

**Защита объектов телекоммуникаций
от электромагнитных воздействий**

Защита объектов телекоммуникаций от электромагнитных воздействий



Б.Б. Акбашев, Н.В. Балюк, Л.Н. Кечиев



Защита объектов телекоммуникаций от электромагнитных воздействий



АКБАШЕВ БЕСЛАН БОРИСОВИЧ – доктор технических наук, член-корреспондент Академии инженерных наук имени А.М. Прохорова; один из ведущих специалистов в области защиты информации и проектирования специальных технических зданий, автор изобретения, относящегося к области автоматизированного проектирования и информационного обеспечения жизненного цикла объектов недвижимости, способа создания электронного паспорта объекта в процесса строительства и эксплуатации специальных зданий в интересах государственных органов управления и власти.

Основное направление научных исследований сосредоточено на разработке и внедрении концепции создания защиты информации и систем электромагнитной совместимости в выделенных помещениях. Результаты научных исследований изложены в многочисленных публикациях и монографии «Экранирование технических средств и экранирующие системы» (2010).



БАЛЮК НИКОЛАЙ ВАСИЛЬЕВИЧ – доктор технических наук, профессор, член-корреспондент Международной академии информатизации, лауреат премии Правительства РФ за комплекс научных исследований по созданию и внедрению средств защиты технических систем специальных фортообъектов от действия электромагнитного импульса ядерного взрыва. Ученый в области мощных электромагнитных полей большой энергии естественного и искусственного происхождения; специалист по методам и средствам испытаний технических средств на стойкость и безопасность к воздействию электромагнитного импульса. Участник крупномасштабных испытаний на Семипалатинском полигоне. Ветеран подразделения особого риска.

Профессор кафедры радиоэлектроники и телекоммуникаций МИЭМ НИУ ВШЭ. Научные и практические результаты отражены в многочисленных статьях и учебном пособии «Электромагнитная совместимость подвижных объектов» (2004), монографиях «Мощный электромагнитный импульс: воздействие на электронные средства и методы защиты» (2008) и «Физика ядерного взрыва. Том 3. Воспроизведение факторов взрыва» (2013).



КЕЧИЕВ ЛЕОНИД НИКОЛАЕВИЧ – доктор технических наук, профессор, действительный член Международной академии информатизации, обладатель диплома Профессионального инженера России, лауреат конкурса инженеров России. Профессор кафедры радиоэлектроники и телекоммуникаций МИЭМ НИУ ВШЭ. Один из ведущих специалистов России в области конструирования радиоэлектронных и электронно-вычислительных средств с учетом электромагнитной совместимости. Возглавляет Комитет по ЭМС Московского управления Союза научных и общественных объединений. Главный редактор журнала «Технологии ЭМС» и многоименной серии «Библиотека электромагнитной совместимости».

Область научных интересов – проектирование электронных средств с учетом ЭМС. Основные научные и практические результаты изложены в книгах «Конструирование радиоэлектронной и электронно-вычислительной аппаратуры с учетом ЭМС» (1989), «Электромагнитная совместимость подвижных объектов» (2004), «Защита электронных средств от воздействия статического электричества» (2005), «ЭМС и информационная безопасность в системах телекоммуникаций» (2005), «Проектирование печатных плат для цифровой быстродействующей аппаратуры» (2007), «Мощный электромагнитный импульс: воздействие на электронные средства и методы защиты» (2008), «Экранирование технических средств и экранирующие системы» (2010).

ISBN 978-5-98862-164-5



9 785988 621645

Защита объектов телекоммуникаций
от электромагнитных воздействий



Серия «Библиотека ЭМС»

Б.Б. Акбашев
Н.В. Балюк
Л.Н. Кечиев

**ЗАЩИТА ОБЪЕКТОВ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ
ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ
ВОЗДЕЙСТВИЙ**

Москва
Грифон
2013

УДК 621.398.25
ББК 31.27-05
А38

Все права защищены. Воспроизведение всей книги или любой ее части любыми средствами и в какой-либо форме, в том числе в сети Интернет, запрещается без письменного разрешения владельца авторских прав.

