

Принципы комплексной грозозащиты радиооборудования

Вы решили создать комплекс радиооборудования любого назначения. При этом Вам придется решить массу разного рода проблем, среди которых проблемы, связанные с комплексной грозозащитой Вашего оборудования едва ли окажутся на первом плане. Однако это те проблемы, решением которых рано или поздно придется заняться, если Вы хотите, чтобы Ваш комплекс работал надежно, и Вам не приходилось бы постоянно ремонтировать дорогостоящее оборудование. А потому, решая все другие проблемы, желательно постоянно держать в уме предварительно намеченный план комплексной грозозащиты, так как это поможет в будущем избежать лишних затрат усилий и средств на переоборудование Вашего комплекса для решения задач грозозащиты. Это касается размещения оборудования в аппаратной и на вышке и выбора схемы и средств защиты.

Данная статья в основном опирается на рекомендации дистрибьютора средств защиты и консультанта фирмы PolyPhaser Рона Блока, дополненные другими материалами от фирм-поставщиков оборудования для систем грозозащиты.

Рассчитываем, что учет этих рекомендаций поможет разработчикам комплексов радиооборудования различного назначения успешно решить проблемы грозозащиты их комплексов.

Проблемы защиты

Трудно рассчитывать на надежную работу любой радиосистемы, если при ее проектировании не были учтены все опасности, связанные с таким природным явлением как грозовые разряды. Невозможно точно предсказать, где и когда они могут произойти и сколько энергии они выделят; у инженера есть только возможность постараться отвести эту энергию в землю. Другими словами, можно осуществить такой план защиты от молнии, который позволит защитить радиоаппаратуру даже от прямого разряда! Эксплуатационщики радиооборудования успешно делают это на протяжении уже многих лет; многие из них определили координаты критических мест установки оборудования на холмах или горных вершинах, где оно с наибольшей вероятностью может стать мишенью для молнии. Правильно защищенное оборудование действительно способно выдерживать прямые разряды и продолжать работать даже в условиях грозы.

В принципе, можно пытаться защитить все имеющееся оборудование, однако решение данной проблемы действительно стоит денег и действительно требует большого количества исследований, изобретательности и усилий для практической реализации защиты и поддержания средств защиты в рабочем состоянии.

План защиты может быть действительно действенным, но необходимо точно следовать определенным правилам. Любое нарушение этих правил, пусть даже небольшое, может привести к нарушению плана защиты и повреждению оборудования. В некоторых случаях повреждение некорректно защищенного оборудования может быть даже большим, чем в случае отсутствия какого-либо плана защиты вообще. Попытаемся это обосновать.

Природа молнии

Условиями, необходимыми для возникновения обычной летней грозы, являются:

- скопление большого количества влажного воздуха на высоте до нескольких тысяч метров над уровнем поверхности земли,

- скопление более прохладного воздуха немного выше,
- отсутствие ветра,
- сильный разогрев поверхности земли ярким солнцем, что приводит к нагреванию массы воздуха в нижних слоях.

При нагревании влажный воздух быстро устремляется к более высоким слоям атмосферы, где температура ниже точки замерзания, формируя, в конечном счете, грозовую тучу, как показано на 1. Внутри грозовой тучи постоянные столкновения между частицами льда, которые поднимает восходящий поток воздуха, заставляют нарастать электростатический заряд. В конечном счете, электростатический заряд становится достаточно большим для того, чтобы вызвать электрический пробой слоя воздуха – разряд молнии.

Средняя гроза занимает приблизительно десять км в ширину и перемещается со скоростью приблизительно 40 км в час. Форма облака в виде наковальни объясняется взаимодействием в верхнем слое атмосферы скопления теплого воздуха с большой скорости ветром, за счет чего вершина облака приобретает форму гриба и выдвигается вперед. Область наибольшей опасности – это зона до 16 км перед передним краем облака.

Когда происходит разряд молнии, наблюдается быстрый перенос нескольких больших импульсов энергии вдоль канала лидирующего импульса. Их энергией этот канал всего за микросекунду нагревается до температуры более 50000°F, и, следовательно, не имеет времени для расширения, так что от нагрева создается чрезвычайно высокое давление. Затем зона высокого давления быстро расширяется, сжимая окружающий воздух. Эта воздушная волна распространяется во всех направлениях. Для первых 10-ти метров она распространяется как ударная волна (со скоростью большей скорости звука), а после этого - как обычная звуковая волна в виде грома, который мы слышим.

Во время разряда молнии оборудование подвергается воздействию нескольких огромных следующих друг за другом импульсов энергии. Большая часть энергии представляет собой импульс постоянного тока, содержащий значительную долю энергии в виде колебаний радиочастоты, которые создаются за счет большой скорости нарастания импульса.



Рисунок 1. Типичное конвективное грозовое облако.

Типичное для разряда молнии время нарастания – 1,8 мксек. Нарастание импульса с такой скоростью вызывает излучение сигнала с частотой 139 КГц. Времена нарастания могут изменяться от очень быстрых (0,25 мксек) до очень медленных (12 мксек), что приводит к возникновению радиочастот в диапазоне от 1 МГц до 20 КГц. Более того, непосредственно в точке попадания прямого разряда молнии время нарастания составляет не больше 10 нсек.

Эта радиочастотная часть энергии разряда будет иметь определяющее значение при проектировании плана защиты. Кроме прямого действия импульса разряда, наблюдается и его косвенное действие за счет того, что антенны и линии передачи формируют замкнутые контуры, в которых при ударе молнии возникают затухающие колебания радиочастоты.

Средний пиковый ток первого импульса – приблизительно 18 КА (98 % разрядов имеют пиковый ток между 3 КА и 140 КА). Для второго и последующих импульсов ток будет равен примерно половине начальной пиковой величины. Обычно наблюдается больше чем один импульс. Причиной ощущения мерцания разряда молнии, является как раз то, что он в среднем состоит из 3-4 импульсов на один разряд. Типичный интервал между импульсами составляет приблизительно 50 миллисекунд.

Уязвимость оборудования

Часто, конструируя высокочастотное оборудование, мы сознательно провоцируем природу. Для обеспечения связи на большие расстояния мы помещаем наши антенны на вершинах вышек, а сами вышки помещаем так, чтобы они возвышались над окружающими зданиями в городе или холмами и деревьями в сельской местности. Вместе

с увеличением зоны покрытия, такое размещение радиооборудования облегчает природе поиск кратчайшего пути для разряда. Вероятность попадания молнии в вышку зависит, прежде всего, от расположения вышки и ее высоты. Для некоторых местностей метеорологические службы составляют карты, показывающие усредненное за год минимальное количество грозовых дней. Другим значимым фактором, от которого зависит вероятность поражения молнией, является высота вышки над средним уровнем земли. Можно предположить, что, чем выше мачта, тем больше вероятность поражения. На рисунке 2 показано предполагаемое, усредненное за год, количество случаев поражения для вышек разной высоты, основанное на количестве грозовых дней в определенной местности.

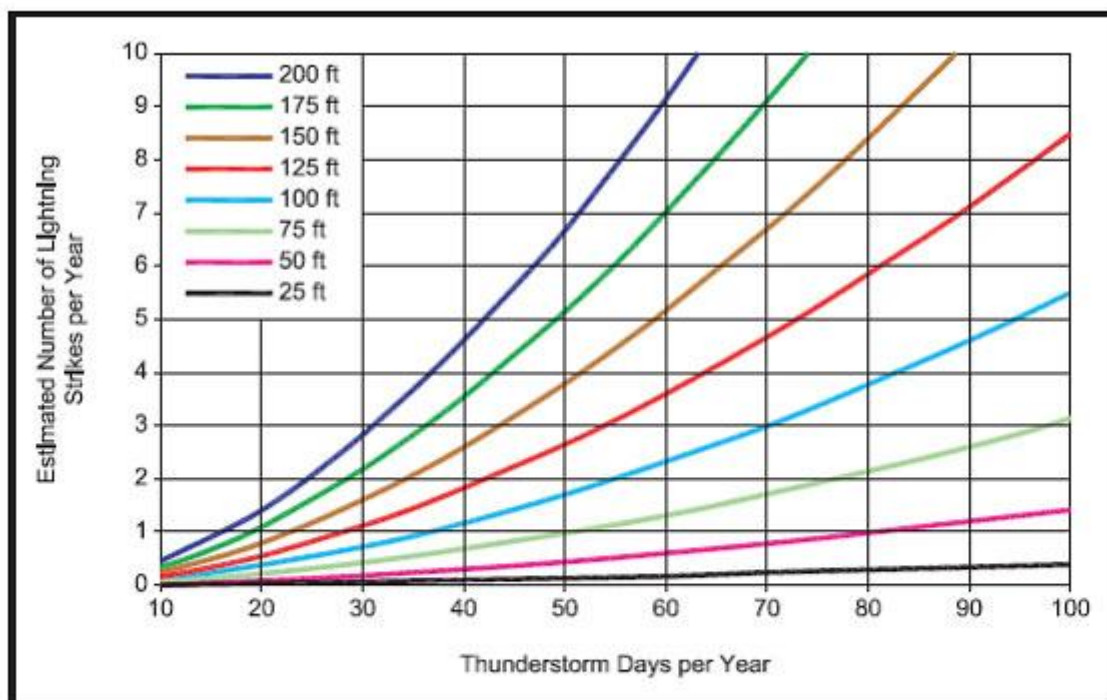


Рисунок 2. Усредненное за год количество разрядов молнии, основывающееся на количестве грозовых дней в регионе и высоте мачты антенны.

