

ВОЗМОЖНА ЛИ СОВМЕСТНАЯ РАБОТА ADSL И ОПС?

Н.В. Данилов,

Главный конструктор ООО «Протект»

В данной статье рассматриваются особенности совместной работы оборудования охранно-пожарной сигнализации (ОПС) для занятых абонентских телефонных линий совместно с оборудованием скоростного абонентского доступа ADSL. Поводом для публикации данной статьи послужило неоднозначное отношение к данному вопросу как разработчиков, так и инженерного состава ОВО и ФГУП. Учитывая то, что многие разработчики аппаратуры ОПС имеют свою точку зрения, то дискуссия на эту тему в любом случае была бы интересна многим читателям.

ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) расшифровывается как «Асимметричная цифровая абонентская линия». Под словом «асимметричная» здесь подразумевается передача больших объемов информации к абоненту (видео, массивы данных, программы) и меньших объемов от абонента (в основном, команды и запросы). Асимметричный характер скорости передачи данных вводится специально, т. к. удаленный пользователь Интернета обычно загружает данные из сети в свой компьютер, а в обратном направлении идут либо команды, либо поток данных существенно меньшей скорости. На АТС располагается так называемый мультиплексор доступа ADSL-DSLAM, а со стороны абонента - ADSL модем. ADSL оборудование подключается к абонентской линии с помощью так называемых сплиттеров, которые разделяют общую полосу частот на голосовой и цифровой каналы.

Учитывая, что принцип работы ADSL оборудования недостаточно полно освещен в технической литературе, рассмотрим подробнее его техническую реализацию. В настоящее время провайдерами Интернета используются следующие типы модемов: **ADSL Annex A** и **ADSL Annex B** (существуют и другие расширения, рассмотрение которых выходит за рамки данной статьи). Принципиальное отличие этих модемов друг от друга в спектре рабочих частот.

Суть работы основана на разделении используемой полосы частот на множество дискретных подканалов по 4,3125 кГц каждый (технология DMT – Discrete Multi-Tone modulation). Таким образом, весь частотный диапазон, начиная с нуля герц до 1,104 МГц, представляется в виде 256 каналов, вне зависимости от того, используется он оборудованием или нет.

В соответствии с технологией DMT весь цифровой поток принимаемых и передаваемых данных разбивается на блоки, при этом каждый блок будет передаваться в своем подканале параллельно во времени с остальными блоками. Если проводить аналогию с обычным Dial Up модемом, который использует для работы всего лишь один канал тональной частоты 0-3,4 кГц, то можно увидеть, что скорость передачи

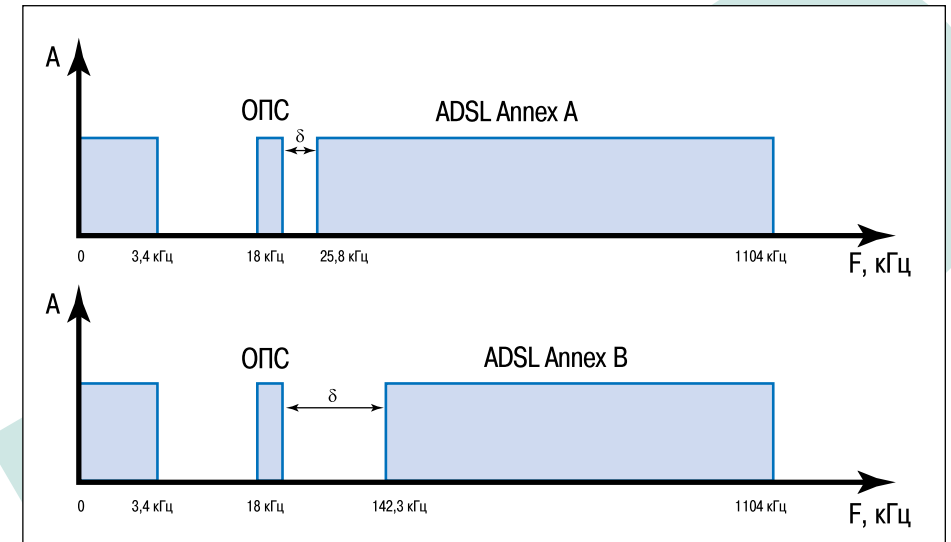


Рис. 1 Суммарные спектры сигналов ADSL Annex A/B и ОПС, δ – защитная полоса

данных ADSL модемом теоретически может в сотни раз превышать скорость обычного модема.