Рецензенты:

Э.Н. Фоминич, докт. техн. наук, профессор, лауреат премии Совета министров СССР, действительный член Академии электротехники РФ, почетный энергетик;
В.А. Тухас, докт. техн. наук, профессор

Акбашев Б.Б.

А38 **Защита объектов телекоммуникаций от электромагнитных воздействий / Акбашев Б.Б., Балюк Н.В., Кечиев Л.Н. – М.: Грифон, 2013. – 472 с. – (Библиотека ЭМС)**

ISBN 978-5-98862-164-5

В монографии впервые в отечественной литературе рассматриваются вопросы проектирования, строительства и эксплуатации объектов телекоммуникаций, подверженных воздействию мощных электромагнитных полей. Детально представлены источники подобных полей, их частотные, временные и мощностные параметры, а также механизм воздействия на объекты. Приводятся сведения о путях построения экранирующих систем, реализующих концепцию электромагнитной защиты, и основы теории экранирования, позволяющие оценить эффективность экранирования. Особое внимание уделено инженерным методам и средствам построения электромагнитных экранов в едином цикле строительства объектов.

Авторами представлены соответствующие методы, технические средства и модели для проведения процедуры тестирования как всей системы, так и ее компонентов. Дается описание мониторинга систем, который проводится на протяжении жизненного цикла объекта. Также приводятся практические рекомендации по проектированию объектов телекоммуникаций в виде специальных технических заданий, в том числе с учетом требований информационной безопасности.

Книга будет полезна специалистам, которые занимаются вопросами электромагнитной совместимости и информационной безопасности, а также проектирующим ответственные объекты телекоммуникаций. Издание можно рекомендовать в качестве учебного пособия студентам и аспирантам всех уровней подготовки по соответствующим направлениям.

УДК 621.398.25
ББК 31.27-05

ISBN 978-5-98862-164-5

© Акбашев Б.Б., Балюк Н.В., Кечиев Л.Н., 2013

Содержание

Предисловие.....	9
Список сокращений	16
1. Телекоммуникационные системы СТЗ и обеспечение информационной безопасности	18
1.1. Информационная безопасность в телекоммуникационных системах	18
1.2. Учет электромагнитной совместимости при проектировании СТЗ	23
1.2.1. Основные понятия ЭМС	23
1.2.2. Виды электромагнитных помех	25
1.2.3. Категории изделий	26
1.2.4. ЭМС и функциональная безопасность.....	27
1.2.5. Электромагнитные эффекты и функциональная безопасность	29
1.2.6. Методология учета стандартов на жизненном цикле проекта	31
1.3. Специальное техническое задание как объект установки телекоммуникационных систем	52
1.3.1. Здание как объект информатизации	52
1.3.2. Структурированные кабельные системы	54
1.3.3. Нарушение целостности информации в ЛВС	57
2. Электромагнитная обстановка	60
2.1. Классификация ЭМО	60
2.2. Электромагнитный импульс ядерного взрыва	61
2.2.1. Общая характеристика электромагнитного импульса ядерного взрыва	61
2.2.2. ЭМИ высотного ядерного взрыва	63
2.2.3. Параметры ЭМИ высотного ядерного взрыва.....	64
2.2.4. Действия ЭМИ ВЯВ на СТЗ, расположенные на поверхности земли	69
2.2.5. ЭМИ наземного ядерного взрыва	73
2.2.6. ЭМИ воздушного ядерного взрыва	78
2.2.7. Интегральное воздействие ЭМИ и проникающих излучений	79
2.2.8. Обобщение параметров ЭМИ различных ядерных взрывов	80
2.3. Источники мощных электромагнитных помех большой энергии естественного и техногенного происхождения	82
2.3.1. Молния	82
2.3.2. Геомагнитные бури	91

