

На правах рукописи

Ларионенко Алексей Владимирович

**Разработка требований к средствам защиты локальных вычислительных
сетей от деструктивного воздействия сверхкороткоимпульсного
электромагнитного излучения**

Специальность 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

Москва 2010

Работа выполнена на кафедре «Информационно – коммуникационные технологии» Московского государственного института электроники и математики (технического университета)

Научный руководитель - кандидат технических наук, профессор
Медведев Виктор Васильевич

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Балюк Николай Васильевич

кандидат технических наук
Курочкин Владимир Федорович

Ведущая организация: ФГУП НИИ «Аргон».

Защита состоится «23» сентября 2010 г. в 14.00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.133.06 Московского государственного института электроники и математики по адресу:

109028, Москва, Б. Трехсвятительский пер., 3/12, зал Ученого Совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Московского государственного института электроники и математики (технический университет).

Автореферат разослан « » августа 2010 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук,
профессор



Н. Н. Грачев

Общая характеристика работы

Актуальность работы

Активное использование всевозможных средств связи, в том числе новейших решений IT-технологий, предъявляет повышенные требования к качеству функционирования телекоммуникационных сетей и комплексов.

В связи с тем, что большинство современных информационных систем базируется на применении телекоммуникационной инфраструктуры локальных вычислительных сетей (ЛВС), то одним из актуальных вопросов является обеспечение устойчивого функционирования ЛВС в условиях воздействия различных деструктивных факторов.

Особо ставится задача по защите ЛВС от воздействия сверхкороткоимпульсного электромагнитного излучения (СКИ ЭМИ), так как с каждым годом появляются более мощные стационарные и мобильные излучатели, формирующие периодические и однократные сверхкороткие электромагнитные импульсы и обладающие принципиально новыми качествами, отсутствующими у традиционных источников ЭМИ: соразмерностью длительности воздействующих импульсов с длительностью информационных сигналов.

По результатам экспериментальных исследований определено, что эти источники способны оказывать воздействия на ЛВС и ее элементы, приводящие к частичному нарушению целостности и полной потери передаваемого информационного сигнала, а в некоторых случаях к нарушению функционирования самих элементов ЛВС. При этом важной особенностью данного воздействия является не физическое разрушение элементной базы вычислительных комплексов и физических каналов связи, а искажение обрабатываемой информации.

Кроме того, тенденция развития современных ЛВС идет по пути насыщения элементами микропроцессорных устройств и уменьшению уровней и длительности сигналов для передачи информации. Это приводит к тому, что уровень наведенных помех от СКИ ЭМИ становится сопоставим с уровнем информационных сигналов и, как следствие, возрастает вероятность разрушения обрабатываемой информации циркулирующей в ЛВС.

В то же время существующие системы защиты каналов связи ЛВС в условиях воздействия СКИ ЭМИ являются, как правило, малоэффективными, а в ряде случаев неприемлемыми, как с технической, так и с экономической стороны, что существенно повышает важность решения задачи по поиску новых методов защиты.

Таким образом, актуальность поставленной задачи определяется:

- необходимостью разработки принципиально новых методов противодействия деструктивному влиянию СКИ ЭМИ на ЛВС, а также разработки требований к средствам, которые реализуют данные методы;

- недостаточной теоретической и экспериментальной изученностью воздействия наносекундных электромагнитных полей на современные телекоммуникационные комплексы;

- отсутствием требований к средствам защиты современных ЛВС, учитывающих характер и особенности деструктивного воздействия СКИ ЭМИ.

Это определило важность и практическую значимость решаемой в диссертации научно-технической задачи направленной на снижение деструктивного влияния СКИ ЭМИ на ЛВС и обеспечения их эффективного функционирования.

Объектами исследования в работе выбраны типовые ЛВС и их элементы, как общего, так и специального назначения.

Целью диссертационной работы является повышение качества функционирования ЛВС путем разработки требований к средствам защиты от деструктивного воздействия СКИ ЭМИ, обеспечивающих минимизацию временных затрат на восстановление ЛВС после сбоев вызванных этим воздействием.

Для достижения поставленной цели в работе сформулированы и решены следующие задачи:

1. Проведен анализ современных ЛВС и применяемых методов и средств защиты от деструктивного воздействия сверхкороткого импульсного электромагнитного излучения.

2. Рассмотрены основные параметры существующих источников СКИ ЭМИ, возможности их применения и процессы, возникающие при их воздействии на типовые устройства ЛВС.

3. Определены деструктивные факторы воздействия СКИ ЭМИ на локально вычислительные сети и обоснованы критерии оценки уязвимости вычислительных комплексов ЛВС.

4. Разработана модель построения системы защиты ЛВС от воздействия СКИ ЭМИ.

5. Разработан программно-математический метод своевременного обнаружения результатов воздействия СКИ ЭМИ на элементы и информационные потоки ЛВС, на основе сравнительного анализа изменений потока обмена данными, происходящих в ЛВС при воздействии СКИ ЭМИ.

6. Разработан метод построения системы защиты ЛВС с применением внешних средств обнаружения СКИ ЭМИ, позволяющий зафиксировать факт воздействия и обеспечивающий минимизацию времени восстановления функционирования сетей.

7. Разработаны критерии оценки и методики проведения экспериментальных исследований эффективности применения предложенных методов построения систем защиты ЛВС от воздействия СКИ ЭМИ.

8. Разработаны требования к средствам защиты ЛВС от деструктивного воздействия СКИ ЭМИ, реализующие как программную, так и аппаратную компоненту.

Методы исследований

Решение поставленных в диссертации задач выполнено на основе теории системного анализа, теории вероятности и математической статистики, теории цепей и методов экспериментальных исследований, информационного и компьютерного моделирования с использованием новых информационных технологий получения знаний об объекте исследования.

На защиту выносятся:

- метод обнаружения результатов воздействия СКИ ЭМИ на элементы ЛВС на основе анализа передаваемых информационных потоков;
- модель построения системы защиты локальной вычислительной сети от воздействия СКИ ЭМИ;
- требования к техническим и программным средствам, применяемые для реализации предложенной методологии построения системы защиты ЛВС от деструктивного воздействия СКИ ЭМИ;
- критерии оценки эффективности применения предложенных методов защиты для повышения устойчивости работы ЛВС.

Основные научные результаты:

1. Разработаны требования к средствам защиты ЛВС от деструктивного воздействия сверхкороткоимпульсного электромагнитного излучения, применение которых позволяет минимизировать временные затраты на восстановление после сбоев и исключить поступление искаженной информации в дальнейшую обработку .
2. Предложена модель построения системы защиты ЛВС при воздействии СКИ ЭМИ, которая в отличие от существующих, учитывает особенности искажения информационного потока.
3. Разработана методика экспериментальных исследований устойчивости ЛВС, основанная на оценке искажений информационных пакетов в линиях связи при воздействии СКИ ЭМИ.
4. Обоснованы критерии оценки качества функционирования ЛВС с учетом предложенных методов защиты ЛВС в условиях деструктивного воздействия СКИ ЭМИ.
5. Получены новые экспериментальные данные по особенностям функционирования телекоммуникационных узлов ЛВС и искажению информационных потоков в каналах связи при деструктивном воздействии СКИ ЭМИ, позволяющие определить причины возникновения сбоев в работе ЛВС.

Практическая значимость работы состоит:

1. В разработке критериев оценки технической эффективности и экономической

целесообразности применения средств защиты ЛВС в соответствии с заданными требованиями по функциональному предназначению и возможностям ЛВС в условиях деструктивных воздействий СКИ ЭМИ.

2. В получении и систематизации результатов экспериментальных и теоретических исследований воздействия СКИ ЭМИ на элементы ЛВС, позволяющих определять зависимость уровней уязвимости от параметров деструктивных воздействий.

3. В разработке методики построения системы защиты, повышающей качество функционирования ЛВС при деструктивном воздействии СК ЭМИ.

4. В разработке и обосновании требований к средствам защиты ЛВС, выполнение которых позволяет минимизировать временные затраты на восстановление после сбоев элементов ЛВС от деструктивного воздействия СКИ ЭМИ.

Достоверность научных положений и выводов подтверждается:

- корректностью использования математического аппарата и методов испытаний;
- апробацией и публикациями основных результатов исследований;
- сравнением полученных данных с результатами других исследований;
- результатами внедрения разработанных методов и рекомендаций в практику.

Реализация и внедрение результатов работы:

Основные теоретические и практические результаты диссертации реализованы при проведении ряда НИОКР на предприятиях ФГУП «МНИРТИ», ФГУП «ВНИИОФИ», ФГУП НИИ «Аргон».

