**Казанский государственный университет**

**имени А.Н. Туполева**

Кафедра радиоэлектронных и квантовых устройств

**Кодер - декодер речевого сигнала**

**Амплитудно - фазовое преобразование**

Расчетно-пояснительная записка к курсовой работе по дисциплине

«Системы сокрытия информации»

Выполнили студенты

.

Руководитель работы

Успехов в защите

Казань 1997

**Содержание**

1. Введение 3
2. Метод анализа устройств с АФК 4
3. Выбор четырехполюсника с АФК 6
4. Кодер на операционном усилителе с АФК 8
5. Расчет параметров микрофонного усилителя 14
6. Расчет усилителя низкой частоты 15
7. Схема кодирующего и декодирующего блоков 17
8. Аннотация 18
9. Литература 19

Приложение 1 20

**Введение**

Эффекты возникновения амплитудно-зависимых фазовых сдвигов в различных, работающих в нелинейных режимах, узлах приемно - усилительных трактов называется «Амплитудно - фазовая конверсия» (АФК).

АФК - от английского слова «conversion» - преобразование.

По условиям эксплуатации большинства устройств в них должны быть применены специальные меры для устранения или ослабления АФК до значений, при которых показатели разрабатываемого устройства ухудшаются незначительно. Решение задачи сводится к созданию цепи, аргументы комплексной функции, передачи которой остается постоянным в широком интервале изменений воздействующих на цепь факторов. Ясно, что на основе известных схемотехнических и конструктивно - технологических решений не представится возможным создание такой цепи. Однако реальным является устройство, фазо - инвариантное к изменениям амплитуды сигнала в ограниченном интервале этих изменений и в конкретных условиях эксплуатации.

В ряде случаев явление АФК является полезным и позволяет обеспечить требуемые показатели радиоэлектронной аппаратуры. В таких устройствах эффекты АФК принудительно необходимы, например, в модуляторах фазы, в системах с предыскажением фазы и др.

В данной работе применяется метод АФК для сокрытия речевой информации телефонного канала.

**Метод анализа устройств с АФК**

В теоретической радиотехнике известны различные методы исследования.

Наиболее строгим методом, позволяющим описать устройство любого типа и оценить закономерности прохождения сигналов через него, является метод, основанный на решении нелинейных интегрально - дифференциальных уравнений, описывающих физику работы устройства. Получение решения поведения рассматриваемого устройства в широком интервале переменных, представляется затруднительным. Решения делаются для частных случаев и этот метод не универсален т.е. результаты решения не распространяются на другие устройства.

Менее строгим, но более общим является метод замены устройства эквивалентным четырехполюсником с некоторыми характеристиками, свойственными рассматриваемому устройству. Данному четырехполюснику соответствует определенная передаточная функция. Характеристики, определяющие передаточную функцию можно найти теоретически или экспериментально. При аналитическом исследовании цепей с АФК следует использовать четырехполюсник, который отражает лишь основные черты поведения устройства и не учитывает ряд побочных явлений, не играющих принципиальной роли. (Л4)

При воздействии квазигармонического колебания (1) на вход реального, т.е. нелинейного, четырехполюсника на его выходе появляется ряд спектральных составляющих. Отличительной способностью цепей с АФК является изменение фазы составляющих в зависимости от амплитуды входного воздействия.

 (1)

X(t), ϕ(t) - изменяются по закону передаваемой информации

Выходной сигнал представляется:

 (2)

где Yn(t)- медленно изменяющиеся амплитуда n-й гармоники

ψn(t) - фаза гармоники

Явление АФК сводится к тому, что ψn(t) отличается от входной функции ϕ(t) не только на детерминированный угол ϕ0, характеризующий фазовую постоянную устройства, но и на угол ϕ[X(t)], зависящий от уровня входного сигнала:

 (3)

Амплитуды выходного и входного сигналов связаны нелинейной зависимостью:

Yn(t)=Yn[X(t)] (4)

отражающей амплитудную нелинейнейность

Выражение (2) можно записать:

y(t)=Y[X(t)]expinw0t (5)

где Yn[X(t)]=Yn[X(t)]expiϕ[X(t)] - комплексная амплитуда выходного сигнала, характеризующая комплексную нелинейность тех устройств, в которых амплитудная нелинейность и АФК проявляются в главной мере при одних и тех же уровнях входного колебания X(t). Устройства, в которых АФК пренебрежимо мала, полностью характеризуется функцией Yn[X(t)], а устройства с АФК - функцией ϕ[X(t)] (Л4).

