# Исследование атмосферы планеты Венера

Московский ОРДЕНА ЛЕНИНА И ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ Авиационный Институт имени СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ

(технический университет)

Кафедра 402

“радиосистемы управления и передачи информации”

**Курсовой проект**

на тему

|  |
| --- |
| Исследование атмосферы планеты Венера |
|  |
|  |

|  |  |
| --- | --- |
| Выполнил: | студент группы 04-519**Аленчиков Алексей** |
| Проверил: | преподаватель**Большов О. А.** |

**Москва 2011 год**

**Содержание**

Задание.. 3

Планета Венера.. 4

Общие сведения. 4

Атмосфера планеты Венера.. 5

Цифровая радиолиния с проверочной обратной связью.... 5

Уплотнение и разделение каналов.. 7

Частотное уплотнение и разделение каналов. 8

Временное уплотнение и разделение каналов. 9

Цифровая радиолиния с сигналом КИМ-ФМ... 11

Основной тракт радиолинии.. 12

Система фазовой автоподстройки частоты (ФАП) 12

Система синхронизации.. 14

Борьба с импульсными помехами.. 16

Расчет.. 19

Определение параметров имитационной модели.. 20

Анализ результатов расчета и моделирования.. 22

Литература.. 22

Задание Планета Венера

Рассмотрим космический объект, который должен быть изучен в ходе исследований, проведенных ниже описанной системой. Надо заметить, что такие системы до сих пор ни кто не сделал, и в ближайшем будущем вряд ли будет делать.

## Общие сведения

**Венера**, вторая по счету планета Солнечной системы. Она имеет такой же размер, как Земля, а ее масса более 80% земной массы. Расположенная ближе к Солнцу, чем наша планета, Венера получает от него в два с лишним раза больше света и тепла, чем Земля.

Рисунок 1 Планета Венера

Венера подходит к Земле ближе, чем какая-либо другая планета. Но плотная, облачная атмосфера не позволяет непосредственно видеть ее поверхность. Снимки, сделанные с помощью радара, демонстрируют очень большое разнообразие кратеров, вулканов и гор. Температура поверхности достаточно высока, чтобы расплавить свинец, а когда-то на этой планете, возможно, имелись обширные океаны. Венера имеет почти круговую орбиту, которую она обходит за 225 земных суток на расстоянии 108,2 млн. км от Солнца. Поворот вокруг оси Венера совершает за 243 земных дня - максимальное время среди всех планет. Вокруг своей оси Венера вращается в обратную сторону, то есть в направлении, противоположном движению по орбите. Такое медленное, и притом обратное, вращение означает, что, если смотреть с Венеры, Солнце восходит и заходит всего лишь два раза за год, поскольку венерианские сутки равны 117 нашим. Венера подходит к Земле на расстояние 45 млн. км - ближе, чем любая другая планета. По своим размерам Венера лишь немного меньше Земли, и масса у нее почти такая же. По этим причинам Венеру иногда называют близнецом или сестрой Земли. Однако поверхность и атмосфера этих двух планет совершенно различны. На Земле есть реки, озера, океаны и атмосфера, которой мы дышим. Венера - обжигающе горячая планета с плотной атмосферой, которая была бы губительной для человека.

До начала космической эры астрономы знали о Венере очень мало. Плотная облачность мешала им увидеть ее поверхность в телескопы. Космическим кораблям удалось пройти сквозь атмосферу Венеры, состоящую в основном из углекислого газа с примесями азота и кислорода. Бледно-желтые облака в атмосфере содержат капельки серной кислоты, выпадающей на поверхность кислотными дождями. Орбита Венеры ближе к Солнцу, чем орбита Земли. Когда Венера находится с противоположной стороны, освещен весь ее диск, а когда она расположена между Землей и Солнцем, мы видим только часть освещенного Солнцем полушария. По этой причине у Венеры, как и у Луны, имеются различные фазы в зависимости от ее местоположения на орбите.

## Атмосфера планеты Венера

Атмосфера Венеры крайне жаркая и сухая. Температура на поверхности достигает своего максимума примерно у отметки 480°С. В атмосфере Венеры содержится в 105 раз больше газа, чем в атмосфере Земли. Давление этой атмосферы у поверхности очень велико, в 95 раз выше, чем на Земле. Космические корабли приходится конструировать так, чтобы они выдерживали сокрушительную, раздавливающую силу атмосферы.

Рисунок 2 "Венера-4"

В 1970 г. первый космический корабль, прибывший на Венеру, смог выдержать страшную жару лишь около одного часа - этого как раз хватило, чтобы послать на Землю данные об условиях на поверхности. Российские летательные аппараты, совершившие посадку на Венеру в 1982 г., послали на Землю цветные фотографии с изображением острых скал.

