Министерство образования и науки Украины

Севастопольский национальный технический университет

***КУРСОВАЯ РАБОТА***

по дисциплине

***«Сигналы и процессы в радиотехнике»***

Выполнил студент: Гармаш М. А.

Группа: Р-33 д

Номер зачётной книжки: 212467

Допущен к защите

Защищен с оценкой

Руководитель работы

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Агафонцева О. И.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ « »\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2003 г. « »\_\_\_\_\_\_\_\_ 2003 г.

Севастополь

2003

***Содержание***

1 ЗАДАНИЕ

2 ЗАДАНИЕ

3 ЗАДАНИЕ

4 ЗАДАНИЕ

5 ЗАДАНИЕ

6 ЗАДАНИЕ

7 ЗАДАНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

***Задание 1***

**Условие:**

На безынерционный нелинейный элемент, ВАХ которого аппроксимирована кусочно - ломаной линией с крутизной линейного участка  и напряжением отсечки  подано напряжение .

**Требуется:**

1. Составить уравнение ВАХ нелинейного элемента.
2. Рассчитать и построить спектр выходного тока вплоть до десятой гармоники. Построить временные диаграммы входного напряжения, тока, протекающего через элемент и его первых четырёх гармоник.
3. Определить углы отсечки и напряжения смещения , при которых в спектре тока отсутствует: а) вторая гармоника; б) третья гармоника.
4. Найти угол отсечки и напряжение смещения , соответствующие максимуму амплитуды третьей гармоники для случая, когда .
5. Построить колебательную характеристику и описать её особенности. Найти напряжение смещения , соответствующее ее линейности.

Исходные данные приведены ниже:

S=45ма/А; U1=-3 В; U0=-2 В; Um =2 В.

**Решение:**

1. Воспользовавшись **[1]** составим уравнение ВАХ нелинейного элемента , которое определяется по формуле

 **(1.1)**

Импульсы выходного тока можно рассчитать по формуле:

 **(1.2)**

График изображен на рисунке 1.1



Рисунок 1.1 -

а) График ВАХ уравнения нелинейного элемента.

б) График выходного тока .

в) График входного напряжения.

2. Рассчитаем спектр выходного тока. Известно, что спектр тока рассчитывается по формуле:

, **(1.3)**

где - амплитуда -ой гармоники тока;

- амплитуда импульсов тока; n- номер гармоники (n=0,1,…,10);

- коэффициенты Берга,

Θ-угол отсечки, определяемый по формуле:

. **(1.3)**

Подставив численные значения находим Θ=2.094. Строим спектрограмму выходного тока используя **[3]**. Спектр показан на рисунке 1.2

 **(1.4)**  **(1.6)**

 **(1.5)** 

 Рисунок 1.2 – Спектрограмма выходного тока

Теперь построим графики первых четырёх гармоник при помощи **[3]**:



Рисунок 1.3 - графики первых четырёх гармоник

3. Определим угол отсечки и смещение, при котором в спектре тока отсутствует n-я гармоника, что в соответствии с (1.3), можно определить путём решения уравнения :

. **(1.7)**

Результат показан ниже :

для 2 гармоники Θ1 = 0, Θ2 = 180;



для 3 гармоники Θ = 0, Θ2 = 90, Θ = 180;



Проведём суммирование гармоник:



Рисунок 1.4 - сумма первых десяти гармоник

4. Угол отсечки, соответствующий максимуму n-ой гармоники в спектре тока (при ) определяется по формуле:

 **(1.8)**

Угол отсечки равен 60. Определим соответствующее напряжение смещения U0 из формулы(1.3).В итоге получим :



Подставляя численные значения получим U0= - 2В.

5. Колебательная характеристика нелинейного элемента определяется зависимостью амплитуды первой гармоники тока , протекающего через нелинейный элемент, от амплитуды входного напряжения:

.

