

Петр РЕЗНИЧЕНКО

# К вопросу о «земле»

Технология построения экранированных СКС достаточно хорошо освещена. Сформулированы и описаны требования и параметры, которые уже сегодня применяются многими опытными системными интеграторами.

В большинстве случаев сдерживающим фактором при построении экранированных кабельных сетей является не увеличение стоимости решения, а боязнь усложнения технологии. Однако отличие состоит только в использовании экранированных компонентов и необходимости подсоединения металлических экранов к заземляющим устройствам.

## Заземление

Подобно другим инженерным системам, заземление, существующее в здании, предназначено для специализированного использования. В давно построенных зданиях система заземления, вероятнее всего, была создана с единственной целью: защитить людей от опасных напряжений и токов. Это объясняется тем фактом, что на протяжении многих лет при планировке зданий рассматривалось только защитное заземление, принадлежащее питающей распределительной системе.

Для информационных систем необходимо специальное информационное заземление, соответствующее, прежде всего, национальным требованиям техники безопасности, ПУЭ, национальным нормативам и инструкциям по организации системы заземления, а также стандартам EN50310, EN50174-2 и ANSI/TIA/EIA-607.

Экранирующая оплетка или фольга всех кабелей должна быть подсоединена к шине телекоммуникационной системы заземления (ТГВ); причем соединение не может содержать разрывов. Разность потенциалов между любыми двумя точками системы заземления не должна превышать 1 В. Сопротивление между любыми двумя точками системы заземления не должно превышать 1 Ом.

Эти требования достаточно легко выполнить, соблюдая стандарты по построению системы заземления. Так, например, согласно ANSI/TIA/EIA-607, серверное помещение должно иметь соединение с главным контуром системы заземления здания с помощью металлического стержня с минимальным диаметром полтора дюйма, либо для этой же цели может быть использован металлический электромонтажный короб компании Thorsman типоразмера 100 × 52 мм. Во втором случае для снижения полного передаточного сопротивления заземления рекомендуется соединять металлические короба или трубы с проводами системы заземления, проложенными в них, на обоих концах. В стандарте ANSI/TIA/EIA-569 четко прописаны необходимые сечения используемых кабелей.

Шкафы с активным оборудованием следует соединять с контуром защитного (электрического) заземления. Все контуры заземления различных систем в здании должны иметь физическое соединение в одной точке или соединении через элемент грозозащиты на вводе в здание. Для создания магистрали между двумя зданиями с различными по-

**Для обеспечения электромагнитной совместимости необходима прокладка телекоммуникационного и электрического кабелей в металлических трубах или коробах.**

тенциалами «земли» необходима организация специальной выравнивающей шины заземления.

В большинстве случаев для организации информационного заземления можно использовать контур заземления, например, электрической, станционной или технологической системы заземления. Эти различные «земли» должны быть объединены, но только в самой нижней точке подсоединения к контуру заземления (стандарт prEN550174).

Металлические трассы для прокладки силовых линий используются в 90% новостроек в США, а также применялись в отечественном строительстве проектных институтов и многоэтажных зданий времен СССР. Металлические лотки, электроштабные шкафы и трубы должны использоваться и для информационных сетей, особенно при прокладке вблизи силовых линий.

Если необходимы улучшенные характеристики по электромагнитной совместимости кабельной системы, тогда следует использовать дополнительные экранирующие конструкции: металлические шкафы или трубы.

Более того, большее затухание обеспечивают металлические цельносварные трубы и более технологичные, с точки зрения монтажа и эстетики, алюминиевые и стальные шкафы. Так, например, шкафы системы THORBIT, производимые компанией Thorsman (рис. 1), уменьшают уровень электромагнитных помех для используемого диапазона частот более чем на 50 дБ (рис. 2). Такое решение совместно с использованием экранированного кабеля

типа «витая пара» позволяет уменьшить излучение самой кабельной системы в открытое пространство и, соответственно, уменьшить уровень внешних электромагнитных помех на 120 дБ.

## Топология заземления

Существует три топологии построения заземления СКС:

- *сетчатая структура* — оптимальная для построения системы заземления для высокоскоростных протоколов — является наиболее перспективной, но и наиболее дорогой и сложной;
- *древовидная структура* оптимальна для телекоммуникационных приложений;
- *структура «плавающий экран»* хороша в том случае, когда по каким-либо причинам отсутствует возможность подсоединения к контуру заземления.