Благодаря парниковому эффекту, на Венере стоит ужасная жара. Атмосфера, представляющая собой плотное одеяло из углекислого газа, удерживает тепло, пришедшее от Солнца. В результате скапливается большое количество тепловой энергии.

Цифровая радиолиния с проверочной обратной связью

Рассмотрим обратную связь, используемую в системе связи “шар-зонд” – ИСВ. Один из эффективных методов повышения достоверности передачи информации основан на использовании радиолинии с проверочной обратной связью. Такие радиолиния содержат прямой канал (“шар-зонд” — “ИСВ”) и обратный канал (“ИСВ” — “шар-зонд”). С помощью обратной связи осуществ­ляется контроль за прохождением передаваемой информации. В результате применения обратной связи достигается исправление обнаруженных ошибок при приеме переданной информации и «стирание» ложных команд, возникающих в паузах, при наличии соответствующих помех.

Рисунок 3 Функциональная схема радиолинии с информационной обратной связью

Возможны два основных варианта осуществления проверочной обратной связи: первый вариант соответствует радиолиниям с инфор­мационной обратной связью; второй вариант — радиолиниям с решаю­щей обратной связью. Кроме того, находят применение радиолинии с комбинированной обратной связью, в которых одновременно используются принципы информационной и решающей обратной связи.

***В нашем случае мы воспользуемся информационной обратной связью, так как она больше подходит для ортогонального сигнала при приеме “в целом”.*** В радиолинии с информационной обратной связью, обобщенная функциональная схема которой приведена на Рисунок 3, по обратному каналу передаются сведения о том, какую информацию зарегистрировал бортовой приемник. Принятая информация записывается в бортовое запо­минающее устройство и исполняется только после принятия решения об отсутствии в ней искажений. Такое решение выносит “шар-зонд” путем сравнения переданной информации со сведениями, по­лученными по каналу обратной связи.

В зависимости от результатов подобной проверки изменяется по­рядок дальнейшей работы радиолинии. При отсутствии обнаруженных оши­бок управляющее устройство “шара-зонда” формирует сигнал (функциональную команду), разрешающий использовать ранее принятую информацию. Этот сигнал передается по прямому каналу, после чего про­изводится передача очередного блока информации. При обнаружении ошибки формируется  и передается функциональная команда, с помощью которой обеспечивается «стирание» неправильно принятой команды уп­равления. В дальнейшем осуществляется повторная передача того же блока информации.

При анализе помехоустойчивости цифровых радиолиний с проверочной обратной связью вычисляют остаточную вероятность регистрации ошибочной информации , которая возникает вследствие необнаруженных ошибок. Важное значение имеет также среднее число передач отдельного блока информации . Значения  и  зависят от характеристик прямого и обратного каналов радиолинии и от характеристик помех, действующих в этих каналах.

Рассмотрим способы вычисления величин  и . При выборе структуры сигналов радиолинии с обратной связью стремятся обеспечить малую вероятность искажений функциональных команд и сообщений. В дальнейшем полагается, что такие искажения отсутствуют (искажения в обратном канале будут учитываться только для случая полной ретрансляции).

Процесс передачи сообщений можно представить как последовательность отдельных циклов. Каждый цикл включает в себя передачу сообщения по прямому каналу радиолинии и передачу соответствую­щей информации по каналу обратной связи. В момент окончания каж­дого цикла возможны следующие три ситуации:

а)     ошибки в прямом канале отсутствуют, и команда принята пра­вильно (вероятность );

б)     имеется необнаруженная ошибка (вероятность );

в)     имеется обнаруженная ошибка (вероятность ).

В последнем случае производится повторная передача команды. Перечисленные ситуации составляют полную группу случайных событий. При повторной передаче команды, то есть в следующем цикле, снова возникает одна из указанных ситуаций.

Рассмотрим случай, когда общее число повторений передачи сообщений  ограничено величиной . Примем, что результаты отдельных передач представляют собой независимые случайные события. Вероятность появления необнаруженной ошибки после  повторения одной команды составляет величину , где второй множитель харак­теризует вероятность появления обнаруженной ошибки в предыдущих циклах передачи. Остаточная вероятность регистрации ошибочной команды  находится по формуле

.                                                   (1)

Среднее число передач отдельного блока сообщения определяется формулой

.                                                         (2)

где  - вероятность  передачи команды.