Поскольку >*U1,* то вид характеристики определяется по формуле:

 . **(1.9)**

где- средняя крутизна, определяемая cоотношением:

: . **(1.10)**

Построим колебательную характеристику используя формулу (1.6) с учетом этой

**(1.11))**

Колебательная характеристика изображена на рисунке 1.5:



Рисунок 1.5 – Колебательная характеристика

***Задание 2***

**Условие:**

На вход резонансного умножителя частоты, выполненного на полевом транзисторе (рисунок 2) подано напряжение , где - частота сигнала. Нагрузкой умножителя является колебательный контур с резонансной частотой , ёмкостью  и добротностью . Коэффициент включения катушки -. Сток - затворная характеристика транзистора задана в виде таблицы 3 и может быть аппроксимирована в окрестности  полиномом:

**.

Таблица 1 - Характеристика транзистора к заданию 2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| , В | -12 | -11 | -10 | -9 | -8 | -7 | -6 | -5 | -4 | -3 | -2 | -1 | 0 |
| , мА | 1,6 | 1,8 | 2,1 | 2,5 | 3 | 3,8 | 4,8 | 6 | 7,5 | 9 | 12 | 15 | 20 |

**Требуется:**

1. Построить ВАХ полевого транзистора. Изобразить временные диаграммы входного напряжения, тока стока и выходного напряжения умножителя.
2. Определить коэффициенты аппроксимирующего полинома .
3. Рассчитать спектр тока стока и спектр выходного напряжения умножителя. Построить соответствующие спектрограммы и найти коэффициент нелинейных искажений выходного напряжения.
4. Рассчитать нормированную АЧХ контура, построить её в том же частотном масштабе, что и спектрограммы, расположив их друг под другом.
5. Рассчитать индуктивность и полосу пропускания контура.

Исходные данные :

U0= -3,5 B, Um=3 B, f1=2 МГц C=120 пФ, P=0,2

*Примечание:* при расчётах  положить равным 12 В.





Рисунок 2.1 - Схема удвоителя частоты.

**Решение:**

1. По значениям, приведенным в таблице 3, построим ВАХ полевого транзистора. Изобразим временные диаграммы входного напряжения:

U(t)=U0+Um\*cos(wt) **(2.1)**



Рисунок 2.2 -

а) сток-затворная характеристика транзистора.

б) ток стока.

в) входное напряжение транзистора.

1. Коэффициенты  определим, используя метод узловых точек. Выберем три точки (Напряжения соответственно равные ), в которых аппроксимирующий полином совпадает с заданной характеристикой:

*u 1* = - 3,5В *u 2*= -0,5В *u3*=--7,5В

Затем, подставляя в полином значения тока, взятые из таблицы 3 и напряжения, соответствующие этим точкам, получают три уравнения.

 **(2.2)**

Решая систему уравнений (2.2), используя **[3]**, с помощью процедуры Given-Minerr , определим искомые коэффициенты полинома :

*a0*= 8,25 мА ; *a1*= 2,2 мА/В *a2*= 0,26 мА/В2

Проведем расчёт аппроксимирующей характеристики в рабочем диапазоне напряжений по формуле:

 **(2.3)**

3. Спектр тока стока рассчитаем с использованием метода кратного аргумента **[2]** . Для этого входное напряжение подставим в аппроксимирующий полином и приведем результат к виду:

, **(2.4)**

где - постоянная составляющая; - амплитуды первой и второй гармоник соответственно;.После подстановки входного напряжения в полином, получим:

 **(2.5)**  **(2.6)**

 **(2.7)**

Подставляя числовые значения коэффициентов a0, a1, a3 и амплитудное значение входного сигнала Um, получим :

I0= 9.45 I1=6.6 I2=1.2

Изобразим спектр тока стока на рисунке 2.4, используя **[3]**:



Рисунок 2.3 – Спектр тока стока

Рассчитаем cпектр выходного напряжения, которое создаётся током (2.4).Он будет содержать постоянную составляющую  и две гармоники с амплитудами  и начальными фазами  и 

, **(2.8)**

где - определим по формулам:

; **(2.9)**

****; **(2.10)**

****, **(2.11)**

где - напряжение источника питания;

- сопротивление катушки индуктивности;

- характеристическое сопротивление контура;  - резонансная частота; - номер гармоники ().

Подставив числовые значения для f1, Ec=12, I0, Q, C, ρ и рассчитав промежуточные значения:

ρ= 331,573 Ом , r = 5,526 Ом; R0 = 19890 Oм; Fр =4МГц;

рассчитаем спектр выходного напряжения с помощью **[3]**:

U0 =11,99 В, U1 = 0.058 В , U2= 0.955 В.