При организации системы заземления по одной из вышеуказанных топологий обязательно наличие гальванической развязки между электрической и информационной «землей» в активном оборудовании. Это необходимо для предотвращения петель заземления по электрической «земле» и перетекания паразитных токов из электрической сети в СКС. В случае отсутствия гальванической развязки в активном оборудовании необходимо выполнить развязку механическим способом: например, использовать неэкранированные коммутационные шнуры. Сегодня на рынке СКС появилось новое стандартное решение для обеспечения гальванической развязки: экранированный коммутационный шнур, с од-



Рис. 1. Металлическая коробка компании Thorsman

**Для обеспечения работы высокоскоростных приложений наиболее эффективное решение проблемы электромагнитной совместимости — экранирование кабелей.**

ной стороны которого заделана неэкранированная вилка RJ45.

## Разъединяй и... властвуй!

Поскольку при совместной прокладке информационных и электрических сетей возможен съём информации, то необходимо выполнение геометрического разнеса между ними. Разнос также требуется для удовлетворения стандартов по электромагнитной совместимости. Наивно полагаться на рекламные утверждения ряда производителей: «В нашем корпусе...» или «Используя нашу кабельную систему, можно выполнить

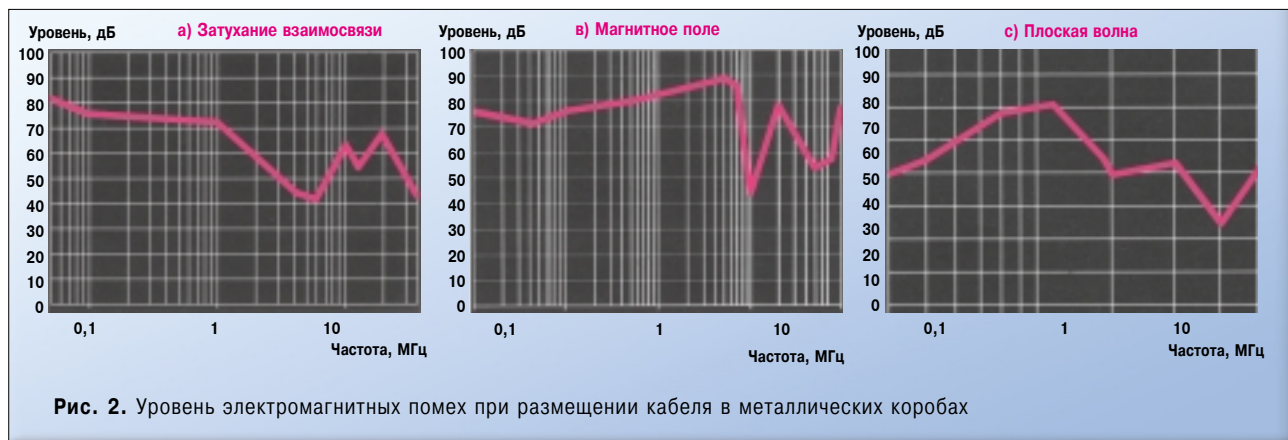
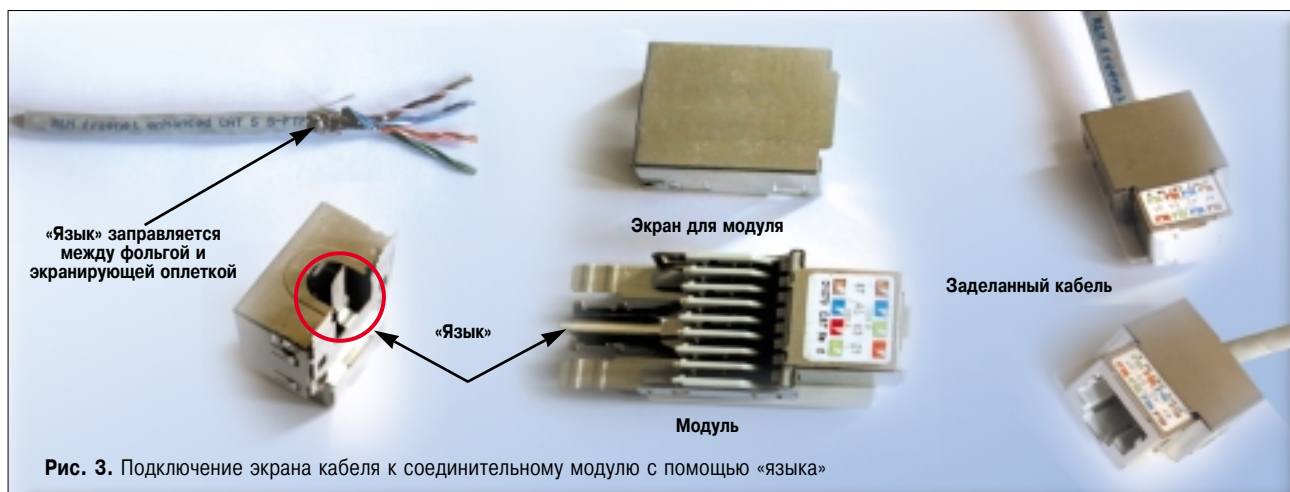


Рис. 2. Уровень электромагнитных помех при размещении кабеля в металлических шкафах



совместный монтаж электрических и информационных кабелей». В таких случаях следует потребовать детальных измерений (проведенных независимыми лабораториями с указанием использованных методик и стандартов).

