Содержание

Введение

1. Виды модуляции, применяемые в системах с ЧРК

1.1 Линейная амплитудная модуляция

1.2 Линейная фазовая модуляция

1.3 Линейная частотная модуляция

2. Характеристики группового тракта

3. Причины появления искажений в ТМ системах с ЧРК

3.1 Вводные замечания

3.2 Переходные искажения (линейные)

3.3 Перекрестные искажения (нелинейные)

3.3.1 Перекрестные искажения в низкочастотной части группового тракта

3.3.2 Перекрестные искажения в высокочастотной части группового тракта

4. Выбор поднесущих частот. Телеметрические стандарты

Заключение

Список литературы

Введение

Телекоммуникации являются одной из наиболее быстро развивающихся областей современной науки и техники. Жизнь современного общества уже невозможно представить без тех достижений, которые были сделаны в этой отрасли за немногим более ста лет развития. Отличительная особенность нашего времени - непрерывно возрастающая потребность в передаче потоков информации на большие расстояния. Это обусловлено многими причинами, и в первую очередь тем, что связь стала одним из самых мощных рычагов управления экономикой страны. Одновременно, претерпевая значительные изменения, становясь многосторонней и всеобъемлющей, электросвязь каждой страны становится все более интегрированной в мировое телекоммуникационное пространство.

1. Виды модуляции, применяемые в системах с ЧРК

1.1 Линейная амплитудная модуляция

Модулированное гармоническое колебание при амплитудной модуляции (АМ) в этом случае можно представить в виде

, ( 1)



где - коэффициент, характеризующий чувствительность модулятора; - модулирующее колебание; - частота и начальная фаза несущего колебания.



Зависимость от называется модуляционной характеристикой при АМ. Как известно, модулирующее колебание можно выразить с любой степенью точности рядом Фурье с конечным числом членов:



. ( 2)



Тогда, выражение ( 1) можно привести к виду

( 3)



где - парциальный коэффициент амплитудной модуляции, соответствующий i-ой компоненте модулирующего колебания .



Типичный вид спектра АМ колебаний изображен на рисунке 1

Свойства АМ колебания:

1. Спектр колебания при линейной АМ всегда симметричен.
2. Ширина спектра при АМ равна удвоенной гармоничной частоте модулирующего колебания .



Рисунок 1

Определим среднюю удельную мощность АМ колебаний.

. ( 4)



Из выражения ( 4) следует, что удельная мощность одной боковой полосы спектра АМ

. ( 5)



Т.к. , то, следовательно, средняя мощность равна



. ( 6)



Следовательно, АМ передатчик в режиме передачи обеспечивает увеличение средней мощности по сравнению с режимом молчания не более, чем в полтора раза. Для эффективного использования мощности передатчика используют однополосную модуляцию (ОБП), что позволяет сузить полосу пропускания приемника и увеличить мощность, расходуемую на создание одной боковой полосы. Для этого на приемной стороне необходимо с высокой точностью восстановить несущую частоту (). ОБП широко используется в УКВ диапазоне при передаче телевизионных изображений и в телефонных системах уплотнения.



1.2 Линейная фазовая модуляция

Модулированное гармоническое колебание в этом случае имеет следующий вид:

, ( 7)



где - коэффициент, характеризующий чувствительность модулятора при ФМ. Учитывая выражение ( 2) представим ( 7) следующим образом:



, ( 8)



где - парциальный индекс фазовой модуляции для составляющей с частотой . Зависимость от называется модуляционной характеристикой при ФМ.



Определим спектр ФМ колебания, используя результаты теории функций Бесселя (рисунок 2):

( 9)



Где

и .



Если

, то



( 10)



Где



Рисунок 2

Спектр ФМ колебания содержит бесконечное число дискретных составляющих даже при модуляции одним гармоническим колебанием. На уровне 0,01 от амплитуды немодулированной несущей ширина спектра ФМ колебания равна

, ( 11)



где . Можно показать, что средняя удельная мощность ФМ колебания равна , т.е. мощности несущей в отсутствие модуляции.



1.3 Линейная частотная модуляция

Модулированное гармоническое колебание в этом случае имеет следующий вид:

, ( 12)



где - коэффициент, характеризующий свойства модулятора при ЧМ. Представим выражение ( 12)следующим образом:



( 13)



где - парциальная девиация частоты за счет составляющей модулирующего колебания с частотой . Зависимость от называется модуляционной характеристикой при ЧМ. Учитывая, что фаза и частота связаны соотношением



( 14)



Получим

, ( 15)



где , . Т.е. спектры ЧМ и ФМ колебаний совпадают, если под индексом модуляции понимать .



