Агентство по образованию Российской Федерации

Уральский Государственный Технический Университет – УПИ

Кафедра «Радиотехнических систем»

Оценка работы

Пояснительная записка к курсовой работе:

**«Система автосопровождения источника сигнала по направлению»**

по предмету «Радиоавтоматика».

Руководитель: Маевская Е.А.

Студент: Симонов С.А.

Группа Р-434

Екатеринбург 2006

**Содержание**

Введение

Исходные данные

Задание

1. Общие сведения о системе

2. Выбор номинального значения петлевого усиления

3. Расчет параметров сглаживающих цепей

3.1 Расчет системы без коррекции

3.2 Расчет корректирующего звена

3.3 Расчет системы с коррекцией

4. Расчет дисперсии ошибки слежения

Заключение

Библиографический список

Приложение 1. ЛАЧХ системы до коррекции

Приложение 2. ФЧХ системы до коррекции

Приложение 3. ЛАЧХ системы после коррекции

Приложение 4. ФЧХ системы после коррекции

**Введение**

Объектом курсового проектирования является система радиоавтоматики (следящая радиотехническая система), осуществляющая выделение какого-либо параметра радиотехнического сигнала с использованием принципа обратной связи.

Перечень исходных данных и требуемых значений показателей качества формулируются преподавателем – руководителем курсовой работы и может быть различным в зависимости от концепции руководителя.

В качестве исходных данных задается тип следящей радиотехнической системы, порядок ее астатизма, постоянная времени простого инерционного звена, полоса пропускания радиоприемного устройства, максимальное значение отношения мощностей сигнала и помехи на выходе линейной части радиоприемного устройства. В качестве характеристик воздействия фигурируют максимальные значения скорости и ускорения параметра сигнала, за которым следит система.

Целью проектирования является расчет основных параметров системы, удовлетворяющих системе заданных показателей качества.

**Исходные данные**

Система автосопровождения источника сигнала по направлению (АСН).

Порядок астатизма системы – первый.

Постоянная времени простого инерционного звена: T = 0,5 с.

Максимальная скорость воздействия: α1 = 10 º/с.

Максимальное ускорение воздействия: α2 = 5 º/с2.

∆fэ= 20 кГц - эквивалентная полоса пропускания линейной части приёмника.

Отношение сигнал/шум: q2max = 10.

Переходный режим: 10 º/с.

Граница апертуры: Q=2º.

**Задание**

Рассчитать:

1. Номинальное значение петлевого усиления из условий:

а). Динамическая ошибка в стационарном режиме не превышает 5% полуапертуры при полиномиальном воздействии.

б). Амплитуда ошибки слежения в стационарном режиме при действии эквивалентной синусоиды с заданными максимальными значениями скорости и ускорения воздействия не превышает указанного выше значения.

в). Максимальное значение ошибки в переходном режиме при скачке скорости воздействия не превышает 50% полуапертуры.

2. Параметры сглаживающей цепи из условий:

а). Запас устойчивости по фазе не менее 30%.

б). СКО ошибки слежения, вызванной действием помехи с заданным значением , не превышает 20% полуапертуры.



**1. Общая характеристика системы**

Системы автоматического слежения за направлением прихода радиосигнала широко используются в радиолокации, радионавигации, радиоуправлении для измерения угловых координат источника сигнала

Функциональная схема системы углового сопровождения показана на рис. 1.

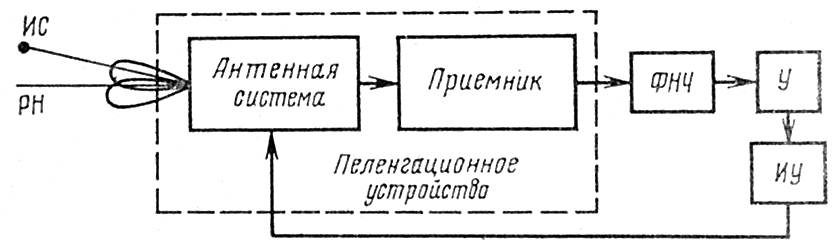


Рис.1. Функциональная схема АСН

В ее состав входят: пеленгационное устройство, фильтр (ФНЧ), усилитель (У) и исполнительное устройство (ИУ).