В любом случае, здесь мы хотим показать, что нужно сделать, чтобы защитить свою жизнь и оборудование от непосредственных угроз и сделать вероятность успеха максимальной. Любое радиооборудование имеет свои особенности, и нет таких решений, которые полностью подходили бы всем. Однако есть некоторые достаточно обоснованные принципы, которых следует всегда придерживаться. Отказ от следования этим принципам приведет к расходам и времени, и денег, а надежная защита без их учета все равно не будет реализована (может произойти даже большее повреждение, чем в случае, если бы не было сделано вообще ничего). Пожалуйста, тщательно следите за каждым шагом, помня об этих принципах, и тщательно применяйте полученную информацию к своим конкретным условиям.

Прежде всего, установите, что именно должно быть защищено. Цель процесса планирования состоит в том, чтобы вначале ограничить “зону защиты” пределами аппаратной, в противовес целому дому или зданию. Дополнительные зоны можно будет рассмотреть отдельно. Первым шагом в процессе должно быть определение того, что именно вы хотите защитить. Необходимо создать список и расставить оборудование по уровню приоритета. В начале списка необходимо указать дорогое оборудование, которое

должно быть защищено в первую очередь. Обычно это передающее и приемное оборудования.

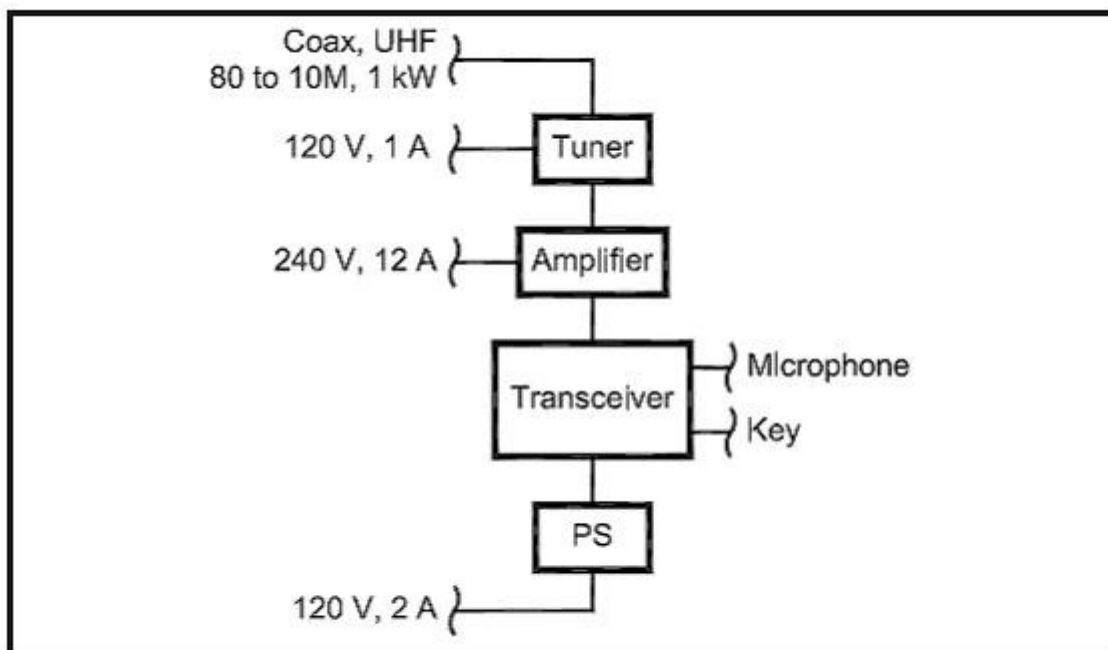


Рисунок 3. Блок-схема типичной простой HF радиостанции.

Без него работа никакой радиостанции невозможна, поэтому оно должно быть в верхней части списка. Далее по списку могут располагаться: антенна, поворотное устройство и линия передачи. Список и порядок приоритетов у каждого будут различны. Мысленно построим свой приоритетный список, стараясь не забыть каких-либо элементов нашего оборудования. Далее будем работать над развитием нашего плана защиты.

Первым шагом должно быть построение полной блок-схемы оборудования, располагаемого в аппаратной, начиная с пункта высшего приоритета. (Для других зон, нуждающихся в защите, потребуется отдельный план). Он является обычно простым и прямым. В некоторых случаях может оказаться необходимым посмотреть на оборудование с тыльной стороны, чтобы точно определить связи между элементами. Точность диаграммы важна при определении сути и эффективности плана защиты. Можно предположить, что пункты высшего приоритета в списке – это передатчик и приемник (или приемопередатчик). Если у вас есть множество таких пунктов, то они должны быть перечислены в порядке их ценности. Они – сердце вашего радиооборудования, так что сделайте их отправной точкой плана защиты, на котором вы, в свою очередь, исследуете и изобразите схематически каждый элемент станции.

Приняв в качестве первичного пункта приемопередатчик, представьте его в блок-схеме в виде одного прямоугольника. Промаркируйте его именем изготовителя и порядковым номером. Если ваше первичное оборудование – это пара передатчик/приемник, то представьте их в виде отдельных прямоугольников. Затем проследите, каким образом антенна соединяется с приемопередатчиком, передатчиком, или приемником. Если прямо, то ведите линию передачи прямо к краю листа. В случае же, если антенна связана с оборудованием через линейный усилитель, блок настройки антенны, или многопозиционный коаксиальный переключатель, добавьте его (их) как отдельный прямоугольник (и), соединенный с первичным радиооборудованием. Линия передачи,

идущая от них к антенне, должна быть продолжена на край листа. Промаркируйте на вашем плане самую низкую и самую высокую частоту линии передачи (МГц или название диапазона), максимальную передаваемую мощность в Ваттах (округленно), а также тип и разновидность разъема (например, UHF/PL-259 вилка или вилка N-типа).

Добавьте к диаграмме прямоугольники, отражающие каждый дополнительный приемопередатчик, передатчик, усилитель и приемник, размещаемые в вашей аппаратной. Убедитесь, что показали все взаимосвязи и связи с антенной для каждого из этих вторичных прямоугольников. Если у какого-либо вторичного радиооборудования есть прямая связь с антенной, изобразите линию передачи, продлив ее к краю страницы. Убедитесь, что промаркировали каждый прямоугольник именем изготовителя и порядковым номером, а каждую линию передачи - типом и разновидностью разъема, частотным диапазоном, и максимальной передаваемой мощностью.

На рисунке 4 показана блок-схема простой станции. На блок-схеме каждая часть радиооборудования и принадлежности, находящиеся в аппаратной, должны быть представлены прямоугольниками. К каждому из прямоугольников должны быть подведены линии, представляющие соединительные кабели и линии передачи. Каждая линия передачи, которая уходит из аппаратной и идет к антенне или к каким-нибудь установленным на вышке электронным приборам, должна быть проведена к краю страницы и промаркирована.