2.3.3. Высоковольтные линии электропередачи	92
2.3.4. Контактная сеть железных дорог	93
2.3.5. Мощные радиопередающие средства и радиолокационные станции	93
2.4. Преднамеренные мощные электромагнитные воздействия	94
2.4.1. Электромагнитное оружие	94
2.4.2. Преднамеренные электромагнитные воздействия и электромагнитный терроризм	98
2.4.3. Технические средства преднамеренного силового воздействия	103
2.4.4. Рекомендации по защите электронных средств от преднамеренного воздействия	106
2.5. Электромагнитные воздействия на СТЗ	110
2.5.1. Особенности воздействия электромагнитного импульса ядерного взрыва	110
2.5.2. Механизм воздействия ЭМИ на электронные системы СТЗ	113
3. Концепция повышения стойкости СТЗ к электромагнитным воздействиям	125
3.1. Концептуальные подходы	125
3.1.1. Воздействие полей МЭМИ на электронные системы СТЗ	125
3.1.2. Пути проникновения полей МЭМИ в СТЗ	128
3.2. Концептуальные требования обеспечения стойкости СТЗ	131
3.3. Механизм связи внешних полей с элементами электронных систем	135
3.3.1. Взаимодействие через проводники	135
3.3.2. Взаимодействие с экранированными кабелями	141
3.3.3. Взаимодействие с длинными линиями связи	144
3.3.4. Взаимодействие с воздушными линиями	145
3.3.5. Взаимодействие с заглубленными линиями	147
3.3.6. Резонансные явления	148
3.3.7. Проводящие проникновения	149
3.3.8. Внутренние кабели	150
3.4. Восприимчивость оборудования	151
3.4.1. Воздействие ЭМИ на аппаратуру и компоненты	151
3.4.2. Реакция оборудования на электромагнитное возмущение	154
4. Концепция целостности защиты и повышения стойкости СТЗ	166
4.1. Целостность электромагнитной защиты	166
4.2. Предпосылки разработки проекта СТЗ	169
4.3. Верификация проекта	170
4.4. Концепция обеспечения стойкости	171
4.4.1. Топология экранирующих систем	171
4.4.2. Реализация экранированных зон	176

4.4.3. Экранирование кабелей	179
4.4.4. Заземление экранов	179
4.4.5. Концепция выполнения апертур в экранах	181
4.4.6. Реализация концепции экранирования	185
5. Системные инженерные требования	189
5.1. Интеграция электромагнитной защиты.....	189
5.2. Интеграция защит от МЭМИ и молнии	189
5.3. Интеграция защиты от МЭМИ и обеспечения ЭМС	192
5.4. Учет факторов внешней среды	194
6. Проектирование защищенных СТЗ	196
6.1. Элементы теории экранирования	196
6.1.1. Эффективность электродинамического экранирования.....	196
6.1.2. Зависимость эффективности экранирования от частоты	203
6.1.3. Влияние апертур на эффективность экранирования	205
6.2. Методология проектирования экранов	208
6.2.1. Требования к показателям экранирования	208
6.2.2. Материал и толщина стенок экрана	210
6.2.3. Однородность экранов	212
6.2.4. Точки входа в экран	213
6.2.5. Последовательность проектирования защиты СТЗ	214
6.3. Экранированные помещения	215
6.3.1. Реализация экранированного помещения	215
6.3.2. Реакция экрана на импульсное воздействие	218
6.4. Сетчатые, перфорированные и сотовые экраны.....	219
6.4.1. Сетки и перфорированные металлические экраны	219
6.4.2. Использование табличных данных	225
6.4.3. Сотовые панели.....	226
6.4.4. Слоистые экраны	232
6.5. Стальная арматура железобетонных строений	233
6.5.1. Эффективность экранирования	233
6.5.2. Требования к соединению прутков арматуры	237
6.6. Заглубленные помещения	239
6.7. Соединения и швы в экранах	240
6.7.1. Технологии изготовления экрана.....	240
6.7.2. Сварные швы	240
6.7.3. Сварные каркасы экранов.....	242
6.7.4. Паяные швы	248
6.7.5. Механические соединения	249
6.7.6. Экранирование зон доступа.....	258
6.8. Кабели и соединители	261
6.8.1. Эффективность экранирования	261
6.8.2. Экранированные кабели.....	262