Изобразим спектр амплитуд и фаз выходного напряжения на рисунке 2.5:

Рисунок 2.4 – Спектр амплитуд и фаз выходного напряжения

Определим коэффициент нелинейных искажений выходного напряжения по следующей формуле:



4. Найдем- нормированную амплитудно-частотную характеристику контура, которую рассчитаем по формуле:

 **(2.12)**

Изобразим нормированную амплитудно-частотную и фазо-частотную характеристики контура на рисунке 2.6, используя **[3]**:



Рисунок 2.5 - Амплитудно-частотная и фазо-частотная характеристики контура

5. Используя формулу [1] для индуктивности контура:

L=ρ/2\*π\*fp, **(2.13)**

найдём индуктивность контура L= 520.8 мкГн.

Графическим способом на уровне 0.707 определяем полосу пропускания, которая равна Δf= 1,3105 кГц.

***Задание 3***

**Условие:**

На вход амплитудного детектора вещательного приёмника, содержащего диод с внутренним сопротивлением в открытом состоянии  и - фильтр, подаётся амплитудно-модулированный сигнал  и узкополосный шум с равномерным энергетическим спектром  в полосе частот, равной полосе пропускания тракта промежуточной частоты приёмника и дисперсией .

**Требуется**:

1. Привести схему детектора и определить ёмкость  фильтра нижних частот.
2. Рассчитать дисперсию входного шума и амплитуду несущего колебания .
3. Определить отношение сигнал/помеха на входе и выходе детектора (по мощности) в отсутствии модуляции.
4. Рассчитать постоянную составляющую и амплитуду переменной составляющей выходного сигнала.
5. Построить на одном рисунке ВАХ диода, полагая напряжение отсечки равным нулю, а также временные диаграммы выходного напряжения, тока диода и напряжения на диоде.

**Исходные данные приведены ниже:**

R1=20 Ом ; R=10 кОм ; M=30% ; W0=4.6  

**Решение:**

1. На рис.3.1 изобразим схему детектора:

Рисунок 3.1 - Схема детектора.

Постоянную времени фильтра детектора выберем из условия

, **(3.1)**

где - частота несущего колебания;

- максимальная частота в спектре модулирующего сигнала.

Для того чтобы удовлетворить условию (3.1) следует выберем  как среднее геометрическое

. **(3.2)**

где кГц (промежуточная частота),

кГц.

Рассчитав  по формуле (3.2),находим, что =4 мкс .Далее определим ёмкость фильтра  по формуле:

. **(3.3)**

Расчет производим в [M] и находим ,что C= 0,4 нФ.

1. Дисперсию входного шума определяют по формуле

, **(3.4)**

где - энергетический спектр шума.

Интегрировать будем ,по условию задачи, в полосе частот . ,

поскольку спектр шума равномерен, а за пределами этой полосы – равен нулю. Определим дисперсию входного шума по формуле (3.4) с помощью **[3]**:

Dx=0.125 В2.

Вычислим амплитуду несущего колебания  в соответствии с задачей по формуле :

. **(3.5)**

Подставив исходные значения получим: =3.537 В.

3. Определяем отношение сигнал/помеха на входе (по мощности) детектора :

. **(3.6)**

Подставив исходные значения получим::  *h=*50

Определяем отношение сигнал/помеха на выходе детектора по формуле :

, **(3.7)**

где - среднеквадратическое отклонение входного шума;

- постоянная составляющая выходного напряжения детектора при одновременном воздействии сигнала (несущей) и шума. Сначала находим СКО=0.354 В. Далее определяем постоянную составляющую  формуле

, **(3.8)**

где -функции Бесселя нулевого и первого порядков (модифицированные) соответственно. Производим вычисления с помощью **[3]** находим =3,555 В. Подставляем полученные значения , СКО находим, что сигнал/помеха на выходе равен: 

4. Напряжение на выходе детектора в отсутствии шума прямопропорционально амплитуде  входного сигнала

, **(3.9)**

где - коэффициент преобразования детектора, который определяется по формуле:

. **(3.10)**

где Θ-угол отсечки.

Угол отсечки тока определим решением трансцендентного уравнения:

. **(3.11)**

Решение уравнения (3.11) произведем в **[3]**.Решив (3.11) находим Θ=21.83, а К0=0.928.

Раскрыв скобки в выражении (3.9), приведём выражение для выходного сигнала к виду

, **(3.12)**

где: - постоянная составляющая выходного сигнала;

- амплитуда выходного сигнала.