Апробация работы

Основные результаты работы опубликованы в виде статей в научно-технических журналах по проблеме, докладывались и обсуждались на 5 научных конференциях: 10-й НТК «Электромагнитная совместимость технических средств и электромагнитная безопасность» (г.С.Пб., ВИТУ, 2009); НТК молодых специалистов МИЭМ (г. Москва, МИЭМ, 2007, 2008, 2009, 2010).

Публикации

Результаты диссертационных исследований опубликованы автором в 10 научных работах, в том числе 3 статьи в журнале ТЭМС, включенного в перечень ведущих журналов и изданий ВАК РФ.

Объем и структура диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и изложена на 137 страницах машинописного текста, содержит 20 таблиц, 35 рисунков. Список литературы включает 43 наименования.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

В введении обоснована актуальность исследований воздействия мощных СКИ ЭМИ на локальные вычислительные сети (ЛВС), определены цель работы, задачи исследования и приведены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе проведен анализ архитектуры построения и технологий, применяемых при создании ЛВС, подверженных воздействию СКИ ЭМИ, вопросы модернизации ЛВС и дальнейшего развития современных сетевых протоколов.

По результатам анализа определено, что при проектировании современных ЛВС к ним предъявляются следующие требования по надежности и достоверности передачи данных:

- отказ или отключение питания подключенного устройства должны вызывать только переходную ошибку;

- ЛВС не должна находиться в состоянии неработоспособности более 0,02% от полного времени работы (это составляет около 20 минут простоя в год для учрежденческой системы и около 2 часов для непрерывно функционирующей системы);

- средства обнаружения ошибок должны выявлять все пакеты, содержащие до четырех искажений битов. Если же достоверность передачи достаточно высока, сеть не должна сама исправлять обнаруженные ошибки. Функции анализа, принятия решения и исправления ошибки должны выполняться подключенными устройствами;

- появление пакета с обнаруженной ошибкой не чаще одного раза в год (для сети со скоростью 5 Мбит/с это составит вероятность 10^{-14}). Частота обнаруживаемых ошибок может иметь порядок 10^{-8} ;

- ЛВС должна обнаруживать и индицировать все случаи совпадения сетевых адресов у двух абонентов.

Также на основе анализа определена последовательность операций, выполняемая при передаче данных, которую необходимо учитывать при построении систем защиты ЛВС:

- буферизация, необходимая для согласования между собой скоростей обработки информации различными компонентами ЛВС. Буфер должен иметь объем, достаточный для размещения целого пакета данных;

- деление информации на пакеты;

- проверка доступности и готовности информационного канала к передаче данных;

- преобразование данных из последовательной/параллельной формы;

- кодирование/декодирование данных;

- передача/прием импульсов.

Проведенный анализ работы современной ЛВС также показал, что большое отрицательное воздействие на работу сети может нанести не предусмотренное отключение, «зависание» сервера управления или значительное падение напряжения в сети, и если сбой произойдет во

время записи данных на диск, файл может оказаться испорченным.

Для защиты данных в случае возникновения таких ситуаций в ЛВС применяются различные виды резервирования, например, автоматическая передача функций управления резервному серверу, из состава кластеров серверов. Для этого применяются специальные устройства переключения, имеющие платы-адаптеры, которые устанавливаются в свободный слот на материнской плате. При этом сетевая операционная система (ОС) взаимодействует с адаптером, и в случае сбоя в системе оповещает об этом рабочие станции, закрывает все открытые файлы и выдает сообщение о необходимости отключения сервера. В ЛВС имеет смысл снабжать такими устройствами только серверы сети и наиболее важное сетевое оборудование: концентраторы, маршрутизаторы, коммутаторы и рабочие станции администратора сети.

В работе также рассмотрены особенности функционирования телекоммуникационных элементов и информационных каналов ЛВС в условиях воздействия СКИ ЭМИ. Данной проблеме посвящены работы целого ряда отечественных и зарубежных ученых, таких как: Соколов А.А., Сахаров К.Ю., Громов Д.В., Долбня С.Н., Мырова Л.О., Кечиев Л.Н., Балюк Н.В., Акбашев Б.Б., Белоконь И.Н., Михайлов В.А. Радаски У.Е., Баум К.И., Фортгов В.Е., и др. и цикл исследований, выполненных в ФГУП «МНИРТИ», ФГУП «ВНИИОФИ», ОАО НИИ «АРГОН».

Проведенный анализ показал, что в общем случае воздействующими факторами на элементы ЛВС при воздействии ЭМИ являются:

импульсные напряжения и токи в печатных платах элементов ЛВС, наводимые электромагнитными полями, проникающими через неоднородности корпусов серверов и маршрутизаторов;

импульсные напряжения и токи, наводимые в цепях «жила-экран» соединительных кабелей и проводов типа витая пара;

электромагнитные поля, проникающие через экраны конструкций элементов ЛВС и соединительные разъемы.

На основе анализа результатов экспериментальных исследований и оценок воздействия СКИ ЭМИ наносекундного диапазона напряженностью $E=(2-10)$ кВ/м на ЛВС определено, что уровни наводимых напряжений приводят к их отказам и ложным срабатываниям. Это требует проведения комплекса исследований по оценке поражающего действия СКИ ЭМИ на элементы ЛВС и разработки требований к специальным средствам защиты.

Кроме того установлено, что в настоящее время для защиты ЛВС от деструктивного электромагнитного воздействия применяются следующие методы:

1. Общее и местное экранирование телекоммуникационных узлов и информационных линий ЛВС. Однако, результаты анализа функционального назначения ЛВС, и технико-экономической экспертизы показывают, что применение метода экранирования для защиты

ЛВС от деструктивного воздействия СКИ ЭМИ является малоэффективным, или экономически нецелесообразным по следующим причинам:

- воздействие источников СКИ ЭМИ характеризуется широкой полосой частот и большой амплитудой излучаемых электромагнитных полей, высокой проникающей способностью в неоднородности экранов. Поэтому для обеспечения эффективного экранирования от такого вида воздействия должны выполняться требования к целостности построения экранных конструкций, а также должны исключаться возможности наличия щелей и неоднородностей в разъемах и соединениях. Реализация данных условий, как правило, связано со значительными материальными затратами,

- ЛВС является территориально-распределенной информационной системой, поэтому в большинстве случаев технологически невозможно выполнение условия целостности построение экранирующих конструкции, что резко понижает эффективность применения экранирования как метода защиты.

2. Применение технических средств для минимизации или предотвращения влияния электромагнитного излучения на ЛВС. Однако, анализ применяемых помехоподавляющих фильтров и газоразрядных элементов показал, что на данный момент их применение не позволяет эффективно бороться с деструктивным воздействием СКИ ЭМИ. Основным параметром современных газовых разрядников, такой как его время срабатывания, на порядок ниже длительности воздействия сверхкороткого электромагнитного импульса. Частотные характеристики современных помехоподавляющих фильтров и трансформаторов не позволяют эффективно отделять наведенные помехи СКИ ЭМИ от полезного сигнала в информационных линиях. Поэтому применение стандартных технических средств защиты ЛВС от электромагнитного излучения на сегодняшний день не позволяет исключить возможность разрушения информационных сигналов при воздействии СКИ ЭМИ.

3. Применение помехозащищенного кодирования для передачи информации. Однако применение помехозащищенного кодирования позволяет эффективно бороться только с небольшим количеством ошибок, возникающих в информационных линиях связи в результате воздействия случайной, как правило, единичной помехи. Основным недостатком данного метода является необходимость внесения в передаваемую информацию избыточности, которая зависит от количества возникающих искажений, а в некоторых случаях и повторная передача информации, в т.ч. и искаженной. Все это в свою очередь снижает пропускную способность информационных каналов в частности и быстродействие ЛВС в целом. Поскольку современные источники СКИ ЭМИ позволяют генерировать импульсы с частотой до нескольких МГц, что соответственно создает в информационном канале помехи с большой периодичностью. Поэтому для эффективного восстановления искаженной

информации и доставки исправленной, необходимо вводить значительную избыточность или проводить повторную передачу информационных сообщений. Это приводит к резкому снижению эффективности работы ЛВС, а в некоторых случаях к полной остановке вычислительного процесса и обмена информацией. Поэтому применение данного метода защиты ЛВС в условиях воздействия СК ЭМИ является также малоэффективным.

Кроме того, в работе проведен анализ состояния разработок и тенденций развития технических средств создания сверхмощного электромагнитного импульса, предназначенных для дистанционного воздействия на электронные компоненты информационно-управляющих систем различного назначения. Потенциальные свойства этих источников позволяют считать их чрезвычайно перспективными средствами деструктивного воздействия, как по способам, так и по масштабам применения.

Согласно последним публикациям, разработки СКИ ЭМИ-систем активно проводятся в научноисследовательских лабораториях ряда зарубежных стран: Air Force Research Laboratory, Kirtland AFB, NM USA, NEMP Laboratory Spiez Switzerland, The Hague Netherlands, Univ. of Magdeburg Germany.