Вероятность  вычисляется в предположении, что в каждом из  предыдущих циклов обнаружена ошибка, а в цикле с номером  обнаружение ошибки не имело места:

.                                                (3)

Уплотнение и разделение каналов

Рассмотрим уплотнение и разделение каналов, предусмотренных в нашей системе. Известны линейные и нелинейные методы уплотнения и разделе­ния каналов. В командных радиолиниях основное применение полу­чили линейные методы с использованием ортогональных сигналов. К числу линейных методов разделения каналов относятся времен­ное, частотное и структурное разделение (соответственно различают временное, частотное и структурное уплотнение каналов). Временное и частотное разделение каналов основано на использовании сигналов, которые не перекрываются между собой во временной или частотной области, что обеспечивает ортогональность этих сигналов. При времен­ном разделении каналов используются устройства типа временного селектора или коммутатора. Частотное разделение каналов произво­дится с помощью полосовых фильтров.

## Частотное уплотнение и разделение каналов

**Частотное уплотнение канала (ЧУК).** Такое уплотнение основано на принципе частотного преобразования спектров сообщений отдель­ных источников на передающей стороне системы связи. Для это­го используется набор гармонических поднесущих  с разны­ми частотами . Модулируя (или манипулируя) поднесущие, можно получить  канальных сигналов *,* каждый из которых занимает полосу частот , зависящую от ширины спектра исходных сообщений  и вида модуляции. Чтобы уменьшить взаимное влияние соседних каналов и облегчить их разделение, между каналами вводят *защитные частотные проме­жутки* (полосы) . Поэтому полная полоса частот, занимаемая каждым каналом

                           (4)

где  — защитный коэффициент полосы.

Рисунок 4 Спектр многоканального сообщения при частотном уплотнении каналов

Значение частоты нижней поднесущей обычно выбирается не ме­нее , где  — ширина спектра модулированной ниж­ней поднесущей. При таком выборе частоты выделение и демоду­ляция нижней поднесущей в приемной части системы связи не встречает затруднений.

**Частотное разделение каналов (ЧРК).** При частотном разде­лении канальные селекторы представляют собой полосовые фильт­ры, полоса каждого из которых рассчитана на пропускание спект­ра «своей» модулированной поднесущей. Для ослабления влия­ния других поднесущих (особенно соседних) фильтры должны иметь частотные характеристики с большим коэффициентом прямоугольности.

Анализ искажений в системах с ЧРК связан с большими математическими трудностями, поэтому обычно вводят следующие допущения и идеализацию:

1.       основная доля искажений обусловлена неидеальностью характеристик группового тракта. Искажения, возникающие в отдельных канальных трактах, значительно меньше и их можно не учитывать;

2.       искажения в групповом тракте можно разделить на две независимые составляющие: искажения в высокочастотной части тракта (искажения модулированного сигнала) и искажения в видеотракте (искажения многоканального сообщения);

3.       основной причиной искажений сигнала в высокочастотной части тракта является неравномерность частотной и нелинейность фазовой характеристик усилителя промежуточной частоты приемника в пределах полосы частот, занимаемой спектром модулированного сигнала;

4.       основной причиной искажений в видеотракте является нелинейность его модуляционной и демодуляционной характеристик, которые при анализе можно рассматривать как единую модуляционно-демодуляционную характеристику.

## Временное уплотнение и разделение каналов

**В бортовом передатчике шара-зонда используется временное уплотнение каналов (ВУК), рассмотрим и его.** Временное уплотнение кана­лов основано на дискретизации непрерывных сообщений по вре­мени. При таком уплотнении используется набор импульсных поднесущих, не перекрывающихся во времени (Рисунок 6). Каждая поднесущая модулируется своим непрерывным сообщением в соот­ветствующем канальном модуляторе. Естественно, что частота по­вторения импульсов в этих поднесущих должна удовлетворять  для всех каналов, где  - период повторения кадров,  - максимальная ширина полосы спектра передаваемого телеметрического сигнала.

Рисунок 5 Структурная схема бортового передатчика шара-зонда

Многоканальное сообщение образуется в результате линейно­го объединения (суммирования) модулированных импульсов поднесущих. Очевидно, что ширина спектра многока­нального сообщения  однозначно определяется длительностью импульсов поднесущих и приблизительно равна величине .

Временнóе уплотнение осуществляется в синхронном режиме. Для этого в устройстве уплотнения формируется периодическая последовательность *кадровых синхроимпульсов* с периодом . В зависимости от вида импульсной модуляции каждому каналу в интервале  отводится определенное время , которое вклю­чает интервал , занимаемый каналом с учетом модуляции и *временной защитный интервал* , вводимый для уменьшения взаимного влияния соседних каналов и облегчения разделения ка­налов в приемной части системы связи. Таким образом,

,                            (5)

где  — защитный коэффициент канального промежутка.

**Временное разделение каналов (ВРК).** При временном разделении канальные селекторы (Рисунок 11) представляют собой устройства совпадения по времени (временные селекторы). На один вход такого устройства подается многоканальное сообщение (последовательность информационных импульсов всех каналов), а на другой — специально сформированная вспомогательная перио­дическая последовательность импульсов (стробов). Для каждого канала последовательность стробов формируется генератором вспомогательных колебаний, работа которого синхронизируется с работой генератора канальных импульсов, находящегося в передающей части системы. Для устойчивой синхронизации канал синхронизации должен обладать значительно более высокой поме­хоустойчивостью по сравнению с любым информационным каналом.