2. Характеристики группового тракта

Групповым трактом является часть РТМ системы, по которой проходит групповой сигнал (с выхода сумматора до разделителя) (рисунок 3)



Рисунок 3

Групповой тракт описывается:

* амплитудной характеристикой ;



* амплитудно-частотной характеристикой;
* фазо-частотной характеристикой.

Наибольшее влияние на качество передачи информации имеет амплитудная характеристика (АХ). Нелинейность АХ вызывает появление дополнительных спектральных составляющих и как следствие межканальных помех. Для получения неискаженной модуляции во второй ступени необходимо, чтобы групповой сигнал не превышал определенного уровня (рисунок 4).



Рисунок 4

, ( 16)



где - число каналов, - амплитуда модулированного колебания i-ой поднесущей.



Определим вероятность того, что групповой сигнал превысит уровень . Полагаем, что фазы всех поднесущих независимы и распределены равновероятно на интервале . При , в силу центральной предельной теоремы, распределение хорошо описывается нормальным законом (рисунок 5)



Рисунок 5

, ( 17)



где - дисперсия процесса . Дисперсия процесса при амплитудной модуляции поднесущих с , как следует из формулы ( 4), равна



. ( 18)



В случае частотной модуляции поднесущих дисперсия равна

. ( 19)



Определим вероятность перегрузки

( 20)



где - интервал вероятностей (функция Лапласа), , .



Для РТМ систем общего назначения в случае перегрузки с вероятностью ().



Тогда задаваясь уровнем определим уровни поднесущих колебаний в случае АМ



, ( 21)



и в случае ЧМ

. ( 22)



3. Причины появления искажений в ТМ системах с ЧРК

3.1 Вводные замечания

В РТМ системах с ЧРК возможны следующие виды искажений передаваемых сообщений:

* искажения, появляющиеся из-за внутренних флюктуационных шумов;
* переходные (линейные) искажения;
* перекрестные (нелинейные) искажения.

Линейные искажения при попадании в полосу пропускания одного канала сигналов соседних каналов. Они обусловлены недостаточной селективностью реальных полосовых канальных фильтров.

Нелинейные искажения возникают из-за наличия нелинейных элементов в групповом тракте и образования при этом множества комбинационных частот.

3.2 Переходные искажения (линейные)

Сложение полезного сигнала с помехой в виде части сигналов соседних каналов приводит к его искажению (рисунок 6).



Рисунок 6

Оценим влияние только одного (n-1) канала. Полагаем, что модуляция поднесущих отсутствует и начальные фазы сигналов в k-м и (k-1)-м каналах . Тогда напряжение в k-мканале равно



( 23)



Определим ошибку, вызванную переходными искажениями, при условии, что регистрация сигнала осуществляется безынерционными приборами.

( 24)



Где



Тогда относительная ошибка равна

. ( 25)



Из выражения следует, что даже при передаче по k-му каналу только постоянной составляющей возможны переходные искажения. Эти искажения зависят от полосы пропускания k-огоканала и разноса частот .



Рассмотрим влияние инерционности регистратора на величину переходных искажений. Огибающая сигнала k-огоканала за период имеет вид



( 26)



Выражение ( 26) представляет собой эллиптический интеграл второго рода. Относительная ошибка в этом случае равна

. ( 27)



Зависимости относительных ошибок и от величины приведены на рисунке 7.



Рисунок 7

Т.о., инерционная регистрация позволяет уменьшить влияние переходных искажений. Анализ влияния нескольких каналов встречает значительные трудности.

При выборе характеристик фильтра и значений поднесущих частот необходимо учитывать граничную частоту сигнала, глубину и вид модуляции, величину переходных искажений.

3.3 Перекрестные искажения (нелинейные)

Полагаем флюктуационные шумы отсутствующими. Перекрестные искажения разделяются на низкочастотной и высокочастотной части тракта. К низкочастотной части тракта относят модулятор и демодулятор, к высокочастотной – радиотракты ПРД и ПРМ, а также пространство распространения радиоволн.

Если полоса пропускания тракта симметричны относительно несущей частоты, то как можно показать, причиной искажений при АМ во второй ступени является только нелинейность амплитудных характеристик тракта. Если приемник не настроен на частоту несущей сигнала, то нелинейные искажения возникают также за счет АЧХ и ФЧХ.

При ЧМ во второй ступени, кроме искажений вызванных нелинейностью амплитудной характеристики, основное влияние на уровень искажений оказывает фазовая характеристика.