Первое приближение

Теперь пришло время один за другим исследовать каждый из прямоугольников и добавить к диаграмме другие электронные устройства (в виде прямоугольников), закончив все подключением к электросети и взаимными связями между всеми элементами. Некоторые из связей будут легко обнаружены на интуитивном уровне, в то время как другие потребуют немного более длительного «ползания» вокруг изнанки оборудования. Каждая связь должна быть включена - это важно для целостности решения. Единственное исключение - это не обладающие электропроводностью оптоволоконные линии связи. Чтобы аккуратно закончить диаграмму, выберите любой из прямоугольников и ответьте для него на все перечисленные вопросы. После выберите другой прямоугольник и сделайте то же самое, продолжая процесс до тех пор, пока все прямоугольники не будут исследованы.

Необходимо ответить на такие вопросы:

Есть ли связь между этим прямоугольником и любым другим прямоугольником?

Если да, - добавьте линию между соответствующими прямоугольниками и промаркируйте ее функцию.

Есть ли связь между этим прямоугольником и каким-либо из устройств, включенных в диаграмму блока? Среди этих устройств могут быть автономные усилители, источники электропитания, компьютеры, контроллеры работоспособности терминала, модемы, маршрутизаторы сети, концентраторы сети, и т.п.

Если да, - добавьте новое устройство к диаграмме как прямоугольник и промаркируйте его. Затем добавьте и промаркируйте связи. Повторяйте эту процедуру до тех пор, пока все связи этого прямоугольника с новыми устройствами не будут закончены.

Есть ли связь с источником питания переменного тока, требуемая для этого прямоугольника?

Если да, то чертите линию к краю страницы и маркируйте ее величинами напряжения и тока.

Есть ли требование подачи питания от источников переменного (AC) или постоянного (DC) тока по линии передачи или требование возможности дистанционного управления удаленными выключателями или электроникой?

Если да, то промаркируйте линию передачи на краю листа значениями пикового напряжения и протекающего по этой линии тока.

Уходят ли линии от прямоугольника в направлении отдаленных электронных устройств, реле, или поворотных устройств?

Если да, то прочертите линию к краю листа и соответственно промаркируйте ее.

Уходит ли линия переменного напряжения в направлении вершины вышки для освещения безопасности, выводов для удобства, шаговых двигателей, или мощных поворотных устройств?

Если да, то прочертите линию к краю листа и промаркируйте ее значениями требуемых напряжения и тока.

Соединен ли этот прямоугольник с телефонной линией, цепью телефона ISDN, цепью телефона DSL, или кабельной линией (RF, видео или данные)?

Если да, то прочертите линию к краю листа и промаркируйте ее соответственно.

Есть ли соединение этого прямоугольника с другой антенной системой, такой как антенная система для GPS, вещательного или кабельного телевидения, или тарелкой DBS?

Если да, то прочертите линию к краю листа и промаркируйте ее соответственно.

Есть ли соединение с другим оборудованием, расположенным в другом месте дома или строения, таким как кабельное оборудование телефонной сети или внутренней связи?

Если да, то прочертите линию к краю листа и соответственно промаркируйте ее.

Как только вы закончите процесс для каждого из прямоугольников, включая все новые, которые были добавлены, у вас появится точная блок-схема вашей радиостанции. Можно еще раз рассмотреть каждый прямоугольник, чтобы убедиться в том, что ничего не было упущено. Ваша блок-схема должна выглядеть как схема на рисунке 4. Теперь отстранитесь и посмотрите на реальное оборудование в аппаратной. Все ли элементы оборудования отражены в блок-схеме? Каждый металлический элемент на расстоянии в пределах полутора метров (во всех направлениях) от радиооборудования нужно рассматривать как часть радиооборудования, даже если он электрически не связан с ним. Если есть такой элемент, который не был включен в схему, необходимо тщательно исследовать его. Примером такого устройства может быть простой автономный телефон на рабочем столе или компьютерная система (процессор, монитор, клавиатура и мышь), любая часть которой расположена на столе или около него.

Расположенные по соседству устройства (телефон и или компьютер), не являясь частью электрической схемы радиооборудования, находятся в пределах искрового промежутка для основного радиооборудования и поэтому рассматриваются как непосредственно связанные с радиооборудованием. Они должны быть добавлены к блок-схеме. Следуйте в русле той же самой процедуры, согласно которой Вы имели обыкновение добавлять оборудование к блок-схеме. Например, на рисунке 4 также показан компьютер, который включен в план защиты, хоть он и не связан с ним непосредственно. Теперь, когда диаграмма точна и полна, проведите окружность вокруг всех прямоугольников, позволив каждой из линий, которые простираются на край страницы, пересечь окружность как показано на рисунке 5. Оборудование, представленное прямоугольниками в пределах круга, должно быть защищено. Все линии, идущие от круга до края страницы, называют входами / выходами линий или цепей.

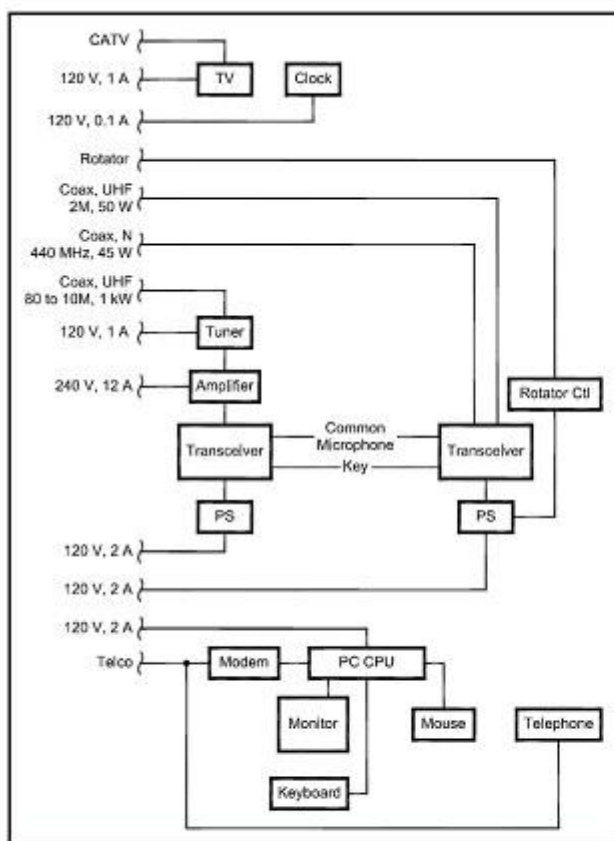


Рисунок 4. Блок-схема более сложной радиостанции.

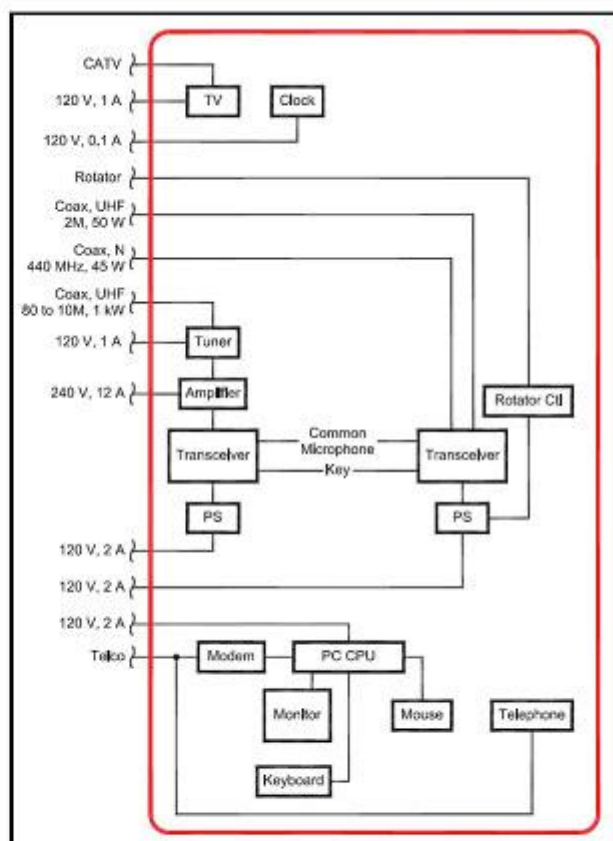


Рисунок 5. Входы/выходы радиостанции, которые должны быть защищены.