По данным Bell Labs, минимальный разнос между неэкранированными информационными кабелями и электрическим кабелем, питающим источник люминесцентного освещения, должен составлять 127 мм. При этом совместная прокладка допускается только в случае использования единичных кабелей. Но заранее должно быть оговорено, что к этой электрической сети не будут подключены источники люминесцентного освещения и другое оборудование, создающее помехи. Желательно при проектировании и монтаже не полагаться на уверения,

а четко выполнять букву стандартов rgEN50174-2 и ANSI/EIA/TIA-569, регламентирующих требуемый геометрический разнос между телекоммуникационными и электрическими кабелями для уменьшения влияния ЭМП. При проектировании трассы прокладки информационных кабелей и выборе серверных помещений следует учитывать их близость к источникам электромагнитных помех, которыми могут являться системы энергоснабжения, генераторы и электродвигатели, сварочные аппараты, источники радиочастот и т.д.

### Что важно учесть?

Все известные производители СКС (впрочем, за исключением Lucent Technologies) имеют в своем арсенале решения для построения

экранированных кабельных систем.

По каким же критериям потребитель и системный интегратор должны выбрать ту или иную систему? Во-первых, кабельная система должна иметь сертификат независимой лаборатории на соответствие стандарту EN55024ClassB. Необходимо провести сравнительный анализ тестовых измерений оборудования различных производителей.

Во-вторых, должна учитываться технологичность подсоединения экранированных элементов.

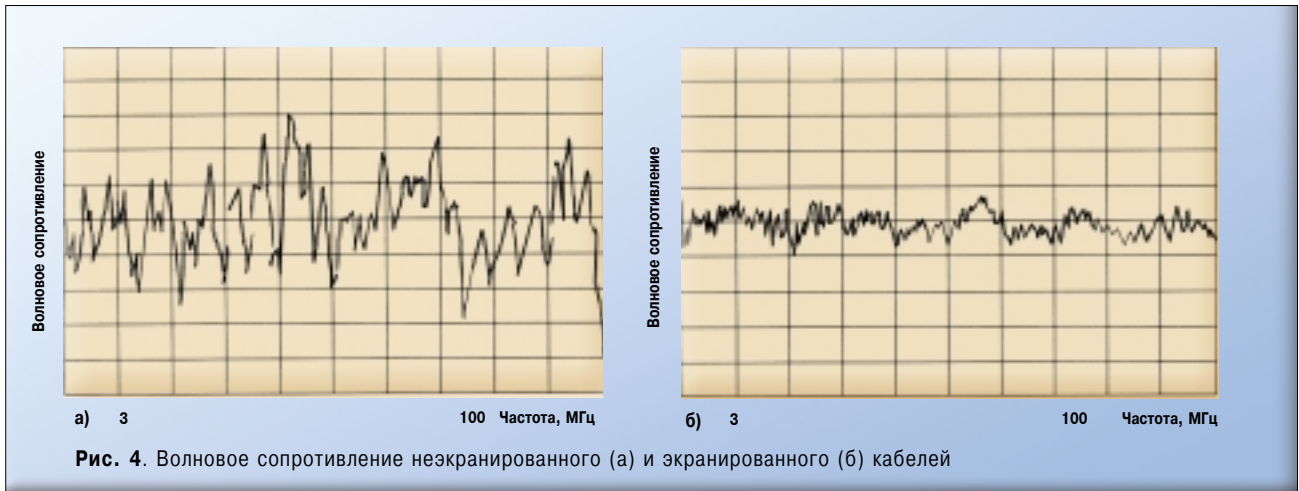
В-третьих, должны быть оптимизированы такие параметры, как передаточное сопротивление на высокой частоте контактов подсоединения заземления.