Если информационный импульс совпадает по времени со стробом, то он проходит на выход данного вре­менного селектора, если совпадения нет, то селектор оказывается закры­тым. В результате такой операции многоканальное сообщение разде­ляется на импульсные последова­тельности, соответствующие от­дельным каналам.

Рисунок 6 Многоканальное сообщение при временном уплотнении каналов

В системах с временным разделением модулируемый параметр сигнала изменяется скачкообразно в соответствии с импульсным характером многоканального сообщения. При конечной полосе про­пускания УПЧ и видеоусилителя это приводит к появлению замет­ных переходных процессов и наложению остаточных колебаний от предыдущих импульсов на последующие. В результате появ­ляются *межканальные искажения,* которые после общего демоду­лятора проявляются в виде наложения остаточного напряжения переходных процессов на огибающую каждого. Такое наложение приводит к некоторому сдвигу им­пульса во времени  и изменению величины его амплитуды . Рассмотренные искажения обусловлены конечной полосой про­пускания общего тракта системы в области верхних частот.

Цифровая радиолиния с сигналом КИМ-ФМ

В цифровой системе передачи информации с радиосигналом КИМ-ФМ необходимо оценить точность передачи сообщения и выб­рать основные параметры радиолинии, определяющие точность. Из­вестно, что в системе непрерывно принимаются сообщения. В приемном устройстве применяется прием “в целом”.

Необходимо знать - скорость передачи информации *R* (двоичных единиц в секунду), энергетический потен­циал радиолинии, закон изменения несущей частоты из-за нестабильности передатчика и движения передающего и принимающего пунктов. Предполагается также, что символы в КИМ сигнале могут считаться независимыми, а априорная вероятность появления нуля и единицы одинакова.

Функциональная схема бортового передатчика шара-зонда представлена на Рисунок 5, она работает следующим образом. Сигнал  с датчика поступает на временной комму­татор, где квантуется по времени, превращаясь в сигнал АИМ. Да­лее в преобразователе «напряжение — код» вырабатывается сигнал КИМ, в котором в двоичной форме закодирована амплитуда импуль­са АИМ и, следовательно, величина сообщения. Кодовое слово передается в течение времени . Сформированный видеосигнал модулирует несущую по фазе, образуя сигнал КИМ-ФМ. Далее сигнал КИМ-ФМ поступает на временной уплотнитель канала (сумматор), где вместе с остальными сигналами КИМ-ФМ суммируется.

В приемном устройстве после частотного разделения каналов, преобразования, усиления, временного разделения каналов про­исходит оптимальный прием “в целом”. Функциональные схемы оптимальных приемников приведены на Рисунок 11. Оптимальный приемник вычисляет взаимную корреляцию приня­того сигнала  с каждым из возможных сигналов  и выносит решение о приеме того сигнала, для которого указанная величина имеет наибольшее значение. Схема оптимального приемника содержит  активных корреляторов. В этом случае имеется генератор опорных сигналов, который вырабатывает «образцы» сигналов *.* В состав приемника входит также устройство синхронизации, с помощью которого обеспечивается синхронизация принимаемых и опорных сигналов, а также разряд интегратора после окончания кодового слова. Опорное напряжение вырабатывает система ФАП. При оценке помехоустойчивости оптимального приемника параметры входного сигнала считаются полностью известными. Такой приемник известен под названием корреляционного (или когерентного) приемника. Опорные сигналы поступают на корреляторы одновременно с принятым сигналом . Коррелятор состоит из перемножителя сигналов и интегратора. В момент окончания принятого сигнала выходное напряжение корреляторов определяется как

,    ().

В качестве показателя точности основного тракта принимается *вероятность неправильной оценки слова* (). В качестве внешнего воздействия на систему будем рассматривать собственный шум приемника, заданный энергетическим потенциа­лом .


## Основной тракт радиолинии

Анализ основного тракта радиолинии целесообразно начать с выяснения принципиальной возможности получить приемлемые результаты в заданных условиях. Дело в том, что энергетический потенциал и скорость передачи информации, значения которые за­даны, уже определяют минимально возможную вероятность искажения символа. Если вероятность искажения символа окажется слишком боль­шой, то не имеет смысла рассчитывать реальную радиолинию, которая, разумеется, будет еще хуже.