Все или ничего

Одно слово предостережения относительно точности и внимания к деталям; защищать надо все или ничего. Если линия входа / выхода пропущена по недосмотру, то план защиты испорчен, а повреждение от разряда молнии может быть хуже, чем при отсутствии какой-либо защиты вообще. Пожалуйста, имейте в виду: только лишь то, что оборудование может пережить прямой разряд молнии, еще не означает, что сможете Вы. Вы не должны работать (касаться) оборудования во время разряда, потому что Вы своим присутствием нарушаете защищенный круг оборудования по отношению к внешнему миру. Вы являетесь проводником, и это может причинить урон и Вам и вашему оборудованию. Теперь, когда Вы идентифицировали все линии входа / выхода для своей

станции, каждая из них должна быть защищена, а каждый из протекторов линий входа/выхода должен быть заземлен и установлен в общем месте. Мы обсудим, как это сделать в следующей части этой статьи.

Эфирный терминал

План грозозащиты оборудования объединяет захват и рассеяние энергии разряда молнии, устранение контуров заземления и защиту оборудования от бросков и переходных процессов, вызванных многочисленными источниками. Описанный в первой части процесс идентификации защищаемого оборудования может быть применен к любому элементу или набору электронного оборудования. С некоторыми поправками он может быть применен и к оборудованию, размещенному на вершине вышки, такому как, например, предварительные усилители или усилители мощности, к компьютеру, установленному в другой комнате, телевизионной системе или системе стерео радиовещания. Принцип - то же самый: идентифицируйте все электронные устройства и непосредственно присоединенное к ним оборудование, идентифицируйте все линии входов / выходов, добавьте ко всему устройства защиты и заземления. Цель проста; необходимо реализовать такую систему защиты, которая будет максимально надежной.

Защита каждой линии входа/выхода

Давайте исследовать каждую из линий входа / выхода, идентифицированных на уровне блок-схемы, деля их для обсуждения на широкие категории. Каждая линия входа / выхода представляет потенциальный источник броска напряжения или отвод (заземление) для энергии разряда молнии или непосредственно, или косвенно через соединяющий провод или дугу. Мы должны организовать такое устройство защиты, которое было бы физически и электрически подходящим для данного типа защищаемой линии входа / выхода. Устройства защиты есть относительно простая задача – при возникновении опасного напряжения произвести короткое замыкание. Эта задача может показаться простой, но в действительности решить ее так, чтобы на защищаемое оборудование не попала опасная часть энергии разряда, достаточно трудно. Это особенно важно для приемников с чувствительными входными каскадами на FET и электронных интерфейсов (RS 232, 422, и так далее), у которых максимальное допустимое напряжение интерфейса – только на несколько Вольт выше рабочего напряжения.

Лучшие устройства защиты линии входа/выхода включаются последовательно в разрыв линии между источником броска напряжения и защищаемой цепью. У последовательно включенных в соответствии с проектом защитных устройств есть способность ограничивать количество энергии разряда молнии, которую получит ваше оборудование. “Лучшие изготовители” определяют максимальное количество “неотведенной части энергии”, которую ваше оборудование получит во время разряда. Оно обычно определяется как количество энергии в диапазоне мили или микрожоуля. Выбирая устройства защиты, выбирайте те из них, которые допускают такое минимальное пропускание энергии, которое отвечает всем требованиям для данного соединения.

Коаксиальный Кабель

Первой из категорий устройств защиты, которую мы будем исследовать, является категория устройств защиты для коаксиальных кабельных линий. Устройства защиты для коаксиального кабеля уникальны тем, что они должны не добавлять к системе КСВН или потерь сигнала, и, в то же самое время, они должны работать в очень широком частотном диапазоне и при уровнях мощности, соответствующих как приемнику, так и передатчику.

Каждая из коаксиальных линий, находящаяся в зоне, окружающей защищаемое оборудование, должна иметь соответствующее устройство защиты. Как будет отмечено позже, коаксиальный протектор наряду со всеми другими устройствами защиты входов/выходов должен быть установлен на общей плате (или панели) и связан с внешней системой заземления. Два типичных протектора фирмы PolyPhase для использования на частотах ниже 1 ГГц показаны на рисунке 7. На рисунке оба из них показаны с разъемами УВЧ (гнездо), хотя возможно и исполнение с разъемами типа N как со стороны антенны, так и со стороны защищаемого оборудования в виде комбинации разъемов типа вилка и розетка. Есть и другие изготовители качественных устройств защиты от молнии. Доступны специальные коаксиальные протекторы, предназначенные для защиты линий входа/выхода в системах GPS, DBS, эфирного и кабельного телевидения, так же как и для защиты устанавливаемых на вершине вышки усилителей и удаленных антенных переключателей, которые требуют передачи питающих напряжений переменного или постоянного тока. Все протекторы изготавливаются с соответствующими типами разъемов, обычно используемыми в этих применениях.

Линия в виде открытого провода или шлейфа

Хотя защищать открытый провод или шлейф не так удобно, как коаксиальную линию, соответствующая защита гарантирована и возможна. Выберите два идентичных газоразрядных протектора и соедините их с каждой ножкой вывода линии передачи, чтобы заземлить ее около точки входа. Каждая газоразрядная трубка должна быть выбрана как способная к обработке мгновенного пикового тока величиной приблизительно 50000А, на основании определенного стандартом IEEE тестового импульса длительностью 8/20 мксек и иметь отпирающее напряжение, которое много больше нормального рабочего напряжения в линии передачи. Убедитесь, что учли в вычислениях самый высокий КСВН и самую высокую передаваемую мощность. Типичное отпирающее напряжение колеблется от 600 до 1200 V. Выбранное напряжение должно быть равно удвоенному расчетному напряжению, чтобы минимизировать возможность случайного пробоя газоразрядных трубок во время настройки или других аномалий в передатчике.

Имейте в виду, что применение газоразрядных трубок для защиты открытого провода или шлейфа представляет собой соединение типа шунта, в противоположность коаксиальным протекторам, которые включаются в линию последовательно. Это означает, что линия передачи разделит существенное количество энергии разряда молнии с Вашим оборудованием прежде, чем газоразрядная трубка начнет проводить. К сожалению, этот тип линии передачи мешает достигать высокого уровня надежности при защите высококачественных приемников.

Источник питания переменного тока

Устройства защиты входов источников переменного питающего напряжения могут иметь различные формы, возможности и способы включения. Относительно выбора такого протектора должны быть сделаны некоторые предостережения. Есть много довольно недорогих протекторов линий электропитания на рынке, которые являются явно не подходящими для защиты от молнии. Надежность многих из этих протекторов зависит от параметров провода защитного заземления, который должен отвести энергию разряда или всплеска. Для того чтобы защитное заземление могло обеспечить прохождение постоянного тока на землю, обычно используют #14 провод AWG, который имеет слишком большую индуктивность относительно времени нарастания тока (энергия RF) в разряде, который он должен отвести на землю.



Рисунок 6. Типовые коаксиальные протекторы PolyPhaser IS-50UX и IS-B50LU.

Кроме того, некоторые изготовители низкого уровня, предлагая последовательно включаемые протекторы для линий переменного напряжения, используют катушки индуктивности с ферритовым сердечником для того, чтобы получить малые физические размеры протектора.

В то время как такой подход работает хорошо, если защита просто противодействует шуму линии электропередачи, то при грозовом разряде катушка индуктивности моментально насыщается массивным током реального разряда, и преимущество индуктивности исчезает. Применения пластмассовых корпусов и печатных плат нужно избегать, где только возможно, так как они наиболее вероятно не выдержат разогрева при реальных условиях разряда, т.е. именно тогда, когда Вы будете особенно нуждаться в них.



Рисунок 7. Линейный протектор сетевого напряжения.

