

УДК 621.395.126

А. Ж. САГЫНДИКОВА

ПРИЕМ ДИСКРЕТНЫХ СООБЩЕНИЙ В КАНАЛАХ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ ПО СПЕКТРУ И ИМПУЛЬСНЫМИ ПОМЕХАМИ

Рассматривается флюктуационный шум аппаратуры, который существенно увеличивает спектральную плотность гауссовой помехи. Среди множества маломощных помех на вход приемника поступают отдельные мощные импульсы или сосредоточенные помехи. В таких каналах прием дискретных сообщений сопровождается дополнительными ошибками.

Помехоустойчивость дискретных систем связи определяется с учетом неизбежного аддитивного флюктуационного гауссовского шума. Однако на практике приходится учитывать и действие в канале иных аддитивных помех, порождаемых внешними источниками и прежде всего относя-

щихся к классу сосредоточенных по спектру «гармонических» и импульсных.

Заметим, что если на вход приемного устройства поступает большое число слабо коррелированных помех от различных источников сравнимой мощности, то их сумма, согласно центральной

предельной теореме представляет процесс, близкий к гауссовскому. Прибавляясь к флуктуационному шуму аппаратуры, он может существенно увеличить спектральную плотность гауссовской помехи, что потребует соответствующего увеличения мощности сигнала. Однако нередко среди множества маломощных помех на вход приемника поступают отдельные мощные импульсы или сосредоточенные помехи. В таком канале, если не принимать специальных мер, прием дискретных сообщений сопровождается дополнительными ошибками и связь может быть полностью нарушена.

Все мероприятия по защите от внешних помех можно разбить на три группы. К первой относят те, которые направлены на подавление помех в месте их возникновения, в частности экранирование источников промышленных помех, применение искрогасящих конденсаторов, снижение уровня побочных излучений радиопередатчиков и т.п. Эти мероприятия регулируются специальными законоположениями и стандартами. Вторая группа – это мероприятия, цель которых воспрепятствовать проникновению помех на вход демодулятора. Для этого в системах проводной связи скрещивают провода воздушных линий, совершенствуют конструкцию кабелей для уменьшения взаимных влияний и т.д. В радиосвязи для этого устанавливается рациональное распределение частот между отдельными службами и каналами с учетом размещения передатчиков и приемников и условий распространения радиоволн.

Третья группа мероприятий охватывает выбор ансамбля сигналов и построение приемного устройства с целью предупредить попадание внешних помех непосредственно в решающее устройство (демодулятор) и минимизировать вероятность вызванных ими ошибок, если они все же проникнут в него.

Сосредоточенные помехи наблюдаются почти исключительно в телекоммуникационных каналах. Способность ослабить сосредоточенную помеху на входе решающей схемы приемника определяет его избирательность. Частотная избирательность обеспечивается тем, что до подачи сигнала на входе демодулятора он фильтруется в упомянутых выше линейных цепях, полоса пропускания которых достаточна для того, чтобы сигнал пришел без существенных иска-

жений, а сосредоточенные помехи, лежащие вне полосы пропускания, при этом подавляются. Помимо частотной избирательности широко используют также пространственную избирательность, основанную на применении узконаправленных антенн. Важно отметить, что воздействие сосредоточенных помех возрастает при увеличении нелинейности входных каскадов приемника, поскольку возникающие при этом комбинационные частоты (даже если помеха на входе приемника непосредственно и не попала в полосу пропускания) могут оказаться в полезной области частот.