Пеленгационное устройство, играющее роль углового дискриминатора, состоит из антенны и приемника, в котором проводится обработка принятого радиосигнала. При отклонении источника сигнала (ИС) от некоторого направления РН, называемого равносигнальным направлением антенны, на выходе пеленгационного устройства появляется напряжение , зависящее от величины и знака этого отклонения. Напряжение далее фильтруется, усиливается и воздействует на исполнительное устройство. Исполнительное устройство изменяет положение антенны или состояние ее отдельных элементов так, что равносигнальное направление антенны смещается в пространстве и исходное угловое рассогласование между ним и направлением на источник сигнала уменьшается.



Угловое положение источника сигнала в пространстве обычно оценивается углами и , отсчитываемыми в двух взаимно перпендикулярных плоскостях: горизонтальной и вертикальной. В этих же плоскостях измеряется угловое рассогласование между равносигнальным направлением антенны и направлением на источник сигнала и осуществляется управление положением антенны.



Важным звеном системы углового сопровождения является пеленгатор. На практике находят применение двух типов: с одновременным и с последовательным сравнением сигналов. Более высокую точность измерения позволяют получить пеленгаторы первого типа, называемые также моноимпульсными пеленгаторами.

К пеленгаторам второго типа относятся пеленгаторы с коническим сканированием и с переключением диаграммы направленности.

В курсовой работе рассматривается АСН с пеленгатором с коническим сканированием. Рассмотрим принцип его работы.

Функциональная схема пеленгатора с коническим сканированием показана на рис. 2.

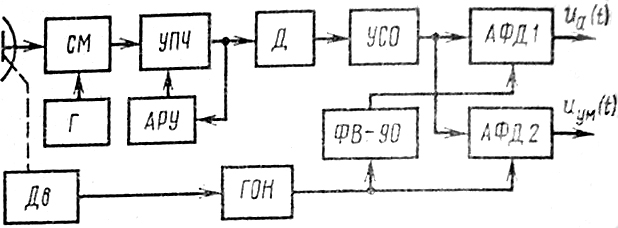


Рис.2. Функциональная схема пеленгатора с коническим сканированием

Этот пеленгатор, являющийся одним из вариантов пеленгатора с последовательным сравнением сигналов, работает следующим образом. Двигатель (Дв) вращает с круговой частотой облучатель антенны, смещенный относительно фокальной оси, обеспечивая тем самым сканирование диаграммы направленности антенны в пространстве. Направление максимума диаграммы при сканировании образует круговой конус, ось которого является равносигнальным направлением антенны. При отклонении источника сигнала от равносигнального направления радиосигнал на выходе антенны приобретает амплитудную модуляцию с частотой сканирования. Глубина модуляции определяется величиной отклонения, а фаза - направлением отклонения.



Сигнал с выхода антенны в приемнике преобразуется по частоте, усиливается в УПЧ, охваченном инерционной системой АРУ, и детектируется. Выделенная детектором Д огибающая амплитудно-модулированного радиосигнала фильтруется и усиливается в избирательном усилителе сигнала ошибки УСО, настроенном на частоту сканирования. Затем она поступает на амплитудно-фазовые детекторы АФД1 и АФД2 азимута и угла места, где перемножается с опорными колебаниями  *и* , которые вырабатываются генератором опорных напряжений ГОН и синхронизированы со сканированием диаграммы направленности антенны. В результате перемножения на выходах амплитудно-фазовых детекторов формируются напряжения, пропорциональные отклонению источника сигнала от равносигнального направления по азимуту и углу места. Эти напряжения, являющиеся выходными напряжениями пеленгатора, после усиления и фильтрации используются для управления положением равносигнального направления антенны.



Достоинством пеленгаторов этого типа является сравнительная простота.

Недостатком пеленгатора с коническим сканированием, по сравнению с моноимпульсным, является меньшая точность, что обусловлено его чувствительностью к амплитудным флуктуациям сигнала и некоторыми другими факторами.

**2.** **Выбор номинального значения петлевого усиления**

Расчёт петлевого коэффициента передачи выполняем исходя из трёх условий:

**2.1** Из условия, что динамическая ошибка в стационарном режиме не должна превышать значения 5% полуапертуры дискриминатора системы.