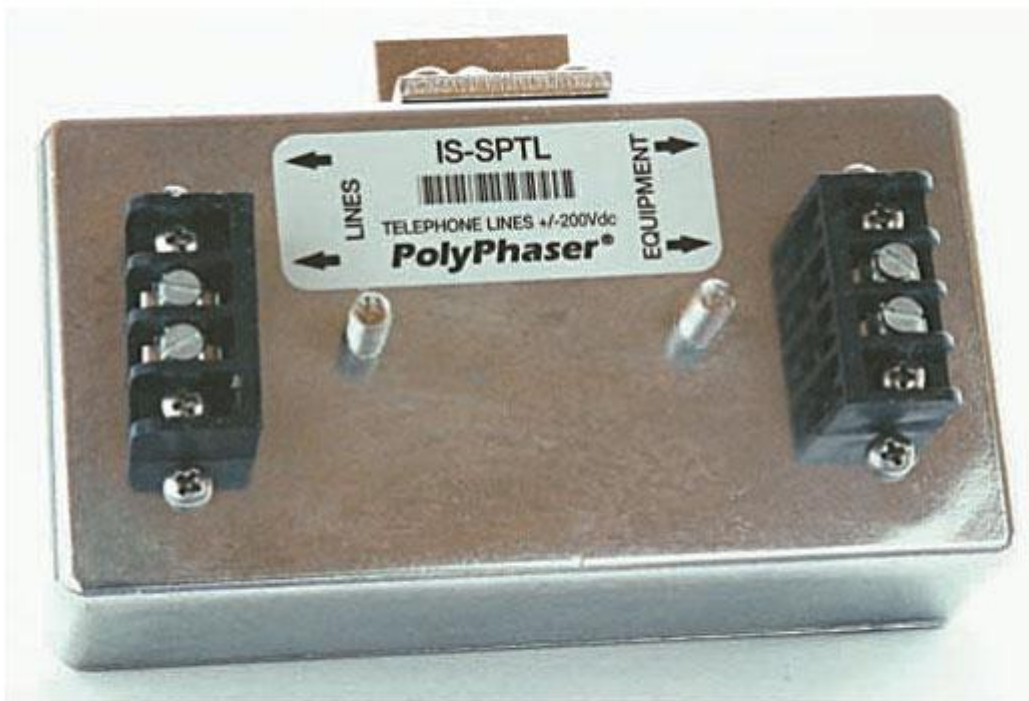


Рисунок 8. Протектор телефонной линии.

Поскольку Вы устанавливаете местную зону защиты для аппаратной, Вы должны выбрать действующий протектор мощности переменного тока, который показан на рисунке 7 и который соответствует Вашим требованиям по напряжению и току. Для самых малых станций и станций среднего размера, один протектор на переменное напряжение 120 В, и ток 15 или 20 А удовлетворит все наши потребности в питающем переменном напряжении. Каждый из электронных элементов, соединенный с линией питания переменного тока, простирающейся за пределы очерченного круга, должен быть сведен к единственной линии, пока это допустимо в пределах максимальной силы тока выбранного протектора (обычно 15 или 20 А). У больших станций с мощными усилителями или передатчиками наиболее вероятно будут использоваться отдельные 120 VAC или 240 VAC цепи питания переменного тока, которые потребуют отдельных протекторов цепей питания переменного тока. Некоторые высококачественные станции могут потребовать протекторов на 100 А или 200А. Если дополнительный источник питания станции переменным напряжением установлен для удобства, для снижения потребления или управления двигателями (например, отдельного поворотного устройства антенны), то эта цепь переменного тока должна быть защищена отдельно, поскольку она находится вне аппаратной.

Телефонные линии

Телефонные линии входят во многие типы устройств, но, безусловно, самым часто повторяющимся случаем является применение обычной телефонной сети общего назначения (POTS). Это – симметричная линия со схемой постоянного напряжения –48 VDC для голосовой связи и переменного напряжения до 140V для вызова. Последовательно включенный протектор - самый эффективный тип протектора для POTS среди различных типов протекторов, пригодных для телефонных линий с различными особенностями. Одно из устройств, пригодных для этой цели, показано на рисунке 8.

Слово предостережения – многие из протекторов, представленных на рынке, используют модульные соединители (RJ-11,-12,-45). В то время как это обеспечивает большое удобство для установщика, электрически - это очень хрупкий соединитель, и очень вероятно, что обычное количество энергии броска разрушит соединитель, расплавив его. Кроме того, есть также проблемы, связанные с огнеопасной пластмассой корпусов, параметрами заземляющего провода и печатных плат, т.е. все то, что может привести к возникновению дуги на стороне оборудования.

Защита коммуникационного оборудования

Протекторы коммуникационного оборудования (например, фирмы CRITEC) обеспечивают рабочие характеристики при защите интерфейса терминала телекоммуникационного оборудования от переходных процессов на телекоммуникационной линии. Семейство устройств Critect TLP включает модели, разработанные для того, чтобы защитить аналоговое оборудование голосовой связи, и высокоскоростных цифровых сетей, обеспечивая оптимальную защиту независимо от типа используемой сети.

Цепи управления

Цепи управления всеми внешними устройствами должны быть обязательно защищены, особенно те из них, которые установлены на вышке. Это могут быть, например, поворотные устройства антенн. Так как большая часть схемы, управляющей поворотным устройством антенны, основывается на электромагнитных реле (в противоположность электронным реле), мы можем использовать менее дорогое защитное устройство типа шунта, такое как показано на рисунке 9. На рынке имеются некоторые новые поворотные устройства, которые используют оптические кодирующие устройства и скромно защищенный цифровой интерфейс. Они должны также быть защищены. Однако метод защиты изменится, так как интерфейс является электронным. Определение пиковых рабочих напряжений интерфейса - это прямой путь к тому, чтобы сделать выбор соответствующего последовательного протектора для отдельных линий.

Защита оборудования управляющего сигнала

Промышленная среда является склонной к опасным и разрушительным переходным процессам и броскам, которые могут быть наведены на линии сигнала как результат разряда молнии, переключения источника электропитания или электростатических разрядов. Эти броски и переходные процессы могут вызвать сбой при работе оборудования или помехи в цепях управления, приводящие к отказу системы. Неконтролируемые броски и переходные процессы подвергают опасности и здоровье, и безопасность, и могут привести к дорогому ремонту оборудования, значительному времени простоя производства, потерям дохода и прибыли.

Разное

В зависимости от типа оборудования, размещаемого в аппаратной, там могут оказаться дополнительные линии входа/выхода, которые остаются пока незащищенными. Обратимся к нескольким наиболее общим случаям. Другие случаи, вероятно, потребуют некоторого особого внимания, основанного на физических условиях зоны защиты. Соединения кабеля сети Ethernet, связывающие станцию с внешним миром или компьютером в другой комнате, также должны быть защищены с применением отдельного плана защиты. Для 10 и 100 Мбит/с сети UTP (неэкранированная витая пара),

рекомендуется использование ITW LINX протекторы для кабеля Cat5-LAN (четыре пары). Этот протектор предназначен для защиты проводных соединений и включается последовательно в разрыв сети. Он использует блоки зажимов типа 110 и заземлен подобно другим протекторам. Для тех аппаратных, которые имеют входы вещательного или кабельного телевидения, защита подобна коаксиальным протекторам, описанным выше за исключением того, что, импеданс устройства – 75 Ом, и используются разъемы типа F.

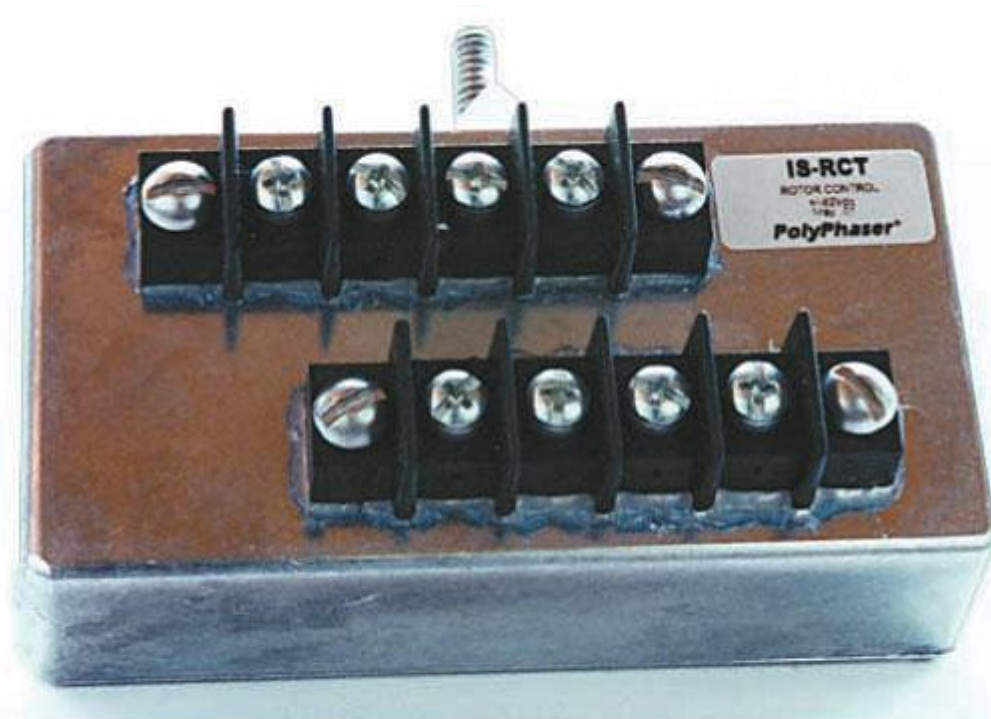


Рисунок 9. Устройство типа шунта, способное защитить до 8-ми линий с рабочим напряжением до 82В.