Таким образом, анализ материалов, опубликованных в печати, дает основание предполагать, что уже в ближайшее десятилетия появление высокоэффективных СКИ ЭМИ-систем будет в состоянии коренным образом влиять на ход развития технологий изготовления и облик перспективных радиоэлектронных систем не только военного, но и гражданского назначения.

На основании изложенного обоснована актуальность диссертационной работы, поставлены цель и задачи исследования.

Во второй главе разработана модель деструктивного воздействия СКИ ЭМИ на современные локальные телекоммуникационные сети (Рис 2.1). При этом определены основные параметры, характеризующие современную локальную вычислительную сеть, как телекоммуникационный объект, подверженный воздействию СКИ ЭМИ.

Локальная вычислительная сеть (ЛВС, локальная сеть; англ. Local Area Network, LAN) – телекоммуникационная компьютерная сеть, покрывающая обычно относительно небольшую территорию или небольшую группу зданий (дом, офис, фирму, институт).

Современную ЛВС можно рассматривать как совокупность аппаратуры, заключенную в некоторую оболочку и сообщаемую с внешней электромагнитной средой через «порты». В общем случае оболочка – это корпус прибора, или каркас и обшивка стойки, или стены экранированной камеры или здания. Оболочка обычно выполнена из проводящих материалов.

Все порты потенциально могут стать трактами проникновения в аппаратуру ЛВС

нежелательных внешних воздействий (токов, напряжений, полей), если они не обладают достаточными защитными свойствами.

В связи с этим при построении модели деструктивного воздействия СКИ ЭМИ на ЛВС (модели угроз) следует учитывать особенности экранирующих свойств архитектурных конструкций. Токи и напряжения, наводимые СКИ ЭМИ во внутренних кабельных линиях, определяются амплитудно-временными параметрами электрического и магнитного полей в помещении, а также типами, размерами и электрофизическими характеристиками кабелей и их взаимным расположением по отношению к экрану помещения.

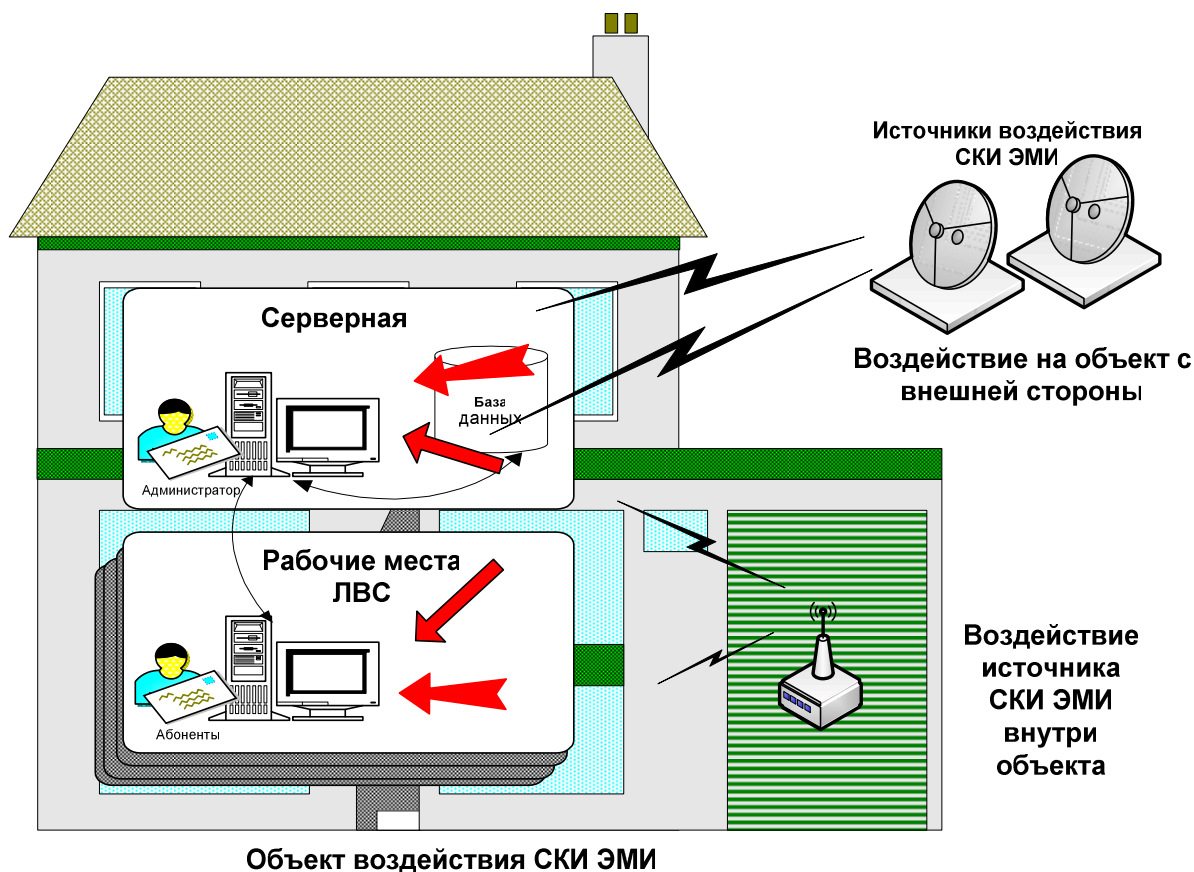


Рис. 2.1. Модель воздействия СКИ ЭМИ на ЛВС.

Анализ отечественных и зарубежных литературных источников и результатов экспериментальных исследований по проблеме оценки стойкости элементов ЛВС к воздействию ЭМИ показывает, что для расчетных оценок токов и напряжений, наводимых электромагнитным полем в соединительных линиях, целесообразно использовать математический аппарат электродинамики и достаточно хорошо разработанный математический аппарат линий передач, являющийся следствием уравнений Максвелла.

Модель взаимодействия полей ЭМИ с разветвленными соединительными линиями представляется схемой, состоящей из отдельных элементов ЛВС, соединенных кабельными линиями, на которые воздействуют электрические и магнитные поля.

Одним из наиболее часто используемых при расчете дифракции на проводящих объектах является интегральное уравнение электрического поля в частотном представлении.

При выводе данного уравнения полное электрическое поле представляется в виде суммы падающего \vec{E}^i и рассеянного \vec{E}^s полей:

$$\vec{E}^i(\vec{r}, t) = \vec{E}(\vec{r}) \cdot \exp(j\omega t) = \vec{E}^i + \vec{E}^s, \text{ где:}$$

\vec{r} - радиу-вектор точки пространства, ω - частота падающего поля.

Рассеянное поле выражается через токи $\vec{J}(\vec{r})$ и заряды $\sigma(\vec{r})$ на поверхности проводника S через векторный магнитный потенциал $\vec{A}(\vec{r})$ и скалярный электрический потенциал $\Phi(\vec{r})$ следующим образом (опуская зависимость от времени):

$$\vec{E}^s(\vec{r}) = -j\omega\vec{A}(\vec{r}) - \nabla\Phi(\vec{r}), \text{ где:}$$

$$\vec{A}(\vec{r}) = \frac{\mu}{4\pi} \int_S \vec{J}(\vec{r}') \frac{\exp(-jkR)}{R} dS',$$

$$\Phi(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon} \int_S \sigma(\vec{r}') \frac{\exp(-jkR)}{R} dS' = -\frac{1}{4\pi j\omega\epsilon} \int_S \nabla_s \cdot \vec{J}(\vec{r}') \frac{\exp(-jkR)}{R} dS'(\vec{r}'),$$

$k = 2\pi/\lambda$ - волновое число, $R = |\vec{r} - \vec{r}'|$ - расстояние между произвольно расположенной точкой наблюдения \vec{r} и точкой на поверхности проводника \vec{r}' ; μ, ϵ - параметры окружающей среды; $\nabla_s \cdot \vec{J}$ - поверхностная дивергенция вектора \vec{J} .

В рамках квазистатического приближения данная модель представляется в виде электрических схем замещения с сосредоточенными параметрами. Элементы ЛВС и кабельных линий в схемах замещения представляются сопротивлениями, индуктивностями и емкостями. Воздействие электромагнитных полей моделируется источниками ЭДС.

Электромагнитные процессы в схеме замещения описываются системой уравнений, составленной на базе законов Кирхгофа для линейных электрических цепей

$$\left\{ \begin{array}{l} 1) \\ \cdot \\ \cdot \\ m) \end{array} \right. \sum_{K=1}^n \left(i_{1,K} R_{1,K} + L_{1,K} \frac{di_{1,K}}{dt} + \frac{1}{C_{1,K}} \int i_{1,K} dt \right) = \sum_{K=1}^n e_{1,K}(t) \quad (2.1)$$

$$\sum_{K=1}^n \left(i_{m,K} R_{m,K} + L_{m,K} \frac{di_{m,K}}{dt} + \frac{1}{C_{m,K}} \int i_{m,K} dt \right) = \sum_{K=1}^n e_{m,K}(t)$$

1– m - номера контуров в схеме замещения, 1– n - номера ветвей в контуре.

