ЭЛЕКТРОМАГНИТ- НАЯ ЗАЩИТА портов оборудования с интерфейсами 100/1000BASE-T

Часть 3. Как обеспечить надежную работу оборудования и систем связи в условиях воздействия электромагнитных помех. Решения и рекомендации инженеров COMMENG.

Д.Терентьев, технический директор компании COMMENG /
ic@commeng.ru

УДК 621.391.31, DOI: 10.22184/2070-8963.2020.88.3.36.42

Статья в определенной мере является продолжением цикла публикаций "Аварии на объектах связи. Причина – опасные электромагнитные влияния" [1–6] и обобщает опыт разработки и эксплуатации оборудования (и устройств защиты для него) для проводного и беспроводного ШПД, систем IP-видеонаблюдения, использующих интерфейсы Ethernet и работающих в условиях воздействия электромагнитных помех.

В первой части данной статьи были рассмотрены особенности схемотехники портов Ethernet, а также кабелей и линий связи, влияющие на устойчивость оборудования к воздействию импульсных помех. Кроме того, дан обзор схем и принципов построения устройств защиты и их элементной базы.

Во второй части автор делится с читателями своим взглядом на то, каким образом заземляющие устройства и экраны кабелей становятся источниками электромагнитных помех и почему устройства защиты от импульсных помех надо рассматривать как часть системы уравнивания потенциалов.

Данная часть статьи является заключительной и для лучшего ее понимания рекомендуется ознакомиться с предыдущими.

Во всех частях используется сквозная нумерация источников, таблиц и рисунков.

ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ. ПРОДОЛЖЕНИЕ

Во второй части статьи автор высказал свое мнение о том, какое значение имеет и как определяется параметр Response Time (время срабатывания) применительно к устройствам защиты Ethernet и как нужно заземлять экран кабеля (с одной или двух сторон). Далее рассмотрим еще два важных вопроса.

Нужно ли электрически соединять (или, наоборот, изолировать) IP-камеру, ODU БШПД или другое подобное оборудование с металлоконструкциями (мачта, опора, металлический ангар), на которых они установлены?

Если нет причин подключать оборудование к металлоконструкциям, то делать этого не надо. Причины могут быть различными – например, выполнение требований техники безопасности (в том случае, если на оборудование подается опасное напряжение).

Еще один пример – использование металлоконструкций мачты в качестве обратного провода для подачи питания на ODU, причем в качестве прямого провода использованы свободные жилы кабеля – такое решение реализовано, например, в ряде моделей беспроводного оборудования компании "Инфинет" [23]. Такие случаи вынесем за рамки обсуждения, ограничившись лишь теми, когда в электрическом соединении токоведущих частей оконечного оборудования с металлоконструкциями нет необходимости в связи с требованиями правил техники безопасности, особенностями электропитания или по другим причинам.

Вернемся к удару молнии в мачту с установленным на ней оборудованием (рис.9 в части 2 статьи) и рассмотрим его как "черный ящик" (рис.10 там же).

Упростим модель максимально: не в одну, а несколько итераций. В результате получим следующее: на мачте установлен ODU в металлическом корпусе, электрически соединенном с телом мачты в точке 1. Мачта подключена к молниезащитному заземлению в точке 2 и имеет комплексное сопротивление Z_{1-2} в спектре частот, в котором находится основная энергия импульса молнии.

Внутри ODU имеется точка 3, например, средний вывод обмотки линейного трансформатора, к которому подключен приемник PoE. Точка 3 через провод с сопротивлением Z_{3-4} соединена с точкой 4 в схеме источника PoE блока IDU. Через электроустановку постоянного тока (сопротивление Z_{4-2}) точка 4 соединяется с контуром заземления контейнера.

Предположим, что сопротивление между любым элементом системы уравнивания потенциалов (в том числе и тем, к которому через сопротивление Z_{4-2} подключена точка 4) и молниезащитным заземлением мачты равно нулю. Это невозможно на практике, но, как подчеркнуто выше, модель упрощена до предела.

При протекании тока молнии i_m по телу мачты между точками 1 и 2, и, следовательно, между точками 1 и 3 будет приложено напряжение, равное произведению $U_{1-3} = i_m \times Z_{1-2}$.

