БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

кафедра РЭС

**реферат на тему:**

**«Анализ мешающих влияний в каналах связи при передаче и преобразовании информации»**

МИНСК, 2009

Мешающие влияния разделяют на шумы, помехи, замирания, искажения, ошибки (рис. 1). Обычно шумы имеют естественное происхождение; наиболее существенное влияние оказывает собственный шум приемника. Помехи могут быть также естественного происхождения (грозовые разряды, индустриальные помехи, влияние соседних радиосредств) и преднамеренные. Все разнообразие помех можно свести к шести основным типам: шумовым, импульсным, узкополосным (в пределе-синусоидальным), внутрисистемным, ретранслированным, имитационным. Шумовую помеху представляют в виде внешнего флуктуационного шума, увеличивающего интенсивность шума приемника.

Импульсные помехи (ИП) действуют в течение ограниченного времени; в зависимости от формы импульса различают шумовые (ограниченный во времени шум), видео- и синусоидальные (узкополосные) ИП. Импульс помехи может быть одиночным, однако чаще воздействует пакет ИП, который поражает элементы сигнала, искажая его временные характеристики.

Узкополосная помеха накрывает часть спектра передаваемого сигнала, искажая спектр и ухудшая как спектральные, так и корреляционные свойства сигнала.

Внутрисистемные помехи характерны для асинхронно-адресных систем связи, работающих в одной полосе частот с различением станций по форме адресных сигналов (кодов). Возникают помехи главным образом за счет неидеальности взаимокорреляционных функций адресных кодов.

Ретранслированная помеха создается в результате усиления и переизлучения переданного сигнала одной-двумя соседними станциями. Переизлученный и задержанный сигнал, попадая в приемник истинной станции, создает специфическую помеху, воздействующую тем сильнее, чем хуже корреляционные свойства передаваемых сигналов. Имитационная помеха (ИМП) близка по форме переданному сигналу; степень близости определяется числом передаваемых сигналов и их корреляционными свойствами. Часто ИМП называют также структурной или прицельной помехой. Название "прицельная помеха" становится оправданным при совпадении в приемнике фазы или средней частоты ИМП с фазой переданного сигнала или со средней частотой одного или нескольких частотных подканалов. В последнем случае помеху иногда называют сосредоточенной. В наземных радиолиниях причинами замираний, составляющих основную часть мешающих влияний естественного происхождения, служат многолучевость, метеоусловия, время года. Многолучевость вызывает быстрые замирания, метеоусловия и время года - медленные. Частотную селективность замираний определяют по снижению коэффициента частотной корреляции до значения 0,5 ... 0,6. Интервал частот, лежащий в пределах 1...0,5, называют полосой (интервалом) когерентности канала связи.

Рис..1 Классификация мешающих влияний в линиях связи

Искажения сигнала могут вызываться как характеристиками тракта передачи, так и помехами. Однако понятие искажения обычно связывают только с влиянием на сигнал линейных и нелинейных характеристик тракта. Воздействие линейных характеристик, и в частности неравномерности амплитудно-частотной характеристики (АЧХ), приводит к появлению межсимвольных искажений (МСИ); ограничение амплитуды сигнала вызывает появление нежелательных частот в спектре, создающих помехи нелинейных переходов. Ошибки фиксируются на выходе дискретного канала: именно они определяют верность информации. Деление ошибок на независимые и пакетные вызвано главным образом спецификой помехоустойчивого кода, его способностью исправлять или обнаруживать ошибки.

Для априорной оценки эффективности кода проводят имитационное моделирование, требующее знания статистического распределения мешающих влияний. Обычно шум предполагают нормально распределенным (белым гауссовским шумом-БГШ). При большом разнообразии ИП нет, однако, единой универсальной модели, описывающей эти помехи. Как правило, уровни и длительности ИП принимают распределенными по экспоненциальному закону, а вероятность появления m импульсов на интервале времени Ти.п (в соответствии с распределением Пуассона) Pи.п(m) = (LТи.п)mехр(-LТи.п)/m!, где L-среднее число импульсов на интервале Ти.п.

Наиболее сложно моделировать преднамеренные помехи, "качество" которых тем выше, чем менее определена их статистика. Однако каждая помеха характеризуется несколькими параметрами, которые при моделировании могут быть заданы в априорно выбранном диапазоне значений в виде, например, случайных чисел.