В-четвертых, на коммутационной панели и розетках должна быть обеспечена возможность гальванической развязки отдельных портов

Таблица

### Уровень излучения в окружающее пространство для различных кабельных систем

Рейтинг	Уровень излучения кабеля, дБ	Уровень излучения соединительного модуля, дБ	Характеристики кабельной системы
1	1–10	1–4	Столь плохая характеристика по EMC маловероятна
2	11–20	5–14	Такая неудовлетворительная характеристика по EMC встречается очень редко
3	21–30	15–24	Очень плохо подсоединенные экраны и так же плохо сбалансированная кабельная система с UTP-кабелем
4	31–40	25–34	Плохо подсоединенные экраны и плохо сбалансированная кабельная система с UTP-кабелем
5	41–50	35–44	Плохо подсоединенные экраны. Хорошо сбалансированная кабельная система с UTP-кабелем. Специфицированные CENELEC-минимальные требования для UTP-кабелей на частоте 100 МГц
6	51–60	45–54	Низкокачественное экранирование FTP-кабелей. Специфицированные CENELEC-минимальные требования для экранированных кабелей на частоте 100 МГц – 55 дБ
7	61–70	55–64	FTP-экранирование среднего качества. Специфицированные CENELEC-минимальные требования для экранированных кабелей на частоте 200 МГц
8	71–80	65–74	Высококачественное экранирование FTP-кабелей. Низкокачественное экранирование S-FTP-кабелей
9	81–90	75–84	Высококачественное экранирование S-FTP-кабелей. Специфицированные CENELEC-минимальные требования для экранированных кабелей на частоте 600 МГц
10	min. 91	min. 85	Специализированное экранирование кабельной системы



для предоставления пользователю возможности индивидуального измерения состояния заземления каждой линии, разделения информационных «земель» различного назначения (аналоговая и цифровая), а также соединения информационных портов по схеме «звезда».

В-пятых, конструкция коммутационной панели должна обеспечить гальваническую развязку между «чистым» информационным заземлением и «грязным» электрическим (или заземлением безопасности), к которому подключается заземление телекоммуникационной стойки.

Интересное запатентованное технологическое решение по подключению экрана кабеля к соединительному модулю с помощью «языка» (рис. 3) предлагается компанией Reichle&De-Massari. Таким образом обеспечивается долговечный стабильный контакт с низким передаточным сопротивлением, а также минимальный «развив» пары.

### В споре рождается истина

Бытует ошибочное мнение, что экранированные кабели имеют худшие характеристики, чем неэкранированные, за счет дополнительной паразитной емкости между экранирующей оплеткой или фольгой и витыми парами. На самом деле из физических принципов взаимодействия и результатов тестов многих известных производителей следует, что экранированные кабели имеют более равномерное волновое сопротивление во всем диапазоне частот

(рис. 4), а такие параметры, как *затухание* (Attenuation) и *уровень перекрестных помех на ближнем конце кабеля* (NEXT), идентичны (для одинаковых классов).

Многие производители кабельных систем, имеющие неудачные технологические решения построения этих систем, ошибочно утверждают, что неэкранированная кабельная система имеет меньшее излучение, чем экранированная: доска, излучающим элементом является экран кабеля. Это утверждение не соответствует действительности. Сле-

**Для обеспечения эффективности экранирования необходимо, чтобы все компоненты кабельной системы имели 360°-экранирование и минимальное передаточное сопротивление по высокой частоте в местах подсоединения.**

дует отметить, что экранирующая оболочка кабеля типа «витая пара» не является средой, передающей информационный сигнал, а как раз служит для экранирования (уменьшения электромагнитного поля, излучаемого кабельной системой), а также для увеличения устойчивости к внешним помехам. Все приводимые схемы, демонстрирующие индуктивный характер, расчеты и доказательства, показывающие уменьшение эффективности экрана кабеля при увеличении частотного диапазона, в гораздо большей степени применимы к самой среде передачи информационного сигнала – витым парам без экрана. Действительно, при рассмо-

трении модели неэкранированной витой пары в частотном диапазоне выше 30 МГц следует отметить значительное возрастание отражения от неоднородностей скрутки проводов в парах и увеличение индуктивного сопротивления, из-за чего достаточно сильным антенным эффектом обладают сами витые пары, а экранирующая оплетка как раз эффективно выполняет функции экрана.

Чтобы завершить споры о преимуществах и недостатках экранированных и неэкранированных решений, независимой лабораторией ЗР были проведены экспериментальные измерения (таблица) излучения в окружающее пространство для различных кабельных систем. Наилучшая сбалансированная неэкранированная кабельная система соизмерима с низкокачественным FTP-экранированием с плохо подсоединенными экранами.

*Следует отметить, что высокочастотные протоколы, требующие более широкой полосы пропускания: Gigabit Ethernet, MultiGigabit Ethernet, ATM 655 – работают на граничных значениях параметра ACR (отношение уровня передаваемого сигнала по одним парам к уровню электромагнитной помехи, излучаемой другими парами одного и того же кабеля), измеряемого в единицах децибел, из-за чего эти протоколы наименее устойчивы к воздействию внешних электромагнитных помех. Даже достаточно низкий уровень электромагнитных помех приводит к ошибкам и потере пакетов.*

**Петр РЕЗНИЧЕНКО,**  
руководитель отдела LAN компании  
«Райхле и Де-Массари Украина»,  
prrdm@rdmua.com.ua  
(044) 201-19-00