Результатом решения системы (2.1) являются токи в жилах кабелей и корпусах элемен-

тов ЛВС, которые необходимо учитывать при проведении количественной оценки стойкости ЛВС к воздействию СКИ ЭМИ.

Результаты теоретических оценок уровней полей, проникающих в экраны, свидетельствуют, что внутренние поля ЭМИ, обусловленные проникновением через стенки помещения, могут составлять около 2-10 В/м. Поля, проникающие через окна, могут достичь величин в единицы и десятки В/м, в то время как поля, создаваемые токами, наводимые по вводным кабельным устройствам, могут достигать сотен В/м. Таким образом, опасность представляют поля, проникающие через окна, и еще более – наводимые через вводные устройства.

Проведение теоретических расчетов воздействия на внутреннее оборудование ЛВС, как на систему в целом, чрезвычайно затруднительно. Поэтому в работе проведен комплекс экспериментальных исследований по оценке воздействия СКИ ЭМИ на элементы ЛВС.

Экспериментальные исследования инфраструктуры ЛВС в условиях воздействия СКИ ЭМИ показали, что:

- частота наведенной помехи лежит в области высоких частот (от 100 МГц до 1 ГГц).
- амплитуда помех, наведенных в кабеле UTP 5 cat, может приводить, к сбоям в работе аппаратуры, подключенной к линиям или выводить из строя входные элементы устройств, имеющие низкий уровень электрической прочности и может составлять 1-100 В при длительности сотни нс;
- амплитудно-временные характеристики наведенных помех достаточно сложным образом зависят от амплитудно-временных параметров воздействующих импульсов и ориентации соединительных линий относительно вектора воздействующего поля;

Проведенные эксперименты и анализ их результатов показали, что основными критериями оценки воздействия источников СКИ ЭМИ на элементы ЛВС, при которых наступают сбои являются:

- амплитуда воздействующих импульсов поля 10 кВ/м;
- диапазон частот воздействующих импульсов должен находиться в интервале 10 – 100 Гц – в случае применения излучателей на основе искровых разрядников и 100 - 1000 Гц – в случае применения излучателей на основе полупроводниковых ключей;
- длительность излучаемых импульсов (или длительность фронта генераторов, возбуждающих антенну) должна находиться в пределах 0,25-0,5 нс.

Установлено, что наиболее эффективным вариантом применения СКИ ЭМИ излучателей является их использование в помещениях здания, имеющих металлические элементы в конструкции стен, полов и потолков. Это создает запаздывающие относительно основного импульса отражения сигналов от стен и вносит дополнительный вклад в суммарную энергию

воздействия.

При воздействии СКИ ЭМИ на ЛВС наблюдались следующие нарушения работоспособности, как серверов сетевого управления, так и ЛВС:

- временный отказ устройств ввода информации, при котором их работа невозможна или происходит искажение вводимых в ПК данных;

- сбой видеосистемы сервера, при этом наблюдались существенные искажения изображения на мониторе при воздействия ЭМИ;

- зависание сервера, требующее для восстановления работоспособности перезагрузки, либо его самопроизвольная перезагрузка;

- сбой в работе локальной вычислительной сети, сопровождаемый разрывом соединения, искажением передаваемых данных или снижением скорости передачи информации во время воздействия.

Необходимо отметить, что при воздействии СКИ ЭМИ на коммуникационное оборудование (коммутатор) с напряженностями электрического поля 2,5 кВ/м при длительности воздействующего импульса 170 пс и 0,7 кВ/м при длительности воздействующего импульса 790 пс наблюдалось полное блокирование работы ЛВС.

В ходе проведения исследований были осуществлены измерения параметров наводок в сетевых линиях связи, выполненных на 4-х канальных витых парах (UTP 5 cat.). Измерения проводились вне зоны воздействия электромагнитного поля при помощи активного пробника P6243 и осциллографа Tektronix TDS784D. Установлено, что амплитуда наводок на отдельных линиях информационного кабеля, при которых происходит 100 % потеря информации, составляет 5-6 В. Типовые осциллограммы сигнала наводки на сетевом кабеле, соединяющем сервер с коммутатором локальной вычислительной сети в эксперименте представлены на рисунках 2.2а и 2.2б.

При проведении экспериментальных исследований установлено, что эффективность помехового действия СКИ ЭМИ на системы функционирующие в циклических режимах зависит от частоты следования воздействующих импульсов.

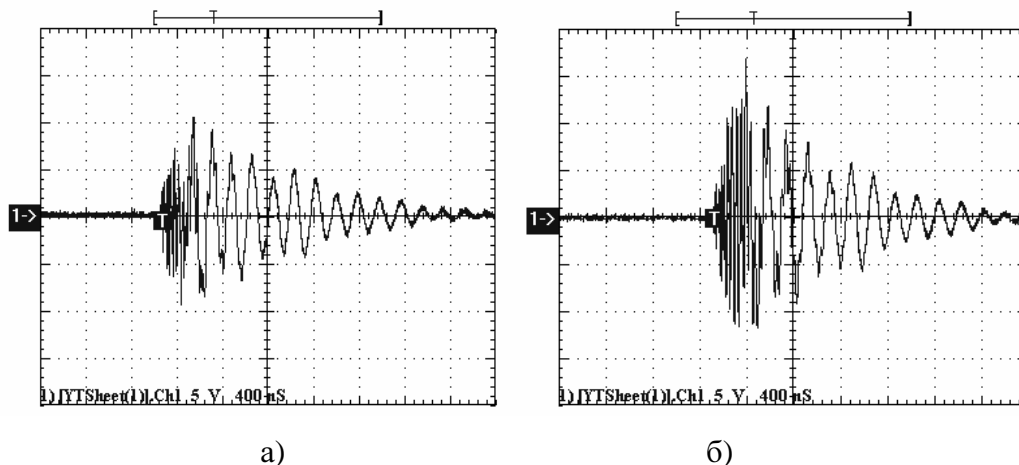


Рис. 2.2 Типовая осциллограмма сигнала наводки на сетевом кабеле при воздействии СКИ ЭМИ и 100% потерь информационных пакетов: а) $t_{и} = 790$ пс, б) $t_{и} = 170$ пс.

Оценка зависимости влияния эффективности функционирования ЛВС была проведена по критерию процента потерь информационных пакетов. Исследования проводились для длительностей СКИ ЭМИ 0,2 (рисунок 2.3 а) нс и 0,8 нс (рисунок 2.3 б).

На рисунке 2.3 представлена зависимость объема искаженной информации от импульсной напряженности электрического поля и от частоты следования воздействующих импульсов.

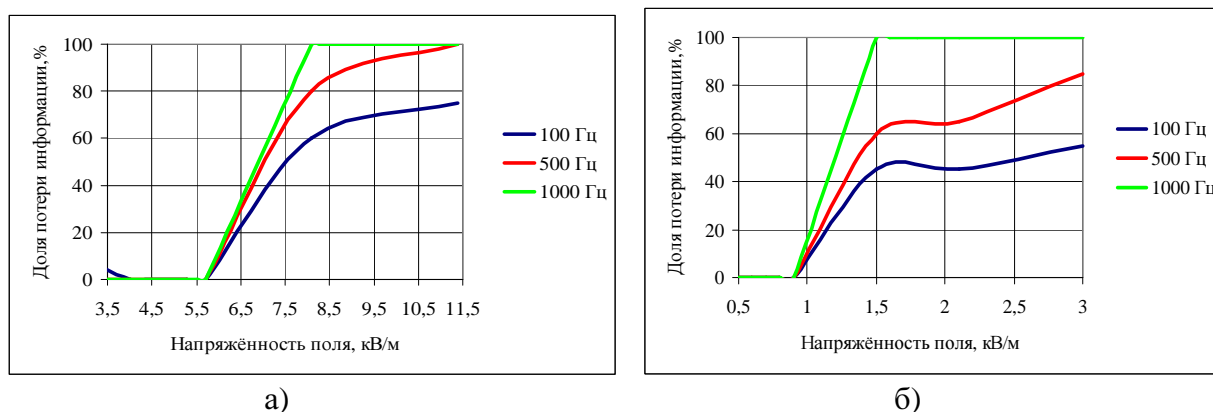


Рисунок 2.3 - Зависимость уязвимости ЛВС от частоты воздействующего СКИ ЭМИ

Анализ проведённых исследований показал, что наиболее вероятным результатом деструктивного воздействия СКИ ЭМИ является нарушение целостности информации при её передаче и обработке. Наибольшая уязвимость ($E_{кр} \sim 0,1..2$ кВ/м) устройств ЛВС проявляется при воздействии СКИ ЭМИ с длительностью первого полупериода 0,5...1 нс, при полной длительности импульса более 1,5 нс и частотах следования не менее 1 кГц.