Для описания быстрых замираний чаще всего применяют рэлеевское и райсовское распределения. Частотную селективность быстрых замираний описывают экспоненциальным распределением; функция частотной корреляции

R(f)=(ехр(-f /df0))2 или R(f)=exp(-f /df0),

где df0 -интервал частотной корреляции. Общепринята аппроксимация медленных замираний логарифмически нормальным распределением.

Искажения сигнала принимают при моделировании нормально распределенными и рассматривают как дополнительный флуктуационный шум. В силу многообразия причин и конкретных условий невозможно описать статистическое распределение ошибок одной моделью. Наиболее простой является модель независимых ошибок, описываемая биномиальным распределением.Биномиальное распределение хорошо описывает ошибки в дискретном канале, причиной которых служит флуктуационный шум. В различных линиях связи мешающие влияния даже одного вида имеют разные параметры распределения. Эту особенность необходимо учитывать при выборе помехоустойчивого кода. В системах связи наиболее широко используют:

* проводные линии связи - воздушные, магистральные кабельные (симметричные и коаксиальные), внутригородские кабельные, а также высоковольтные линии электропередач;
* радиотракты-радиорелейные прямой видимости (РРЛ), тропосферные (ТРЛ), космические (через ИСЗ и с дальними космическими кораблями), магистральные коротковолновые (KB) ЛС, а также линии радиосвязи с наземными подвижными объектами (РЛП);
* телефонные каналы различной протяженности, прямые и коммутируемые, организованные на ЛС различного типа;
* внутриаппаратные тракты магнитной записи-считывания и шины информационного обмена в ЭВМ.

Проводные ЛС. Проводные (и особенно кабельные) ЛС в наибольшей степени защищены от влияния помех. Тем не менее в воздушных ЛС необходимо считаться с атмосферными явлениями: грозовыми разрядами, инеем, изморозью, гололедом, наводками от внешних источников помех. Грозовой разряд проявляется в виде импульсов помехи с фронтом в несколько микросекунд, длительностью полуспада в десятки микросекунд. Иней, изморозь и гололед, оседая на проводах, приводят к значительному увеличению затухания на длительное время. Например, при длине усилительного участка 35 км на линии из медных проводов затухание на частоте 100 кГц увеличивается при толщине изморози 25 мм в 6 раз, а при гололеде 20 мм-в 12 раз. Сильные импульсные помехи могут создавать электрифицированные железные дороги и высоко-вольтные линии электропередачи.

В кабельных ЛС следует считаться главным образом с импульсными помехами, переходными влияниями и межсимвольными искажениями. Основной причиной ИП в магистральных кабельных линиях являются удары молнии в участки поверхности земли, расположенные в непосредственной близости от кабельной траншеи. Помеховые импульсы имеют примерно те же характеристики, что и в воздушных ЛС. Городские телефонные кабели обладают гораздо большей интенсивностью помех, источником которых служат переходные влияния других цепей кабеля, помехи от различных внешних источников: электрифицированного транспорта, плохо заземленных электроустановок, коммутационных устройств АТС. В системах цифровой связи сигналы по кабельным ЛС передают преимущественно видеоимпульсами. Нелинейность АЧХ кабеля искажает форму импульсов сигнала, ухудшая отношение сигнал-шум. С учетом симметрирующих трансформаторов, не пропускающих постоянную составляющую сигнала (в симметричных кабелях), нелинейность АЧХ в наибольшей степени воздействует на низкочастотные составляющие спектра сигнала. Чаще всего по кабелям передачу дискретных сообщений ведут сигналами с пассивной паузой (символ нуля не передается). Ошибки пауз и посылок после приема оказываются неравновероятными, причем разница может достигать нескольких порядков, делая канал существенно асимметричным. Значительная асимметрия ошибок характерна для оптико-волоконных ЛС.

Радиорелейные линии прямой видимости. В тракте передачи РРЛ действуют тепловой шум приемника, замирания, помехи от внешних источников. Глубина замираний достигает 30 дБ, длительность быстрых замираний-доли секунд, полоса когерентности 30... 40 МГц, глубина замирании меняется со скоростью 50 ... 60 дБ/с, разность хода интерферирующих лучей 4...10 нс. Основная часть глубоких замираний на различных интервалах возникает независимо друг от друга. В диапазоне частот выше 10 ГГц ослабление сигнала в атмосферных осадках одновременно более чем на двух смежных интервалах трассы маловероятно.

