Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Институт Радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова

Типовой расчет по курсу:

«Радиоавтоматика»

Часть 1

Студент: Жеребин В.Р.

Группа: ЭР-15-15

Вариант №3

Москва

2018

*Таблица 1. Заданные параметры.*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 3 | ФАП | В |  |  | дет |  | ––– |  |  | алгебр | ; ; ; |

Тип фильтра 

1. **Построение обобщённой структурной схемы следящей системы радиоавтоматики.**

Тип системы – ФАП.

-

ξ(t)

F(x)

K(p)

x(t)

y(t)

λ(t)

*Рис.1. Обобщенная структурная схема следящей системы.*

Принимаемые допущения:

* При малых ошибках слежения x(t) дискриминационная характеристика фазового дискриминатора F(φ) линейна и имеет крутизну Sд: F(φ) = Sд.
* Операторный коэффициент передачи фильтра  принимает значения последовательного соединения линейного дифференциального оператора , крутизны регулировочной характеристики , сумматора и блока операции интегрирования : 

-

ωгc

φг

1/p

)

Sp

F(φ)

)

ξ(t)

Kφ(p)

φ

φг0

φс

*Рис.2. Структурная схема системы фазовой автоподстройки.*

В данной схеме: 

Принцип работы системы ФАП:

Колебания сигналов и подстраиваемого генератора (ПГ) поступают на устройство, называемое фазовым дискриминатором (ФД). При рассогласовании указанных колебаний по фазу на выходе ФД появляется напряжение, зависящие от величины и знака этого рассогласования. Пройдя через фильтр низких частот (ФНЧ), выходное напряжение ФД изменяет частоту колебаний ПГ. Как известно, изменение фазы колебаний равно интегралу от его мгновенной частот. Поэтому, при изменении частоты колебаний ПГ меняется и их фаза. Управление частотой ПГ в системе ведется так, что первоначальное несовпадение фаз колебаний сигнала и ПГ уменьшается и они поддерживаются близким друг к другу.

Инерционность ФД в системе ФАП много выше, что у ФНЧ, так как сигнал ошибки обрабатывается в ФД за каждый период сравнения, то есть ФД необходимо «ждать» сигнал с выхода ФНЧ.

1. **Определение устойчивости рассматриваемой системы.**

Операторный коэффициент передачи (ОКП) фильтра: 

Общая запись нахождения ОКП, связывающая входное  и выходное  воздействия: 

В нашем случае:



Переходим к передаточной функции:



Решение характеристического уравнения (ХУ) замкнутой системы радиоавтоматики (СРА):



Порядок ХУ замкнутой СРА n = 2, а его коэффициенты

 

Для устойчивости системы необходимо что бы . Условия выполняются, значит система устойчива.

1. **Получение выражения для изменения ошибки слежения *x*(*t*).**

Предположим, что 

**** –входное воздействие.

**** –изображение входного воздействия.

Операторный коэффициент передачи:



Переходим к передаточной функции:



Получение изображения выходного процесса:



После математических преобразований получаем табличную формулу для изображения выходного процесса:



Обратное преобразование Лапласа определяем по таблице преобразований:



Данная формула справедлива только для случая 

Проведем обратное преобразование Лапласа, воспользовавшись внутренней функции программы Mathcad – invlaplace. Получается следующее выражение:

Стоит отметить, что при строгом равенстве  будет ошибка вычисления, так как знаменатель дробного выражения будет обращаться в нуль. Поэтому данная формула справедлива для случая .

1. **Построение графика полученной зависимости ошибки слежения *x*(*t*).**

*x(t)*



*t*, с

*Рис.3. График зависиости изменения ошибки слижения от времени.*

По полученному графику можно отметить, что длительность переходного процесса ошибки слежения для входного воздействия **** составляет порядка 0,5 – 0,6 секунд.

1. **Изменение характера переходных процессов.**

Если , то необходимо рассмотреть 2 случая:

а) 

б) 

*x(t)*









*t*, с

*Рис.4. График зависиости изменения ошибки слижения от времени.*

При уменьшении соотношения , увеличивается длительность переходного процесса, но не меняется его форма. При увеличении соотношения  длительность переходного процесса не изменяется, но его форма приобретает колебательный характер. Форма процесса – экспоненциальная.

1. **Влияние параметра фильтра на длительность переходного процесса.**

Изменяемый параметр фильтра – *Т.*

*x(t)*







*t*, с

*Рис.5. График зависиости изменения ошибки слижения от времени.*

При увеличении параметра фильтра Т, переходной процесс протекает большее время и, соответственно, при уменьшении – меньшее время. Это объясняется прямо пропорциональной зависимостью инерционности фильтра. Так же при увеличении Т в переходном процессе возникает колебательный характер.

1. **Определение типа воздействия. Нахождение значения ошибки слежения в установившимся режиме.**

**** – детерминированный процесс.

**** – линейный детерминированный процесс.

**** – изображение детерминированного процесса.

Теорема о конечном значении оригинала:





Порядок астатизма системы N = 1 и порядок полинома входного воздействия p = 1. Следовательно, при их равенстве ошибка слежения имеет постоянное значение, рассчитанное выше.

1. **Нахождение дисперсии флуктационной ошибки слежения.**

Спектральная плотность БШ постоянна на всей полосе частот.

Найдем необходимый операторный коэффициент передачи:



Дисперсия флуктационной ошибки слежения:



Где J2 табличный интеграл 2 порядка.







Итоговая формула дисперсии флуктационной ошибки слежения:



1. **Определение среднего квадрата ошибки слежения в установившимся режиме. Оптимизация параметров фильтра.**

На систему подается аддитивная смесь сигнала и шума, значения которых были рассчитаны в предыдущих пунктах.

В установившемся режиме:

****

Для определения оптимальных параметров фильтра, необходимо найти экстремум среднего квадрата  по одному из его параметров. То есть найти, когда **.**

****

Оптимальный параметр – Kопт:

****

Видно, что данный параметр зависит от входного воздействия – коэффициента линейного детерминированного сигнала и спектральной плотности шума.

1. **Устойчивость системы при включении в ее состав дополнительного звена. Алгебраический критерий.**

ОКП допольнительного звена: 

Операторный коэффициент передачи с учетом доп. звена:

Переходим к передаточной функции:



Решение характеристического уравнения (ХУ):



Порядок ХУ n = 3 а его коэффициенты

  

Для устойчивости системы необходимо что бы 

Все условия выполняются, значит система устойчива.