Для одиночных и двойных LNB DBS тарелок протектор должен иметь очень широкую полосу пропускания и передавать постоянное напряжение по центральному проводнику. Линии передачи GPS также обычно обязаны нести напряжение постоянного тока. Высококачественный протектор отделит цепь RF от DC цепи и защитит каждую из цепей относительно ее собственного напряжения и уровня мощности.

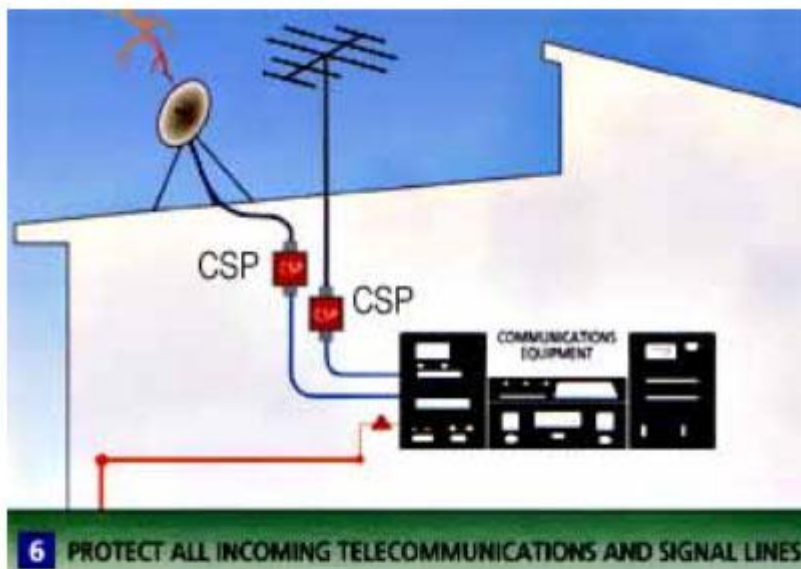


Рисунок 10. Защита высокочастотного оборудования

Защита оборудования радиосвязи и сетей передачи данных

Коаксиальные устройства защиты от перенапряжений (CSP) разработаны для защиты радиооборудования от разрядов молнии, NEMP и других наведенных электромагнитных помех на коаксиальные кабели антенны. CSP являются подходящими для использования в кабелях на средних частотах, высоких частотах, УКВ и УВЧ.

Компьютерная система - основная часть современного бизнеса. Поскольку компьютер стал по размерам меньшим, он стал также более уязвимым, как для напряжений переходных процессов, так и для статического электричества, включая и разряды молнии. Современные средства защиты обеспечивают исчерпывающую защиту данных в распределительных сетях LAN, таких как Ethernet и Token Ring.

Заключительные входы/выходы

Каждая линия, которая проникает через круг и идет на край страницы, теперь имеет идентифицированный протектор.

Единственная точка заземления

Следующий шаг в процессе разработки средств защиты перенесет нас из сферы теоретической разработки, которую мы уже сделали, в реальный мир практического проекта и размещения компонентов. Хотя это и не обязательно, но есть много обстоятельств, которые следует принять во внимание, когда мы делаем каждый шаг. Большинство из применений будет уникально для физических обстоятельств, связанных с Вашей аппаратной. Как уже упоминалось ранее, первичная цель протектора относительно проста – создать короткое замыкание при угрозе повреждения оборудования. При закорачивании всех проводов, относящихся к интерфейсу, никакой ток не может течь через оборудование между проводами интерфейса. Если расширить эту предпосылку далее, то при установке всех протекторов вместе никакой ток не сможет течь между интерфейсами

входов/выходов. Следовательно, никакой бросок тока молнии не будет протекать через защищенную часть электронного оборудования.

Для того чтобы сделать такое возможным, необходимо определить, что представляет собой “Единственная Точка Заземления”. Это одна и только одна точка в аппаратной, где присутствует заземляющий контакт. Необходимо с осторожностью относиться к термину «заземление». Во время разряда молнии заземление – это нечто, что способно быть каналом отвода энергии. По этому определению абсолютно все, что не имеет один и тот же электрический потенциал, может быть таким каналом. Поскольку перемещение электрических сигналов на расстояние 30 см происходит приблизительно за 1 наносекунду, то за время быстрого нарастания даже за короткие промежутки времени могут возникнуть существенные разности потенциалов из-за различия в расстоянии при перемещении заряда. Способ создания единственной точки заземления будет отличаться для каждой установки. Он может быть таким простым, как соединение нескольких свинченных вместе протекторов или входная панель, проходящая сквозь стену, или таким сложным, как покрытая медью стена, на которую установлены протекторы. Независимо от оформления Вашей единственной точки заземления, она должна быть единственным пунктом заземления для всего оборудования в пределах очерченного на уровне блок-схемы круга.

На рисунке 11 показана одноточечная панель заземления. Это прочная медная панель на фибролитовой основе, подходящая для малых и средних аппаратных. К ней подключена медная полоса 1½ дюйма шириной для соединения панели с внешней системой заземления и вторая 1½-дюймовая медная полоса для соединения со всем Вашим оборудованием на рабочем столе. Панель предназначена для установки на стене около радиооборудования. Для удобства будем использовать для Панели Единственного Заземляющего Пункта ее сокращенное обозначение – SPGP.

Теперь, когда у Вас есть монтажная поверхность, которая станет основанием единственного пункта заземления, большое внимание должно быть уделено физическому размещению протекторов на SPGP. Помните, что протектор требуется для каждой линии входа/выхода, которая покидает круг на блок-схеме. При исследовании протектора промаркируйте, какой стороной его разъем обращен к источнику опасности (внешний мир), а какой стороной – к Вашему оборудованию. Это важно, так как протекторы согласно их собственной схеме не обязательно симметричны. Поэтому при изменении направления они не смогут функционировать должным образом.

Значимым фактором при размещении протекторов на SPGP является поддержание физического разделения между входящими незащищенными кабелями (антенные фидеры, сетевой кабель, линии поворотного устройства, и т. д) и защищенной стороной тех же самых соединений. В результате прохождения через последовательно включенный в разрыв линии протектор в течение короткого времени напряжения, имеющего “уровень искрового промежутка”, может возникнуть дуговой разряд между входом и выходом протектора. Планируя расположение SPGP, Вы должны обязательно принять это во внимание.



Рисунок 11. Типовая панель для заземления в одной точке

Генеральная линия состоит в прочерчивании воображаемой диагональной линии около центра панели как показано на рисунке 12. Определите область выше линии как защищенную, а область ниже линии как незащищенную (или наоборот).

Удостоверьтесь, что Вы предусмотрели, как будет установлена панель; как «незащищенные» кабели войдут в незащищенную область и как «защищенные» кабели покинут панель. Отметим, что при двухмерном рисунке не учитывается действие силы тяжести. На рисунке 12 покидающие панель кабели направо выше пунктирной линии должны быть закреплены. Если защищенные кабели не закрепить, то сила тяжести заставит их, в конечном счете, свисать и приближаться к незащищенным кабелям, а возможно и касаться их. Если это случится, то в момент прохождения разряда может возникнуть потенциал, способный пробить искровой промежуток протекторов между входящими и выходящими кабелями и, следовательно, - нарушить план защиты.