Подставив значения, получим:



Построим сигнал на выходе детектора:

. **(3.13)**



Рисунок 3.2 - График сигнала на выходе детектора.

Изобразим ВАХ диода, а также временные диаграммы тока диода и напряжения на диоде:

Рисунок 3.3 – График ВАХ диода, временные диаграммы тока диода и напряжения на диоде

***Задание №4***

Генератор на полевом транзисторе с контуром в цепи стока генерирует гармоническое колебание с частотой . Контур состоит из индуктивности *L*, емкость *C* и имеет добротность *Q*. Крутизна сток-затворной характеристики транзистора в рабочей точке *S*.

**Условие**:

1. Изобразить электрическую схему генератора. Записать дифференциальное уравнение и вывести условие самовозбуждения генератора.
2. Определить критические коэффициенты включения .
3. Выбрать значение *P*, обеспечивающее устойчивую генерацию и рассчитать неизвестный элемент контура.
4. Изобразить качественно процесс установления колебаний в генераторе, указать области нестационарного и стационарного режимов.

**Исходные данные**:

Индуктивная трехточечная схема;









**Решение:**

1. Представим принципиальную схему индуктивного трехточечного автогенератора **[2]**:



Рисунок 4.1 – Автогенератор, собранный по индуктивной трехточечной схеме.

Для составления дифференциального уравнения генератора рассмотрим колебательный контур подробнее, при этом как бы разорвав обратную связь (рисунок 4.2).



Рисунок 4.2 – Колебательный контур автогенератора*.*

В схеме на рисунке 4.2 *R* – сопротивление потерь контура.

По законам Кирхгофа и, используя компонентные уравнения элементов запишем систему характеристических уравнений [6] цепи представленной на рисунке 4.2.

.  **(4.1)**

Для решения системы (4.1) не хватает еще одного уравнения. Его мы возьмем воспользовавшись характеристиками транзистора:

. **(4.2)**

Теперь проведя необходимые подстановки запишем уравнение с одним неизвестным током *i*.

. **(4.3)**

Чтобы избавиться от интеграла продифференцируем уравнение (4.3) по времени.

.  **(4.4)**

Обозначим коэффициенты при неизвестном и его производных, как  и  соответственно при дифференциалах 0-ого, 1-ого, 2-ого и 3-его порядков. Тогда (4.4) примет вид:

. **(4.5)**

Для определения условия самовозбуждения воспользуемся критерием устойчивости Рауса-Гурвица **[2]**. В соответствии с этим критерием, для самовозбуждения необходимо и достаточно чтобы выполнялось:

1) ;  **(4.6)**

2) .  **(4.7)**

Подставляя значения коэффициентов , получим условие самовозбуждения автогенератора.

. **(4.8)**

2. Определим критические коэффициенты включения индуктивности. Для этого проведем в (4.8) некоторые преобразования.

Поскольку индуктивность  не отрицательна и не равна 0, то разделим (4.8) на нее.

. **(4.9)**

Введем величину коэффициента включения индуктивности *р*:

. **(4.10)**

Где  - полная индуктивность контура. **(4.11)**

Исходя из (4.10) и (4.11) можно записать:

. **(4.12)**

Подставим (4.12) в (4.9).

. **(4.13)**

Как известно  - характеристическое сопротивление контура. Т.о. неравенство (4.13) примет вид:

. **(4.14)**

Разделив (4.14) на  получим:

, **(4.15)**

но  это есть добротность контура *Q*.

. **(4.16)**

Теперь если учесть, что  (4.15), а затем умножить неравенство на , получим окончательное уравнение для вычисления критических коэффициентов включения.

. **(4.17)**

Используя **[3]** определим критический коэффициент включения индуктивности:



3. Рассчитаем неизвестный элемент контура (в нашем случае это индуктивность) по следующей формуле:

 **(4.18)**

Подставив исходные данные, получим:



Определим коэффициент усиления усилителя:



Найдём значения индуктивностей L1 и L2 при помощи **[3]**, используя операцию Given:



4. Представим качественный график процесса установления колебаний в автогенераторе (рисунок 4.3):

 Рисунок 4.3 – Процесс установления автоколебаний:

1. Нестационарный режим – режим, при котором параметры колебания меняются.

2. Стационарный режим – режим, при котором параметры колебания не меняются.