Полуапертура дискриминатора равна половине значения разрешающей способности:



Необходимо обеспечить, чтобы динамическая ошибка в стационарном режиме не превышала значения 5% полуапертуры дискриминатора системы, что составляет:



Минимально допустимое значение номинального коэффициента усиления определяется выражением [2]:



**2.2** Из условия, что амплитуда ошибки при действии на систему эквивалентной синусоиды при заданном ускорении не должна превышать значения 5% полуапертуры дискриминатора системы:

Амплитуда эквивалентного динамического воздействия равна [2]:



Частота эквивалентного динамического воздействия равна [2]:



Минимально допустимое значение номинального коэффициента усиления определяется выражением [2]:



**2.3** Из условия, что максимальное значение ошибки в переходном режиме не должно превышать значения 50% полуапертуры дискриминатора системы при заданном значении скачка скорости воздействия:

Максимальное значение ошибки слежения при ступенчатом изменении скорости в зависимости от КП приближенно описывается выражением:



При этом должно выполнятся условие: Хмакс < 0.5 Ха

Решая данную систему, находим результат:



Исходя из этих условий выбираем:



**3. Расчет параметров сглаживающих цепей**

## 

## 3.1 Расчет системы без коррекции

Проектируемая система – система автоматического сопровождения по дальности с астатизмом первого порядка. Передаточная функция такой системы (с астатизмом первого порядка) в разомкнутом состоянии имеет вид:



Для того чтобы сделать вывод об устойчивости системы, построим логарифмическую амплитудно-частотную L(jω) и фазо-частотную ϕ(jω) характеристики:



где .



Рассматривая ЛАЧХ системы первого порядка астатизма в различных диапазонах частот, получаем:



Таким образом, ЛАЧХ имеет наклон -20 дБ/дек на частотах

0 < ω ≤ 2 (c-1) и - 40 дБ/дек на частотах ω > 2 (c-1).



Получаем выражение для ФЧХ системы первого порядка астатизма:



Графики ЛАЧХ и ФЧХ системы до коррекции приведены в Приложениях 1 и 2.

Найдём частоту среза системы – частоту на которой L(jω) = 0:



Решаем биквадратное уравнение:



=24,1



Вычислим величину запаса устойчивости по фазе

;ω = ωСР



Как видно, система имеет недостаточный запас устойчивости по фазе. Для коррекции используем последовательную цепь – пропорционально-интегрирующий фильтр.

## 

## 3.2 Расчет корректирующего звена

Пропорционально-интегрирующий фильтр имеет передаточную функцию:



где Т1 < T2.

Рассчитае постоянные времени форсирующего Т1 и инерционного Т2 звеньев.

Необходимый запас устойчивости по фазе: .



Т1=0,07 с;



Т2=0,005 с



Рассчитаем логарифмическую амплитудно-частотную L(jω) и фазо-частотную ϕ(jω) характеристики:



где



Рассматривая ЛАЧХ пропорционально-интегрирующего фильтра в различных диапазонах частот, получаем:



Таким образом, ЛАЧХ имеет наклон 0 дБ/дек на частотах   
0 < ω < 14,286 (c-1), 20 дБ/дек на частотах 14,286 ≤ ω ≤ 200 (c-1) и 0 дБ/дек на частотах ω > 200 (c-1).



Получаем выражение для ФЧХ пропорционально-интегрирующего фильтра:



## 3.3 Расчет системы с коррекцией

Передаточная функция системы с корректирующим звеном имеет вид:



Для исследования устойчивости полученной системы, рассчитаем логарифмическую амплитудно-частотную L(jω) и фазо-частотную ϕ(jω) характеристики:



где



Рассматривая ЛАЧХ системы с коррекцией в различных диапазонах частот, получаем:



Таким образом, ЛАЧХ имеет наклон -20 дБ/дек на частотах 0 < ω ≤ 2 (c-1), -40 дБ/дек на частотах 2 < ω ≤ 14,286 (c-1), -20 дБ/дек на частотах 14,286 < ω ≤ 200 (c-1) и -40 дБ/дек на частотах ω > 200 (c-1).