6.8.3. Витая пара	264
6.8.4. Кабельные соединители и их параметры	267
6.8.5. Материалы соединителя и финишная обработка	269
6.9. Кабелепроводы и их соединения	270
6.9.1. Назначение и требования	270
6.9.2. Жесткий кабелепровод	271
6.9.3. Арматура кабелепроводов и коллекторы	276
6.9.4. Соединение кабелепроводов и экранов	278
6.10. Защита терминалов от перенапряжений	278
6.10.1. Подавители переходных процессов	278
6.10.2. Фильтрация	292
6.10.3. Режекция в режиме общего вида (POV-CMR)	307
6.10.4. Электрическая изоляция	308
6.11. Апертуры	316
6.11.1. Апертуры в экранированном помещении	316
6.11.2. Двери и дверные системы	319
6.11.3. Тамбурные проходы	325
6.11.4. Другие порты доступа персонала	326
6.11.5. Вентиляционные каналы	327
6.11.6. Вводы трубопроводов сервисных служб	330
6.11.7. Структурные проникновения	334
6.12. Соединения элементов экрана	335
6.12.1. Фиксированные соединения элементов экранов	335
6.12.2. Подвижные соединения	339
6.12.3. Защита мест соединений	341
6.13. Заземление экранированных помещений	343
6.13.1. Классификация систем заземления	343
6.13.2. Методы заземления	347
6.13.3. Подсистема электродов заземления	352
6.13.4. Подсистема электробезопасности	356
6.13.5. Системы защиты от молнии	359
6.13.6. Подсистема возвратных токов	363
6.13.7. Конструкция фальшпола	371
6.13.8. Руководящие принципы заземления при модернизации объекта	376
7. Тестирование системы электромагнитной защиты СТЗ	379
7.1. Фазы тестирования	379
7.2. Тестирование восприимчивости	380
7.3. Проверка качества	382
7.4. Приемное тестирование	383
7.5. Оценка стойкости и аттестация	384
7.6. Тестирование на протяжении жизненного цикла	386
7.7. Методология тестирования	387

7.8. Методы тестирования на основе полевых излучателей	388
7.9. Крупные имитаторы ЭМИ	391
7.9.1. Особенности имитаторов	391м
7.9.2. Имитаторы электромагнитных полей	391
7.9.3. Имитаторы плоских волн	392
7.9.4. Имитаторы импульсных полей	392
7.9.5. Имитаторы непрерывного излучения гармонических полей	394
7.10. Тестирование масштабной модели	394
7.11. Тестирование инъекцией тока	396
7.11.1. Цель тестирования	396
7.11.2. Прямая инъекция	397
7.11.3. Индуктивная инъекция	397
7.11.4. Методы тестирования инъекцией тока	398
7.12. Методы оценки эффективности экранирования кабельных экранов	401
7.12.1. Оценка эффективности экранирования	401
7.12.2. Триаксиальный метод	403
7.12.3. Метод испытания инжекторным проводом	406
7.12.4. Нормативная база методов экспериментального исследования восприимчивости кабелей	407
7.13. Непроводящие каналы связи	408
7.14. Тестирование помехоподавляющих фильтров	408
7.14.1. Тестирование в частотной области	408
7.14.2. Тест на кондуктивные переходные процессы МЭМИ	410
7.15. Тесты устройств защиты терминалов (УЗТ)	411
7.16. Тестирование эффективности экранирования	413
7.16.1. Типы тестов	413
7.16.2. Эффективность экранирования магнитного поля	414
7.16.3. Эффективность экранирования электрического поля	419
7.16.4. Эффективность экранирования плоской волны	421
7.17. Измерение полного сопротивления электрических соединений	424
8. Мониторинг стойкости СТЗ	426
8.1. Окружающая среда и деградация стойкости	426
8.2. Влияние программы мониторинга на проект объекта	427
8.2.1. Выбор концепции экрана	427
8.2.2. Минимальные требования по поддержанию уровня стойкости	429
8.3. Влияние типа отказа на обслуживание объекта	430
8.4. Структура программы мониторинга	431
8.5. Реализация мониторинга стойкости объекта	435

