

СЕТИ СВЯЗИ

УДК 621.396.946

СЕТИ СВЯЗИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ

С.А. Соколов, профессор МТУСИ, д.т.н.; н.; stanislav.a.sokolov@gmail.com

Ключевые слова: сети связи нового поколения, коммутация пакетов, электромагнитная совместимость, удары молнии.

Введение. Сети NGN (Next Generation Network) – это новые сети, базирующиеся на современных технических решениях, появившихся на этапе развития цифровой связи, когда компьютеры и передача данных (ПД) стали «важнее» телефона. В настоящее время наиболее интенсивно развиваются ПД и IP. Трафик телефонной речи меняется существенно медленнее и составляет не более 20% в общем трафике современных сетей связи.

Основным принципом работы традиционных систем связи был принцип коммутации каналов (КК), а наиболее важной частью трафика – речевой. Для такого трафика принцип КК представлялся самым эффективным. Теперь будет доминировать принцип коммутации пакетов (КП) информации, причем каждый последующий пакет может передаваться по линии, лишь частично совпадающей с той линией, по которой передавался предыдущий пакет. С точки зрения, например, грозозащиты линии, это означает, что условия защищенности связи от ударов молнии могут меняться за время передачи. Система связи нового поколения становится довольно разнородной и сложно структурированной. Большая скорость обмена данными резко повышает цену повреждения и связанного с ним простоя линии.

Развитие кластерных сетей (объединение локальных и домовых сетей в единый кластер) может радикально изменить принцип функционирования абонентских сетей и требования к их защите от внешних воздействий. Из-за большого числа пользователей пропускная способность сети или качество связи могут меняться на 1–3 порядка в течение нескольких минут и даже секунд.

Большая часть современных услуг связи стала реализуемой в ноутбуке: Интернет, видеотелефон, телефон и конференцсвязь. Изменяется характер построения сетей связи. Это обстоятельство позволило некоторым зарубежным специалистам говорить не только о смещении NGN-связи в радиодиапазон, но и о его расширении как о важной отличительной черте NGN. На самом деле транспортные сети на основе оптических кабелей (ОК) будут, конечно, превалировать.

В основе всех уровней NGN лежат следующие принципы:

- оборудование построено на основе современной микропроцессорной техники;
- функционирование сетей опирается на КП;
- главный конечный «пользователь» сети – компьютер, а не телефон;
- увеличение использования радиочастот и расширение спектра;
- поливариантная организация связи на основе разных конкурирующих технологий одновременно и на одном и том же объекте;
- обеспечение сетью доступа услуг triple play и даже 4-play;

- увеличение параметров, необходимых для описания работы системы (многопараметричность).

Проблемы ЭМС, связанные с NGN. Особенности NGN налагают на инженеров, занимающихся защитой от воздействия внешних электромагнитных полей, новые требования как в отношении защиты линий передачи и подключенной аппаратуры, так и изучения свойств источников внешних воздействий.

Линия связи, соединяющая два удаленных пользователя, может менять свою длину и расположение, а также среду передачи во время самой передачи. Пропускная способность линии может меняться на несколько порядков за короткий промежуток времени. Некоторые свойства источников влияния (неактуальные или неизвестные ранее) теперь могут оказаться основными, например межоблачные грозовые разряды, разряды с облака в ионосферу, всплески напряжения при срабатывании тиристорных схем управления и т.д. Например, внутриоблачные грозовые разряды могут создавать помехи в спектре до 30 МГц и быть ответственными за сбои высотных систем связи и радиорелейных линий.

Применяемые на высоковольтных линиях электронные системы контроля, называемые на западе FACTS (Flexible Alternating Transmission Systems), срабатывая при грозовых разрядах, сами вносят дополнительные помехи в спектре до 1 МГц. Проведены широкие исследования многократных грозовых разрядов с фронтом порядка 0,2 мкс, а также низкочастотных разрядов в ионосферу. Кроме того, необходим пересмотр норм. Если раньше нормы защиты исходили из типа кабеля с небольшим учетом системы передачи, то теперь следует иметь в виду, что объем и качество передаваемой информации не только не сопоставимы с прежними, но и могут непрерывно меняться вместе с длиной линии, соединяющей абонентов.

Оценка вероятного числа грозовых повреждений трансформируемой сети связи, состоящей из линий передачи разного типа. Сегодня при передаче сигналов по линии связи все большее распространение получает КП, причем отдельные пакеты могут двигаться по разным линиям, а объединение пакетов происходит на конечном пункте.