Результаты представленных теоретических и экспериментальных исследований воздействия СКИ ЭМИ на элементы ЛВС показывают, что уровни наводок могут представлять опасность для аппаратуры и оборудования ЛВС и требуют проведения мероприятий по его защите.

Третья глава посвящена разработке требований к средствам защиты ЛВС от деструктивного воздействия СКИ ЭМИ. Для этого предложена концепция построения защиты ЛВС от воздействия СКИ ЭМИ, основанная на результатах экспериментальных исследований. Необходимо отметить, что отличительной чертой воздействия СКИ ЭМИ на современные вычислительные комплексы (ВК) и его телекоммуникационную инфраструктуру является не физическое разрушение элементной базы ВК и каналов связи, а искажение, нарушение логической целостности информации, передаваемой по этим линиям связи и обрабатываемой вычислительными блоками. Кроме того, проведенный ранее анализ применяемых методов защиты ЛВС от электромагнитного воздействия показал, что существующие системы защиты информационных каналов связи и телекоммуникационных узлов ЛВС в условиях воздействия СКИ ЭМИ являются малоэффективными.

Анализ современных программных средств управления телекоммуникационными узлами ЛВС показывает, что в их алгоритмах работы отсутствуют или недостаточно эффективны механизмы, обеспечивающие возможность определения и исправления периодических искажений в потоке обрабатываемой информации. Как следствие, возникает вероятность нарушения выполнения программного кода операционных систем, правильности выполнения машинных команд вычислительными блоками, что может приводить к «зависанию», временной или полной остановке функционирования вычислительных комплексов, серверов обработки и хранения информации, маршрутизаторов, коммутаторов и других телекоммуникационных устройств ЛВС. В связи с этим дальнейшее функционирование сетевых сервисов, таких как, управление электронным документооборотом, цифровая пакетная передача голосовой или видеoinформации, доступ и управление электронными базами данных нарушается, а алгоритм их дальнейшей работы становится мало предсказуем. Это приводит к необходимости аварийного отключения и проведения процедуры завершения работы серверов, маршрутизаторов в нештатных режимах, проведения перезагрузки операционных систем, программных средств управления в режимах, не предусмотренных установленным алгоритмом их работы.

По результатам исследований установлено, что временные затраты на повторный запуск отказавшего оборудования после сбоя и восстановление его функционирования увеличиваются в несколько раз. Это обусловлено увеличением набора тестовых программ проверки достоверности программного кода операционной системы и функций самотестирования, программ проверки целостности информации в системах хранения данных и соответственно возрастанием времени на их выполнение. Частным примером этого может являться увеличение в несколько раз временных затрат между поступлением команды на запуск сервера и временем, когда сервер готов работать в режиме по функциональному назначению.

Наличие возможности своевременного поступления команд управления о прекращении или приостановке работы серверов, маршрутизаторов и других телекоммуникационных устройств современных ЛВС в условиях воздействия СКИ ЭМИ позволяет минимизировать количество отказов и сбоев или вовсе их исключить, существенно сократить временные затраты на восстановление работы телекоммуникационного оборудования после возникновения сбоев и, как следствие, повысить качество функционирования ЛВС в целом.

Поэтому в работе поставлена и решена задача поиска новых (оригинальных) методов в системе защиты вычислительных комплексов, в частности, метод своевременного обнаружения самого факта воздействия СКИ ЭМИ на элементы ЛВС и телекоммуникационную сеть. Он исключает возможность дальнейшего поступления искаженной информации в обработку и позволяет оперативно принять решение по выбору режима работы ЛВС, обеспечивающего снижение времени на восстановление работоспособности составляющих элементов ЛВС после снятия воздействия СКИ ЭМИ.

Для реализации данного метода предложены два способа обнаружения воздействия генераторов СКИ ЭМИ:

- на основе анализа информационного потока;
- с использованием внешних детекторов СКИ ЭМИ.

Первый из них базируется на анализе информационного потока, обрабатываемого телекоммуникационными узлами ЛВС и выявлении закономерности появления искаженных пакетов информации. При обнаружении факта воздействия известных источников СКИ ЭМИ принимается решение на блокирование искаженной информации.

Основными признаками воздействия источников СКИ ЭМИ на информационный поток являются периодичность и кратность частоты появления искаженных пакетов частоте формирования импульсов известными источниками СКИ ЭМИ.

В общем случае алгоритм работы схемы обнаружения воздействия СКИ ЭМИ можно описать следующим образом (Рис 3.1).

Из канала связи на вход вычислительного комплекса поступает последовательность сигналов, которая некоторым образом преобразуется и подается на вход схемы обнаружения воздействия СКИ ЭМИ, где подвергается обработке и анализу. Если входные данные вследствие воздействия СКИ ЭМИ на канал связи будут искажены и не будут соответствовать требованиям по уровню или форме сигнала, которые задаются применяемыми в ЛВС телекоммуникационным протоколом, то данные на выходе ВК, также не будут соответствовать требованиям телекоммуникационного протокола.

Таким образом, появляется возможность для разработки программного механизма по определению наличия воздействия СКИ ЭМИ на линию связи, основанного на проведении

сравнительного анализа соответствия данных поступающих на шину обмена данными ВК требованиям используемого телекоммуникационного протокола.

Для решения вышеуказанной задачи возможно применение метода статистического моделирования, которое заключается в том, что модель испытывается множеством случайных сигналом с заданной плотностью вероятности. При этом необходимо учитывать следующие определения и зависимости.

i - единица информации (бит);

v_i - скорость передачи данных определяемая используемым телекоммуникационным протоколом (бит/с);

$T_{исп}$ - время проведения испытания (время, необходимое для выявления закономерности появления искаженной информации);

$\lambda_{i,исп} = v_i \times T_{исп}$ - количество информационных единиц передаваемых и обрабатываемых элементами ЛВС за $T_{исп}$;

α - размерность пакета информации определяемая используемым телекоммуникационным протоколом;

$p = \alpha \times i \times 8$ - информационный пакет (обычно для сети Ethernet 32 байта, т.е $\alpha = 32$);

$\lambda_{p,исп} = \frac{\lambda_{i,исп}}{\alpha}$ - количество информационных пакетов передаваемых и обрабатываемых

элементами ЛВС за $T_{исп}$;

$\tau_p = \frac{T_{исп}}{\lambda_{p,исп}}$ - средняя длительность одного информационного пакета;

$F_{ген}$ - частота следования импульсов СКИ ЭМИ;

τ_e - время длительности наведенной помехи на элементы ЛВС единичным импульсом СКИ ЭМИ;

$\lambda_{e,исп} = F_{ген} \times T_{исп}$ - количество импульсов формируемых источником СКИ ЭМИ за $T_{исп}$;

$\omega_{единичСКИ} = \begin{cases} \omega_{max} = \frac{\tau_e}{\tau_p} + 2 \\ \omega_{min} = \frac{\tau_e}{\tau_p} \end{cases}$ - количество искаженных информационных пакетов единичным

импульсом СКИ ЭМИ;

$\omega_{исп} = \omega_{единичСКИ} \times \lambda_{e,исп}$ - количество искаженных информационных пакетов за $T_{исп}$;

$P_{cp} = \frac{\omega_{исп}}{\lambda_{p,исп}}$ - среднее значение вероятности появления искаженного пакета;

Таким образом согласно методу биномиального распределения искажение информационного пакета (событие А) появляется с вероятностью p , при этом вероятность непоявления события А равна $q=1-p$. При условии, что n — число испытаний (количество переданных информационных пакетов), m — частота появления события А в этих n испытаниях.

Известно, что суммарная вероятность всех возможных комбинаций исходов равна единице, то есть:

$1 = p^n + n \cdot p^{n-1} \cdot (1-p) + C_n^{n-2} \cdot p^{n-2} \cdot (1-p)^2 + \dots + C_n^m \cdot p^m \cdot (1-p)^{n-m} + \dots + (1-p)^n$, где:

p^n - вероятность того, что в n испытаниях А произойдет n раз;

$P_m = C_n^m \cdot p^m \cdot (1-p)^{n-m}$ - вероятность того, что в n испытаниях А произойдет m раз и не произойдет $(n-m)$ раз;

$C_n^m = \frac{n!}{m!(n-m)!}$ - число сочетаний из n по m .