Паразитные изменения амплитуды ЧМ сигнала устраняются ограничителем.

Нелинейность ФЧХ при ЧМ сигнале приводит к различию между мгновенными значениями частот на входе и выходе высокочастотной части тракта.

3.3.1 Перекрестные искажения в низкочастотной части группового тракта

Полагаем, что высокочастотная часть тракта искажений не вносит.

Перекрестные искажения в низкочастотной части группового тракта определяются нелинейностью модуляционной и демодуляционной характеристик. Эти искажения проявляются как при АМ, так и при ЧМ во второй ступени. Для анализа перекрестных искажений аппроксимируем АХ степенным полиномом

, ( 28)



где - постоянные коэффициенты, - передаваемое и принимаемое многоканальное сообщение.



При анализе обычно ограничиваются тремя первыми членами выражения ( 28). Представим групповое сообщение в виде

, ( 29)



где - амплитуда поднесущей, - поднесущая частота i-ого канала. Подставляя ( 29) в ( 28) получим



, ( 30)



где - перекрестная помеха. Используя формулы тригонометрии можно представить выражение для перекрестной помехи в виде суммы гармонических составляющих. В таблице 1 приведены значения спектральных составляющих помехи.



Выводы:

1. В системах ЧРК с однополосной модуляцией в первой ступени, при том же числе каналов, уровень помех меньше, чем в системах с АМ, т.к. поднесущие отсутствуют.
2. Часть составляющих на выход группового тракта не пройдет.
3. Составляющие четвертого типа не влияют на РТМС с ЧМ, т.к. увеличение составляющих на частотах устраняется ограничителем при демодуляции.



1. В полосу группового тракта не попадают постоянные составляющие.
2. При расчетах необходимо учесть вторых и третьих гармоник, а также половину комбинационных составляющих шестого и седьмого типа.



Таблица 1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер составляющей | Причина появления | Частота | Число составляющих | |
| Общее число | На выходе группового передатчика |
| Постоянная составляющая | b2 |  |  |  |
| Вторая гармоника | b2 |  |  |  |
| Комбинационная составляющая | b2 |  |  |  |
| Паразитическая составляющая | b3 |  |  | 0 при ЧМ |
| Третья гармоника | b3 |  |  |  |
| Комбинационная составляющая | b3 |  | 2I(I-1) |  |
| Комбинационная составляющая | b3 |  |  |  |

1. Составляющие, возникающие из-за члена , дают практически равномерный спектр в полосе группового тракта со спектральной плотностью



. ( 31)



1. Для получения малого уровня перекрестных помех необходимо, чтобы

а) ,



б) уменьшить уровень (применяя ОБП),



в) увеличивать .



3.3.2 Перекрестные искажения в высокочастотной части группового тракта

Полагаем, что низкочастотная часть тракта искажений не вносит. Рассматривается случай ЧМ во второй ступени. Пусть на вход ПРМ поступает ЧМ сигнал.

. ( 32)



Тогда сигнал на выходе тракта имеет вид

, ( 33)



где - АЧХ тракта, - ФЧХ тракта.



В соответствии с выражениями ( 32), ( 33) мгновенные значения частот ЧМ сигналов на входе и выходе тракта равны

, ( 34)



, ( 35)



где и - фазы ЧМ сигналов на входе и выходе тракта. Если представить ФЧХ в виде полинома



, ( 36)



то частотная погрешность

. ( 37)



Обычно достаточно .



При линейной ФЧХ в спектре напряжения на выходе демодулятора не появляются новые составляющие. Таким образом, напряжение перекрестных помех на выходе общего демодулятора ЧМ равно при



, ( 38)



модуляция частотный искажение телеметрический

где - коэффициент передачи частотного детектора.



Определим спектральную плотность помехи , полагая, что модуляция поднесущих отсутствует



. ( 39)



Подставляя ( 39) в ( 38) получим

( 40)



где . Выражение в квадратных скобках аналогично выражению для перекрестной помехи в низкочастотной части тракта.



Из теории преобразования Фурье известно, что если две функции связаны выражением

, ( 41)



то их спектральные плотности связаны соотношением

. ( 42)



С учетом соотношений ( 42) и ( 31) спектральная плотность перекрестных помех, возникающих из-за нелинейности ФЧХ, имеет вид

. ( 43)



Из формулы ( 43) следует, что спектральная плотность таких помех имеет квадратичную зависимость от частоты, поэтому влияние перекрестных помех сказывается сильнее на каналы с более высокими поднесущими.