ADSL Annex A модем использует каналы начиная с 6-го (частота 25.875 кГц) по 31-ый для передачи и приема данных и с 38-го по 255 каналы только для приема данных. **ADSL Annex B**, соответственно, от 33-го канала (частота 142.312 кГц) по 57-ой канал для передачи и приема данных и с 63-го по 255-ый каналы только для приема. Преимущество используемого метода DMT состоит еще и в том, что в случае невозможности передачи информации в данном канале, например, из-за помехи, информационная нагрузка равномерно распределяется по соседним каналам с соответствующим снижением общей скорости передачи. Это основные сведения, которые можно почерпнуть из спецификации стандарта ITU-T G.992.1-G.992.4.

В настоящее время стандарт Annex B менее распространен, но при использовании таких модемов, учитывая достаточно большой свободный интервал между несущими охранно-пожарной сигнализации (ОПС) и первым низкочастотным каналом ADSL Annex B, серьезных проблем, как правило, не возникает.

При использовании распространенных модемов ADSL Annex A ситуация гораздо сложнее. В рекомендациях по монтажу и эксплуатации ОПС для этого случая можно найти следующее: полоса частот от 4 кГц до 25 кГц используется в качестве переходной полосы и, в общем случае, не рекомендована к использованию другой аппаратурой. Несмотря на всю категоричность этого заявления, специалистов ОВО по-прежнему интересует такая возможность, что обусловлено нарастающим повсеместным внедрением ADSL технологий, а также относительной дешевизной оборудования именно этого стандарта. Остановимся подробнее на проблемах возникающих при совместной эксплуатации с оборудованием ОПС.

На **рисунке 1** показаны спектры сигналов голосового тракта, сигнала ОПС, ADSL Annex A и ниже, Annex B модемов.

Спектр голосового сигнала, как видно на рисунке 1, располагается на участке

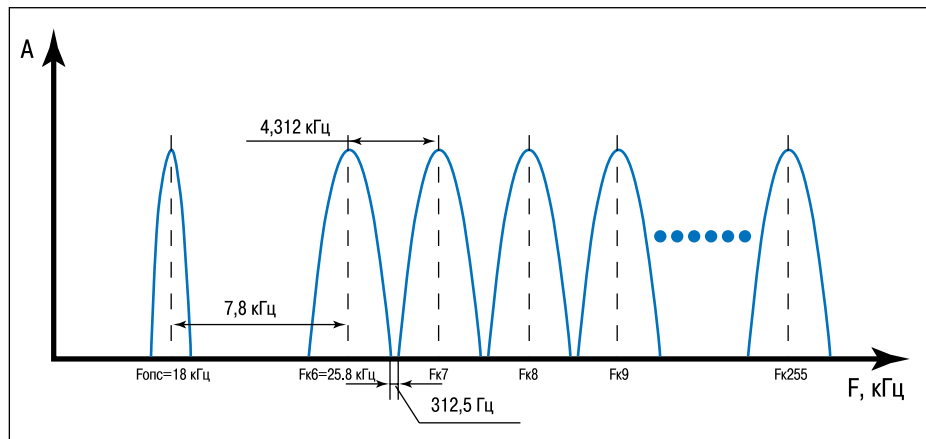


Рис. 2 Взаимное расположение спектральных составляющих ADSL и ОПС.