Внешними источниками естественных помех являются главным образом соседние радио- и радиолокационные станции. Помехи в зависимости от электромагнитной обстановки могут иметь самый разнообразный характер и проявляться в тракте РРЛ в виде одной или нескольких узкополосных помех, помеховых импульсов, дополнительного шума, ретранслированного (задержанного) полезного сигнала, переданного по РРЛ.

Тропосферные радиолинии. Так же, как и в РРЛ, на тракт ТРЛ воздействуют аддитивный шум приемника, замирания и внешние помехи. Однако из-за большей, чем в РРЛ, чувствительности приемника, принципиальной нестационарности объема переизлучения все составляющие мешающих воздействий выражены в ТРЛ гораздо сильнее.

Основными причинами медленных замираний являются метеорологические условия и изменения объема переизлучения. В течение суток медианный уровень сигнала меняется примерно на 4 дБ зимою и 10 дБ летом. Перепад уровня от зимы к лету на трассах длиной до 300 км составляет примерно 5 ... 10 дБ. В тех же пределах лежат изменения уровня за месяц при слабонаправленных антеннах; при узких диаграммах направленности перепад уровней увеличивается ориентировочно на 5 дБ. Характеристики быстрых замираний - глубина, частота, длительность, корреляция по частоте лежат в широком диапазоне значений и могут внезапно измениться, например во время пролета самолета в районе трассы ТРЛ.

Характеристики существенно зависят от времени суток, года, географического расположения трассы, длины интервала, ширины диаграммы направленности антенн, диапазона частот. Глубина замираний изменяется в пределах от единиц до десятков децибел, длительность - от сотен микросекунд до сотен миллисекунд, частотная корреляция - от 1 до 6 МГц. Разнесение резко меняет статистические характеристики замираний и сужает диапазон изменений.

Космические линии связи. Мешающие влияния, в космических ЛС обусловлены многими причинами: поглощением радиоволн в ионосфере и тропосфере, рефракцией, изменением поляризации, помехами от теплового излучения тропосферы, шумами поглощения, экранирующим действием плазмы, возникающей при торможении космического летательного аппарата в атмосфере Земли, рассеянием радиоволн в ионосфере при случайных флуктуациях концентрации электронов, солнечным и звездным шумами. Практически все перечисленные факторы увеличивают флуктуационный шум (иногда на большую величину). Например, в диапазоне до 14 ГГц при сильном дожде коэффициент затухания достигает 3 дБ/км. Обычно по спутниковым ЛС может быть передан сигнал с довольно широкой полосой частот, достигающей нескольких десятков мегагерц. Однако иногда возникают условия распространения, способствующие появлению частотно-селективных замираний. Причиной последних служат интенсивные возмущения в ионосфере, вызывающие сужение полосы когерентности ионосферного отрезка космической ЛС. В результате таких замираний полоса частотной корреляции может уменьшаться до наблюдавшегося на практике значения 250 кГц. В широкополосном сигнале при этом наблюдаются межсимвольные искажения. Важное влияние на выбор сигнала в космических радиолиниях оказывает большое время распространения. Речь наиболее чувствительна к задержке; допустимым считается время прохождения сигнала между говорящими абонентами, не превышающее 300 мс. Если, однако, ИСЗ находится на геостационарной орбите с высотой над поверхностью Земли 35 000 км, то задержка информации в ЛС превышает 200 мс. Поэтому две главные особенности космических ЛС - флуктуационный шум и большая, близкая к предельной, задержка информации существенно влияют на выбор метода помехоустойчивого кодирования.

Коротковолновые линии радиосвязи. Замирания и атмосферные явления - магнитные бури, полярные сияния - главные источники помех коротковолновой радиосвязи. Замирания создаются в результате интерференции нескольких приходящих в место приема лучей, отраженных от ионосферы. Глубина замираний колеблется в широких пределах, достигая десятков децибел. Период замираний лежит в интервале от сотен миллисекунд до десятков секунд; диапазон изменений временной корреляции 1,5 ...4,5 с (по ослаблению коэффициента корреляции до значения 0,6); сигналы можно считать некоррелированными при разносе их более чем на 500 Гц. Сила атмосферных воздействий нарастает и спадает медленно со скоростью от нескольких минут до нескольких часов, часто приводя к полной потере связи на длительное время.