**Выбор четырехполюсника с АФК**

Выберем в качестве четырехполюсников:

-для кодера компрессор речевых сигналов;

-для декодера экспандер речевого сообщения;

Компрессор речевых сигналов действует по принципу усилителя с нелинейной отрицательной обратной связью (ООС). Это означает, что нелинейные элементы, сопротивление которых изменяется в соответствии с уровнем усиливаемого сигнала, входят в цепь ООС, охватывающей как отдельные каскады, так и усилитель в целом.

Для обеспечения требуемого закона изменения коэффициента усиления, необходимо определенным образом выбрать способ включения нелинейных элементов и режимы их работы.

Рассмотрим причины АФК в усилителях с нелинейной обратной связью. На основании известных соотношений:





определяющих комплексный коэффициент усиления усилителя с обратной связью. На рис.1 построена векторная диаграмма для случая гармонического сигнала, позволяющая судить о закономерностях изменениях показаний усилителя в зависимости от глубины ООС.

К

К

Кос

ϕк

Кос

ϕос

ϕос

β1

β1

ϕос

ϕос

ϕк

1/Кос

1/К

1/Кос

1/К

Рис.1

На рис.1 векторная диаграмма, определяющая коэффициент усиления усилителя с ООС, здесь:

; Кос - модуль коэффициента усиления; ϕос-фазовый сдвиг, создаваемый усилителем с ООС.

- не комплексный коэффициент усиления усилителя без ООС. β - коэффициент передачи канала обратной связи, предполагаемой действительной величиной, т.е. рассматривается усилитель с частотно-независимой ООС.

Из диаграммы следует, что с увеличением глубины ООС, вносимый усилителем фазовый сдвиг- уменьшается.

 (7)

Но поскольку в усилителе глубина ООС растет с увеличением уровня сигнала (компрессор):

β=F2(Uвхм) (8)

то связь фазового сдвига с изменением уровня входного сигнала при W=const:

 (9)

В экспандере процесс изменения ООС обратный:

 (10)

т.е. для малых амплитуд усиления мало, а для больших амплитуд усиление велико.

**Кодер на операционном усилителе с амплитудно - фазовой конверсией**

Эквивалентная схема кодера (декодера) приведена на рис. 2

Z2

Z1

-

+

-

Z3

Рис.2

Коэффициенты усиления идеального усилителя:

 (11)

Для кодера выберем: 

Z2=R1

Коэффициент передачи кодера:

 (12)

Цепь с сопротивлением Z2 представлена на рис. 3. Сопротивление R вводится для работы усилителя с малым уровнем сигнала.

VD1

R2



Для декодера берем:

R2



C

VD2

R

Рис. 3

Коэффициенты передачи декодера:

(13)

**Принципиальные схемы кодера и декодера**

C1

VD1

R4

VD2

R3

R1

DA1

R2

a)

VD3

R8

R6

C2

VD4

DA2

R5

R7

Рис.4 б)

а) кодер

б) декодер

Коэффициенты передачи для схемы рис.4

Кодер:



Коэффициент передачи для декодера

где: R3=R5; R4=R6; C1=c2

 (19)

Сопротивление R1 выбирается из max тока через диод

Ig=IR1

IR1=Uвх/R1=R1=Uвх/IR1

при Ig=0.1 mA; Rg=26/0.1=260 Om;

при Uвх=0.1B; R1=0.1/0.1=1 Kom;

Выберем коэффициент в (15) К0=10, тогда

R3=R1\*K0=1.0\*10=10Kom

Выберем сопротивление R4=100 ом, от случайных больших воздействий напряжения защищающей диоды VD1 и VD2.