от 0 до 3,4 кГц. Спектр фазоманипулированного сигнала ОПС представляет собой несущую на частоте 18 кГц с двумя боковыми лепестками шириной не более 1,5 кГц каждый. На первый взгляд, проблем быть не должно, так как спектры трех сигналов не имеют перекрывающихся участков и всегда могут быть отделены друг от друга элементарными фильтрами. С помощью анализатора спектра легко убедиться, что максимальная амплитуда гармоник попадающих в спектр сигнала ОПС для ADSL Annex A не так уж велика и составляет 0,2-0,5% от общего размаха сигнала ADSL модема. Однако на практике, вне зависимости от типа используемого оборудования ОПС, возникают проблемы, которые обычно объясняются следующими факторами:

- 1) малый защитный интервал – около 5 кГц (учитывая спектр сигналов ОПС $18 \pm 1,5$ кГц и половину ширины подканала);
- 2) низкое входное сопротивление ADSL модема ($R_{вх} = 100$ Ом на частоте 18 кГц) и входных цепей приемника ОПС одновременно оказывают шунтирующее воздействие друг на друга;
- 3) большая амплитуда сигнала ADSL модема (до 4 В) перегружает входные цепи приемника ОПС, вызывая появление дополнительных гармоник на частоте 18 кГц и зашумление соседних линий ретранслятора через «паразитные» емкости монтажа;
- 4) нелинейный характер входного сопротивления приемника (передатчика) ОПС вызывает значительное искажение формы комплексного сигнала ADSL модема, что зачастую, делает невозможным выбор корректирующих коэффициентов на этапе адаптации модемов к каналу связи.

В дополнение к п.1) надо сказать, что применение узкополосного фильтра на входе приемника ОПС не позволяет полностью удалить мешающий сигнал и, в любом случае, колебания с частотой около 18 кГц пройдут в виде помехи на вход ФМ-детектора. Сигнал помехи в области 18 кГц носит, как правило, случайный характер и по амплитуде не превышает 10 мВ. Чрезмерное сужение полосы пропускания и, как следствие, увеличение добротности фильтра также не решает проблемы и может привести к появлению собственных колебаний, что еще больше осложнит прием ФМ сигналов ОПС.

Вполне резонным будет задать следующий вопрос: так уж ли мал этот защит-

ный интервал? Ведь между двумя соседними несущими ADSL спектра расстояние и того меньше, а защитный интервал подканала и вовсе равен 312,5 Гц? Это означает, что на интервале частот от 25,8 кГц до 1104 кГц мирно сосуществуют 250 каналов и при этом никто никому не мешает! Для наглядности взаимное расположение спектральных составляющих ADSL и ОПС показано на **рисунке 2**, где $F_{k6} - F_{k255}$ поднесущие каналов ADSL сигнала.

К слову, надо сказать, что уникальность реализации DMT состоит и в том, что DSP процессор обрабатывает все 250 каналов одновременно в реальном времени, реализуя сложные многопозиционные QAM алгоритмы для каждого отдельного канала.

Каждый канал комплексного ADSL сигнала можно представить в виде синусоиды с частотой F_k (к-номер канала) у которой амплитуда и фаза меняются по определенному закону в соответствии с характером передаваемых данных. Другими словами информационному сигналу в каждый, заранее определенные моменты времени, ставится в соответствие некий код из n передаваемых битов. Это соответствие обычно представляется в виде так называемой сигнально-кодовой конструкции (СКК), на которой каждой комбинации n -битного кода соответствует точка с координатами в размерностях амплитуды по осям x и y (см. **рисунок 3**). Для QAM-256 таких точек будет 256, это означает, что в каждый момент времени информация будет передаваться порциями по 8 бит данных. Все QAM алгоритмы чувствительны к искажению амплитуды и фазы, чего нельзя сказать об относительной фазовой модуляции (ОФМ или DPSK). В СКК ОФМ-2 имеется всего лишь две точки – точка с нулевой фазой и точка с фазой соответствующей 180 градусам, амплитуда сигнала при этом информации не несет (**рис. 3б**). Таким образом, в каждый момент времени, используя метод ОФМ-2 можно передать всего лишь один бит информации. Учитывая то, что скорость передачи информации в ОПС пока не является определяющим фактором, а также высокую помехоустойчи-

