КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

«Расчет фазового детектора»

**Содержание**

Введение

1. Классификация фазовых детекторов

2. Анализ схем построения фазовых детекторов

2.1 Балансный фазовый детектор

2.2 Фазовый детектор на логических дискретных элементах

2.3 Однократный диодный фазовый детектор

2.4 Коммутационный фазовый детектор

3. Выбор и обоснование схемы фазового детектора

Заключение

Список литературы

**Введение**

Радиотелеграфная связь с использованием фазовой манипуляции (часто ее называют фазовой телеграфией) является перспективным видом телеграфной связи, так как ее помехоустойчивость значительно помехоустойчивости частотной телеграфии и тем более амплитудной телеграфии. Анализ помехоустойчивости систем связи с фазовой манипуляцией показывает, что переход от частотной манипуляции при наиболее распространенном некогерентном приеме сигналов ЧМ к фазовой эквивалентен увеличению мощности передатчика в 3-4 раза. Этот выигрыш обусловлен возможностью сужения в два раза полосы пропускания приемника по сравнению с ЧМ и появление фазовой селективности, дающей дополнительное ослабление составляющих помех, не совпадают по фазе с импульсами сигнала. Применение фазовой манипуляции позволяет передавать несколько двоичных сообщений на одной частоте без расширения полосы частот.

Передача элементов сигнала осуществляется в простейшем случае изменением на фазы колебания одной и той же частоты. Общий принцип приема сигналов с фазовой манипуляцией состоит в сравнении на фазовом детекторе фазы принимаемых сигналов с фазой колебаний местного гетеродина. Частота и фаза этих колебаний должны точно совпадать с частотой и фазой одно из элементарных сигналов. При совпадении фаз колебаний гетеродина и элементарного сигнала на выходе фазового детектора получается импульс положительной полярности; при фазах, отличающихся на , выдается импульс отрицательной полярности.



Структурная схема приемника сигналов с фазовой модуляцией показана на рис.(1)

Общий радиотракт приемника (ОРТ) выполняет обычные функции селекции, усиление и преобразование частоты принимаемого сигнала. В отличие от приемников АМ и ЧМ сигналов к приемнику сигналов ФН предъявляет требования повышенной частотной точности и более высокой линейности фазовых характеристик.

Тракт усиления и формирования телеграфных импульсов также не отличается от обычных блоков, применяемых в приемниках радиотелеграфных сигналов. Основными специфическими элементами схемы являются фазовый детектор и синхронный гетеродин, которые и решают задачу преобразования радиосигналов с фазовой манипуляцией в импульсы постоянного тока, полярность которых меняется в зависимости от фазы элементарных сигналов.

Основная трудность при практической реализации метода фазовой телеграфии состоит в получении опорного напряжения, частота и фаза которого точно совпадает с частотой и фазой одного из элементарных сигналов. Решить задачу применением автономного местного гетеродина



невозможно, так как требуется практически нереализуемая стабильность его частоты. Кроме того, такой гетеродин не может следить за изменениями частоты и фазы сигнала в канале связи. Выделение из спектра ФМ колебания с несущей частотой для использования его в качестве опорного напряжения также не представляется возможным, так как спектр сигнала при



ФМ не содержит составляющей с частотой , а в реальном спектре она сильно ослаблена. Поэтому применяются гетеродины опорных колебаний, фаза которых непрерывно корректируется сигналом, либо опорное напряжение создается после ряда нелинейных преобразований из принимаемого сигнала.



Современные радиоприемные устройства широко используют аналоговую и цифровую реализацию отдельных функциональных узлов,

В том числе детекторов, поэтому следует различать цифровые схемы, которые могут либо повторять принципы аналогового детектирования, либо реализовать алгоритмы, отличающиеся от аналоговых, широко применяемых на практике.

В литературе нет установившегося названия устройствам, выполняющим операцию сравнения и одновременного преобразования одного вида сигнала в другой. В зависимости от области применения используют понятия: различитель, дискриминатор, демодулятор, детектор.

Фазовые детекторы находят широкое применение в различных фазометрических устройствах в системах автоподстройки частоты, в следящих узкополосных фильтрах способных автоматически перестраиваться при изменении частоты принимаемого сигнала, а также для детектирования фазомодулированных и фазоманипулированных сигналов.