При возникновении случайных искажений можно воспользоваться распределением Пуассона, т.к. это дискретное распределение является одним из важных предельных случаев биномиального распределения. При росте n и зафиксированным значением произведения $n \cdot p = \mu > 0$ биномиальное распределение сходится к распределению Пуассона. Таким образом, случайная величина, имеющая распределение Пуассона с параметром μ принимает

значения с вероятностью $P_m = \frac{\mu^m \cdot e^{-\mu}}{m!}$.

При условии нормального функционирования сети и отсутствии деструктирующих воздействий телекоммуникационными протоколами допускается появление искаженного пакета 1 раз в год в день при скорости передачи данных 5Мбит/с, что соответствует вероятности появления искаженного пакета порядка $1 \cdot 10^{-14}$, по результатам экспериментальных исследований функционирования ЛВС в условиях отсутствия воздействия СКИ ЭМИ вероятность появления искаженного пакета составляла $1 \cdot 10^{-8}$. Однако в условиях воздействия СКИ ЭМИ источника с $F_{ген} = 100 \text{кГц}$ среднее значение вероятности появления искаженного пакета P_{cp} возросло до величины $0,6 - 0,7 \cdot 10^{-2}$ при $T_{исп} = 1 \text{с}$. Таким образом появляется возможность своевременного определения наличия искажений информационного потока.

Проведенный анализ алгоритма работы современных сетевых протоколов показывает, что в настоящее время в наборе функциональных возможностей телекоммуникационных адаптеров есть программно реализованные механизмы определения искажений в пакетах информационного потока.

На данный момент серверы имеют несколько сетевых адаптеров, а обработка информационных пакетов и анализ трафика, проходящего через адаптеры, осуществляется программным методом. Таким образом, становится реально разработка программного метода (алгоритма) по проведению анализа частоты поступления искаженных пакетов информации и, как следствие, определение частоты повторения фактов искажения информационных единиц (бит, байт). На этом основывается реализация работы модели обнаружения воздействия СКИ ЭМИ на ЛВС при совпадении частоты возникновения искажений в информационном тракте ЛВС и частоты генерации импульсов современными источниками (устройствами формирования) СКИ ЭМИ.

С учетом изложенного, предложены следующие требования к разрабатываемым программным комплексам, обеспечивающим реализацию алгоритма работы современных сетевых устройств по передаче и обработке потоков цифровых информационных сигналов в соответствии с современными телекоммуникационными протоколами сетевого обмена:

1. Структура функциональной схемы разрабатываемого ПО должна включать блоки, реализующие алгоритм, позволяющий определять частоту возникновения фактов искажения информационных единиц (пакетов, кадров) в тракте передачи цифровой информации.

2. Разрабатываемое ПО должно иметь информационную базу данных для накопления и хранения информации о характеристиках современных генераторов СКИ ЭМИ. В том числе в базе данных должна храниться информация о таких параметрах, как частота и длительность импульсов известных источников СКИ ЭМИ.

3. Разрабатываемое ПО должно позволять проводить сравнительный анализ таких параметров, как частоты возникновения искажений в информационном тракте ЛВС и частоты следования импульсов, формируемых современными генераторами СКИ ЭМИ.

4. При выявлении факта воздействия СКИ, ПО должно обеспечивать информирование сетевого администратора ЛВС о данном факте и предлагать варианты для принятия решений по управлению дальнейшей работой ЛВС.

МОДЕЛЬ

построения системы защиты на основе обнаружения воздействия СКИ ЭМИ на элементы ЛВС и анализа информационного потока

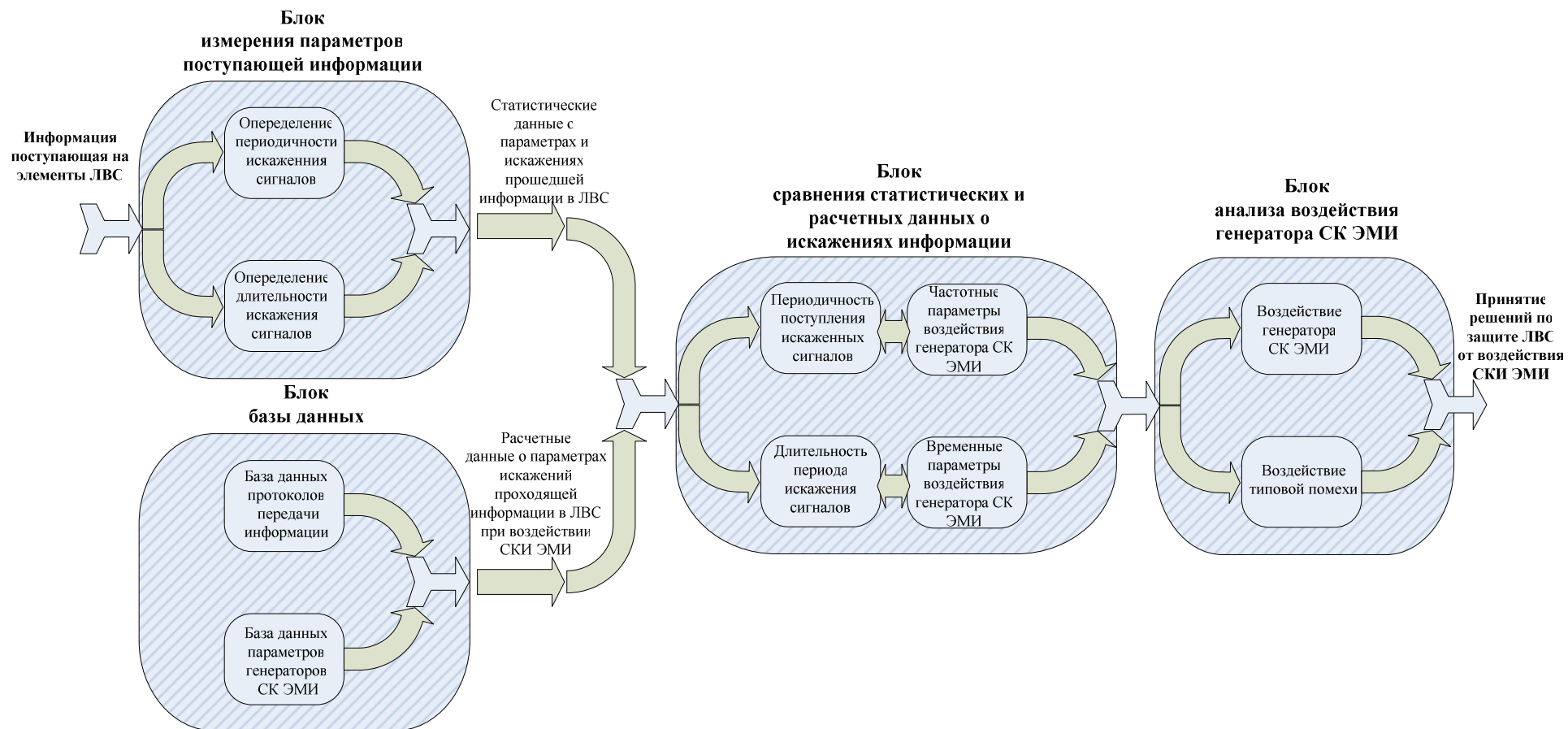


Рис. 3.1

5. ПО должно обеспечивать возможность по формированию и передачи на центральную шину обмена данными команд управления о прекращении дальнейшей работы вычислительного комплекса (сервера, маршрутизатора, автоматизированного рабочего места).

6. ПО должно обеспечивать возможность по формированию команд управления о запуске системных программ, как правило, включенных в структуру операционных систем по созданию и сохранению образов (копий программных кодов) запущенных вычислительных процессов. Это необходимо для оптимизации процедуры восстановления и корректности загрузки операционной системы во время очередного запуска вычислительного комплекса после остановки по причине наличия искажений в информационном тракте или сбоя в работе отдельных элементов ЛВС из-за воздействия источников СКИ ЭМИ.

7. ПО должно разрабатываться с учетом кросс-платформенного применения и унификации вырабатываемых команд управления и учитывать особенности функционирования каждой операционной системы (MS Windows Server, Linux, Unix, IOS, Free BSD) или системного программного обеспечения, используемого для управления функционированием серверов, маршрутизаторов, коммутаторов, межсетевых экранов и других телекоммуникационных элементов ЛВС.