В диапазоне, граничащем с верхними частотами коротковолновой связи, осуществляется метеорная связь, основанная на отражении радиоволн от ионизированных следов метеоров. Характерные особенности метеорной связи заключаются в прерывистом характере информационного обмена, большой скорости смены условий распространения, принципиальной необходимости в обратном канале связи. Важно отметить высокую стабильность фазы сигнала при метеорной связи.

Примерно в том же диапазоне метеорной связи действуют системы связи, использующие эффект рассеяния радиоволн в ионосфере. Виды мешающих влияний в ионосферных линиях подобны тем, которые имеют место в тропосферных ЛС. (Это относится главным образом к характеру быстрых замираний.) Максимальный ход лучей составляет 20... 50 мкс, полоса когерентности канала до 5... 10 кГц, суточный ход глубины медленных замираний 5 ... 10 дБ, сезонный 8... 16 дБ.

Линии радиосвязи с наземными подвижными объектами. Связь в РЛП осуществляют в УКВ диапазоне. Сеть РЛП, организованная в городских и пригоpодных районах, содержит центральную станцию, обеспечивающую связь с подвижными объектами (ПО) зоны, обслуживаемой станцией.

Таблица 1

|  |  |
| --- | --- |
| Скорость ПО, км/с | Частота пересечения уровня, Гц.длительность замираний, мс, при относительном уровне глубины замираний, Дб |
| -30 | -25 | -20 | -15 | -10 | -5 | 0 |
| 110 304 | 8/- 2/--/2.5 | 10/- 3/-1/3.5 | 11/- 5/1.51/6 | 40/- 10/22/9 | 60/1.3 11/43/11 | 90/2.5 11/85/30 | 95/7 11/115/100 |

Прием сигналов в ПО сопровождается замираниями (глубиной до 40 дБ), доплеровским сдвигом частоты (до 100 Гц и более), параметры которых зависят от скорости движения ПО, его удаления от центральной станции и характера затенений. Для частоты 850 МГц усредненные данные по скорости замираний и их длительности в зависимости от заданного уровня и скорости движения ПО приведены в табл. 1.1, где указаны скорость пересечения уровня в герцах, заданного по отношению к среднеквадратическому значению, и длительность замираний в миллисекундах.

Вблизи центральной станции разность хода лучей до 1 мкс, а в дальней зоне до 9 мкс. Полоса когерентности канала лежит в пределах 40 ... 1500 кГц, в зависимости от удаленности ПО.

Телефонные каналы. Телефонный канал представляет наиболее распространенный тракт передачи дискретной информации; скорость передачи достигает 4,8 кБит/с по коммутируемым и 19,2 кбит/с по прямым арендованным каналам. Отличительные особенности телефонных каналов состоят в наличии полосовых фильтров с крутыми срезами, нескольких различных модемов и преобразователей спектра в одном тракте, значительной (до нескольких тысяч километров) протяженности ЛС, большом числе разъемных соединений и регулировок, доступных обслуживающему персоналу, многоканальности. Мешающие влияния в телефонных каналах весьма разнообразны. Причиной их помимо помех в ЛС служат кратковременные перерывы и скачки уровня, искажения формы импульса сигнала неравномерностью АЧХ канала, импульсные помехи, переходные влияния от других каналов. Искажения формы импульса проявляются в виде краевых искажений (смещений фронтов) и дроблений (смена полярности импульса). Краевые искажения без специальной фазовой коррекции могут достигать 50% и более. Дробления вызываются в основном работами, проводимыми обслуживающим персоналом; появляются дробления с частотой несколько дроблений в час.

В телефонных каналах из-за большой протяженности и многообразия помех трудно получить вероятность ошибки менее 10-3... 10-4.