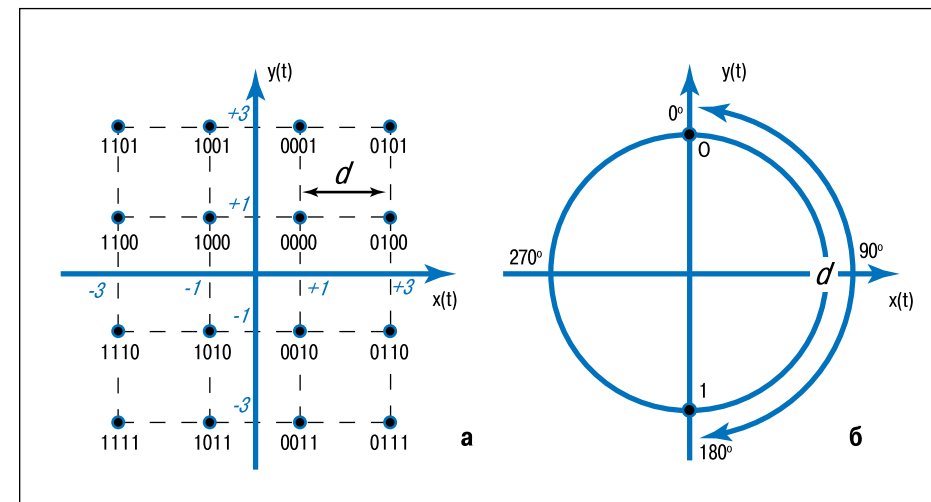


Рис.3 Сигнально-кодвые конструкции для QAM-16 и ОФМ-2



Рис. 4 Внешний вид блока фильтров БФ «Атлас-7»

вость, то такой метод модуляции до сих пор является основным. Помехоустойчивость ОФМ значительно превосходит QAM сразу по нескольким причинам: большее межсимвольное расстояние d в СКК и независимость от амплитуды сигнала, которая чаще всего подвергается искажениям. ОФМ-2, кроме того, не чувствительна к фазовым искажениям, которые обычно возникают в канале связи, что не требует коррекции частотной характеристики канала и стандартной процедуры "Handshake".

Возвращаясь к теме совместимости оборудования, мы покажем, что устранение взаимного влияния двух устройств, согласование входных и выходных сопротивлений, а также уровень сигналов решается использованием активного либо пассивного фильтра.

Для простоты рассуждений сигнал на входе приемника ОПС можно представить в виде суммы полезного сигнала с амплитудой A_c и сигнала шума со средней амплитудой $A_{ш}$: $A_{сум} = (ФМ18+ADSL)$. После фильтрации полосопропускающим фильтром 2-го порядка на центральной частоте 18 кГц отношение составляющих полезного сигнала и помехи возрастает до значения $A_c/A_{ш} = 3...50$, в зависимости от качества линии связи и, в конечном итоге, сводит задачу к оценке работоспособности приемника ФМ сигналов в условиях естественных помех.

Нельзя забывать и о том, что для ADSL модема помехой является сигнал оконечного устройства, который физически находится в пределах 4-го неиспользуемого канала. Большая амплитуда ОПС сигнала может вызывать появление комбинационных частот на рабочих каналах, а также вносить большую погрешность на этапе вычисления комплексных корректирующих коэффициентов цифровой линии. Учитывая это, фильтр одновременно должен обеспечивать необходимое

ослабление (режекцию) сигнала на частоте 18 кГц.

Справедливости ради, стоит упомянуть еще один фактор, который, несомненно, влияет на стабильную работу охранно-пожарного оборудования совместно с другими устройствами. В данном случае речь идет об аппаратно-программной реализации приемно-передающих узлов аппаратуры ОПС, которая, в большинстве своем, не соответствует современным требованиям по помехоустойчивости и разрабатывалась без учета одновременной работы с каким-либо другим оборудованием. Реализация демодулятора ОФМ-2 приемника ОПС - на порядок более простая задача, по сравнению, например, с алгоритмом QAM-256 обычного Dial-Up модема, не говоря уже о математическом аппарате, применяемом в современных ADSL модемах. Остается надеяться на то, что в дальнейшем этот фактор будет учтен отечественными разработчиками.

Таким образом, для того чтобы добиться устойчивой работы оборудования ADSL Annex A/B и ОПС в разрыв линии связи необходимо включить дополнительный фильтр. Использование фильтра позволяет одновременно достичь несколько важных целей:

- для ADSL модема: удалить из суммарного спектра сигнал ОПС;
- для приемника ОПС: выделить из суммарного спектра сигнал ОПС;
- для обоих устройств: увеличить комплексные входные сопротивления ADSL модема и приемопередатчика ОПС по отношению друг к другу.