Итогом такой аккуратности будет то, что кабели (линии передачи, подводы питания переменного и постоянного тока, присоединяющие громкоговоритель, микрофон, компьютер, цепи управления) будут достаточно короткими, будут аккуратно разведены между корпусами с использованием на практике самого прямого маршрута. Нужно избегать сматывания кабелей, имеющих излишнюю длину, в катушки на незащищенной стороне, так как они могут действовать как трансформаторы с воздушным сердечником, передавая магнитную энергию при близком разряде молнии обратно в защищенное оборудование. Шасси заземления для каждого элемента радиооборудования должно также быть связано с SPGP. SPGP – наша контрольная точка в момент разряда, и важно, чтобы все элементы радиостанции имели один и тот же потенциал в то же самый момент времени (наносекунды). Для малых станций и станций среднего размера, где все оборудования помещается на столе, обычно достаточно единственной соединительной медной шины или полосы для соединения с SPGP. Для станций, в которых в дополнение к рабочему столу используются автономные шкафы или стойки, проблема времени нарастания становится более существенной из-за большего расстояния до общей точки заземления. Это потребует прямого соединения отдельного шкафа/стойки с SPGP. Кроме

того, у станций таких размеров есть другие специфические особенности, такие как, например, проводимость бетонного пола, которые пока не рассматривались.

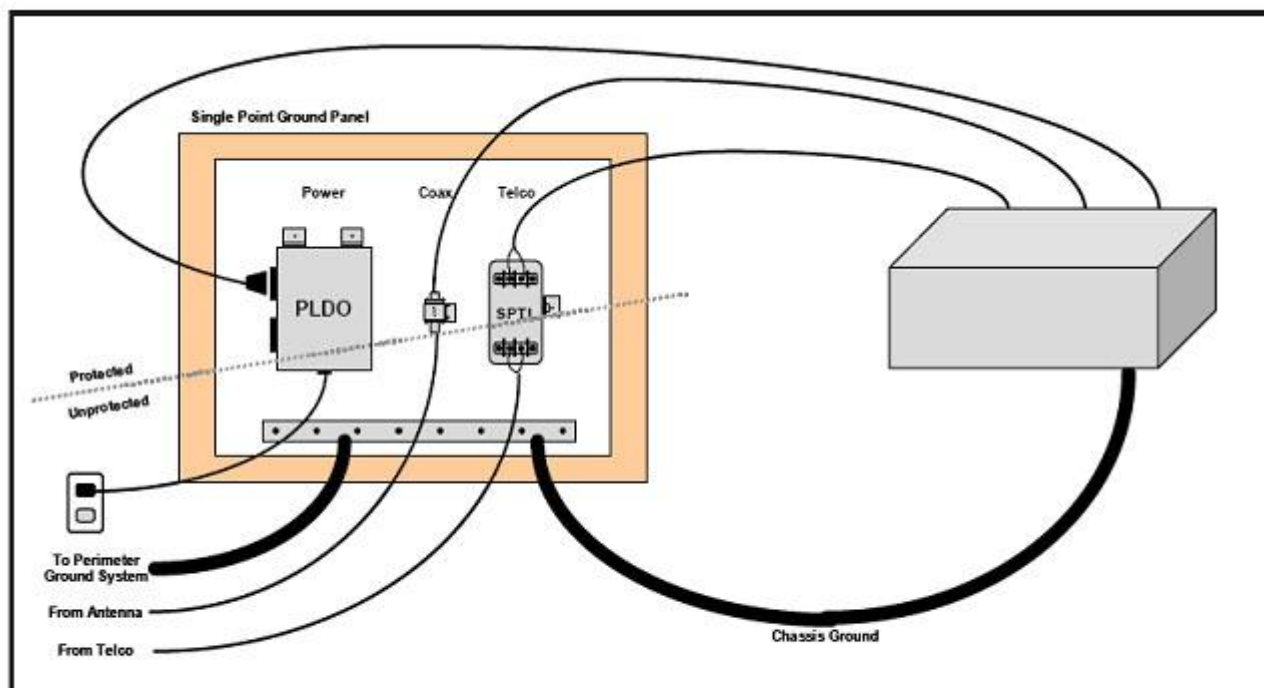


Рисунок 12. SPGR с разделением защищенных и незащищенных кабелей.

При размещении SPGP не забудьте учесть возможность развития своей станции. Обычно это означает, что нужно оставить место для дополнительного протектора одной или двух линий передачи и, возможно, для протектора цепи управления поворотным устройством. Легче сразу запланировать расширение, чем после переустанавливать протекторы на панели заземления. Если выбранная Вами форма SPGP является металлической пластиной, установленной в нише или полностью вмонтированной в стену, Вы можете проигнорировать остаток этого параграфа, поскольку следующее главное внимание будет посвящено размещению SPGP по отношению к радиооборудованию. SPGP лучше всего установить на внутренней части внешней стены с доступом к заземлению и в пределах нескольких метров от радиооборудования. Может показаться, что это легко, но при определенной геометрии Вашей аппаратной, это может оказаться почти невозможным. Давайте это проработаем.

Ограничения, задаваемые реальным миром, иногда неожиданно вызывают большие проблемы. Одна из самых больших проблем – это заземление SPGP. Присоединение шины из #6 проводов AWG к радиатору или водопроводной трубе является обычно не приемлемым! Говорим «обычно» потому что вполне возможно, что Ваша аппаратная располагается на верхнем этаже высотного здания, и нет других вариантов размещения. Обсудим реальные для этого случая требования и обратимся к этой проблеме позже.

Цель заземления состоит в том, чтобы, получив энергию, поступающую в кабели линии передачи, идущей от антенны, или линии управления (в меньшей степени на вводы питания и телефонные линии), обеспечить для нее маршрут прохождения назад к земле для рассеяния в ней. Если импеданс заземления будет низким, то энергия разряда предпочтет этот путь и будет рассеяна полностью. Чтобы достигнуть низкого импеданса

заземления, заземляющий проводник должен быть коротким (расстояние), прямым и широким.

Короткий

Все мы знаем, что у проводника, независимо от его размера или формы, есть индуктивность, которая увеличивается с длиной. Соединение SPGP с внешней системой заземления должно быть сделано самым коротким проводником. Было сказано “проводником”? Убедитесь, что прочитали “широким”.

Прямой

Редко бывает возможным (если здание не было построено специально для радиостанции), чтобы соединение между собственно SPGP и внешней системой заземления имело бы вид короткой, прямой линии. Обычно мы должны учитывать существующую структуру, которая не является идеальной, и, кроме того, требует учета ограничений с точки зрения эстетики. Другими словами, учета того, сколько беспорядка при реализации схемы заземления можно допустить. Мы должны приложить все те усилия, какие можем приложить. Поэтому «прямо» становится относительным понятием. Проводите заземляющий проводник (опять тот же термин) прямо настолько, насколько это возможно. Имейте в виду, что при каждом повороте проводника его индуктивность несколько увеличивается; ~ 0.15 мкГн для поворота на 90 градусов с радиусом меньше чем 2,5 см. Совокупный эффект нескольких поворотов может быть значительным. Согласно свойствам магнитных полей широкий проводник (полоса) имеет более низкую индуктивность на единицу длины по сравнению с круглыми проводниками и имеет минимальную индуктивность при поворотах. Также имейте в виду, что быстро изменяющимся электрическим полям не нравится изменять направление. Индуктивность при каждом изгибе или повороте вызывает скачек скорости, приводя к резкому изменению поля на малом расстоянии. Если изменение будет достаточно большим, то существует вероятность того, что некоторые из электронов оставят проводник и найдут какой-либо другой путь к земле; то есть, возникнет дуговой разряд. Это не желательно; мы потеряли контроль над ситуацией.

Широкий

Все мы знаем, что независимо от его размеров, любой проводник имеет индуктивность. У провода большого сечения индуктивность меньше, чем у провода с малым сечением. Мы также знаем, что энергия RF распространяется около поверхности провода в противоположность постоянному току, который распространяется в пределах центрального ядра провода (поверхностный эффект). Если бы мы попытались решить задачу в лоб, т. е. за счет прямого увеличения физических размеров шины, то правильно было бы использовать шину размером в железнодорожный рельс как превосходный соединитель между SPGP и заземлением. Такая большая шина работала бы хорошо, так как она имела бы и большую площадь поверхности, и массивное ядро. Однако ее стоимость была бы предельно большой, и с нею было бы чрезвычайно трудно работать. Мы можем получить преимущества большой шины при очень разумной стоимости, если вместо нее используем широкую медную полосу. Полоса, имеющая ширину около 4 см, имеет индуктивность меньше чем #4/0 AWG провод, не говоря уже о том, что она не такая дорогая и с ней намного легче работать. Мы можем использовать тонкую медную полосу, чтобы благополучно пропустить энергию разряда молнии, потому что импульс энергии имеет очень короткую продолжительность, а сечение этой полосы больше чем #6

проводов AWG. У полосы есть большая площадь поверхности, которая делает ее идеальной для того, чтобы пропустить RF энергию разряда.