8. Кроме вышеуказанного метода защиты информации от воздействия СКИ ЭМИ предлагается использование внешних детекторов наличия излучения СКИ ЭМИ. Совокупность применяемых детекторов, должна представлять собой разветвленную «сеть обнаружения СКИ ЭМИ», элементы которой должны размещаться вдоль линий связи и вычислительных узлов ЛВС. При фиксации факта воздействия СКИ ЭМИ детекторами, от них в сторону устройства управления «сетью обнаружения СКИ ЭМИ» (СО СКИ ЭМИ) передается формализованная информационная посылка (сигнал) о регистрации факта воздействия СКИ ЭМИ на элементы ЛВС. При поступлении данного сигнала устройство управления СО СКИ ЭМИ должно вырабатывать команды управления, поступающие по линиям связи на системную шину обмена данными серверов, маршрутизаторов и других элементов ЛВС. Формируемые команды управления должны отвечать следующим требованиям:

1. Обеспечивать поступление команд операционным системам или другим средствам программного управления элементов ЛВС о запуске процессов приостановки вычислительных операций или завершения работы.

2. Обеспечивать запуск программ по созданию резервных копий массивов информации, находящихся в обработке.

3. Обеспечивать возможность управления маршрутизаторами или управляемыми коммутаторами по выбору резервных маршрутов доставки информации, перенаправлению информационных потоков.

4. Обеспечивать кросс-платформенность применения, учитывать особенности функционирования средств программного управления всех элементов ЛВС.

Также при построении системы защиты на основе СО СКИ ЭМИ должны выполняться требования по возможности реализации масштабирования и возможного дальнейшего увеличения СО СКИ ЭМИ при увеличении структуры ЛВС.

В четвертой главе представлены результаты экспериментальной проверки эффективности применения разработанных требований к средствам защиты ЛВС.

Для проведения этих исследований были разработаны программа и методика экспериментальных исследований, а также предложены критерии оценки устойчивости функционирования ЛВС в условиях воздействия СКИ ЭМИ.

При проведении испытаний предложена следующая процедура:

- элементы ЛВС устанавливались и подключались к сети электропитания, линиям ввода-вывода, контурам защитного заземления;
- осуществлялся контроль работоспособности ЛВС до воздействия, при воздействии и после воздействия СКИ ЭМИ;
- в качестве объектов исследования использовались ЛВС, построенные на вычислительной технике различного назначения и исполнения.

Программа экспериментальных исследований по определению устойчивости функционирования ЛВС предусматривала следующие виды воздействия СКИ ЭМИ:

- однократные преднамеренные силовые электромагнитные воздействия в соответствии с требованиями ГОСТ Р 52962 – 2007;
- многократные преднамеренные силовые электромагнитные воздействия в соответствии с требованиями ГОСТ Р 52962 – 2007;
- воздействие повышенных уровней преднамеренных СКИ ЭМИ не регламентированные ГОСТ-ами до наступления возможных сбоев или отказов ЛВС в целом или ее отдельных элементов, согласно разработанной методике. Напряженность электромагнитного поля плавно или ступенчато увеличивалась по мере уменьшения расстояния между антенной излучателя и объектом испытаний. В момент наступления сбоя или отказа ЛВС регистрировались форма и амплитуда электрического поля.

Для оценки эффективности применения предложенного метода защиты при воздействии СКИ ЭМИ на ЛВС, а также для получения новых данных для проведения дальнейшего анализа и моделирования процессов, происходящих в компонентах вычислительной сети, программой проведения испытаний предусматривалось:

- проведение экспериментальных исследований устойчивости функционирования ЛВС без применения предложенного метода в системе защиты от воздействия СКИ ЭМИ;

- проведение экспериментальных исследований устойчивости функционирования ЛВС с применением метода в системе защиты, основанного на выявлении воздействия СКИ ЭМИ путем анализа информационного потока;

- проведение экспериментальных исследований устойчивости функционирования ЛВС с применением метода защиты, включающего использование внешних детекторов воздействия СКИ ЭМИ;

- проведение экспериментальных исследований устойчивости функционирования ЛВС с использованием системы защиты, основанной на комплексном применении предложенных методов своевременного обнаружения воздействия СКИ ЭМИ.

Обобщенная схема проведения испытаний ЛВС при применении предлагаемых методов защиты представлена на рис. 4.1.

При проведении исследования нарушений работоспособности ЛВС и ее элементов, и оценки применения методов защиты были разработаны следующие критерии оценки устойчивости функционирования ЛВС при воздействии СКИ ЭМИ:

1. Искажение информационных пакетов, приводящее к снижению пропускной способности ЛВС.

2. Временное блокирование коммутационных устройств ЛВС.

3. Потеря передаваемой информации.

4. Временная остановка работы ЛВС на время воздействия СКИ ЭМИ.

5. Временный отказ («зависание») одного из серверов управления, входящих в ЛВС, требующий для восстановления работоспособности перезагрузки сетевой операционной системы.

6. Необратимый отказ одного из серверов управления или сетевого маршрутизатора, входящих в ЛВС, требующий для восстановления работоспособности переустановки программ управления (сетевых ОС) или выполнения процедур повторной загрузки ПО («перепрошивки») блоков управления или их замены.

7. Необратимые отказы ЛВС.

При проведении исследований эффективности использования предложенных методов защиты получены результаты, приведенные на рисунке 4.2.

Установлено, что применение экранированных помещений для размещения ЛВС значительно снижает эффективность СКИ-воздействия и позволяет исключить влияние СКИ-полей на функционирование цифровой аппаратуры до уровней воздействия не менее 20...25 кВ/м на поверхности защитного экрана.

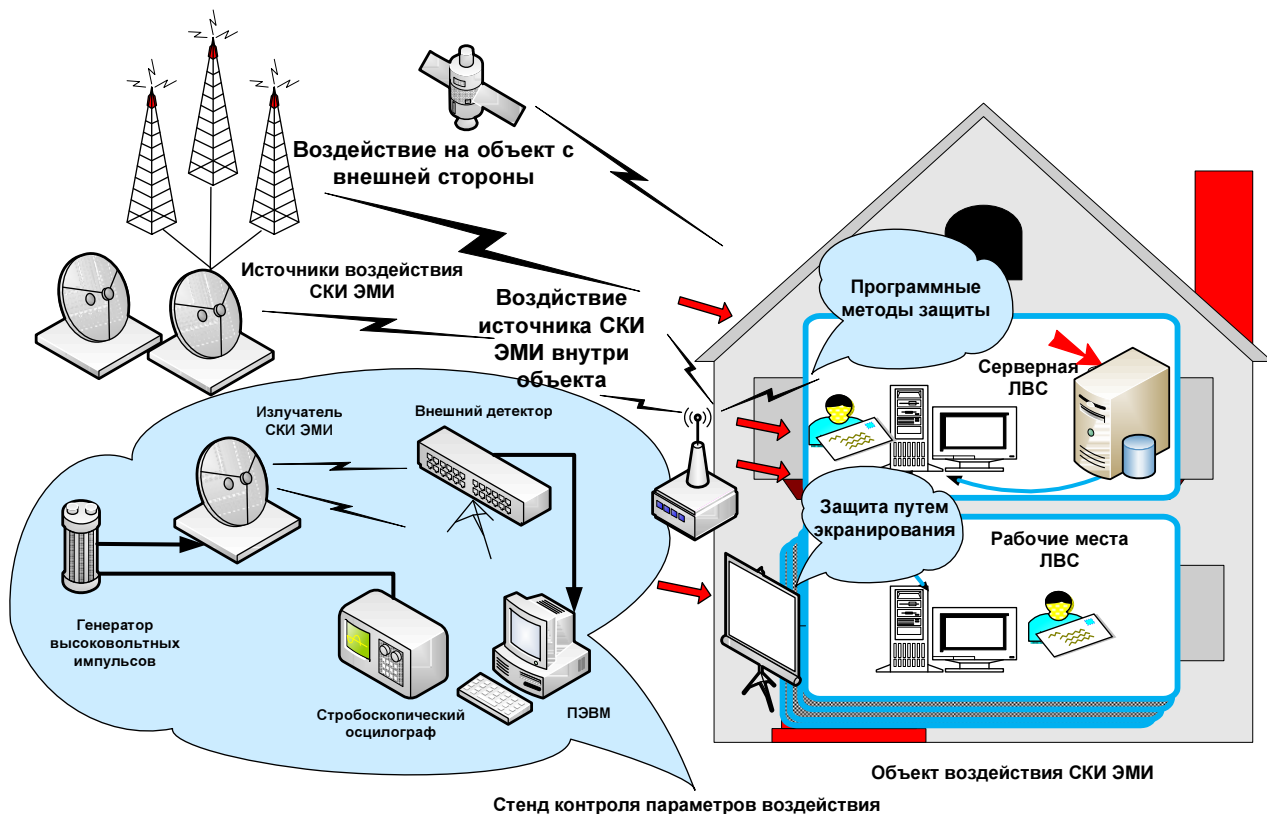


Рис. 4.1 Схема экспериментальных исследований проверки эффективности методов защиты ЛВС.