Во многих случаях искажениями из-за нелинейности ФЧХ можно пренебречь по сравнению с искажениями из-за нелинейности АХ группового тракта.

4. Выбор поднесущих частот. Телеметрические стандарты

Если число каналов мало (), модно подобрать значение поднесущих частот таким образом, чтобы продукты нелинейности не попадали в полосы каналов, а располагались между ними. Среди систем с ЧРК наибольшее распространение получили системы ЧМ-ЧМ. Системы ЧМ-ЧМ обычно используются в тех случаях, когда необходимо получить следующие характеристики:



* точность выше () %;



* ширину полосы передаваемой информации () кГц;



* число каналов меньше 25.

Т.е. они находят применение, когда требуется передать информацию со средней точностью и с достаточно широкой полосой при небольшом числе каналов.

Применительно к системам ЧМ-ЧМ разработаны стандарты. При используются следующие значения поднесущих



Гц, Гц,



Гц, Гц,



Гц, Гц.



Обычно в системах ЧМ-ЧМ необходимо, чтобы относительная девиация частоты равнялась 7,5%, т.е. %.



При большем числе каналов все труднее обеспечить отсутствие перекрестных помех. Поэтому при значения поднесущих выбирают таким образом, чтобы обеспечить минимум помех. Значения таких поднесущих являются стандартными. В настоящее время на практике используются два вида стандартов. Для первого из них характерна неравномерная шкала поднесущих частот, интервалы между которыми возрастают с увеличением номера канала. При этом полосы частот пропускания каналов оказываются различными. Поднесущие с номерами 1 – 21 обеспечивают передачу параметров с максимальной частотой модуляции от 6 до 2500 Гц. Поднесущие А, В, …Н (восемь поднесущих) обеспечивают передачу более широкополосных сигналов. РТМ системы, использующие первый стандарт, относятся к системам ЧМ-ЧМ с пропорциональной полосой. Для этих систем поднесущие частоты определяются по формуле



, ( 49)



где - постоянный коэффициент, Гц.



Данный стандарт применяют, когда требуется передать информацию как о медленно, так и о быстро изменяющихся параметрах. Если требуется передать значительное количество однотипных параметров, с одинаковыми граничными частотами, то используется второй стандарт (таблица 3). Здесь интервал между поднесущими принят постоянным и равным 6,7 кГц, а девиация частоты в каждом канале принята кГц для двадцати двух поднесущих или кГц для одиннадцати поднесущих частот. Т.о., для данного стандарта выбор поднесущей частоты осуществляется по формуле



, ( 45)



где кГц, кГц.



В случае системы АМ-АМ выбор поднесущих частот производится с учетом следующих факторов:

* допустимого уровня переходных помех;
* нестабильности частоты генераторов поднесущих частот;
* нестабильности настройки фильтров.

Учет влияния указанных факторов приводит к увеличению разноса поднесущих частот на %.



Таким образом, величина поднесущей частоты k-ого канала

. ( 47)



Заключение

Радиосвязь - одно из самых простых и надежных средств связи. Рации полезны и удобны, их можно использовать там, где недоступен ни один другой вид связи, системы радиосвязи недороги по цене, легко развертываются и нетребовательны к условиям окружающей.

Наиболее характерными для современных РСПИ являются три формы представления сообщений, которые формируются на борту и передаются по линиям связи:

* 1. Сообщения о наличии/отсутствии некоторого априорно известного сообщения (включения/выключения двигателей, удары метеорита).
  2. Сообщения о величинах характеризуют значения параметров в определенный момент времени.
  3. Сообщения о процессах должны с заданной точностью воспроизводить процессы на определенном отрезке времени, т.е. в этом случае также необходимо производить калибровку амплитуды и масштабирование по времени.

Список литературы

1. Радиотехнические методы передачи информации: Учебное пособие для вузов / В.А.Борисов, В.В.Калмыков, Я.М.Ковальчук и др.; Под ред. В.В.Калмыкова. М.: Радио и связь. 1990. 304с.
2. Системы радиосвязи: Учебник для вузов / Н.И.Калашников, Э.И.Крупицкий, И.Л.Дороднов, В.И.Носов; Под ред. Н.И.Калашникова. М.: Радио и связь. 1988. 352с.
3. Тепляков И.М., Рощин Б.В., Фомин А.И., Вейцель В.А. Радиосистемы передачи информации: Учебное пособие для вузов / М.: Радио и связь. 1982. 264с.
4. Кириллов С.Н., Стукалов Д.Н. Цифровые системы обработки речевых сигналов. Учебное пособие. Рязань. РГРТА, 1995. 80с.