***Задание №5.***

**Условие:**

Аналоговый сигнал *S(t)* (рисунок 5.1) длительностью  подвергнут дискретизации путем умножения на последовательность  - импульсов. Интервал дискретизации *Т*.

**Требуется:**

1. Рассчитать спектр аналогового сигнала *S(t)* и построить график модуля спектральной плотности.
2. Определить максимальную частоту в спектре аналогового сигнала , ограничив спектр, использовав один из критериев.
3. Рассчитать интервал дискретизации *Т* и количество выборок *N*. Изобразить дискретный сигнал под аналоговым в том же временном масштабе.
4. Определить спектральную плотность дискретного сигнала и построить график модуля под графиком спектра аналогового сигнала и в том же частотном масштабе.
5. Провести дискретное преобразование Фурье (ДПФ), определить коэффициенты ДПФ и построить спектрограмму модуля этих коэффициентов под графиками спектров аналогового и дискретного сигналов и в том же частотном масштабе.

Записать выражение для Z - преобразования дискретного сигнала.

**Решение:**





Рисунок 5.1 – график исходного сигнала

1.Рассчитаем спектр аналогового сигнала S(t), данный сигнал представляет собой ни четную ни нечетную функцию. Зададим сигнал *S(t)* аналитически:

 **(5.1)**

Спектральная плотность рассчитывается путем прямого преобразования Фурье [7]:

. **(5.2)**

где  **(5.3)**



Где и весовые коэффициенты. Подставляя значения с помощью **[3]** построим график спектральной плотности (рисунок 5.2).



Рисунок 5.2 – график модуля спектральной плотности

2. Определим максимальную частоту в спектре аналогового сигнала по уровню 0,1.

 **(5.4)** . **(5.5)**

3. Условие выбора интервала дискретизации возьмем из теоремы Котельникова :

. **(5.6)**

Подставив значения,получим:



Воспользовавшись **(5.6)** выберем интервал дискретизации:



В этом случае количество выборок определяется следующим образом:

. **(5.7)**

N = 21;

Теперь, когда мы нашли интервал дискретизации и количество выборок построим график дискретного сигнала, а так же для сравнения в одном масштабе с ним график аналогового (рисунок 5.3):



Рисунок 5.3 – Графики: а) аналогового сигнала;

б) дискретного сигнала.

На рисунке 5.3 в величине выборок отражен весовой коэффициент *δ* - импульсов дискретизации.

4. Спектр дискретного сигнала, как известно, представляет собой сумму копий спектральных плоскостей исходного аналогового сигнала, подвергнутого дискретизации, сдвинутых на величину частоты следования выборок друг относительно друга [7].

Т. о. Формула спектральной плотности дискретного сигнала примет вид:

. **(5.8)**

Пользуясь (5.8) построим график при помощи **[3]**:

 

Рисунок 5.4 – а) модульспектральной плотности аналогового сигнала; б) ограниченныйспектр аналогового сигнала;

в)спектральная плотность дискретного сигнала;

5. Дискретное преобразование Фурье определяется формулой (5.9) **[2]**:

. **(5.9)**

Где:  - номер отсчета спектральной плотности; ;

 - номер отсчета дискретного сигнала; .

Т. о. по формуле (5.9) и при помощи **[3]** можно подсчитать значения дискретных отсчетов:



Зная, что выше вычисленные отсчеты следуют через интервалы , величина которых определяется следующим соотношением **[2]**:

, **(5.10)**

где: *N* – количество выборок дискретного сигнала;

*Т* – период дискретизации;

можно построить спектрограмму модулей этих коэффициентов.

Данную спектрограмму будем строить в одном частотном масштабе с графиками спектров аналогового и дискретного сигналов и расположив ее под ними.



Рисунок 5.5 – а)Спектр аналогового сигнала;

б)Спектральная плотность дискретного сигнала;

в) Спектрограмма модулей коэффициентов ДПФ.

6. Заменив в формуле (5.9)  на *Z* (в данном случае  играет роль частоты) прейдем к выражению для Z-преобразования.