Вероятность ошибки при оценке слова в сигнале КИМ-ФМ для оптимальной обработки при приеме “в целом” равна

,                      (6)

где  - отношение сигнла/шум,  - энергия сигнала,  - мощность полезного сигнала КИМ-ФМ,  - длительность слова,  - спектральная плот­ность шума. После расчета ошибки по формуле (6) может оказаться не­обходимым потребовать изменить исходные условия — увеличить энергетический потенциал или уменьшить скорость передачи и толь­ко после этого приступить к расчету реальной радиолинии.


## Система фазовой автоподстройки частоты (ФАП)

Рассмот­рим теперь условия, при которых обеспечивается нормальная работа вспомогательных трактов. Опорное напряжение вырабатывается с помощью системы фазовой автоподстройки частоты (ФАП).

Получение опорного напряжения предсавляет собой особую техническую задачу. Для этой цели невозможно использовать независимый генеродин в приемном устройстве, так как его колебания практически не будут когерентными с несущей сигнала. Причиной является уходы частоты из-за нестабильности генератора, долеровское смещение частоты из-зи движения пункта передачи или приема и т. д. Для обеспечения когерентности гетеродина в приемнике необходимо синхронизировать приходящим сигналом.

***Первый способ создания когерентного опорного напряжения – способ который мы и будем реализовывать.*** Когда в спектре сигнала имеется компонента на несущей частоте , ее используют для синхронизации гетеродина обычно с помощью системы ФАП либо непосредственно выделяют с помощью узкополосного фильтра и после соответствующей обработки (усиления, ограничения, поворота фазы) берут в качестве опорного напряжения. Поворот фазы, который надо сделать в опорном канале, зависит от фазы компоненты на несущей частоте, т. е. при КИМ-ФМ от параметров сигнала  и  (где  - коэффициент передачи фазовой модуляции [рад/В],  - «1» в среднем занимают столько же времени, сколько «0»). Так, например, если принято  и, следовательно, гармоника на несущей частоте определяется как

,                                     (7)

фаза опорного сигнала должна совпадать с фазой несущей.

Чаще, однако, имеет место случай, когда специально делают , чтобы сохранить в спектре компоненту на несущей частоте. При этом фаза опорного напряжения должна отличаться на  от фазы несущей сигнала. Нетрудно видеть, что, уменьшая индекс фазовой модуляции () для сохранения несущей, мы тем самым снижаем амплитуду полезноых компонент. Следовательно, выбор величины  приходится проводить исходя из противоречивых требований. Практически можно взять, например,  равной . При этом мощность на несущей составляет около четверти всей мощности сигнала.

Таким образом, часть энергии передатчика расходуется для работы канала синхронизации. Это, естественно, ухудшает условия выделения полезного сообщения по сравнению с идеальным случаем. Другая трудность, связанная с выделением компоненты на несущей частоте из сигнала ИМ-ФМ, возникает из-за того, что вблизи частоты  располагаются составляющие передаваемого сообщения, которые могут попасть в опорный канал и внести помехи в работу синхронного детектора. Тогда шумовая полоса ФАП  должна быть выбрана так, чтобы удовлетворялось условие

.                                                             (8)

Другой способ создания когерентного опорного напряжения основан на выделении нужного колебания из сигнала после предварительного снятия модуляции. Пусть в спектре сигнала ИМ-ФМ не содержится несущая, т. е.  и . Нужное колебание частоты  можно создать в результате определенных нелинейных преобразований сигнала в опорном канале. Эти преобразования сводятся к последовательносму умножению и делению частоты входного сигнала на два.

Технически применение последовательного умножения и деления частоты оказывается неудобным. Разработан рад практически более удобных схем, позволяющих реализовать тот же принцип. Имеются и другие достаточно простые схемы. Однако всем им присущ общий недостаток: они не исключают перехода синхронного детектора в обратный режим работы. Действительно, фаза опорного напржения, полученного в результате деления частоты, всегда будет иметь неопределенность на . Практически фаза будет зависеть от начальных условий на делителе и может случайно измениться на  при всякого рода внешних воздействиях, перерывах в связи и т. д. Неожиданный переход к обратному режиму является недопустимым искажением. Поэтому в сигнале приходится предусматривать специальные контрольные посылки, которые обнаруживают обратную работу. Естественно, что на создание таких контрольных посылок затрачивается часть энергии передатчика, что соответственно сказвается на выделении полезного сообщения.

И так, при рассмотре­нии основного тракта выделения сообщений предполагается, что фазовые ошибки в канале опорного напряжения достаточно малы.