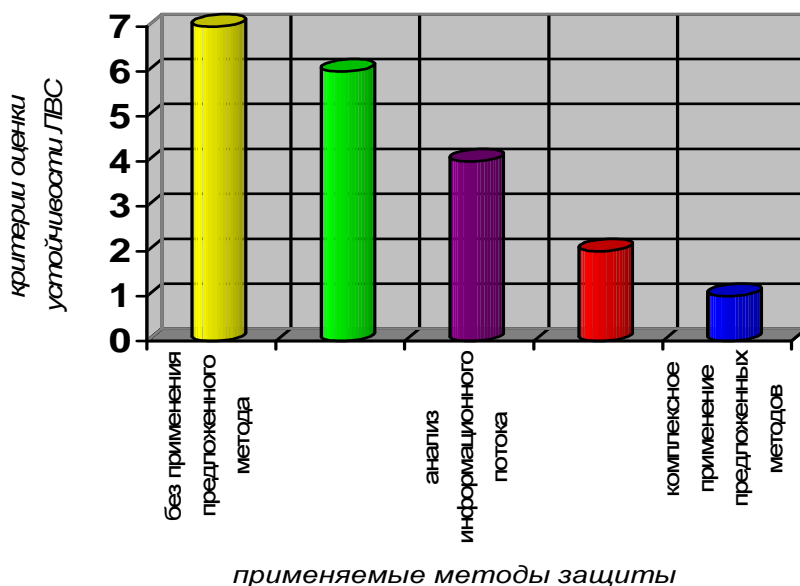


Рис.4.2. Результаты экспериментальных исследований по оценке эффективности применения предложенных методов защиты.

При применении метода блокирования поступления искаженной информации путем применения схемы обнаружения воздействия СКИ ЭМИ время передачи заданного объема

информации увеличивалось на 2 мин. При этом допускался временный отказ («зависание») ПК, требующий для восстановления работоспособности системной перезагрузки. Были полностью исключены необратимые отказы ЛВС или длительные сбои в работе ЛВС. Время на восстановление работоспособности сети без применения вышеуказанного метода увеличивалось от 10 до 20 мин.

При применении внешних детекторов обнаружения сигналов воздействия СКИ ЭМИ поступала команда на временное отключение серверов и маршрутизаторов исследуемой ЛВС. Таким образом, полностью исключались необратимые отказы серверов управления ЛВС. Время на восстановление функционирования сети после прекращения воздействия составляло порядка 30 сек.

Комплексное применение вышеуказанных методов защиты позволяет полностью исключить необратимые отказы элементов ЛВС.

Проведенные экспериментальные исследования позволили подтвердить предложенную модель деструктивного воздействия СКИ ЭМИ на ЛВС и дать оценку их комплексной защиты.

Основным отличием предложенных методов защиты от классических, описывающих традиционные способы защиты от воздействия на ЛВС, является учет эффектов, связанных с анализом воздействия СКИ ЭМИ на процессы, происходящие при обработке поступающей информации, нарушением ее целостности. При этом своевременное обнаружение искажения информации, связанное с воздействием СКИ ЭМИ и принятие своевременных мер защиты позволяет не только сохранить полностью работоспособность элементов сети, но с допустимой задержкой в передаче не потерять обрабатываемую информацию.

Анализ предложенных методов защиты от воздействия СКИ ЭМИ показывает, что для решения задачи минимизации влияния СКИ ЭМИ на качество функционирования ЛВС необходимо:

- на этапе разработки конструкции изделий, обеспечить минимально возможные уровни наводок в критических цепях;

- программное обеспечение должно включать программы анализирующие процесс обработки информации с учетом характерных признаков воздействующего влияния СКИ ЭМИ, а базы данных должны хранить соответствующую информацию об известных источниках генерации импульсов СКИ ЭМИ;

- использование внешних детекторов значительно упростит схему обнаружения эффектов воздействия СКИ ЭМИ и позволит исключить случаи выхода из строя элементов ЛВС.

Таким образом, проведенные экспериментальные исследования позволили подтвердить предложенные направления и методы комплексной защиты ЛВС с учетом оценки их эффективности.

В Заключении сформулированы выводы по диссертационной работе в целом.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Основным результатом, определяющим научную и практическую значимость, выполненных в работе исследований, является решение важной научно-технической задачи, направленной на повышение качества функционирования локальных вычислительных сетей при воздействии источников СКИ ЭМИ.

В процессе решения задач, поставленных в диссертационной работе, получены следующие наиболее значимые научные и практические результаты:

1. Получены и систематизированы результаты экспериментальных и теоретических исследований воздействия СКИ ЭМИ на элементы ЛВС, позволяющих определять зависимость уровней уязвимости от параметров деструктивных воздействий.

2. Проведен анализ средств формирования СКИ ЭМИ высокой мощности обеспечивающих деструктивное воздействие на ЛВС.

3. Определён перечень параметров СКИ ЭМИ, подлежащий контролю при оценке воздействия на ЛВС.

4. Разработаны критерии оценки технической эффективности и экономической целесообразности применения средств защиты ЛВС в соответствии с заданными требованиями по функциональному назначению и возможностям ЛВС в условиях деструктивных воздействий СКИ ЭМИ.

5. Разработана модель деструктивного воздействия СКИ ЭМИ на элементы ЛВС, учитывающая особенности их функционирования.

6. Разработан программно-математический метод своевременного обнаружения результатов воздействия СКИ ЭМИ на элементы и информационные потоки ЛВС, на основе сравнительного анализа изменений потока обмена данными, происходящих в ЛВС при воздействии СКИ ЭМИ.

7. Разработаны критерии оценки и методики проведения экспериментальных исследований эффективности применения предложенных методов построения систем защиты ЛВС от воздействия СКИ ЭМИ.

8. Разработаны методики построения системы защиты, повышающей качество функционирования ЛВС при деструктивном воздействии СКИ ЭМИ.

9. Разработаны и обоснованы требования к средствам защиты ЛВС, выполнение которых позволяет минимизировать временные затраты на восстановление после сбоя элементов ЛВС от деструктивного воздействия СКИ ЭМИ.

Личный вклад автора.

Все результаты, составляющие основное содержание диссертации, получены автором самостоятельно. В работах, выполненных в соавторстве диссертантом внесён следующий вклад: проведен анализ факторов и эффектов воздействия СКИ ЭМИ на устройства ТКС [1]; разработаны

программа и методика испытаний на стойкость к воздействию СКИ ЭМИ [2]; обоснованы рекомендации по защите [3].

Основные публикации по теме диссертации:

1. Ларионенко А.В. Михайлов В.А., Сахаров К.Ю. и др. Оценка стойкости бортовых вычислительных машин в условиях воздействия сверхкоротких электромагнитных полей // Технологии ЭМС.- 2008.- № 4.- С. 12-19.

2. Ларионенко А.В., Симакин С.В. Экспериментальные исследования воздействия сверхкоротких электромагнитных импульсов на элементы системы видеонаблюдения // Технологии ЭМС.- 2009.- № 3.- С. 23-32.

3. Ларионенко А.В., Симакин С.В. Результаты экспериментальных исследований воздействия сверхширокополосных электромагнитных импульсов на элементы телекоммуникационных систем // Технологии ЭМС.- 2009.- № 3.- С. 33-37.

4. Ларионенко А.В. Выбор и обоснование общих требований по защите телекоммуникационных систем от воздействия СШП ЭМИ // Информационные и телекоммуникационные технологии. - 2008. - № 3.- С. 27-33.

5. Ларионенко А.В. Основные результаты исследований по проблеме защиты элементов локальных вычислительных сетей от СШП ЭМИ // Информационные и телекоммуникационные технологии. - 2009. - № 4.- С. 33- 39.

6. Ларионенко А.В. Развитие и построение современных автоматизированных систем наблюдения и контроля на базе территориально-распределенных сетей беспроводной передачи данных // Сборник трудов научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых специалистов МИЭМ. - 2007. - С. 133- 134.

7. Ларионенко А.В. Решение вопросов создания территориально-распределенной сети передачи данных для ведомственных организаций // Сборник трудов научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых специалистов МИЭМ. - 2008. - С. 147- 149.

8. Ларионенко А.В. Вопросы защиты вычислительных комплексов и телекоммуникационных сетей от воздействия сверхкоротких импульсов электромагнитного поля высокой энергии // Сборник трудов научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых специалистов МИЭМ. - 2009. - С. 165- 167.

9. Ларионенко А.В. Разработка требований по защите вычислительных комплексов от воздействия сверхкоротких электромагнитных импульсов // Сборник трудов научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых специалистов МИЭМ. - 2009. - С. 181- 183.

10. Ларионенко А.В. Влияние сверхширокополосных электромагнитных импульсов на элементы локальных вычислительных сетей // Электромагнитная совместимость технических средств и электромагнитная безопасность: Сб. трудов 10-й Российской НТК.– С. Пб.: ВИТУ, 2009.- С. 698-702.