Блок фильтров (БФ) специально разработан для совместного использования оборудования ADSL и ОПС СПИ «Атлас-7» (см. **рисунк 4**) и представляет собой комбинацию полосопропускающего и режекторного фильтров. Конструктив блока выполнен в габаритах стандартного блока подключения (БП «Атлас 6»). Блок также работает с устройствами, входящими в состав СПИ «Фобос 3», «Атлас-6». При использовании УО «Атлас -6» между БФ и УО потребуется включить стандартный БП.

Подключение оборудования необходимо произвести по схеме **рисунка 5**. Отметим, что в схеме отсутствует стандартный блок подключения (БП), вместо него используется БФ. Сплиттер, со стороны телефонного аппарата, также как и БП является ФНЧ с частотой среза около 4 кГц и предназначен для удаления всех частот выше частоты среза, исключая высокочастотные шумы из разговорного тракта. Основное различие между двумя устройствами состоит в том, что сплиттер имеет более крутой наклон АЧХ в полосе задержания (порядка 60 дБ на декаду), что соответствует фильтру 3-го порядка, в то время как БП (см. рисунок 4) представляет собой фильтр 2-го порядка и обеспечивает спад АЧХ 40 дБ.

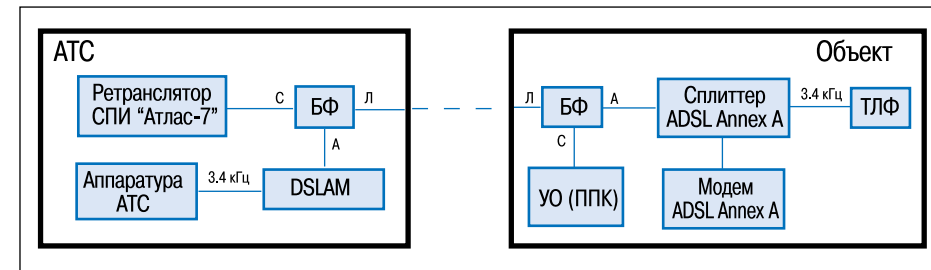


Рис. 5 Схема подключения аппаратуры ADSL к ОПС СПИ «Атлас-7». БФ – дополнительный фильтр.

В ходе лабораторных и эксплуатационных испытаний аппаратуры СПИ «Атлас-7» выявлено, что минимальное отношение сигнал шум при котором сохраняется работоспособность системы, соответствует **$A_c/A_{ш} = 3$ (4,8 дБ)**, при этом количество ошибок обмена составляет не более 10 в час: **$E_{max} = 10 \text{ h}^{-1}$** , предельное отношение **$A_c/A_{ш} = 2,3$ (3,6 дБ); $E_{max} = 600 \text{ h}^{-1}$** . Испытания проводились с использованием шума сосредоточенного в области частот **$F = 16...20 \text{ кГц}$** .

Для «белого шума» с равномерно распределенной спектральной плотностью случайного сигнала, цифры выглядят следующим образом: **$A_c/A_p = 1,3$ (1,1 дБ) и $A_c/A_{ш} = 1$ (0 дБ)** соответственно.

Отметим, что для СПИ «Атлас-7» одиночные ошибки, ровно как и длительное отсутствие связи, не вызывают потери имеющейся информации в узлах системы: все события буферизируются и сохраняются вплоть до восстановления связи.

Выводы:

1. Совместное использование оборудования ADSL Annex A/B и оборудования ОПС допускается только при наличии специального разделительного фильтра с каждой стороны занятой абонентской телефонной линии.

2. ADSL модемы Annex A и Annex B, несмотря на существенную разницу в размерах «защитной полосы» так или иначе «зашумляют» полезный сигнал ОПС гармониками комбинационных частот, уменьшая максимальную дальность связи.

3. Сделанные выводы справедливы для любого оборудования ОПС, работающего на занятых абонентских линиях, например СПИ «Атлас-7», «Фобос-3», «Атлас-6», «Атлас 6/3» и др. При этом максимальная длина линии связи будет определяться качеством линии и помехозащищенностью приемного тракта используемого оборудования.