Очевидно, для уменьшения вероятности попадания сосредоточенной помехи в полосу частот спектра сигнала желательно использовать как можно более узкополосные сигналы. Именно поэтому в течение многих десятилетий для передачи дискретных сообщений по телекоммуникационным каналам применялись (применяются успешно и сегодня) только простые узкополосные сигналы (АМ, ЧМ, ОФМ), элементы которых являются отрезками синусоиды. Однако за последние годы наметили и другой подход, связанный с существенным расширением спектра сигнала усложнением его формы или с использованием шумоподобных сигналов. Но, как это ни парадоксально, применение шумоподобных сигналов оказалось полезным и для защиты от узкополосных сосредоточенных помех. Дело в том, что если спектр узкополосного сигнала перекрывается мощной сосредоточенной помехой, то практически не удается избежать возникновения ошибок. Если же такая помеха окажется в полосе широкополосного сигнала, то в принципе существует возможность "вырезать" ее режекторным фильтром (или другими способами) и по оставшейся части спектра широкополосного сигнала восстановит переданную информацию. Поэтому, хотя вероятность попадания сосредоточенной помехи в спектр широкополосного сигнала больше, чем в спектр узкополосного, вероятность ошибок, создаваемых такой помехой, при широкополосном сигнале (и рационально построенном приемнике) может оказаться значительно меньше.

Простейшим способом построения широкополосного сигнала для защиты от сосредоточенных помех является объединение нескольких узкополосных сигналов, передающих одинаковую информацию, на смежных полосах частот с осуществлением частотно-разнесенного приема.

При этом схема автovыбора строится так, что к решающему устройству подключаются только ветви, не пораженные сосредоточенными помехами.

Для защиты от импульсных помех предложены различные способы, наиболее эффективные из которых основаны на амплитудном ограничении входного сигнала до его фильтрации или на мгновенном запирании приемника на время действия помехи.

Пусть входной сигнал приемника подается на двусторонний амплитудный ограничитель. Если уровень ограничения U_0 выбран несколько выше напряжения полезного сигнала, то при отсутствии импульсной помехи схема приемника остается линейной. Если же появится импульсная помеха с уровнем большим, чем U_0 , она будет ограничена. Таким образом, импульсная помеха длительностью τ_u со сколь угодно большой амплитудой на входе, трансформируется в импульс с площадью $\tau_u U_0$. Амплитуда этого импульса примерно равна амплитуде сигнала, а спектр его сильно отличается от спектра сигнала. Поэтому после прохождения через узкополосный (или согласованный) фильтр подавляющая часть энергии импульсной помехи отсеивается и она вызывает ошибок.

Однако в реальных условиях уровень U_0 достигается и сосредоточенной помехой, из-за нелинейного элемента в схеме образуется комбинационные частоты сосредоточенной помехи, которые в дальнейшем трудно отфильтровать. Установка ограничителя после узкополосного фильтра, устраняющего влияние сосредоточенной помехи, неэффективна, ибо на входе такого фильтра длительность импульсной помехи возрастает и условие $\tau_u \ll T$ не может быть выполнено.

Можно отметить частотно-временную дуальность между гармонической и импульсной помехами. Это обстоятельство объясняет, почему меры борьбы с импульсной и сосредоточенной помехами в приемном устройстве взаимно противоположны. Упомянутые выше шумоподобные сигналы можно с успехом использовать и для борьбы с импульсными помехами вследствие их различных по форме. Фильтр приемника, согласованный с таким шумоподобным сигналом, преобразует сигнал в короткий интенсивный импульс, длительность которого обратно пропорциональна полосе часто сигнала. Импульсная же помеха превращается этим фильтром в колебание малой интенсивности, имеющее характер шума, слабо маскирующего сигнала.

За последние годы предложены схемы защиты от сосредоточенных и импульсных помех, основанные на оценивании этих помех и вычитании сигнала оценки из принимаемого колебания. При этом такие схемы в условия изменения характеристик помех становятся адаптивными. Эффективной мерой защиты от сосредоточенных и импульсных помех является разнесенный прием одновременно по частоте и времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев С.А., Дианов Е.М., Курков А.С., Медведков О.И., Протопопов В.Н. Фотоиндуцированные внутриволоконные решетки показателя преломления для связимод сердцевина-оболочка // Квантовая электроника. 1997. Т. 24. С. 151-154.
2. Зюко Е.Ф. Теория электрической связи. М., 2002. С. 358-362.
3. Харкевич А.А. Борьба с помехами. М., 1965.
4. Макаров А.А., Прибылов В.П. Помехоустойчивое кодирование в системах телекоммуникаций. Новосибирск, 2004.

КазНТУ им. К. И. Саппаева

Поступила 5.07.08г.