БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

кафедра радиотехнических систем

**РЕФЕРАТ**

**на тему:**

**«Описание систем РАдиоавтоматики»**

МИНСК, 2008

**1.Система частотной автоподстройки (ЧАП)**

**1.1 Функциональная схема**

Система ЧАП используется в супергетеродинных приемниках для автоматической подстройки частоты гетеродина с целью обеспечения заданного значения промежуточной частоты, в качестве узкополосных перестраиваемых по частоте фильтров, демодуляторов ЧМ колебаний с обратной связью по частоте и т.д.

Работу системы ЧАП рассмотрим на примере ее применения для стабилизации промежуточной частоты в супергетеродинном приемнике (рис. 1 ).

*УПЧ*

*Гетерод.*

*Uвх(t)*

*Смесит.*

*ЧД*

*ФНЧ*

*К другим каскадам*

*приемника*

Рис. 1. Функциональная схема системы ЧАП: ЧД – частотный дискриминатор; Гетерод. – гетеродин (подстраиваемый генератор)

С помощью смесителя формируется промежуточная частота ωпр как разность частот входного сигнала и подстраиваемого генератора (гетеродина). Ее номинальное значение постоянное. УПЧ, имеющий избирательную систему, настроенную на номинальное значение промежуточной частоты, усиливает этот сигнал. Далее сигнал подается на ЧД, измеряющий разность между текущим значением ωпр и ее номинальным значением ωпр0, на которое он настроен, и формирует напряжение, пропорциональное измеренной разности. Сигнал ошибки через ФНЧ воздействует на контур ПГ и изменяет его частоту. В результате этого ошибка уменьшается. ФНЧ сглаживает высокочастотные составляющие сигнала и помехи.

Одновременно такую систему можно рассматривать как узкополосный перестраиваемый по частоте фильтр (так как параметры ФНЧ подбирают так, чтобы система следила за медленными уходами частоты).

Систему можно использовать также как демодулятор ЧМ колебаний, при этом полученный сигнал можно снимать с выхода ПГ. В частности это может быть использовано в доплеровских системах автоматического измерения скорости.

**1.2. Элементы системы и их математическое описание. Структурная схема**

Будем иметь в виду, что смеситель (СМ), УПЧ и ЧД являются безинерционными по сравнению с ФНЧ.

С помощью смесителя формируется промежуточная частота

ωпр= ωс – ωг; (1)

Так как УПЧ безынерционный, он на частоту не влияет.

Отклонение промежуточной частоты от ее номинального значения:

Δω= ωпр – ωпр0, (2)

где ωпр – текущее значение, ωпр0 – номинальное значение.

В качестве ЧД используется дискриминатор с расстроенными контурами и другие типы дискриминаторов.

Напряжение на выходе дискриминатора можно представить в виде суммы его среднего значения и центрированной случайной составляющей:

Uд(t)=M[Uд(t)] + ξ(t,Ω) = F(Ω) + ξ(t,Ω), (3)

где M[Uд(t)] – математическое ожидание; ξ(t,Ω) – флюктуационная составляющая; F(Ω)=M[Uд(t)] – дискриминационная характеристика (ДХ); Ω – частотная расстройка . равная

, (4)

где  – переходная частота дискриминатора (центральная частота, на кото рую настроен дискриминатор).

Дискриминационная характеристика – зависимость математического ожидания напряжения на выходе дискриминатора от частотной расстройки.

Дискриминационная характеристика F(Ω) представлена на рис. 2.

**

*F()*

Рис. 2. Дискриминационная характеристика

Форма F(Ω) определяется отношением сигнал/помеха (с/п), схемной реализацией, полосой пропускания в цепях, предшествующих дискриминатору и другими факторами.

Дискриминатор настраивается на номинальное значение промежуточной частоты ωп = ωпр0 , но из-за воздействия дестабилизирующих факторов появляется ошибка, и в этом случае можно записать:

ωп = ωпр0 + ωп , 

ωп – нестабильность переходной частоты дискриминатора.