9. Рекомендации по проектированию СТЗ	437
9.1. Требования к экранам	437
9.2. Подход к проектированию	437
9.3. Типовой процесс проектирования	438
9.3.1. Строительная спецификация	438
9.3.2. Требования к составу и содержанию документации	440
9.3.3. Сборка экрана	443
9.3.4. Установка экранированных дверей	444
9.3.5. Проверка качества компонентов	445
9.3.6. Экспертиза проектных решений	448
10. Обеспечение информационной безопасности в СТЗ	451
10.1. Кластеризация оборудования в СТЗ	451
10.1.1. Концепция кластерного разделения оборудования	451
10.1.2. Особенности проекта информационно защищенной системы	454
10.1.3. Кластеры оборудования	455
10.2. Электромагнитная защита кластеров	460
10.2.1. Требования к электромагнитной защите кластеров	460
10.2.2. Детальные требования к экранированию кластерных областей	462
10.3. Техника экранирования с учетом информационной безопасности	469
10.3.1. Общие подходы	469
10.3.2. Проект строения при эффективности экранирования 50 дБ	470
10.3.3. Модульные экранированные помещения	472
10.3.4. Особенности конструкции экрана	475
10.3.5. Защита проникновений	481
Литература	483

Предисловие

Электронные системы, построенные на основе современных достижений микроэлектроники, находят применение во всех сферах деятельности человека, играя жизненно важные роли в медицине, финансах, производстве и национальной безопасности. Те же технологии, которые обеспечивают высокие скорости обработки информации, обладают повышенной чувствительностью к наведенным напряжениям и токам, вызванным электромагнитными полями от различных источников искусственного и техногенного происхождения. При достаточно высоком уровне внешних возмущающих полей возможен сбой ответственного оборудования, нарушение целостности информации, а отдельных случаях – физическое повреждение оборудования. Это требует эффективной защиты ответственного оборудования от влияния как непреднамеренных, так и преднамеренных электромагнитных воздействий.

Особое значение имеют вопросы информационной безопасности. Оборонные сведения и дипломатическая информация имеют высокую классификацию секретности и должны быть защищены от несанкционированного искажения, уничтожения или блокирования, в том числе за счет электромагнитных воздействий. Ответственные объекты размещения телекоммуникационного и связного оборудования гражданского и специального назначения выполняются в виде специальных технических зданий (СТЗ). При строительстве СТЗ реализуются базовые методы защиты электронных систем: экранирование, фильтрация, зонирование, заземление, что требует комплексного подхода при проектировании и строительстве зданий и помещений.

В последнее десятилетие требования по обеспечению электромагнитной защиты объектов телекоммуникаций стала неотъемлемой частью проектов и конструкций СТЗ. Это объясняется появлением новых угроз электромагнитного терроризма, повышением требований к защищенности ответственной информации, снижением чувствительности быстродействующих систем, наличием значительных по протяженности распределенных локальных сетей. Потребности в интегрированных экранирующих средствах и необходимость комплексного решения означают, что не только специалисты в области электроники, но и архитекторы и строители должны быть знакомы с методами

проектирования, конструирования и тестирования экранирующих строительных конструкций.

Если после проведения экспериментальных исследований будут необходимы доработки строения и его конструкции, то потребуются повторные тестовые испытания, что существенно удорожает и затягивает сроки строительства. Это подтверждает необходимость наличия научно обоснованных рекомендаций по разработке и монтажу экранированных помещений и зданий, что позволит производить монтажно-строительные работы с высоким качеством и минимальным риском невыполнения требований технического задания по эффективности электромагнитной защиты.

Участие различных специалистов в создании СТЗ требует их четкой координации, расширения области знаний и системного подхода к решению поставленных задач. Уместно разработку проекта, конструкций экранов и процедур тестирования экранированных участков помещений традиционно оставлять специалистам по электромагнитной совместимости (ЭМС) и информационной безопасности. Специфические задачи архитектурного проектирования и строительства должны оставаться за соответствующими специалистами. Но специалисты как одного, так и другого направления должны достаточно глубоко разбираться в смежных вопросах. К сожалению, подготовку по такому интегрированному направлению в вузах не ведут. Это отрицательно сказывается на кадровой поддержке актуальных проектов, потребность в которых возрастает.