Фазовый детектор (ФД) – это устройство, выходной сигнал которого определяется разностью фаз колебаний, подаваемых на его входы. Мгновенное значение выходного напряжения фазового детектора:

Uвых.фд =Uфд.maxF() (1)



где F() – нормированная характеристика фазового детектора; -мгновенная разность фаз входных напряжений.



**1. Классификация фазовых детекторов**

Разнообразные схемы фазового детектора по принципу действия можно разделить на две большие группы: нелинейные векторомерные и параметрические. Классификация фазовых детекторов приведена на рисунке К векторомерным относятся фазовым детекторам, в которых выходное напряжение Uвых.фд(t) образуется сравнением амплитуд векторных сумм и разности колебаний U1(t) и U2(t) с помощью нелинейных элементов и последующего детектирования результирующего сигнала.

Детекторы (дискриминаторы) этой группы используют на высоких частотах. Наиболее распространенными дискриминаторами этого типа являются балансные и кольцевые. Балансный фазовый детектор с квадратичными амплитудными детекторами эквивалентен перемножителю входных колебаний с последующей фильтрации высокочастотных составляющих.

Фазовые детекторы

Векторомерные

Параметрические

Балансные

Кольцевые

Комму-

тоционные

ВДУХ

Однотак-

товые

Детектор

совпа-

дений

Рис.2

К параметрическим относят детекторы, в которых преобразование разности фаз сигналов в выходное напряжение осуществляется при помощи линейных цепей с переменными параметрами. Параметры линейных цепей можно изменять плавно или скачкообразно. Параметрические фазовые детекторы часто называют коммутационными. В коммутационных фазовых детекторах одно из колебаний, называемое опорным, периодически изменяет параметры электрических цепей. В качестве коммутатора (ключа) применяют механические прерыватели; электронные и транзисторные схемы. Коммутационные фазовые детекторы используются обычно на сравнительно низких частотах (до сотен килогерц). В ряде случаев, в том числе когда требуется специальная характеристика фазового детектора, например в цифровых синтезаторах частоты, используются импульсно-фазовые дискриминаторы.

Как уже было сказано выше фазовым детектором называют устройство предназначенное для создания напряжения, пропорционального разности фаз между сигналом и опорным колебанием. Если на входе фазового детектора действует напряжение: uвх = Uвх cos[], то продетектированное напряжение

Ед = Кфд .

Так как в спектре напряжения на выходе фазового детектора имеются частотные составляющие, которых не было в спектре uвх, то для реализации фазового детектора нельзя использовать линейную схему с постоянными параметрами. Фазовое детектирование нельзя также осуществить с помощью простой безынерционной нелинейной системы. Например, постоянная составляющая тока диодного детектора зависит от амплитуды входного напряжения и не зависит от эго фазы и частоты. Поэтому фазовый детектор можно выполнить на основе линейной системы с переменными параметрами.

Структурная схема фазового детектора показана на рисунке (3); 



Рис.3

На этой схеме частота гетеродина (опорное напряжение)



Под действием опорного напряжения u0 меняется активный параметр схемы, обычно это крутизна S.

Напряжение на выходе с коэффициентом передачи Кд :





Рис.5

Согласно рисунка 5 напряжение ЕД на входе фазового детектора зависит от  входного сигнала ; вид зависимости ЕД от  определяется отношением Uвх/U0 . В общем случае характеристика детектирования существенно отличается от косинусоиды .

Если Uвх>U0 то,

 (3);

Таким образом, при малых амплитудах входного сигнала характеристика детектирования однотактного диодного фазового детектора имеет косинусоидальную форму. Если , то

;

в этом случае характеристика детектирования представляет собой циклоиду рисунок 5 сильно отличается от косинусоиды .

**2. Анализ схем построения фазовых детекторов**

**2.1 Балансный фазовый детектор**

Балансный фазовый детектор представляет собой два диодных однотактных фазовых детекторов, каждый из которых работает на свою нагрузку.



В результате на входе каждого плеча фазового детектора создаются напряжения  встречной полярности поэтому . Входное напряжение подводится к диодам в противоположной полярности поэтому фаза напряжения Uвх` отличается от фазы Uвх`` на .