Получаем выражение для ФЧХ системы с коррекцией:



Графики ЛАЧХ и ФЧХ системы после коррекции приведены в Приложениях 3 и 4.

Находим частоту среза и запас устойчивости по фазе системы с коррекцией. Получаем:

- частота среза системы с коррекцией.



- запас устойчивости по фазе системы с коррекцией.



Делаем вывод, что система с выбранной коррекцией будет устойчива, о чём свидетельствуют следующие признаки:

1. Частота среза находится на участке характеристики с наклоном -20дБ/дек.
2. Наклон ЛАЧХ на высоких частотах не превышает -40 дБ/дек.
3. Запас устойчивости по фазе более 300.

## 4. Расчет дисперсии ошибки слежения

Для расчета дисперсии флуктуационной составляющей ошибки слежения можно воспользоваться частотным методом:

,



где Sэ(ω) = Sn(ω)/KД2 – спектральная плотность мощности помехи n(t), пересчитанной на вход дискриминатора (спектральная плотность эквивалентной помехи),



– комплексный коэффициент передачи замкнутой следящей системы.

При слабой зависимости Sэ(ω) от частоты ω в пределах полосы пропускания замкнутой следящей системы можно полагать , вынести ее из под интеграла и получить:



σх2 ≈ Sэ⋅ΔFэ ,

,



– эквивалентная шумовая полоса линеаризованной следящей системы.

Вычисление интеграла можно произвести по формуле:



При этом подынтегральное выражение можно представить виде квадрата модуля дробно-рациональной функции:



Для N = 3:



Откуда получаем коэффициенты:

с0 = КП, с1 = КПТ1, с2 = 0.

d0 = КП, d1 = КПТ1 + 1, d2 = (T+Т2), d3 = TТ2.

В результате получаем:



Эквивалентная спектральная плотность помех углового дискриминатора с каноническим сканированием:

,



где - отношение мощностей сигнала и помехи на выходе линейной части дискриминатора,



- нормированная крутизна диаграммы направленности антенны на равносигнальном направлении,



**а** – коэффициент, зависящий от формы частотной характеристики УПЧ, лежащий в пределах от 0,5 до 1.

Тогда



По условию СКО ошибки слежения не должно превышать 20% полуапертуры:

<0,2 - данное условие выполняется.



# Заключение

Расчёт петлевого коэффициента передачи выполнен исходя из трёх условий. По первому условию (динамическая ошибка в стационарном режиме не превышает 5% полуапертуры) значение коэффициента передачи не меньше 200, по второму условию – не меньше 206,155, по третьему условию (максимальное значение ошибки в переходном режиме при скачке скорости воздействия не превышает 50% полуапертуры) – не меньше 60,803. Учтя все эти условия, был выбран петлевой коэффициент передачи .



При использовании параллельной коррекции удалось подобрать постоянные времени так, что ЛАЧХ в районе частоты среза имеет наклон 20 дБ/дек и запас по фазе составляет около 62,2°.

Все расчеты выполнялись в математическом пакете Mathcad 2001i Professional. Графики были построены в программе для лабораторной работы №3 по курсу «Радиоавтоматика». Их правильность была проверена в Mathcad 2001i Professional.

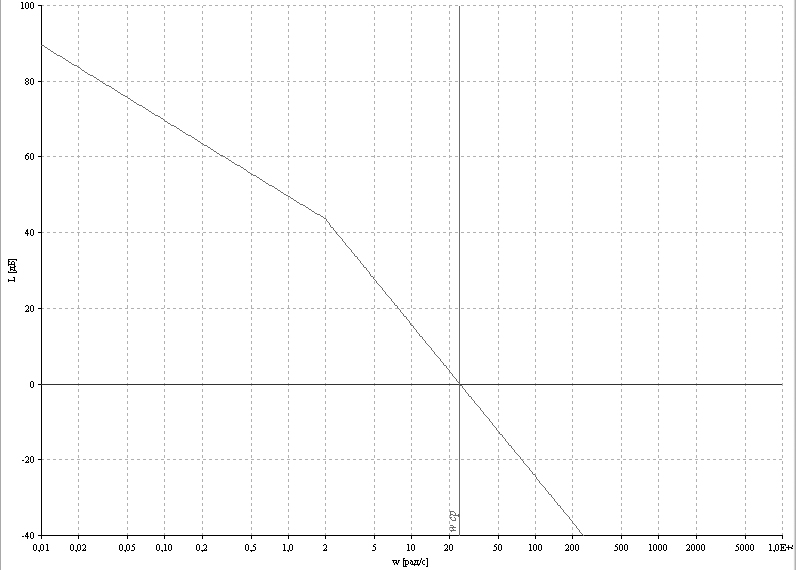
Курсовой проект можно считать выполненным, т.к. номинальное значение петлевого усиления и параметры сглаживающей цепи были рассчитаны и полученая система полностью удовлетворяет требованиям технического задания.