. **(5.11)**

Распишем (5.11) подробнее, при этом заметим, что как видно из рисунка 5.3 отсчеты с номерами от 0 до 8 равны 1, а 9 равен 0. С учетом всего сказанного получим:

. **(5.12)**

При помощи простых математических преобразований представим (5.12) в виде дробно-рационального выражения:

. **(5.13)**

***Задание №6.***

**Условие:**

Уравнения цифровой фильтрации имеют вид:

 **(6.1)**

Требуется:

1. Составить структурную схему фильтра.

2. Найти передаточную функцию фильтра. Определить полюса передаточной функции и нанести их на - плоскости. Сделать вывод об устойчивости.

3. Рассчитать и построить АЧХ и ФЧХ фильтра.

4. Найти системную функцию фильтра. Определить полюса системной функции и нанести их на - плоскости. Сделать вывод об устойчивости.

5. Рассчитать и построить импульсную характеристику фильтра.

6. Рассчитать и построить выходной сигнал цифрового фильтра, если на вход подаётся дискретный сигнал из задания 5.

**Исходные данные:**



**Решение:**

1. Данный фильтр реализовывается с помощью рекурсивного фильтра 1-го порядка. Схема данного фильтра представлена на рисунке 6.1:



  

 



Рисунок 6.1 - Рекурсивный фильтр

2. Передаточная функция цифрового фильтра имеет вид:

 , **(6.2)**

где ак, bk коэффициенты уравнения; - интервал дискретизации; - количество элементов задержки в трансверсальной части; - количество элементов задержки в рекурсивной части.

Найдём полюса передаточной функции с помощью формулы:

 **(6.3)**

Для нахождения полюсов воспользуемся **[3]:**



Для обеспечения устойчивости необходимо и достаточно, чтобы полюса передаточной функции находились в левой полуплоскости комплексного переменного p. Поскольку

- система устойчива.

3. С помощью **[3]** рассчитаем и построимАЧХ и ФЧХ фильтра:

 **(6.4)**

Для данной передаточной функции с помощью **[3]** построим АЧХ и ФЧХ фильтра (рисунок 6.2):



Рисунок 6.2 - а) АЧХ фильтра; б) ФЧХ фильтра.

4. Найдем системную функцию фильтра путем замены ePT на Z. Системная функция будет иметь вид: 

 **(6.5)**

Устойчивость фильтра оценивается расположением полюсов системной функции на z плоскости. Фильтр устойчив, если полюса системной функции расположены внутри круга единичного радиуса с центром в точке .

Определим полюса системной функции в плоскости Z с помощью **[3]**:

 - т.е. система устойчива.

5. Импульсная характеристика - это реакция цифрового фильтра на воздействие в виде единичного импульса  (функция Кронекера). Используя уравнение цифровой фильтрации, получаем:

 **(6.6)**

где 

Для данного фильтра импульсная характеристика будет определятся формулой:

 **(6.7)**

График импульсной характеристики представлен на рисунке 6.4:



Рисунок 6.4.-Импульсная характеристика.

6. Графики входного дискретного сигнала и выходного цифрового сигнала (рисунок6.3):



Рисунок 6.3 - а) входной дискретный сигнал; б) выходной цифровой сигнал.

***Задание №7***

**Условие:**

Синтезировать согласованный фильтр для данного сигнала.

**Требуется:**

1. Определить комплексный коэффициент передачи фильтра.
2. Синтезировать структурную схему фильтра.
3. Определить и построить выходной сигнал (под входным).
4. Оценить отношение сигнал/помеха на выходе в зависимости от .

**Исходные данные:**

Когерентная пачка из  радиоимпульсов с прямоугольной огибающей и скважностью равной ,





Рисунок 7.1 – Входной сигнал

**Решение:**

1. Синтезировать согласованный фильтр удобно при помощи его комплексного коэффициента передачи. Запишем общую формулу для его определения **[2]**:

. **(7.1)**

Где  - постоянный коэффициент;

 - функция, комплексно сопряженная со спектральной плотностью входного сигнала;

 - время задержки пика выходного сигнала.

Для  существует ограничение - , это связано с физическими принципами работы согласованного фильтра **[2]**. Однако обычно полагают:

. **(7.2)**

Из формулы (7.1) видно, что задача сводится к определению спектральной плотности входного сигнала. Для ее определения разобьем входной сигнал на отдельные импульсы, затем определим спектр одного из них, а результат запишем в виде суммы вышеопределенных спектральных плотностей всех составляющих пачки, но сдвинутых по времени на расстояния кратные периоду их следования.