Опорное напряжение прикладываются к диодам в одинаковой фазе, поэтому,



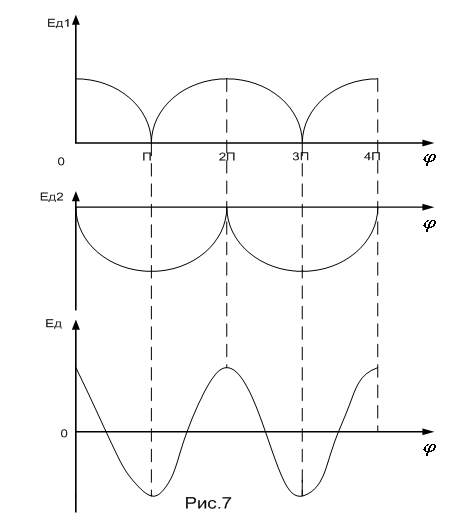
.

Следовательно,



В кольцевом фазовом детекторе используют два балансных фазовых детектора, при этом симметричность характеристики детектирования улучшается , а коэффициент детектора возростает.

Характеристики детектирования плеч и всего ФД при 



Выводы: 1. Балансный фазовый детектор- это сочетание двух однотактных фазовых детектора, каждый из которых работает на свою нагрузку и создает на них взаимно противоположные напряжения; разность этих напряжений определяют продетектированное напряжение на входе балансного фазового детектора. Полярность входных сигналов на диодах обратна, опорного напряжения – одинакова.

2.Характеристика детектирования балансого фазового детектора по сравнению с однотактным более симметрична и проходит через нуль.

**2.2 Фазовый детектор на логических дискретных элементах**

Структурная схема фазового подобного детектора показана на рисунке (8)



Рис. 8

Устройство формирования преобразует аналоговый гармонический сигнал в импульсное напряжение.

Возможная схемная реализация такого фазового детектора показана на рисунке (8). Детектор имеет два входа: на первый подается ФМ - колебание (рис.9,а), на второй – опорное напряжение (рис. 9,в). В качестве УФ1 и УФ2 (рис.11) использованы компараторы с гистерезисом DA 1 иDA 2 . Диаграммы напряжений u1 и u2 на выходе УФ1 и УФ2 показаны на рис.( 9,б,г ) . Напряжения u1 и u2 подаются на цепь И, в качестве которой используются два логических элемента И-НЕ DD1.3 и DD1.4. Напряжение u на выходе цепи И создается только при одновременном действии напряжений u1 и u2. Диаграмма напряжения на выходе цепи И показана на рисунке (9,д). Фильтр нижних частот выделяет постоянную составляющую напряжения Ед = U0 | π – φ | / 2 π = 0,5 U0 | 1 – φ/ π| (4) ;





Согласно(4) напряжение Ед линейно зависит от фазы φ. Характеристика детектирования ФД показана на рис. (12)

.Если на рисунке (10) вместо цепи И использовать цепь на основе элементов исключающее И-НЕ рис. (11), то характеристика детектирования становится в 2 раза круче и при равенстве фаз входного и опорного напряжений Ед = 0.

Напряжение u на выходе цепи И, состоящей из элементов И-НЕ, имеет место при одновременном наличии либо отсутствии напряжений u1 и u2.



ВЫВОД: В ФД на логических дискретных элементах ФМ – колебание преобразуется в импульсное напряжение, скважность которого зависит от фазы входного сигнала. Импульсный ФД реализуется в интегральном исполнении.

**2.3 Однократный диодный ФД**

Для фазового детектирования к диоду прикладывается входной сигнал и опорное напряжение; напряжение Ед на выходе ФД определяется выражением ,полученным при предположении, что Unx<<U0.



Характеристики детектирования диодного ФД согласно этого выражения близка к синусоиде.

Принцип действия такого ФД можно пояснить, рассматривая его не как параметрическую цепь, а как систему с амплитудным детектированием суммы двух гармонических колебаний (uBX и u0).