Учитывая (2.2), (2.4), (2.5)

Ω = Δω - ωп ; (6)

С выхода дискриминатора напряжение поступает на ФНЧ. При реализации ФНЧ на RC-цепи уравнение, описывающее его работу,

 , (7)

где Тф – постоянная времени фильтра; Uф (t)- напряжение на выходе ФНЧ.

Выполнив переход , уравнение (7) можно записать в виде:

,

где  - операторный коэффициент передачи фильтра.

Для сложных ФНЧ, используемых, например, в радиолокации W(p) можно записать следующим образом:

.

Тип фильтра определяет качественные характеристики следящих систем.

Таким образом, фильтр описывается операторным коэффициентом передачи (передаточной функцией) – W(р).

С выхода фильтра напряжение подается на вход подстраиваемого генератора. Чтобы напряжение влияло на частоту генератора, в генераторе используется реактивный элемент, изменяющий свои параметры под воздействием управляющего напряжения. Таким реактивным элементом может быть варикап. Упрощенная схема включения варикапа представлена на рис.3

*L*

*D*

*R*3

*C*1

*C*2

*C*1

*R*2

*R*1

*Uф(t)*

*-Uп*

Рис. 3. Схема включения варикапа

Делитель R1, R2 обеспечивает обратное смещение на варикапе как при положительном, так и при отрицательном напряжении на входе;

С1,С2 – блокировочные конденсаторы; R3 – нагрузка; LC – контур генератора.

Частота на выходе генератора равна:

 , (8)

где  – крутизна регулировочной характеристики;

 – собственная частота генератора.

 при Uф = 0;

Регулировочная характеристика – зависимость частоты генератора от управляющего напряжения (рис. 4).

2**

*г*

*Uф*

**

*гс*

Рис. 4. Регулировочная характеристика генератора

 , (9)

где  - нестабильность собственной частоты генератора;

,  - номинальные значения частоты входного сигнала и промежуточной частоты.

Уравнения (1-9) определяют математическую модель системы ЧАП. Ее можно представить в виде структурной схемы (рис. 5). Под ней мы будем понимать схему, каждое звено которой определяет соответствующую математическую операцию.

*,t*

*пр0*

**

**

**

*F()*

*W(p)*

*Sр*

*г*

*пр*

*р*

*с*

Рис.5. Структурная схема системы ЧАП

Схему можно упростить, если вместо ωгс и ωг использовать отклонения от номинального значения:

;

.

При условии, что  = 0, схема может быть представлена в следующем виде (рис. 6):

**

*F()*

*,t*

*W(p)*

*Sр*

*р*

*г*

*с*

Рис. 6. Упрощенная структурная схема

При работе системы на линейном участке (ошибка слежения мала) дискриминационную характеристику можно описать линейной зависимостью

,

где (при Ω = 0) – крутизна дискриминационной характеристики

Рассмотренная схема обеспечивает слежение в установившимся режиме с точностью до частоты. При этом информация о фазе теряется.

**2. Система фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ)**

**2.1. Функциональная схема**

Система ФАПЧ используется для восстановления колебаний с несущей частотой в системах передачи информации с одной боковой полосой, с подавленной несущей, в системах, использующих фазомодулированные колебания, в качестве узкополосного перестраиваемого по частоте фильтра, в синтезаторах частот для создания высокостабильных колебаний и т.д. – в тех случаях, когда необходимо восстановить принимаемое колебание с точностью до фазы.

Функциональная схема приведена на рис. 7.



Рис. 7. Система ФАПЧ. Функциональная схема

На вход фазового дискриминатора (ФД) подется входное напряжение и напряжение, поступающее с опорного генератора. Фазовый дискриминатор определяет рассогласование по фазе, и пропорционально его величине и знаку вырабатывает напряжение, которое поступает на ФНЧ. Фильтр сглаживает этот процесс, и напряжение с выхода фильтра воздействует на контур ПГ. В результате этого происходит изменение частоты генератора. Но так как ,то изменяется и фаза. Это изменение приводит к уменьшению фазового рассогласования.

