983 г.
4. Wim van Eck: Electromagnetic Radiation from Video Display Units: An Eavesdropping Risk? // Computers & Security, № 4 (1985), с. 269–286.
5. Залогин Н. Н., Иванов В. П., Кислов В. Я. Излучения импульсных последовательностей. Возможности их селекции и маскировки // Радиотехника и электроника. 1998, т. 44, № 9, с. 1129–1134.
6. Залогин Н. Н., Кислов В. В. Широкополосные хаотические сигналы в радиотехнических и информационных системах. – М.: Радиотехника, 2006.