На входе такого АД действует суммарное напряжение:

u∑ = uвх + u0 =UBX cos (ω0t + ψ) + U0cos ω0t. (5);

Эти два колебания имеют одинаковую частоту, но разные фазы. В результате векторного сложения двух напряжений получают напряжение той же частоты, но другой фазы. Амплитуда суммарного колебания:



Рис.13

**2.4 Коммутаторный фазовый детектор**

Такой фазовый детектор выполнен в виде балансного перемножающего устройства с дифференциальным входом. Входной сигнал U1 подается на базу транзистора Т1, сигнал управляющего напряжения U2 подается непосредственно на затвор полевого транзистора Т3. Последний работает как управляемый напряжением аттенюатор с нулевым смещением на участке исток-сток. Вследствие баланса цепи по постоянному току управляющее напряжение, приложенное к затвору Т3, изменяет только сопротивление накала полевого транзистора, не влияя на условие передачи постоянных смещений в цепи. При использовании рассмотренной балансной схемы рис (14), перемножителя в спектре выходного напряжения удается значительно ослабить составляющую частоты 2 и все комбинационные составляющие, за исключением ω2±ω1 . Составляющие частоты ω1 при этом из спектра не исключаются. Однако при выполнении условия ω1-ω2≤ω1 ее влияние почти не сказывается, так как она будет подавлена фильтром, стоящим после фазового детектора. Допуская ,что участок затвор –канал имеет безконечное сопротивление и что амплитуда напряжения сигнала U1 значительно меньше напряжения отсечки полевого транзистора, можно показать что коэффициент передачи передачи фазового детектора для симметричного выхода может быть выражен в следующем виде:



Где Sнач- начальная крутизна полевого транзистора Т3 при (Uзи=0);

Uзи.отс- напряжение отсеки Т3;

Rн- сопротивление нагрузки каждого плеча схемы;

U2- амплитуда управляющего напряжения на затворе.

Входное сопротивление схемы на частоте сигнала определяя ется велечиной разных сопротивлений R1 R2 и имеет порядок .



Максимально возможный коэффициент такого фазового детектора при условии U2=0.5Uзи.отс определяется выражением:





**3.Выбор и обоснование схемы фазового детектора**

Рассмотрим балансный ФД. Такой детектор состоит из двух встречно включенных амплитудных детекторов, нагрузкой являются соответственно резисторы и конденсаторы При этом . Одно из входных напряжений подводится к схеме с помощью



трансформатора со средней точкой таким образом, чтобы составляющие этого напряжения имели одинаковую амплитуду и действовали на диоды тоесть и .Второе входное напряжение через трансформатор подводится к диодам с одной фазой. Таким образом, на каждом из диодов действует сумма двух напряжений конденсаторыи для токов частот представляют короткое замыкание:





Рис.16

Амплитуды результирующих напряжений можно определить графически с помощью векторных диаграмм рисунок (16).



Результирующий фазовый угол φ между векторами определяются равенством φ=



С помощью диограмм можно получить получить значение результирующих амплитуд напряжений, приложенных к диодам



(8);



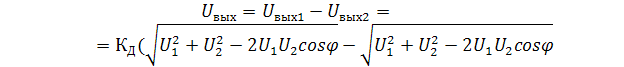
(9);



Напряжение детектируется на нагрузках амплитудных детекторов возникнут напряжения где коэффициент передачи амплитудного детектора.



Результирующее выходное напряжение фазового детектора:



Это выражение представляет собой уравнение импульсно-фазовой характеристики балансного фазового детектора. Крутизну характеристики балансного фазового детектора можно найти, дифференцируя уравнение его импульсно-фазовой характеристики:

(10);



Уравнение () можно упростить, разложив каждое слагаемое в степенной ряд и ограничившись первыми членами разложения

(11);



При этом по-прежнему определяется выражением (10). Если амплитуда одного из входных напряжений существенно больше амплитуды другого (например) уравнение характеристики оказывается еще более простым: (12);



При этом

(13);



Основное уравнение импульсно-фазовой характеристики (9) является симметричным относительно амплитуд входных сигналов .Поэтому с точки зрения работы схемы безразлично какой из входных сигналов будет являться опорным.



Для балансного фазового детектора характерно, что его входное напряжение зависит от соотношения амплитуд входных напряжений :(см.рис)

(14);



Амплитудно-фазовые характеристик, приведенные на данном рисунке построены по формуле(11) для различных значений h. По оси ординат отложим обобщенные значения . Анализ приведенных графиков позволит сделать следующие выводы. При характеристика практически считается линейной, крутизна ее согласно (10) будет равна:



(15);



Если то характеристика приближается косинусоидальной, а крутизна детектора стремится к своему максимально возможному значению(13).



