

ЗАЗЕМЛЕНИЕ И ЭКРАНИРОВАНИЕ ЗДАНИЙ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМ СВЯЗИ

СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД



С.Соколов,
s.a.sokolov@list.ru

Проектируя системы связи, неизбежно приходится решать задачу размещения оборудования связи. Одно из основных условий выбора сооружения или здания под оборудование — наличие надежного заземления и экранирования.

Надежное заземление всегда было проблемой в системах связи. Она обострилась в связи с широким применением чувствительных электронных устройств. Если оборудование старого образца могло нормально работать при наводках порядка нескольких или даже десятков вольт, то для современного оборудования нежелательны и наведенные доли милливольт. Проблема заземлений оборудования систем связи тесно переплетается с проблемой его экранирования и защиты от внешних электромагнитных воздействий и помех.

Если для нормальной работы прежнего оборудования достаточно было надежного заземления, то в современных условиях особую актуальность приобретает задача электромагнитного экранирования оборудования от внешних полей и уменьшения собственного излучения.

Комплексный подход к решению проблем заземления и экранирования на основе новых стандартов/инструкций предлагает проф. МТУСИ, специалист в области электромагнитной совместимости С.А.Соколов.

ВВЕДЕНИЕ

Необходимость в заземлении и экранировании становится все более очевидной в цифровых и высокоскоростных системах передачи, если учесть большое затухание сигнала на высоких скоростях передачи до уровня, когда он становится чувствительным к помехам.

В области электромагнитной совместимости основными требованиями являются: ограничение электромагнитного излучения и стойкость оборудования против внешних воздействий, таких как удары молнии, излучение линий электропередач, электрических железных дорог, электромагнитных импульсов ядерного взрыва, электростатических разрядов и т.д.

Заземляющая система должна обеспечить безопасность людей и защиту установок от повреждений. В прошлом в некоторых сооружениях электросвязи использовались отдельные цепи заземления и соединяющие их сети. В настоящее время использование "изолированных" заземлений для электронного оборудования не рекомендуется,

так как при этом могут возникать связи через землю или паразитные элементы (емкости и взаимные индуктивности). При ударах молнии или авариях в системе питания могут возникать нежелательные переходные напряжения между изолированной системой заземления и другими частями установки. Попытки разделить заземления в цепях переменного тока и в оборудовании связи обычно бесполезны, так как проводники заземления могут иметь случайные контакты, а электромагнитные связи в оборудовании усиливаются благодаря плотности соединительных линий.

СХЕМЫ ЗАЩИТЫ

Современной считается так называемая зонная концепция ослабления помех, эквивалентная каскадному принципу защиты аппаратуры от перенапряжений на линии: сначала грубая ступень, обеспечивающая первый этап снижения перенапряжения, затем следующая и т.д.

Обычно используют три или четыре зоны защиты: внешнюю, или периферийную (на уровне здания, рис. 1); внутреннюю (на уровне аппаратной, рис. 2); местную — на уровне стойки и группы оборудования в аппаратной (рис. 2) и локальную (по выбору) — на уровне отдельных чувствительных элементов внутри оборудования.

Внешняя защита (первая зона, создаваемая на уровне здания) использует систему соединительных проводников (ССП), располагаемых по периметру здания. Внутри здания такая зона первично экранирует отдельные аппаратные (т.е. вторую зону защиты в целом) и уменьшает разницу напряжений между соединяемыми металлическими структурами. Для выполнения этих функций нужно, чтобы сопротивление соединительных проводников (в стационарных условиях) или их индуктивность (в условиях переходного процесса) были как можно меньше, а СПП имела вид клетки Фарадея (см. врезку).

Для формирования такой клетки нужно создать снаружи здания ячеистую экранирующую оболочку, используя СПП (рис. 1), что обеспечивает наименьшее воздействие внешних полей. Поэтому внешняя система защиты включает горизонтальные (замкнутые в кольцо) проводники, установленные вдоль внутреннего периметра здания на каждом этаже, и вертикальные проводники, соединяющие этажные коль-

Клетка Фарадея представляет собой замкнутую камеру (или клетку, например, в форме параллелепипеда/куба), сформированную сплошным или сетчатым металлическим экраном и имеющую потенциал той точки, с которой она соединена. В этом смысле она представляет собой эквипотенциальную поверхность, а значит, напряженность внутреннего электрического поля клетки равна нулю. Такую клетку применяют в высоковольтных исследовательских лабораториях, подвешивая в разрядной цепи мощных импульсных генераторов тока/напряжения, или на ЛЭП (без отключения ее работы), подвешивая на фазный провод. При этом клетка приобретает потенциал точки подвеса. В ней можно размещать защищаемое оборудование или аппаратуру и испытателей для безопасного проведения необходимых измерений.



цевые структуры и кольцевое заземление на первом этаже.

При использовании в здании армированных бетонных блоков арматурные прутки до заливки их бетоном должны обвязываться стальной проволокой или закрепляться зажимами, образуя связки. Бетон препятствует коррозии и защищает такие связки.

Поскольку, благодаря этим соединениям, формируется много параллельных путей, то сопротивление арматурных связок очень низкое ($<1 \text{ Ом}$), что обеспечивает лучшее экранирование и молниезащиту.

Проводники ССП могут быть прикреплены к арматуре и выведены на поверхность бетона, чтобы установить так называемые "терминалы арматуры", которые можно использовать, например, для подключения к ним шины антенной башни и входной платы антенного кабеля.

Арматура железобетонных строений может обеспечить электрическую непрерывность, если примерно 50% соединений (вертикальных и горизонтальных) выполнены сваркой или имеют жесткую связь (болтовое крепление, вязка проволокой).