Для нас достаточно будет оценить значение этого напряжения. Предположим, амплитуда импульса тока молнии составляет 50 кА, комплексное сопротивление мачты между точкой подключения ODU и молниезащитным заземлением – 0,5 Ом, в результате получаем амплитудное значение перенапряжения 25 кВ. Величина эта вполне реальная, такого значения вполне достаточно, чтобы внутри ODU произошел пробой, который приведет к выходу из строя полупроводниковых и пассивных

элементов, трансформатора, выгоранию дорожек на плате или пробоям между ними. При любом из этих повреждений оборудование перестает работать и нуждается (или даже не подлежит) в ремонте.

Из-за ограниченного объема статьи не будем рассматривать другие источники помех, например, коммутационные в электрических сетях или подключения-отключения мощных потребителей энергии, протекание тока нулевой последовательности при "отгорании нуля" и т.п.

Эти помехи могут возникать как в аварийных, так и в штатных режимах эксплуатации на промышленных и энергетических объектах, электрифицированных железных дорогах. Желающим лучше разобраться, почему заземляющие устройства

и подключенные к ним проводящие электрический ток конструкции становятся источником помех, рекомендуются вторая часть настоящей статьи, а также источники [2, 3, 4, 14, 15, 16, 20, 21, 22].

Делаем вывод: необходимо электрически изолировать токоведущие части оконечного устройства от металлоконструкции. Если корпус устройства выполнен из металла, то надо принять меры для предупреждения воздушного разряда между корпусом и металлоконструкцией.

Где должны размещаться устройства защиты?

Рассмотрим схему (рис.14), рекомендованную производителем оборудования БШПД. Устройства защиты в исполнении Outdoor устанавливаются на мачте около блока ODU и в нижней части мачты максимально близко от ввода в здание или контейнер. Контакты заземления устройств защиты подключены к металлоконструкциям мачты. Внутри контейнера установлено еще одно устройство защиты, подключенное к его контуру заземления.

Данная схема реализована множество раз в течение ряда лет и обеспечивает надежную работу и защиту от помех. Надо отметить, что корпус блока ODU в данном случае выполнен из металла, экран кабеля электрически соединен с корпусом этого блока и контактами заземления устройств защиты и через них с металлоконструкциями мачты. При этом причиной такого решения здесь является подключение блока корпуса ODU к мачте и экрана кабеля к блоку ODU, а следствием из нее – установка еще одного защитного устройства в нижней части мачты и подключение устройств защиты к металлоконструкциям мачты.

Такое решение позволяет решить две задачи:

- снизить разность потенциалов между корпусом ODU, экраном кабеля и деталями, размещенными внутри корпуса (см. ответ на предыдущий вопрос);
- уменьшить величину части тока молнии, протекающего по экрану кабеля (см. раздел "Протекание части тока молнии по оболочке кабеля" во второй части данной статьи).

Устройство защиты, установленное внутри, обеспечивает снижение помех ниже опасного уровня на входе IDU (коммутатора, инжектора PoE).

Причины, по которым выбрано такое решение, автору понятны. Оно вполне рабочее, подходит для конкретного случая, но мне не нравится. Как только мы электрически изолируем токоведущие части оконечного оборудования (например, IDU оборудования БШПД), то исключаем протекание части тока молнии по экрану кабеля, снижаем разности потенциалов между частями оборудования. Следовательно, нет необходимости установки защитного устройства в нижней части мачты. Каждое дополнительное защитное устройство не только увеличивает стоимость системы в целом, но и снижает ее надежность, прежде всего за счет дополнительных разъемов и вероятности некачественного монтажа. Кроме того, на контактах разъемов происходит отражение и задержка передачи фронтов сигнала, что снижает длину физического сегмента.

Вывод: в общем случае достаточно двух устройств защиты – около подключаемого сетевого устройства в исполнении Outdoor и внутри здания (контейнера, шкафа) на его вводе или около коммутатора, маршрутизатора и т.п.

SUMMA SUMMARUM

Латинское выражение, означающее "сумма сумм", в одном из своих смыслов – "конечный итог", наилучшим образом подходит тут в качестве подзаголовка.