В общем случае, когда сеть или линия состоит из направляющих сред одного типа, например, только из симметричных или оптических кабелей, решения по защите принимаются по участкам, условия на которых можно считать постоянными, как это делается для длинных магистральных линий. Если линия, по которой ведется передача, трансформируемая, т.е. в разные интервалы времени ее конфигурация и длина тоже различна, то общая сумма вероятных повреждений и надежность будет также зависеть от времени. Защита каждого участка осуществляется по одним правилам и в соответствии с одними и теми же нормами, если тип направляющей среды один и тот же. Поскольку условия на участках различны, то защита и ее эффективность на разных участках может быть неодинакова. Поэтому общая сумма возможных

рисков также неодинакова и будет зависеть от интервала времени, в котором осуществляется данная конфигурация.

Коммутируемые пакеты в разные моменты могут направляться по разным линиям, и чем чаще осуществляется подобная коммутация и меняется длина и состав виртуальной линии, тем чаще меняется общая вероятность повреждения и надежность всей составной виртуальной линии. Таким образом, вероятное число повреждений виртуальной линии – это переменная величина, заключенная между минимальным и максимальным значением. Минимальное вероятное число повреждений виртуальной линия не обязательно будет иметь при работе связи по кратчайшей физической линии. Если хотим, чтобы уровень вероятности повреждения был не ниже некоторого определенного предела, необходимо рассмотреть все возможные варианты конфигураций данной сети и либо исключить варианты, не удовлетворяющие требованиям, либо усилить защиту некоторых участков сети.

Важным моментом расчета является учет типа ОК, по которому ведется передача на данном участке. Если кабель содержит металлические элементы в виде брони или жил дистанционного питания, то нормы допустимого числа повреждений и необходимые меры защиты определяются по одним критериям, тогда как подверженность грозovým разрядам чисто диэлектрических ОК без металлических элементов в конструкции определяется исходя из других соображений. В последнем случае сам кабель не повреждается, но под воздействием поля грозového разряда происходит поворот плоскости поляризации светового луча, распространяющегося по волокну. В результате возникает дополнительная дисперсия сигнала (поляризационная модовая дисперсия).

При одновременном волновом уплотнении, когда в одном окне прозрачности происходит передача нескольких десятков волн, при повороте плоскостей поляризации может произойти наложение волн друг на друга, так как поворот плоскости поляризации зависит от длины волны света. Применение аппаратуры, чувствительной к поляризации волны, например, Рамановских усилителей, может привести к снижению чувствительности на приеме и также к потере информации. Поэтому задача расчета грозového воздействия еще более усложняется.

Для линий разного типа, например, кабельных и воздушных, проводных и оптических, положение становится еще серьезнее. Однако, поскольку расчет вероятности повреждений этих линий ведется по сходным правилам, возможно рассмотрение вариантов виртуальной составной линии и приведение их к приемлемым вероятностям повреждения.

Наиболее трудный случай возникает, когда наряду с проводными или оптическими каналами один или несколько участков составляют каналы радиорелейной или спутниковой связи, радиосвязи или какого-либо другого типа беспроводного доступа, если его длина достаточно велика. В этом случае внешние воздействия на отдельные участки линии принципиально отличаются друг от друга. Так, например, радиорелейная линия может испытывать влияния межоблачных разрядов, высоковольтных ЛЭП и электрических железных дорог, замирания в любое время года, а не только летом во время грозového сезона. Спутниковые линии – это возмущения ионосферы, тогда как на кабелях зимние повреждения могут носить совсем другой характер. Это может быть как работа сторонних организаций, так и мерзлотные пучения в районах с многолетним мерзлым грунтом, гололед на воздушных линиях и т.д.

Следует принимать во внимание, что некоторые технологии, например, NGSDH обеспечивают самовосстанов-

ление при существенных повреждениях в сети. Любой радикальный сбой в сети SDH приводит к реконфигурации сети, так что обмен данными восстанавливается не более чем через 50 мс.

Таким образом, определение воздействия грозových разрядов на трансформируемую линию тесно связано с надежностью участков линии в целом. Кроме того, следует учитывать другие активные и пассивные компоненты линии. Поэтому сравнение надежности таких составных виртуальных линий должно проводиться сразу по ряду параметров в комплексе, а не только по грозovým воздействиям.

Нормы, на основе которых определяется защита. Сложившаяся практика выявления необходимости защиты магистральных линий связи исходит из норм, относящихся к определенной длине линий. Так, согласно «Руководству по защите междугородных подземных кабелей связи от ударов молнии» на основных магистральных коаксиальных, симметричных и оптических линиях допустимое число повреждений от ударов молнии составляет 0,1 на 100 км линии в год. При этом о нагрузке, передаваемой по магистрали, речи не идет. И только на второстепенных магистралях зоновой или местной связи косвенно учитывается уменьшение нагрузки, так как допустимое число повреждений равно 0,2 и 0,3.