Цель состоит в том, чтобы сделать путь заземления от SPGP более предпочтительным, чем любой другой путь. Чтобы достигнуть этого, мы должны определить общую сумму площадей поверхностей коаксиалов, приходящих в SPGP от антенн. Окружность единственного 9913 коаксиального кабеля составляет приблизительно 3,25 см проводящей поверхности проводника. Чтобы создать свой, соответствующий энергии волны, путь заземления, нам в идеале необходима большая поверхность, чем у 3,25 см проводника, уходящего от SPGP. В тех же случаях, когда использование единственного оставляющего панель проводника шириной 4 см приемлемо, то полоса шириной 7 или более см будет еще лучше. Индуктивность вычисляется на длину соединения между SPGP и землей с учетом количества и резкости поворотов. Если бы Вы имели три проводника шириной по 2 см, то они были бы эквивалентны полосе с минимальной шириной 22,5 см, а еще лучше 28 см. Таким образом, мы определили, какие защитные устройства необходимы и как их надо установить, чтобы получить эффективный барьер для энергии молнии.

Внешнее заземление

Теперь важно вспомнить руководящие принципы реализации хорошего внешнего заземления, способного поглотить и рассеять энергию молнии.

Для эффективной работы системы защиты от молнии, важно обеспечить низкий импеданс заземления, чтобы облегчить рассеяние энергии молнии в массе земли. Решетка заземления должна минимизировать повышение потенциала напряжения заземления, и таким образом уменьшить риск травмирования персонала или повреждения оборудования.

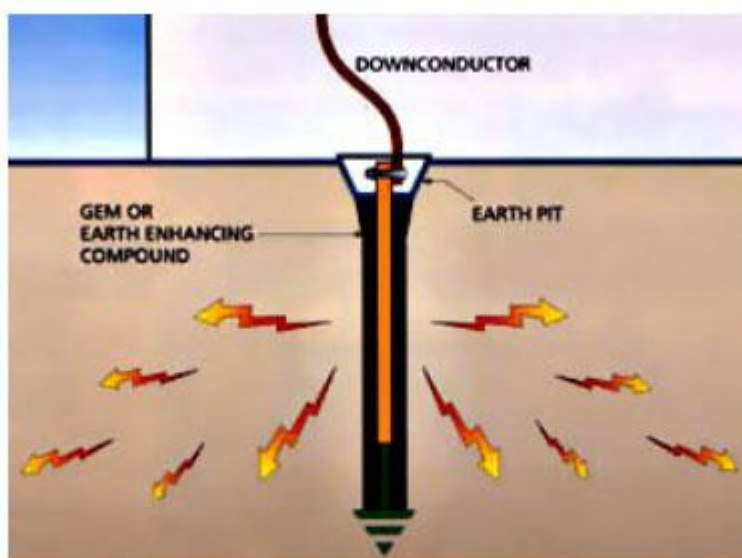


Рисунок 13. Практическое выполнение контура заземления

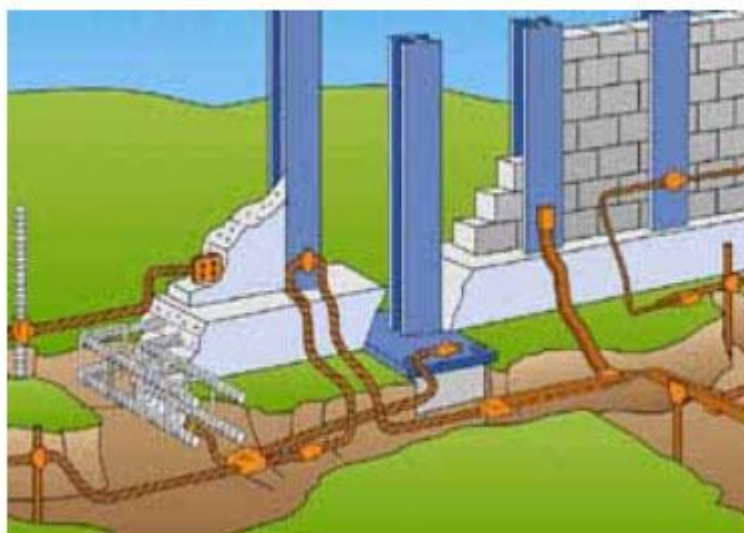


Рисунок 14. Оформление нескольких линий заземления и соединений

Отметим: Материал Улучшения Заземления (GEM) или Состав Усиления Земли являются материалами, применяемыми для невыщелачивающей обработки, которые могут резко уменьшить сопротивление решетки заземления и ее импеданс. Часто места соединения проводников – это самый слабый пункт электрической цепи, и особенно тех цепей, которые подвергаются старению и коррозии, а также воздействию больших блуждающих токов. Способность заземляющей цепи защитить безопасность персонала сильно зависит от качества выполнения соединений. Экзотермическая система CADWELD позволяет выполнить молекулярные соединения медь и медь/алюминий и медь/сталь и алюминий/алюминий и алюминий без внешней энергии или источника нагрева. Принцип состоит в соединении вместе материала наполнителя и агента воспламенения в подходящей структуре из графита. "Состав" металла сварки зависит от металла, который должен быть сварен (медная окись и алюминий для сварки медь/медь). Восстановление окиси меди алюминием производит литой медный и алюминиевый окисный шлак при температуре до 2000°C. Достижение эквипотенциальности соединения – очень важная

мера для того, чтобы уменьшить опасность повреждение оборудования и угрозу жизни для любого участка, который защищается. Эквипотенциальность достигается посредством соединения всех цепей и проводников таким способом, при котором уменьшаются потенциальные различия между элементами системы защиты элементов освещения, структуры металлической основы, металлической установки, проводящими частями и электрическими и телекоммуникационными установками в устройстве. В некотором оборудовании однако, в целях минимизации "шума" и по другим причинам, могут быть установлены отдельные заземления для защиты освещения, главного сетевого ввода, компьютера и коммуникационного оборудования. Хотя это может спасти от шумов при нормальных условиях, при больших различиях в потенциалах могут возникнуть условия для "сбоев" или "бросков". Устройства TEC ERICO помогут решить эти проблемы, оставаясь в режиме "разомкнутой цепи" при нормальном функционировании, но формируя "замкнутую" цепь при переходных условиях.

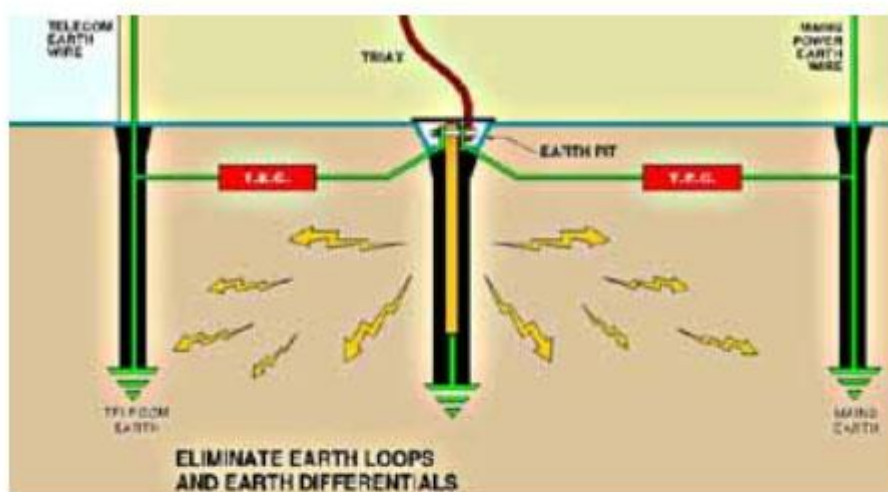


Рисунок 15. Достижение эквипотенциальности линий заземления.

Заключение

Шахматисты любят повторять, что лучше играть по плохому плану, чем вообще без плана.

Это в том смысле, что, играя по плохому плану, можно проиграть, а, играя без плана, никогда не выиграешь!

Постарайтесь на основе приведенных здесь рекомендаций создать и реализовать хороший план защиты, – и Вы обязательно выиграете.