Для того чтобы подвести итог нашим рассуждениям, соберем все выводы из них вместе:

1. Часть схемы, реализующая функции передачи данных, подключена к кабелю через трансформаторы, то есть гальванически изолирована от него.
2. Часть схемы, реализующая функции подачи/выделения напряжения PoE и его преобразования, подключена к средним точкам линейных обмоток трансформаторов и/или свободным жилам, то есть гальванически соединена с жилами кабеля.
3. Для приемника или источника PoE наиболее опасно воздействие поперечной (дифференциальной) помехи между проводами пар, по которым подается PoE.
4. Из-за небольшой длины физического сегмента уровень импульсных помех, вызванных ударами молнии в кабелях сетей Ethernet, как правило, гораздо ниже, чем в кабелях других систем проводной связи.
5. Поперечные помехи между проводниками настолько незначительны, что их можно не принимать во внимание. Поперечные помехи между проводами разных пар имеют малую мощность, но должны, при определенных обстоятельствах, рассматриваться как источник опасности для оборудования.
6. Реальным фактором, способным привести к повреждению оборудования, служат продольные (синфазные) помехи.
7. Устройства защиты Ethernet широкого применения обязательно должны поддерживать передачу питания PoE любым методом и вносить как можно более низкое затухание. Следовательно, в них не должны использоваться полупроводниковые элементы с высокой емкостью и гальваническая развязка с помощью трансформаторов.
8. В общем случае нет необходимости предусматривать в схемах устройств защиты Ethernet элементы для защиты помех в цепи "провод – провод" (поперечных помех).
9. Необходимо избежать протекания токов уравнивания потенциалов и части тока молнии по экранам кабелей, так как в этом случае экран становится источником помех, а при большом значении тока возможно повреждение кабеля.
10. На ряде объектов, где присутствуют источники электромагнитных помех, возможно применение отдельных заземляющих устройств или изолированной системы уравнивания

потенциалов. При реализации концепции защиты и устройств защиты такая возможность должна быть предусмотрена.

11. Устройства защиты от импульсных помех должны рассматриваться как часть системы уравнивания потенциалов.
12. При реализации мероприятий по защите от помех и обеспечению электромагнитной совместимости должны учитываться высокочастотные свойства проводников систем заземления и металлоконструкций (комплексное сопротивление на частотах помех).
13. Количество устанавливаемых устройств защиты и вносимое ими в линию передачи данных затухание должны быть минимальными. Для повышения надежности и снижения отражений и задержек фронтов сигнала также должно быть минимальным количество разъемов и соединений в физическом сегменте линии.

КОНЦЕПЦИЯ ЗАЩИТЫ ETHERNET

Концепция защиты оборудования с портами Ethernet является частью идеологии защиты от электромагнитных помех, принятой нашей компанией в целом [24]. Это значительно облегчает

ИНЖЕКТОРЫ И СПЛИТТЕРЫ PoE
универсального назначения

IEEE 802.3 af/at/bt Passive PoE

- ✓ питание от источников постоянного тока;
- ✓ исполнения – indoor / outdoor;
- ✓ опционально – грозозащита.

commeng | www.commeng.ru
youtube: COMMENG: как это сделано.

Сделано в Санкт-Петербурге

для нас и наших партнеров разработку устройств, типовых решений, проектов, монтаж и эксплуатацию различных технических систем.

Ниже будет описано подходящее для большинства случаев решение. При необходимости могут быть реализованы и другие варианты, как например, показанный на рис.14, однако в данной статье мы рассматривать их не будем.

На рис.15 показан способ установки устройств защиты, который мы рекомендуем наиболее часто:

- проводящие части ODU оборудования БШПД и IP-камеры не соединены с металлоконструкциями и не заземляются;
- в том случае, если ODU имеет металлический корпус, его нужно устанавливать на металлоконструкции через изолирующую прокладку;
- устройства защиты к заземлению не подключаются и работают по принципу уравнивания потенциалов;
- кабели от оконечных устройств подключаются к коммутаторам, маршрутизаторам, видеорегистраторам и т.п. через устройства защиты;
- устройства защиты устанавливаются внутри здания, контейнера, шкафа на вводе кабелей в него или непосредственно рядом с оборудованием;
- устройства защиты подключаются к системе уравнивания потенциалов и через нее к заземляющему устройству.

УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ ETHERNET COMMENG

В качестве примера приведем несколько устройств с типовыми схемами, допускающими передачу данных со скоростью 1000 Мбит/с и выше, а также PoE всех стандартов и всеми методами. Все они имеют общие особенности:

- предназначены для защиты от продольных (синфазных) помех;
- выполнены на газонаполненных быстродайствующих разрядниках.

Надо заметить, что от поперечных (дифференциальных) помех, если бы они вдруг появились в кабеле, схема тоже защитит, но с меньшей эффективностью, чем от продольных.

Устройства серии ODU-Protect

Как следует из названия, эти устройства [25, 26] предназначены для защиты блоков ODU и выпускаются в двух вариантах: для монтажа в защищенном от атмосферных осадков объеме – коммутационной коробке, внутри кожуха камеры и т.п. (рис.16) и для наружной установки (рис.17).

Рис.17. Устройство ODU-Protect в исполнении Outdoor (степень защиты оболочки IP66, климатическое исполнение УХЛ1). Подключение линейного кабеля к устройству и его габаритные размеры

Как видно из принципиальной схемы, приведенной на рис.18, уравнивание потенциалов происходит относительно точки, электрически связанной с контактом "экран" вилки кабеля, подключаемой к защищаемому устройству. Для подключения линейного кабеля используется экранированная розетка, экран которой никуда не подключен.

Как видим, устройство защиты ODU-Protect не предусматривает его подключения к заземляющему устройству или системе уравнивания потенциалов в принципе. Пропустим решения защиты, которые имеют один контакт для подключения к системе заземления или уравнивания потенциалов, и перейдем сразу к устройству, которое имеет два гальванически развязанных между собой контакта.

Устройство защиты Commeng Cat6P

Как следует из названия, устройство [27] по своим параметрам соответствует кабелям категории 6, то есть не ухудшает параметров сети, построенной на кабелях данной категории, и может быть использовано для передачи данных 10GBASE-T. При этом ограничения на дальность передачи (до 50 м) обусловлены характеристиками кабеля.

Внешний вид устройства показан на рис.19, принципиальная схема – на рис.20.

Как видим, устройство имеет контакты PE и PEQ, электрически соединенные с экранами розеток для подключения линейного кабеля и оборудования соответственно. Контакт PE подключается к защитному заземлению и служит также для заземления

экрана кабеля. Контакт PEQ электрически соединен с точкой уравнивания потенциалов устройства, которая должна подключаться к контакту "экран" розетки защищаемого порта через экран патч-корда (шнура). Таким образом, при воздействии продольных помех они будут ограничены до безопасного уровня в цепях "провод – точка уравнивания потенциалов устройства защиты" и, соответственно "провод – экран розетки защищаемого порта".

Рис.18. Принципиальная схема устройств серии ODU-Protect GE

Рис.19. Внешний вид устройства защиты Commeng Cat6P

Рис.20. Принципиальная схема устройства защиты Commeng Cat6P

Обычно экраны розеток устройств электрически соединены между собой и другими частями схемы, и их можно рассматривать как точку, относительно которой происходит уравнивание потенциалов.

Контакт РЕQ используется в трех случаях, когда:

- розетка защищаемого оборудования не имеет контакта "экран", можно выбрать другую точку уравнивания потенциалов и подключиться к ней;
- на объекте имеется полностью изолированная от защитного заземления система уравнивания потенциалов, к которой подключено защищаемое оборудование;
- на объекте, кроме защитного заземления, имеется так называемая электронная земля (этим не строго академическим, но понятным термином пользуются специалисты отрасли энергетики).