Итак, определим  - спектр одиночного радиоимпульса, путем применения свойства **[2]**, в котором говорится, что спектр радиосигнала это есть спектр его огибающей только сдвинутый в область высоких частот (окрестность ).

. **(7.3)**

Где  - спектральная плотность для огибающей одиночного радиоимпульса, смещенная в область ВЧ на .

Запишем аналитическое выражение для огибающей радиоимпульса:

. **(7.4)**

Определим , для этого применим прямое преобразование Фурье [7].

;

. **(7.5)**

Представим формулу для , заменив в (7.5)  на :

. **(7.6)**

Т. о. спектральная плотность всей пачки импульсов будет определяться как сумма спектральных плотностей определяемых формулой (7.6), но сдвинутых друг относительно друга на:

.  **(7.7)**

Представим это соотношение, применив теорему сдвига **[2]**:

. **(7.8)**

Запишем формулу комплексно сопряженной спектральной плотности входного сигнала, преобразовав (7.8), путем перемены знака мнимой части.

. **(7.9)**

Подставим (7.6) в (7.9), а полученный результат в (7.1) и проведем некоторые преобразования для удобства ее дальнейшего использования:

 **(7.10)**

2. Т. о. согласованный фильтр можно представить как каскадное соединение двух блоков:

1. согласованный фильтр одиночного радиоимпульса;

2. т. н. синхронный накопитель (многоотводная линия задержки).

Схема такого фильтра представлена на рисунке 7.2.



### 2Т

Т

Рисунок 7.2 – Структурная схема согласованного фильтра для сигнала представленного на рис. 7.1.

##### График когерентной пачки радиоимпульсов проходящей через линию задержки представлен на рисунке (7.3).

##### 

Рисунок 7.3 - График пачки радиоимпульсов, проходящих через линию задержки

Сигнал на выходе согласованного фильтра с точностью до константы совпадает с автокорреляционной функцией входного сигнала, сдвинутой на  в сторону запаздывания **[2]**.

АКФ пачки радиоимпульсов с прямоугольной огибающей представляет собой последовательность треугольных импульсов длительностью  и максимумом равным , где *n* –количество импульсов пачки, *Э1* – полная энергия одного импульса (максимум АКФ одиночного импульса).

Для начала рассчитаем АКФ одиночного радиоимпульса.

Как известно АКФ радиосигнала равна произведению АКФ огибающей на АКФ несущей **[1]**:

. **(7.11)**

Поскольку АКФ несущего колебания есть само это колебание нулевой начальной фазой и амплитудой равной 1, то можно записать:

.  **(7.12)**

Рассчитаем АКФ огибающей :

. **(7.13)**

Подставим (7.13) в (7.12):

. **(7.14)**

3. При помощи (7.14) и приведенных выше условий с помощью **[3]** построим график выходного сигнала и АКФ (рисунок 7.4):

Рисунок 7.4 –а) входной сигнал*,* б) сигнал на выходе согласованного фильтра; в)АКФ сигнала

4. Отношение сигнал/помеха на выходе согласованного фильтра равно:

. **(7.15)**

Где *Э* – полная энергия входного сигнала;

*W0* – спектральная плотность мощности белого шума на входе фильтра.

Величина полной энергии входного сигнала с точностью до константы совпадает со значением выходного сигнала при  (по свойствам АКФ).

. **(7.16)**

Из формул (7.15) и (7.16) видно, что при увеличении n – количества и скважности импульсов пачки входного сигнала соотношение сигнал/помеха на выходе фильтра увеличивается, что соответствует теории поскольку при этом растет база сигнала. Однако данный способ повышения выигрыша по величине отношения  не улучшает корреляционных свойств сигнала, из-за чего через пороговое устройство может проходить не один, а несколько импульсов и отметок на экране индикаторного устройства так же будет несколько. Т. о. кроме увеличения базы сигнала необходимо еще и улучшать его корреляционные свойства.

#### *ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК*

1. Гармаш М. А. Конспект лекций по дисциплине СиПРТ (1,2 часть).
2. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов.4-е издание, перераб. и доп.-М.:Радио и связь,1986.- 512с.
3. Математический пакет MathCAD 2000.
4. Гимпилевич Ю.Б., Афонин И.Л. методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине СиПРТ для студентов специальности 7.090701-“Радиотехника” (дневная форма обучения).