Теперь рассмотрим одним из главных параметров - полосу захвата . Выбор этой величины при проектировании опреде­ляется рядом факторов, многие из которых являются противоречивыми. Так, очевидно, что для уменьшения шумовых флюктуации фазы опорного гетеродина надо уменьшить . Однако при этом увеличится постоянная ошибка слежения согласно

.                                                        (9)

Если частота несущей сигнала заранее известна с большой ошиб­кой, то приходится в систему ФАП дополнительно вводить устройст­во поиска, перестраивающее гетеродин до тех пор, пока частота сиг­нала не окажется в полосе захвата. ***Однако в нашем случае мы будем считать, что несущая частота нам заранее известна с малой ошибкой.*** Время поиска  обычно ограни­чено. Поэтому скорость перестройки  нельзя выбирать очень ма­лой. С другой стороны, при большой скорости и узкой полосе захва­та можно пропустить сигнал. Это обстоятельство также ограничивает возможность сужения полосы . Таким образом, возникает задача оптимального выбора полосы захвата при наличии ограничении. Поскольку система ФАП предназначена для выработки опорного напряжения в синхронном детекторе, в качестве основного критерия можно принять максимум полезного напряжения сигнала на его выходе.


## Система синхронизации

В цифровых радиолиниях необходимо применять *кадровую* при синхронной передаче, а также *пословную* синхронизации. В случае посимволь­ного приема дополнительно требуются сигналы посимвольной синхро­низации. С помощью соответствующих синхронизирующих сигналов осуществляется разделение каналов и обеспечивается правиль­ная работа декодирующих устройств командных сигналов. В нашем случае сигнал будет иметь следующий вид.

Рисунок 7 Структура демодулированного сигнала

**Кадровая синхронизация.** Синхронизирующее слово, ставящееся  в начале каждого кадра, называется словом кадровой синхронизации. В качестве слов кадровой синхронизации при временном уплотнении каналов (Рисунок 6) час­то используются составные сигналы, причем выделение этих слов в при­емнике осуществляется с помощью пассивного согласованного фильт­ра (Рисунок 8). Напряжение на выходе согласованного фильтра воспроизводит автокорреляционную функцию синхронизирующего сигнала. Для уменьшения ошибок, возникающих при обнаружении синхронизирую­щего сигнала и определении его временного положения, автокорреля­ционная функция данного сигнала должна иметь узкий центральный пик и малый уровень «боковых» выбросов. Подобным свойством обла­дает ряд широкополосных сигналов, в том числе сигналы, сформиро­ванные на основе некоторых двоичных кодов.

Рисунок 8 Устройство декодирования кадрового синхронизирующего сигнала

Принятый синхронизирующий видеосигнал, поступает на вход линии задержки. Расстояние между отдельными отводами этой линии соответствует длительности элементарных импульсов кода . Максимальное время задержки синхронизирующего сигнала равно полной длительности сигнала . Сигналы, которые снимаются с отводов линии задержки, поступают на сумматор. При этом часть сигналов проходит через инверторы, изменяющие полярность сигналов. Пространственное расположение отводов линии задержки, к которым подключены инверторы, воспроизводит в обратном порядке временное положение символов «0», имеющихся в составе рассматриваемого синхронизирующего кодового слова. Тем самым обеспечивается синхронное накопление энергии отдельных импульсов этого слова в сумматоре. К выходу сумматора подключен фильтр, который согласован с одиночным видеоимпульсом длительности . В момент окончания принятого синхронизирующего кодового слова на выходе согласованного фильтра образуется короткий импульс значительной амплитуды. С помощью таких импульсов осуществляется запуск порогового устройства, предназначенного для выделения отдельных синхронизирующих сигналов.

На вход рассматриваемого согласованного фильтра поступает напряжение , которое содержит как синхронизирующее, так и телеметрические сигналы. Воздействие на согласованный фильтр телеметрических слов сопровождается образованием дополнительных «выбросов» напряжения на выходе этого фильтра. Для предотвращения ложных срабатываний порогового устройства под действием таких выбросов коэффициенты взаимной корреляции между синхронизирующим сигналом и отдельными телеметрическими словами должны иметь незначительную величину.

В инерционной системе кадровой синхронизации сигналы, выделенные с помощью согласованного фильтра, могут использоваться для автоматической подстройки частоты местного генератора синхронизирующих сигналов. Постоянная времени инерционной системы значительно превышает длительность синхронизирующего сигнала . Следовательно, в установившемся режиме обеспечивается хорошая фильтрация помех, и высокая точность определения начала кадра. Недостатком инерционной системы является значительное время обнаружения слова кадровой синхронизации, а также возможность срыва слежения под действием помех.

**Пословная синхронизация** предназначается для определения границ отдельных команд в составе кадра. Существуют различные способы осуществления пословной синхронизации. Способ, который мы будем использовать, основан на использовании специальных разделительных сигналов (Рисунок 7 – заштрихованные импульсы). При синхронной непрерывной передаче сообщений разделительные сигналы имеют периодический характер, поэтому в спектре модулирующего сигнала радиолинии возникает регулярная составляющая на частоте следования слов сообщения . После детектирования принятого радиосигнала эта составляющая выделяется с помощью узкополосного фильтра и используется для формирования сигналов пословной синхронизации. Такая система синхронизации является инерционной.