Предельное значение обобщенной величины y=2 свидетельствует о том, что максимальное напряжение на выходе детектора не может превышать удвоенной величины наименьшего йз входных напряжений (при условии). Предельное значение коэффициента передачи напряжения будет равно



.



При выполнении неравенства величина максимального значения





выходного напряжения зависит практически только от наименьшего из входных напряжений, в данном случае от . Следовательно, если требуется, чтобы оставалось неизменным при работе фазового детектора в условиях изменения амплитуды одного сигналов, необходимо обеспечить постоянство амплитуды наименьшего из двух входных напряжений. Например, при постоянной амплитуде опорного напряжения () для сохранения неизменным входного напряжения пи колебаниях амплитуды напряжения входного сигнала () необходимо, чтобы всегда выполнялось условие .



Оценим приближенно порядок входных сопротивлений балансного фазового детектора. Если внутреннее сопротивление диода, намного меньше сопротивления нагрузки, то входное сопротивление последовательного диодного детектора при достаточно больших входных напряжениях приближенно равно .



Следовательно, входное сопротивление балансного фазового детектора с стороны первого входа, пересчитанное по вторичной обмотке трансформатора смотри рисунок(15) , будет равно сумме двух входных сопротивлений амплитудных диодных детекторов то есть:



(16);



Со стороны второго входа входное сопротивление, приведенное ко вторичной обмотке трансформатора , будет складываться на двух параллельно включенных входных сопротивлений диодных детекторов, следовательно:



(17);



Заметим, что для упрощения все входные напряжения и сопротивления в схеме рассматривались проведенными ко вторичным обмоткам трансформаторов . Очевидно эти величины можно легко пересчитать к первичным обмоткам, то есть непосредственно на оба входа схемы фазового детектора.



Рассмотрим некоторые соотношения между элементами нагрузки балансного фазового детектора. Как уже отмечалось, величину резистора R выбирают на условии . Постоянная времени нагрузки RC должна быть, с одной стороны такой, чтобы выполнялось известное из теории амплитудных детекторов неравенство :



(18);



где -минимальная частота входных напряжений детектора. С другой стороны, чтобы при не искажалось форма выходного напряжения и таким образом и таким образом обеспечивалась требуемое быстродействие, должно выполнятся условие



(19);



Последнее неравенство, очевидно, теряет свой смысл, когда ω1 = ω2 . В этом случае верхняя граница постоянной времени RC будет определяться возможной максимальной скоростью изменения фазового угла ω0 = ω1 – ω2 между сравниваемыми напряжениями.

**Заключение**

При практическом использовании фазовых детекторов (особенно в системе фазовой автоподстройки частоты) предъявляются весьма высокие требования к фильтрации отличных от ω1- ω2 комбинационных частот на выходе детектора, неизбежно образующихся в процессе детектирования. Эти побочные комбинационные составляющие отрицательно сказываются и на работе системы автоподстройки и могут привести к значительным ошибкам. В тех случаях, когда предъявляются высокие требования к фильтрации указанных комбинационных составляющих, прибегают к использованию более сложных (например, кольцевых) фазовых детекторов. Хорошие результаты могут быть также получены при использовании коммутаторных фазовых детекторов.

Достоинства: Большая линейность характеристики, если U0=Uc/2, то будет максимум области линейности характеристики; большая крутизна; характеристика проходит через ноль.

Недостаток: более сложное построение.

**Список литературы**

1. Проектирование радиоприёмных устройств: Учебное пособие для вузов под редакцией А.П. Сиверса - М.: Советское радио, 1976 .
2. Радиоприёмные устройства: Учебник для вузов под редакцией

Н.Н. Фомина - М.: Радио и связь, 1996.

3.Радиоприемные устройства: О.В. Головин - М.: Высшая Школа, 1997

4. Разработка структурной схемы радиоприёмного устройства: Учебное пособие по курсовому проектированию. Сидоров В.М. -М.: типография ВЗЭИС, 1988.

5. Горшков Б.И. Элементы радиоэлектронных устройств. Справочник. М:”Радио и связь”, 1988 - 316 с.

6. Бобров Н.В., Максимов Г.В., Мичурин В.Н. Расчет радиоприемников. М: Воениздат, 1971.