Необходимость в электромагнитной защите расширилась как в части широты охвата электромагнитных проблем, так и в части защиты технических средств, которые стали намного более разнообразны, чем военные приложения и задачи ЭМС. Из-за отсутствия развитой теории электромагнитного экранирования применительно к строительным конструкциям технические решения зачастую либо излишне дорогие из-за своей избыточности, либо имеют существенные изъяны, которые нарушают фундаментальные принципы экранирования. Поэтому имеется настоятельная необходимость в разработке руководства по электромагнитному экранированию, которое предоставит архитектору и проектировщику основы различных аспектов эффективного экранирования. Кроме них к специфическим вопросам создания экранированных строений и помещений СТЗ можно отнести:

- выбор материалов, которые одновременно отвечают требованиям эффективного экранирования для электрических, магнитных или электромагнитных полей и строительства в зависимости от поставленной задачи;
- выбор методов и способов соединений элементов конструкций экранов, обеспечивающих минимальные неоднородности в них;
- проектирование электромагнитной защиты вводов питания, связи, вентиляции, кондиционирования, отопления (HVAC);
- разработка защищенных от электромагнитных воздействий систем доступа персонала и перемещения оборудования;

- выбор и реализация процедур тестирования, гарантирующих получение необходимых данных для проверки выполнения требований технического задания в части электромагнитной защиты.

Теорию и практику создания экранированных помещений в СТЗ можно рассматривать как новое направление – архитектурное экранирование [1, 2].

Обобщенная концепция экранирования предусматривает установку одного или более барьеров в виде металлических экранов на пути распространения электромагнитных волн от источника помех к рецептору. Глобальное ограждение желательнее в том случае, если чувствительное оборудование приходится достаточно часто перемещать, модернизировать или заменять внутри экранированной области. Недостатком глобального экранирования является зависимость условий функционирования всей системы от качества компонентов экранирования (экрана, фильтров, заземления). При нарушении одного из компонентов возможно повреждение всей системы. Альтернативой глобального экранирования является зональное.

При зональном экранировании электронные средства распределены на кластерные зоны (подсистемы), каждая из которых имеет определенный уровень электромагнитной защиты. Экраны, окружающие зоны, представляют собой определенный рубеж экранирования, что позволяет говорить о концепции многорубежного экранирования. Это наиболее общее представление интегрированной системы экранирования, и ее описание удобно давать в виде топологической модели.

Конфигурация системы влияет на требования к проекту системы экранирования, так как некоторые конфигурации системы более просты для достижения желаемого эффекта, чем другие. Таким образом, конфигурация системы должна быть скоординирована с проектными требованиями защиты оборудования, а топология экранирования – оптимальна для определенной конфигурации, т.е. обеспечивать необходимый уровень защиты при минимальной стоимости проекта.

В течение жизненного цикла могут потребоваться некоторые изменения в системе экранирования, чтобы соответствовать необходимым изменениям в конфигурации и составе системы. Это особенно актуально при реализации проекта СТЗ, которое в отведенный срок службы подвергается неоднократным перепланировкам, связанным с изменением назначения здания, сменой электронного оборудования, прокладкой сетей и т.п. При этом необходимо гарантировать, что произведенные изменения не приведут к ухудшению показателей эффективности экранирования. Поэтому топология системы экранирования должна быть разработана таким образом, чтобы имелась возможность изменения ее конфигурации в пределах отведенных границ. Экранирующая граница между зонами не должна нарушаться, например, за счет появления новых открытых апертур. Все модификации должны быть рассмотрены экспертами в области ЭМС, чтобы гарантировать выполнение поставленных требований по защите оборудования от электромагнитных воздействий.

Заземление экранированного помещения является весьма важной и ответственной стадией его создания. Здесь следует обратить внимание на несовместимость требований к полному сопротивлению системы заземления для обеспечения электробезопасности согласно СНиП и электронного оборудования, в том числе и экранов. В первом случае токи заземления протекают с частотой 50 Гц, а во втором – в сотни мегагерц, что типично для работы электронных систем. Поэтому решение вопроса о технической реализации систем заземления должно быть рассмотрено не только с позиций электробезопасности, но и с учетом эффективности экранирования, целостности сигналов и ЭМС.