**Посимвольная синхронизация** используется при посимвольном приеме кодовых слов и обеспечивает разделение элементарных сигналов, соответствующих различным позициям кодового слова. Требования к точности посимвольной синхронизации зависят от используемого способа обработки элементарных информационных сигналов в приемнике. При обработке, близкой к оптимальной, а она в нашем случае именно такая, необходимо достаточно точное определение границ этих сигналов. Требования к точности синхронизации возрастают с уменьшением длительности элементарных сигналов.

Рисунок 9 Функциональная схема инерционной системы посимвольной синхронизации

Для выделения сигналов посимвольной синхронизации непосредственно используется последовательность принимаемых  информационных символов. На Рисунок 9 показана функциональная схема инерционной системы посимвольной синхронизации. В результате дифференцирования сигнала , образуется последовательность импульсов, временное положение которых соответствует границам между соседними символами «1» и «0». Эта последовательность поступает на временной дискриминатор, который вырабатывает управляющее напряжение, пропорциональное временнóму рассогласованию между входной и опорной последовательностью импульсов. Последняя и используется в качестве сигналов посимвольной (тактовой) синхронизации. Опорная последовательность вырабатывается генератором синхронизирующих сигналов. С помощью управляющего напряжения изменяется частота следования импульсов опорной последовательности, тем самым обеспечивается автоматическая подстройка генератора синхронизирующих сигналов.

Анализ таких систем имеет целью определить флюктуации моментов временных меток относительно положения, соответствующих идеальной ра­боте. **В нашем случае мы будем считать, что система синхронизации работает идеально.** В качестве показателя точности можно взять среднеквадратическую ошибку, которая для нормальной работы должна быть много меньше длительности одного символа.

## Борьба с импульсными помехами

До сих пор предполагалось, что помехи в линии являются флуктуационными и обладают нормальным законом распределе­ния мгновенных значений. Этот случай относится к одному из пре­дельных и часто встречающихся. Вторым предельным сличаем, яв­ляются импульсные помехи, т. е. последовательность случайных по форме, величине и времени возникновения импульсов, длитель­ность которых в среднем мала по сравнению с интервалами меж­ду ними. Импульсные помехи часто являются искусственными по происхождению. Это позволяет бороться с ними, применяя их экра­нировку в точках возникновения. Для предотвращения распространения помех по проводам, питающим искрящее устройство, включают фильтры нижних частот, ослабляющие энергию высоко­частотной части спектра помехи.

Единой теория борьбы с импульсными помехами пока не со­здано вследствие их большого разнообразия, а также трудностей нахождения многомерного закона распределения помехи, необхо­димого для синтеза оптимального приемника. Для различных моделей импульсных помех можно найти одномерные за­коны распределения позволяющие определять отношение сигнал/помеха для отдельных методов борьбы с импульсными помехами и таким образом сопоставлять их эффективность.

Для ослабления воздействия импульсных помех на приемное устройство используются различные методы, один из которых мы будем использовать. Выбранная схема будет реализована в усилителе промежуточной частоты (УПЧ).

Рисунок 10 Структурная схема приема по методу ШОУ

Структурная схема, используемая при методе ШОУ, приведена на Рисунок 10. Она состоит из широкополосного фильтра (Ш), ог­раничителя (О) и узкополосного фильтра (У). Полоса  выби­рается так, чтобы выполнялось условие:

,

где  — предполагаемая средняя длительность импульсов помех.

Этим обеспечивается незначительное «размытие» импульсов помехи, которое имело бы место при непосредственном воздейст­вии импульсов на узкополосный фильтр, согласованный по полосе с сигналами. Ограничитель «обрезает» выбросы, обусловленные импульсными помехами, способствуя этим увеличению отношения сигнал/помеха. Полоса пропускания узкополосного фильтра согласована с полосой сигналов. Этим обеспечивается ослабление влияния флуктуационной составляющей помех.

Рисунок 11 Структурная схема бортового приемника искусственного спутника Венеры

Расчет Определение параметров имитационной модели

1)     Источник дискретных сообщений:

-    квантованные отсчеты случайного нормального коррелированного процесса задаются как V(1) = 2. Исходное сообщение представляет собой случайный процесс с заданным матожиданием и дисперсией. Корреляционная функция этого процесс задана соотношением . Перед квантованием процесс ограничивается сверху  и снизу . Этот интервал квантуется равномерно на  уровней. Сообщение передается дискретно с интервалом  и округляется до ближайшего уровня;

-    матожидание исходного сообщения задается как A(1) = 0;

-    среднеквадратическое отклонение сообщения задается как A(2) = 2.1;

-    коэффициент корреляции  задается как A(3) = 0.9;

-    верхняя граница квантуемой величины  [В] задается как A(5) = 6.3;

-    нижняя граница квантуемой величины  [В] задается как A(6) = -6.3;

-    количество уровней квантования .