Внутриаппаратные тракты. Значительную часть аппаратуры современных систем дискретной связи составляют устройства обработки сигналов, среди которых все большую роль играют микроЭВМ (или микрокомпьютеры МК, или микропроцессоры МП). Микропроцессоры, использующие внешнюю магнитную память, содержат все виды внутриаппаратных трактов. Поэтому анализ помех, возникающих в этих трактах, целесообразно вести на примере МП. В составе любой ЭВМ различают процессор, устройства оперативной (ОЗУ), постоянной (ПЗУ), внешней магнитной (ленты, диски) памяти, устройства ввода-вывода ((УВВ), шины информационного обмена (данных, адресов, управления). Во всех перечисленных устройствах и трактах возникают ошибки, приводящие к неверным результатам вычислений, сбою программы, излишним затратам машинного времени и нервов программиста и оператора.

Наибольшая часть ошибок появляется в УВВ, шинах, устройствах памяти. Устройство ввода-вывода так же, как и процессор, содержит значительное число элементов цифровой логики, в которых наблюдаются как случайные, так и систематические ошибки. Старение элементов, ухудшение качества электрических контактов, расфазировки сигналов на входах логических элементов вызывают систематические ошибки, которые (как и случайные ошибки) носят асимметричный характер на ограниченных временных интервалах. К случайным ошибкам приводят различные электромагнитные влияния, помехи в цепях питания. Шина информационного обмена представляет собой разновидность проводной (короткой кабельной) линии связи, основными источниками ошибок в которой являются внешние наводки и искажения формы импульсов сигнала, вызванные плохим согласованием линии.

В ОЗУ и ПЗУ ошибки возникают вследствие искажения адресов записи-считывания, неисправности ячеек памяти. Большинство локальных ошибок в магнитных лентах имеет место на одной дорожке, вдоль которой ошибки возникают преимущественно пакетами. Преобладают асимметричные ошибки типа пропадания единиц; по ширине ленты в основном наблюдаются одиночные ошибки. Вероятность ошибок может достигать значений 10-5... 10-6.

Помехи, определяемые видом модуляции. Помимо основных методов модуляции - амплитудной (синусоидальный переносчик - AM, импульсный - АИМ), частотной (ЧМ, ЧИМ), фазовой (ФМ, ФИМ) известно много производных методов: AM с подавленной несущей и одной боковой полосой (АМ ОБП), квадратурная AM (КАМ), ЧМ широкополосная с большим индексом модуляции (>1), ЧМ узкополосная (<=1), ЧМ с непрерывной фазой и минимальным сдвигом (ЧМ НФ), относительная ФМ (ОФМ), многократные AM, ЧМ, ФМ, комбинированная АМ-ФМ (АФМ) и ряд других методов. Каждый вид модуляции имеет свои особенности с точки зрения помех, преобразуемых демодулятором и воздействующих на решающее устройство.

Амплитудная модуляция создает асимметрию ошибок. Она в сравнении с другими видами модуляции наиболее чувствительна ко всем видам шумов и помех. Из-за смещенного к нулевой частоте спектра безызбыточного кода AM ОБП не реализуется в "чистом" виде; осуществляется передача части второй боковой с высокими требованиями к АЧХ формирующего фильтра. Частотная модуляция в радиоканале с частотно-селективными замираниями при разносе частот символов на величину, превышающую полосу когерентности канала, образует асимметричный тракт на интервалах временной корреляции замираний; наиболее вероятны искажения символов одного значения, подверженных замиранию. Относительные методы модуляции вводят в передаваемый сигнал корреляционные связи; сбой символа в демодуляторе вызывает без принятия специальных мер (например, временного перемежения) размножение ошибок. То же самое относится и к многократным методам модуляции.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Лидовский В.И. Теория информации. - М., «Высшая школа», 2002г. – 120с.
2. Метрология и радиоизмерения в телекоммуникационных системах. Учебник для ВУЗов. / В.И.Нефедов, В.И.Халкин, Е.В.Федоров и др. – М.: Высшая школа, 2001 г. – 383с.
3. Цапенко М.П. Измерительные информационные системы. - . – М.: Энергоатом издат, 2005. - 440с.
4. Зюко А.Г. , Кловский Д.Д., Назаров М.В., Финк Л.М. Теория передачи сигналов. М: Радио и связь, 2001 г. –368 с.
5. Б. Скляр. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. Изд. 2-е, испр.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003 г. – 1104 с.