**Библиографический список**

1. Первачёв С.В. Радиоавтоматика: Учебник для вузов. – М.: Радио и связь, 1982.
2. Астрецов Д.В. Системы радиоавтоматики: Методические указания к выполнению курсовой работы. – Екатеринбург.: Издательство УГТУ 1997.
3. Коновалов Г.Ф. Радиоавтоматика: Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1990.

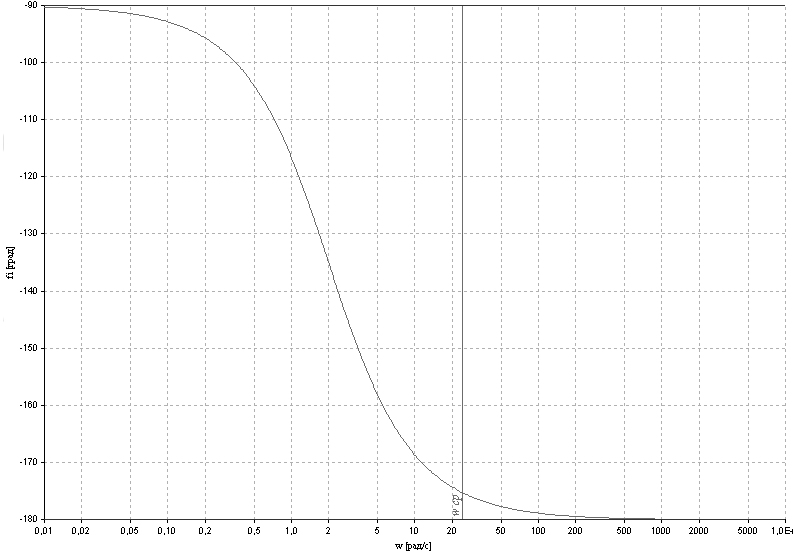
**Приложение 1.**

**ЛАЧХ системы до коррекции**



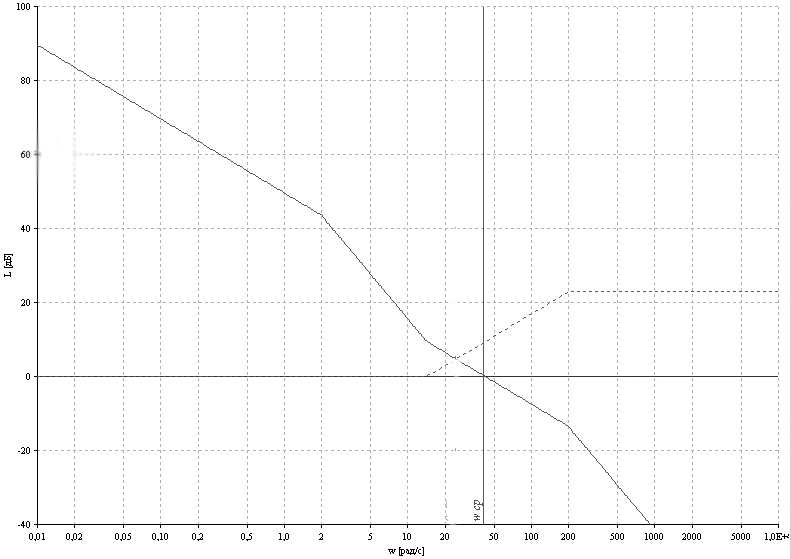
**Приложение 2**

**ФЧХ системы до коррекции**



**Приложение 3**

**ЛАЧХ системы после коррекции**



**Приложение 4**

**ФЧХ системы после коррекции**