Практическая реализация системы экранирования зависит от сложности и назначения системы, которая должна быть защищена. Если определено, что для наиболее чувствительных компонентов требуется эффективность экранирования 80 дБ, а для остальных компонентов требуется эффективность только 60 дБ, тогда могут быть сформированы кластеры оборудования, требующие различной эффективности экранирования. На сегодня актуальной остается задача распределения значения общей эффективности экранирования на значения эффективности для каждого архитектурного уровня: здания, помещения, бокса. Ее решение требует знания комплекса как технических, так и экономических аспектов создания СТЗ, что обеспечит наибольшую рентабельность проекта.

Особое внимание должно быть уделено тестированию готового объекта на эффективность экранирования. Обычно специализированное испытательное оборудование не принадлежит строительным компаниям, а управлять им должен опытный персонал, сведущий в нюансах измерений электромагнитных полей и эффективности экранирования. Иначе результаты испытаний могут быть бессмысленными, потенциально приводя к дорогостоящим переверкам или к бесполезным переделкам. Тесты должны выполняться во время фазы строительства экрана и окончательно завершаются после выполнения всех работ.

В ряде случаев перспективным является применение модульных экранированных помещений, которые представляют собой законченные конструкции, выполненные на специализированных предприятиях опытным персоналом. При их установке в строительную конструкцию должны быть выдержаны жесткие требования по монтажу и электрическим соединениям, но показатели эффективности экранирования не могут существенно измениться, поскольку они определяются конструкцией модульного помещения. Иная ситуация в случае создания «архитектурного» экрана, который реализуется в процессе строительства. В этом случае все работы ведутся строительными рабочими, имеющими зачастую невысокую квалификацию в части уникальных методик монтажа, которые требуются для выполнения экрана, установки дверей и узлов проникновения различных коммуникаций. Поэтому необходима специальная подготовка строительного персонала, который занимается возведением архитектурных экранов, и руководства по этому виду работ.

Создание экранированных помещений требует развитой спецификации (паспорта) объекта, в которой будут детально отражены не только их архитектурные, строительные и инженерные особенности, но и требования к свойствам экранов, технологии их монтажа, выбору материалов и т.п. В ней должна быть отражена природа строительного объекта, специфика защищаемого оборудования, возможные условия электромагнитного воздействия. Например, экран для защиты от мощных электромагнитных импульсов большого комплекса связи будет обладать требованиями, которые отличаются от требований к экранам вокруг диагностической зоны в больнице. Спецификация проекта должна отражать такие различия. Она должна быть технически реалистической, легко интерпретируемой подрядчиком и юридически осуществимой.

В настоящей книге авторы постарались ответить на основные вопросы, связанные с защитой объектов телекоммуникаций от электромагнитных воздействий. Книга содержит 10 глав.

В главе 1 рассматриваются общие вопросы, связанные с системами телекоммуникаций, установленными в специальных технических зданиях, и информационной безопасностью. Глава дает общее представление о проблеме, технических направлениях ее решения и методологии учета соответствующих стандартов.

В главе 2 детально характеризуется электромагнитная обстановка, в которой могут функционировать объекты телекоммуникаций. Особое внимание уделяется рассмотрению критических по своей интенсивности воздействиям: электромагнитному импульсу ядерного взрыва, молниям, преднамеренным мощным электромагнитным воздействиям. Эти вопросы слабо освещены в отечественной литературе и могут представлять самостоятельный интерес. В главе приводятся параметры и характеристики воздействий, дается описание механизма их влияния на электронные системы СТЗ.

В главе 3 приводится концепция повышения стойкости СТЗ к электромагнитным воздействиям. Рассмотрение ведется на обобщенном уровне, что позволяет выявить самые общие вопросы, которые лежат в основе формирования технических требований к системам электромагнитной защиты.

В главе 4 на основе материалов главы 3 формируются конкретные требования по обеспечению целостности защиты и повышения стойкости СТЗ: топология экранирующих систем, реализация экранирующих зон, экранирование кабелей, выполнение апертур, заземление.