**2.2. Математическое описание работы системы. Структурная схема**

На вход системы ФАПЧ поступает напряжение



Пусть

 , (10)

где

 ; (11)

– фаза сигнала; – начальная фаза сигнала.

Напряжение на выходе подстраиваемого генератора:

 (12)

Фазовый дискриминатор определяет разность фаз

 (13)

Если качестве фазового дискриминатора использован перемножитель сигналов, напряжение на выходе фазового дискриминатора равно:

 (14)

В общем случае напряжение на выходе ФД можно представить выражением:

 (15)

 - дискриминационная характеристика (рис. 8); ξ (t)- флюктуационная составляющая.

Если в системе нет ограничения, то ξ не зависит от φ.

При нулевой расстройке разность фаз φ между входным и опорным сигналами составляет  и автоматически устанавливается в системе.

**

*F*

**

**

Рис. 8. Дискриминационная характеристика

Если бы входной и опорный сигналы описывались одинаковыми функциями – и или и, то в результатом перемножения была бы четная функция cosφ, и при нулевой расстройке присутствовало бы управляющее напряжение, изменяющее фазу опорного сигнала на .

 (16)

Сигнал с ФД поступает на ФНЧ с операторным коэффициентом передачи W(p), затем воздействует на контур генератора и изменяет его частоту. Работа генератора описывается тем же уравнением, что и для системы ЧАП.

На основании уравнений (10 ─ 16) может быть составлена структурная схема (рис. 9).

*F(Ω)*

t,

*W(p)∙ Sp*

1

*/*

*p*

*го*

*гс*

*г*

**

*с*

Рис. 9. Структурная схема ФАПЧ

С помощью интегратора обеспечивается операция перехода от частоты к фазе.

Эта схема обеспечивает, в отличие от системы ЧАП, слежение с точностью до фазы, т.е. частотная ошибка в стационарном режиме в среднем равна нулю.

В качестве примера применения системы ФАПЧ рассмотрим схему, осуществляющую амплитудное синхронное детектирование ( рис. 9).

*ПГ*

*ФНЧ*

*Uоп(t)*

**

*АСД*

*Uг(t)*

*Uвх(t)*

*ФД*

*UАСД(t)*

*К ФНЧ*

*t*

*UАСД(t)*

*t*

*t*

*Uг(t)*

*Uвх(t)*

Рис. 9. Схема ФАПЧ в составе амплитудного синхронного детектора

**3. Система слежения за временным положением импульсного сигнала**

**3.1. Функциональная схема**

Система слежения за временным положением импульсного сигнала используется в импульсных радиолокационных системах и системах передачи информации, использующих импульсные сигналы.

Работу системы рассмотрим на примере ее применения в качестве следящего автодальномера импульсной РЛС. Функциональная схема части приемника РЛС представлена на рис. 10.

*АД*

*Смесит.*

*УПЧ*

*ФНЧ*

*Г*

*ВУ*

*ВД*

*УРЗ*

*ГСН*

*Uоп*

*АСД*

4

1

2

3

Рис. 10. Схема следящего автодальномера:

АСД – система автоматического слежения по дальности (следящий автодальномер); ВД – временной дискриминатор;УРЗ – устройство регулируемой задержки; ГСИ – генератор следящих импульсов; Г – гетеродин; АД – амплитудный детектор; ВУ – видеоусилитель.

**

3

2

4

*Uвх(t)*

1

Рис. 11. Временные диаграммы

Смеситель, гетеродин, УПЧ, АД, ВУ составляют часть схемы супергетеродинного приемника радиолокационной станции. В этих цепях осуществляется преобразование, усиление и детектирование сигнала. В результате на выходе ВУ формируется огибающая отраженного от цели импульсного радиосигнала (рис. 11- 1). ГСИ вырабатывает стробирующий импульс (рис.11-4) и два опорных импульса (рис. 11-2,3), совмещенные фронтом и срезом; таким образом, эти импульсы образуют общий фронт.