Между РЕ и РЕQ включен разрядник PV9, что позволяет:

- добиться гальванического разделения защитного заземления, на котором могут присутствовать постоянные или периодические помехи, и изолированной системы уравнивания потенциалов;
- в том случае, если корпус оборудования электрически соединен с заземлением, гальваническая развязка внутри устройства защиты изолирует экран кабеля от экрана патч-корда и снижает уровень помех на входе порта;
- при наводках на кабель от удара молнии уровень помехи на входе порта в цепи "провод – экран (РЕQ)" будет меньше, чем на входе устройства защиты в цепи "провод – экран

(РЕ)", при отсутствии разрядника он был бы одинаковым;

- при повышении уровня помехи между РЕ – РЕQ выше напряжения пробоя разрядника через него протекает ток, напряжение между РЕ – РЕQ снижается до напряжения на сработавшем разряднике (порядка 15-25 В) и обеспечивается снижение напряжения в цепи "провод – РЕ" даже в том случае, если контакт РЕQ ни к чему не подключен.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье обоснована и описана наиболее эффективная, на взгляд автора, концепция защиты оборудования Ethernet от помех и перенапряжений. В ее рамках может быть предложено решение для любого частного случая. Для большинства применений мы рекомендуем заказчикам именно то решение, которое описано в данной завершающей части статьи.

ЛИТЕРАТУРА

23. <https://infinet.ru>
24. Терентьев Д.Е. Концепция защиты оборудования объектов связи от перенапряжений // Телекоммуникационное поле регионов. 2006. № 4.
25. Устройство защиты портов Ethernet Commeng ODU-Protect. Техническое описание. www.commeng.ru
26. Устройство защиты портов Ethernet Commeng ODU-Protect OD. Техническое описание. www.commeng.ru
27. Устройство защиты Commeng Cat6P. Техническое описание. www.commeng.ru

КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ТЕХНОСФЕРА»

Цена 975 руб.

МОЩНЫЕ ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ СВЧ-УСИЛИТЕЛИ

Сечи Ф., Буджатти М.

При поддержке АО «НПП «Исток» им. Шокина»

Перевод с англ. под ред. д. т. н. А. А. Борисова

В книге рассмотрены все традиционные вопросы, связанные с разработкой усилителей мощности, начиная от получения моделей приборов на большом сигнале и заканчивая обсуждением сумматоров мощности и методов проектирования.

Большое внимание в издании уделено рассмотрению физических основ приборов, фазовых шумов, схем смещения и тепловому проектированию. Также в книге особое внимание уделяется рассмотрению фундаментальных принципов. Издание затрагивает необычайно большое количество областей, связанных с физикой полупроводников и активных устройств.

Книга представляет интерес для специалистов, которые занимаются разработкой усилителей мощности для базовых станций сотовой связи. В особенности это относится к рассмотрению моделей на больших сигналах, проблем, связанных с фазовыми шумами, методов проектирования усилителей мощности, специальных конструкций усилителей мощности и теплового проектирования. Также данная книга может послужить в качестве справочного пособия при углубленном изучении СВЧ-устройств.

М.: ТЕХНОСФЕРА, 2018. – 416 с.,
ISBN 978-5-94836-415-5

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

✉ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 495 234-0110; 📠 +7 495 956-3346; knigi@technosphera.ru, sales@technosphera.ru

XIII Межотраслевой CISO-форум «МУЗЫКА КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ - 2020» 10-11 сентября 2020 г., Holiday Inn Lesnaya

ФАКТЫ:

Только практика! Самые громкие и интересные кейсы за 2019-2020 год.
Многогранный опыт и профессиональный уровень.
А в роли «композиторов» - лучшие CISO России. И музыка, много музыки!

НАШИ СЕКРЕТНЫЕ ИНГРИДИЕНТЫ:

- 500+ участников, 18 отраслей
 - 70+ спикеров; 80% – CISO, которые уже успешно защищают свои компании
 - ТОП 10 кейсов от ТОП 10 CISO: узнавай, запоминай, применяй
 - 3 параллельных потока: выбирайте темы, интересные именно вам!
 - 5+ интерактивных дискуссий: раскроем все тайны CISO
 - 4 уникальных мастер-классов от трендсеттеров: общайся и обменивайся опытом
 - Увлекательная игра «Угадай мелодию»
- и открытый «Караоке батл» - для закрепления дружбы фанатов легендарной CISO - музыки

Регистрация уже открыта! С нетерпением ждем встречи с вами! Больше информации на сайте infor-media.ru