Величина передаваемой нагрузки учитывается только самим типом кабеля. Если кабель многопарный коаксиальный или симметричный, то допускается 0,1, если симметричный зоновой, то 0,2 повреждения на 100 км линии в год. Между тем по симметричному магистральному кабелю, уплотненному системой К-60, может быть организовано максимум 840 аналоговых каналов, а по коаксиальному с системой К-10800 – свыше 20 000. Потери в случае повреждения несопоставимы.

Потери на современных оптических линиях с волновым уплотнением при повреждении кабеля даже сравнивать нельзя с магистральными симметричными и коаксиальными линиями, а норма одна и та же. Более того, пропускная способность линии в течение времени может меняться. Поэтому необходимо уточнить подход к определению норм и выбору средств защиты.

Защита сетей доступа. Повреждениям подвергаются не только магистральные транспортные линии, но и линии доступа. В случае чисто ОК от центрального узла до абонента информационная нагрузка на кабель распределяется неравномерно. Максимальное количество информации передается по распределительному кабелю, минимальное – по абонентскому. Однако поскольку используются делители сигналов, и большинство телевизионных каналов одновременно поступает ко всем абонентам, то информационная нагрузка на кабели на разных участках отличается не сильно. И можно считать, что допустимое число отказов на каждом участке одинаково.

Если кабели не содержат металлических экранов или жил, то воздействие внешних полей проявляется только в возможном увеличении поляризационной модовой дисперсии (ПМД). Ввиду относительно малой длины участка увеличение ПМД незначительно и дополнительная защита вряд ли нужна. Однако в кластерных сетях компьютеры возможно нуждаются в защите от помех.

Существенные изменения произошли в организации связи в пригородных областях. Возникли элитные загородные поселки. Пропускная способность линии может за несколько секунд меняться на несколько порядков. Если кабели имеют металлические элементы в своей конструкции, то к защите каждого участка в пригородной области следует

подходить в соответствии с «Руководством по защите оптических кабелей от ударов молнии» [1] или в соответствии с Рек. МСЭ-Т К.25 [2], т.е. определять грозостойкость каждого кабеля и выбирать необходимую защиту.

При использовании технологий FTTH (оптика до узла), FTTC (оптика до квартала), FTTP (оптика до офиса) там, где часть линии выполнена в виде медных жил, вопрос о необходимости защиты решается в зависимости от расположения и длины медной линии. Если линия находится в городе, то защитных мер не надо, если в пригороде, то защита определяется в соответствии с Рек. МСЭ-Т К.25 и К.46.

Будущее сетей доступа, конечно, за оптическими линиями FTTH (к дому) или FTTO и FTTP (к офису), но уже имеется обширная инфраструктура кабельного телевидения с коаксиальными кабелями, и они еще довольно долго будут существовать. Появились гибридные (HFC) волоконно-оптические и коаксиальные кабельные сети КТВ. На гибридной волоконно-коаксиальной сети можно выделить три участка: I – транспортный участок от головной станции до распределительного узла; II – от распределительного узла до узла доступа (причем оба участка выполнены с помощью ОК); III – участок доступа, выложенный коаксиальным кабелем с промежуточными усилителями (от 1 до 6). В последних версиях HFC-узел доступа располагается внутри участка из 100–250 абонентов, а для деловых клиентов может использоваться технология волнового уплотнения CWDM (до 12 каналов).

Вычисление вероятности повреждения такой сети молнией очень сходно с определением ее для сети FTTP. Оптические участки можно рассматривать как единый участок длиной $L_1 + L_2$, а вероятность их повреждения и средства защиты определять в соответствии с «Руководством по защите оптических кабелей от ударов молнии» или Рек. МСЭ-Т К-25. Конечно, число возможных вариантов не исчерпывается рассмотренными в этой статье.

Заключение. Сети NGN, в которых одновременно на одном и том же объекте могут сосуществовать разные технологии передачи, обладают большими преимуществами. Однако наряду с этим обостряются проблемы электромагнитной совместимости, требующие нового подхода к определению норм грозозащиты линий связи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Руководство по защите подземных кабелей связи от ударов молнии. – М.: Связь, 1975. – 63 с.
2. Рекомендация МСЭ-Т, серия К, №25.
3. **Бакланов И.Г.** NGN: Принципы построения и организации. – М.: ЭКО ТРЕНД3, 2008.
4. **Wu Lei, Song Xiao-ting.** Some EMC Problems Possibly Faced by the Next Generation Network / 4th International Symposium on EMC Proceeding. – 23–25 October 2007, Qingdao, China. – P. 320–324.
5. **Соколов С.А.** Электромагнитные воздействия на современную инфраструктуру связи. – М.: Медиа-паблишер, 2009. – 182 с.

Получено 17.06.11