2)     Кодирующее устройство:

-    ортогональный код V(2) = 4;

3)     Радиоканал:

-    радиоканал, использующий сигнал КИМ-ФМ и приемный тракт с линейным усилением, синхронным детектором и интегратором V(7) = 1, V(9) = 1. При моделировании радиоканала предполагается, что тракт усиления и преобразования частоты до синхронного детектора линейны и не искажают формы символа сигнала КИМ-ФМ, которая остается прямоугольной. Синхронный детектор выделяет видеоимпульсы. Интегрирование символа начинается при поступлении начальной метки из системы символьной синхронизации и заканчивается через заданное время при поступлении импульса “сброса”. На вход радиоканала передается напряжение, накопленное к концу интегрирования.

-    девиация фазы равна , что соответствует A(172) = 1;

-    длительность интегрирования, отнесенная к длительности символа A(171) = 1, т. е. время интегрирования равно длительности символа;

4)     Аддитивные помехи:

-    широкополосная шумовая помеха. На входе радиоканала такая помеха представляет собой “белый” шум.

-    параметром модели помехи является дисперсия . Таким образом, A(151) = 1.173;

5)     Случайная импульсная помеха:

-    в данной модели мы не можем учесть случайную импульсную помеху, так как не выполняется условие [[1]](%22%20%5Cl%20%22_ftn1%22%20%5Co%20%22);

6)     Замирание амплитуды сигнала (фединг):

-    замирания амплитуды отсутствует V(6) = 1;

7)     Временное положение меток системы символьной синхронизации:

-    флюктуация временного положения меток отсутствуют (символьная синхронизация идеальная) V(3) = 1;

-    номинальное положение метки , соответственно A(131) = 0;

8)     Флюктуация фазы опорного напряжения синхронного детектора:

-    идеальный синхронный детектор V(4) = 0;

9)     Декодирующее устройство:

-    прием кодового слова в целом V(8) = 5;

10)   Продолжительность эксперимента:

-    продолжительность машинного эксперимента определяется объемом исследуемой выборки сообщений (кодовых слов). Возьмем количество слов равное количеству сообщение переданных за сеанс связи M = 4600.

Анализ результатов расчета и моделирования

Расчеты, проведенные при выборе базового варианта радиолинии, дали следующие показатели достоверности приема информации:

·    вероятность отказа от декодирования – ;

·    вероятность ошибки кодового слова – ;

В результате моделирования получены следующие оценки достоверности:

·    вероятность отказа от декодирования – ;

·    вероятность ошибки кодового слова – ;

При моделировании была взята выборка  командных слов, что соответствует длительности сеанса 2.667 секунд.

Как видно, результаты расчета и моделирования близки, надо заметить, что показатели в обоих случаях **удовлетворяют ТЗ**.

Оценим точность статического эксперимента при моделировании, учитывая количество независимых испытаний в данном эксперименте их 1236.

·    вероятность отказа от декодирования равна ;

·    вероятность ошибки кодового слова равна ;

Подведем итог. Все получившиеся различия в результатах расчета и моделирования, являются неизбежными:

-    при расчете случайная импульсная помеха заменялась нормальным шумом с той же мощностью. Однако пи этом не учитывался иной закон распределения вероятностей помехи, а, следовательно, допускалась ошибка. А при моделировании случайная импульсная помеха и вовсе не учитывалась по причине ограничений программного обеспечения.

Литература

1.       “Теория и проектирование радиосистем”, Л. В. Березин, В. А. Вейцель. – М.: Сов. радио, 1977.

2.       “Основы радиоуправления”, под ред. В. А. Вейцеля и В. Н. Типугина. – М.: Сов. радио, 1973.

3.       “Радиотехнические системы передачи информации”, П. И. Пеннин, Л. И. Филиппов. – М.: Радио и связь, 1984.

4.       “Автоматизированная модель радиолинии с цифровой передачей информации”, уч. пособие, В. А. Вейцель, С. С. Нужнов. – М.: МАИ, 1985.

5.       “Методические указания к курсовому проекту «Радиолинии с цифровой передачей информации»”, авт.-сост. В. А. Вейцель, А. И. Куприянов, М. И. Жодзишский. – М.: МАИ, 1987.

6.       “Инженерный справочник по космической технике”, под. ред. Соловова. – М.: Воениздат, 1974.

[[1]](%22%20%5Cl%20%22_ftnref1%22%20%5Co%20%22) см. Расчет.