Структуры типа клетки Фарадея часто используются в зданиях малого и среднего размера, имеющих высокие антенны или находящиеся в грозоопасных районах. Они подходят и для деревянных зданий.

Структура внешней системы проводников (шин) имеет ряд особенностей:

- проводники прикрепляются к стенам или к внешней стороне кабельных штативов около стены; шину располагают так, чтобы она была доступна для осмотра и работ по подключению оборудования;
- шина может быть составлена из нескольких секций, соединенных вместе пайкой, гибкими соединениями или соединительным фидером;
- вертикальные проводники, соединяющие кольцевые шины на каждом этаже, должны размещаться в каждом углу здания, а на стенах устанавливаться дополнительно столько проводников, чтобы расстояние между ними не превышало 5 м;
- на первом этаже (у поверхности земли) кольцевая шина, действующая как "протяженный" главный терминал заземления, должна соединяться с кольцевым заземлением в тех точках, где эта шина соединяется с вертикальными проводниками. Шина обязательно подключается к следующим элементам конструкции здания:
 - заземляющему фидеру в каждом кабельном устройстве ввода;
 - общему заземлению сети силового питания;
 - системе водопровода и других трубопроводов в здании.

Для ослабления электромагнитного влияния все металлические элементы экранирующей структуры объекта (электрически объединенные) соединяются с системой молниезащиты и заземления. Например, экранирующее действие стальной сетки с шагом 40 см на частоте 106 Гц составляет величину порядка 30 дБ, а при шаге в 20 см может быть доведено до 50 дБ [1]. Нарушение целостности экрана ухудшает экранирование магнитных полей, образуя "утечку", величина которой определяется максимальным размером (а не площадью) отверстия. На рис. 1 показан пример такой системы.

Внутренняя защита (вторая зона, создаваемая на уровне аппаратных залов) строится, если это возможно, аналогично схеме внешней защиты, путем формирования вокруг зала контура/шины заземления (рис. 2).

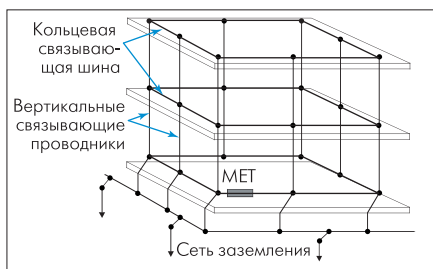


Рис. 1. Система внешних соединительных шин (большинство других проводников не показано)

Соединение внутренних зон может быть выполнено в виде сетчатой, звездообразной или древовидной общей соединительной системы (ОСС). Любые металлические рамы, шкафы, ограждения, трубопроводы, этажные шины заземления, металлизированные полы и потолки и т.п. должны быть подключены к ОСС в нескольких точках.

Следует избегать установки электронного оборудования ближе 1 м от внешних стен, а также прикрепления стоек оборудования непосредственно к наружным стенам.

Местная защита (третья зона, создаваемая на уровне групп оборудования, аппаратных шкафов) используется как дополнение к системе внутренней защиты, рис. 2. Она состоит из локальных или приборных экранов, соединенных между собой древовидной соединительной системой.

Локальная защита (четвертая зона, создаваемая на уровне чувствительных к наводкам узлов оборудования) использует обычные способы защиты, включая ячеистые или сплошные экраны.

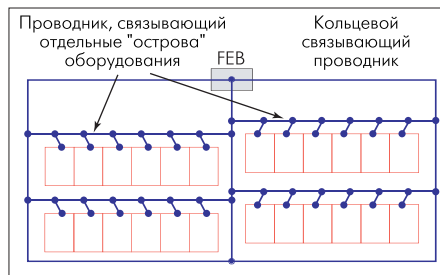


Рис. 2. Пример соединения оборудования в виде ячеистой сети

СТАНДАРТЫ

Учитывая важность проблемы заземления и экранирования оборудования, МСЭ выпустил новое регламентирующее руководство по заземлению в установках электросвязи [2]. Основное внимание в нем уделено возможности создания хорошей экранирующей сетки (ячеистой структуры) вокруг оборудования и всего здания/сооружения электросвязи, а также описана система соединений и перемычек между металлическими узлами оборудования, каркасом здания, или арматурой, между полками, шкафами и т.д.

Аналогичные требования содержатся и в инструкции, утвержденной Минэнерго России [3].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, основная задача заземляющего устройства – отвод как можно большей части (50% и более) внешнего тока (молнии) в землю – успешно решается с помощью сетчатой системы заземления (электромагнитного экрана) под зданием и вокруг него. Остальная часть этого тока реально растекается по подходящим к зданию коммуникациям (оболочкам кабелей, трубопроводам и т.п.).

В целом сетчатая защита создает хорошее экранирование, по крайней мере на низких частотах (хотя в отдельных ячейках сети возможно возникновение резонансных частот). При реализованных защитных мероприятиях вклад индуцированных частот лежит, главным образом, в мегагерцевой области, поэтому размеры звездообразных и древовидных систем не должны превышать нескольких метров.

Согласно руководству [2], секция МСЭ по заземлениям отдает предпочтение сетчатой системе. Следование стандартам [2, 3] в целом позволит свести к минимуму напряжения и помехи, вызванные внешним электромагнитным воздействием на оборудование.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дьяков А.Ф. и др. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике и электротехнике. – М.: Энергоатомиздат, 2003.
2. Руководство "Заземления и связующие перемычки": Изд. МСЭ-Т, 2003.
3. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. – М.: Изд. МЭИ, 2004.