Глава 5 посвящена описанию системных инженерных требований, при которых интегрируется электромагнитная защита от наиболее мощных электромагнитных воздействий различной природы.

Наиболее детально технические аспекты электромагнитной защиты рассмотрены в главе 6. Здесь представлены элементы теории экранирования, методология проектирования экранов и экранированных помещений, даны оценки применения различных материалов для создания экранов. Для кабельных соединений приводятся сведения об оценке эффективности кабелей,

о применении кабелепроводов и их монтаже. Внимание уделено защите терминалов от перенапряжений. Рассмотрены методы и технические приемы выполнения апертур для экранированных помещений, а также способы соединения элементов экранов, которые обеспечивают высокую эффективность экранирования. Отдельно рассмотрен вопрос заземления экранированных помещений применительно к экранированным зданиям и помещениям.

В главе 7 рассмотрены вопросы тестирования систем электромагнитной защиты СТЗ. Описаны фазы тестирования и тестирование восприимчивости, проверки качества, оценка стойкости и тестирование на протяжении жизненного цикла. Детально представлены технические вопросы тестирования, связанные с применением специализированного оборудования, имитаторов электромагнитных воздействий, применением масштабных моделей. Рассмотрен метод тестирования инъекции тока. Отдельно рассмотрены вопросы тестирования непроводящих каналов, фильтров и устройств защиты терминалов.

Долговременная эксплуатация СТЗ базируется на мониторинге стойкости. В главе 8 рассматриваются причины деградации стойкости СТЗ, даются рекомендации по программе мониторинга стойкости и ее реализации на объекте.

Глава 9 дает рекомендации по проектированию электромагнитной защиты СТЗ, которые учитывают требования к целостности экранирования и специфику реализации экрана при строительстве здания.

В главе 10 рассмотрены аспекты информационной безопасности в СТЗ, которые требуют решения ряда специальных вопросов, а именно разделение оборудования на критическое и не критическое, выделение кластеров оборудования, требующих определенного уровня электромагнитной защиты, реализации технических приемов экранирования для достижения необходимой эффективности экранирования.

Книга рассчитана на инженерно-технических работников, которые занимаются проектированием и эксплуатацией объектов телекоммуникаций, специалистов в области ЭМС, разрабатывающих и устанавливающих телекоммуникационную аппаратуру в зданиях и помещениях, специалистов в области информационной безопасности. Материалы книги могут быть полезны бакалаврам и магистрам соответствующих направлений в качестве учебного пособия.

В основу монографии положены результаты многолетних научных исследований по данному направлению, проводимых на кафедре радиоэлектроники и телекоммуникаций Московского института электроники и математики Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», а также материалы лекций по отдельным направлениям, читаемым в МИЭМ НИУ ВШЭ авторами.

Авторы выражают признательность рецензентам д.т.н., профессору Э.Н. Фоминичу и д.т.н., профессору В.А. Тухасу за ценные замечания и внимание к работе.

Выражаем признательность к.т.н., доценту А.В. Алешину за ценные замечания и помощь в оформлении рукописи, а также магистру О.М. Калоеву за выполнение рисунков.

Материал книги нельзя рассматривать как обязательные рекомендации к действию. Он дает только основу для проработки конкретного проекта, который должен быть выполнен на основе действующей нормативно-технической документации с учетом мнения специалистов в соответствующей области, а результаты проектирования должны быть проверены экспериментально. Ссылка на книгу не является основанием для предъявления претензий к авторам.

Б.Б. Акбашев, Н.В. Балюк, Л.Н. Кечиев

Научное издание

АКБАШЕВ Беслан Борисович
БАЛЮК Николай Васильевич
КЕЧИЕВ Леонид Николаевич

**Защита объектов телекоммуникаций
от электромагнитных воздействий**

16+

Художник *О.М. Калоев*
Корректор *М.Г. Смирнова*
Редактор *М.Г. Смирнова*
Оригинал-макет *К. Тихомировой*

Подписано в печать 20.11.2013 г.
Формат 70×100/16
Тираж 100 экз. Заказ № 8215

Грифон
111141, Москва, Электродная ул., 36
Тел.: 8-499-740-45-62
www.grifon-m.ru