Селекторный импульс 4, связанный с импульсами 2 и 3 по временному положению, открывает приемник только в момент прихода отраженного радиосигнала. В оставшееся время приемник заперт. Это предотвращает проникновение помех при отсутствии на входе радиосигнала. Открывать и закрывать приемник желательно во входных широкополосных цепях, где мала длительность переходных процессов. Таким образом, селекторный импульс совмещен по длительности с импульсами 2 и 3, и в режиме слежения совмещен с отраженным радиосигналом. При этом общий фронт импульсов 2 и 3 должен быть совмещен с центром импульса 1. Величина Δτ – ошибка слежения, возникающая при несовпадении фронтов импульсов 2 и 3.

Следящая система функционирует следующим образом.

На вход ВД поступает импульс 1 и опорные импульсы 2 и 3. ВД определяет рассогласование Δτ между общим фронтом импульсов 2 и 3 и центром импульса 1 и вырабатывает напряжение, пропорциональное величине и знаку измеренного рассогласования. Напряжение с выхода ВД, пройдя через ФНЧ, поступает на управляющий вход УРЗ. На сигнальный вход УРЗ подается опорная импульсная последовательность. Под воздействием управляющего напряжения опорная импульсная последовательность задерживается пропорционально управляющему напряжению. Далее опорная последовательность используется для запуска ГСИ, формирующего следящие импульсы и стробирующий импульс. Таким образом, временное положение импульсов 2, 3 и 4 зависит от величины напряжения, поступающего с выхода ФНЧ. Под воздействием этого напряжения импульсы 2, 3 и 4 смещаются по временной оси так, что первоначальная ошибка Δτ уменьшается. Опорная импульсная последовательность связана по временному положению с зондирующим сигналом передатчика.

Для обеспечения такого режима необходимо произвести начальный ввод в синхронизм, чтобы совместить временное положение отраженного и опорного сигналов. Эта операция производится с помощью схемы поиска, которая не изображена на рис. 10.

Функциональная схема временного дискриминатора приведена на рис. 12.

*Кс*1

*D*1

*Кс*

1

*D*1

*Сброс*

*Uсл*1*(t)*

*Uд(t)*

1

2

3

4

5

6

7

8

9

*Uсл*1*(t)*

*Uвх(t)*

Рис. 12. Функциональная схема временного дискриминатора:

Кс – каскады совпадений; D1,D2 – детекторы

На вход подается импульс 1 (рис. 13), на другие входы подаются опорные (следящие) импульсы 2 и 3. Кс1 и Кс2 определяют степень совпадения (перекрытия) входного и опорных импульсов. В результате через Кс проходит только часть входного напряжения,

*Uвх(t)*

**

3

2

1

4

5

6

7

8

9

*t*

*t*

*t*

*t*

*t*

*t*

*t*

*t*

*t*

Рис. 13. Временные диаграммы работы временного дискриминатора

совпадающая по времени со следящим импульсом. Эта часть показана на диаграмме 4 и 5 (рис. 13). Далее напряжение поступает на детекторы, выполняющие роль интеграторов. Перед приходом сигнала на вход ВД детекторы D1 и D2 сбрасываются (разряжаются) импульсом 9. Напряжение с выходов детекторов с разными знаками подается на сумматор (вычитающее устройство). На выходе вычитающего устройства формируется напряжение, пропорциональное по величине и знаку величине ошибки Δτ, которое через ФНЧ, подается на вход устройства регулируемой задержки.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Коновалов. Г.Ф. Радиоавтоматика: Учебник для вузов. – М.: Высш.шк., 2000.

2. Радиоавтоматика: Учеб. пособие для вузов./ Под ред. В.А. Бесекерского.- М.: Высш. шк., 2005.

3.. Первачев. С.В Радиоавтоматика: Учебник для вузов.- М.: Радио и связь, 2002.