Возьмем конденсатор С1 исходя из его реактивного сопротивления на частоте 300 Гц.

Xc1=2(R4+Rgmin)=2(100+260)=720 Om



Выберем ближайший номинал конденсатора С1:

КМ6 - М750-25-0.68 10%

Расчетные значения модуля и аргумента коэффициента передачи кодера, рассчитанные по программе Koder AFK, см. Приложение 1, приведены в таблице 1.

**Таблица значений коэффициента передачи кодера**

**от амплитуды входного сигнала, вычисленных по программе**

**Koder AFK**

Таблица 1.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ***Uвх*** | ***К*** | ***FK,рад*** | ***Uвых*** |
| 0,001 | 7,23 | -0,0072 | -0,008 |
| 0,011 | 2,193 | -0,222 | -0,022 |
| 0,021 | 1,398 | -0,442 | -0,028 |
| 0,031 | 1,128 | -0,609 | -0,034 |
| 0,041 | 1,003 | -0,733 | -0,04 |
| 0,051 | 0,935 | -0,826 | -0,046 |
| 0,061 | 0,894 | -0,897 | -0,054 |
| 0,071 | 0,867 | -0,953 | -0,061 |
| 0,081 | 0,849 | -0,997 | -0,068 |
| 0,091 | 0,836 | -1,033 | -0,075 |
| 0,101 | 0,826 | -1,063 | -0,082 |

Таким образом:

R2=R3=R5=10 Kom;

R4=R6=100 Om;

C1=C2=0.65 мкф;

R1=R7=R8=1 Kom;

DA1,DA2 - КР140УД14

Данная схема закрытия речевой информации в законченном виде приведена на рис.5

Umax=0.2mB

Uвых=0-0.082В

Uвх=0-0.1B

Кодер

УМ1

A1

ВА1

BM1

А) Кодирующий блок

Uвх=0-0.082В

Uвых=0-1В

А2

УМ2

Декодер

ВА2

ВМ2

Б) Декодирующий блок

Рис.5 Структурная схема устройства закрытия речевой информации.

Rg

C

R

R1

a

Рис.6 Принципиальная схема кодера

В точке а усилителя напряжение приблизительно равно 0, т.к. коэффициент усиления О.У. велико - 105. Для того, чтобы Ua=0 токи через R1 и цепь Rg, C, R приблизительно одинаковы. Входное сопротивление источника сигнала велико и ток в R1 не протекает.

IR1=Irg,C,R (20)

Напряжение на выходе кодера:

 (21)

Ток I в формуле (21) при условии (20):

I=Uвх/R1 (22)

Перепишем выражение (21) с учетом (22)

 (23)

R1

a

R

C

Rg

рис. 7 Принципиальная схема декодера

Для схемы на рис.7 Напряжение на входе, при Ua=0

 (24)

Решив уравнение (16) относительно I получим зависимость:

I=F(Uвх.дек) (25)

Выходное напряжение на выходе декодера рис. 7 :

Uвых.дек=R1F(Uвх.дек)=R1I (26)

Выходным напряжением декодера является напряжение кодера:

Uвх.дек= Uвых.дек. Таким образом схема рис. 7 Решает обратную задачу нахождения тока от значения формул (25) и (26).

На основании формул (22) и (26) выходное напряжение декодера:



**Расчет параметров микрофонного усилителя**

Выберем микрофон типа МД-62. Микрофон имеет параметры:

Диапазон рабочих частот: 120-10000 Гц

Номинальное сопротивление нагрузки: 250 Ом

Чувствительность: 88 Дб

Определим напряжение на нагрузке:

88Дб=80Дб+8Дб=6,31\*10-3

Мощность в нагрузке:



Определим коэффициент усиления микрофонного усилителя для нормальной работы кодера. Напряжение на входе кодера Uвх=0-1.1 В.



Используем схему с двумя каскадами усиления, построенных на ОУ:

К=К1К2=100⋅50=5000

Схема усилителя приведена на рис. 8

R2

R5

R1

R4

DA

DA

R6

R3

Рис. 8 Принципиальная схема микрофонного усилителя

В данном усилителе применим ОУ типа КР140УД14 (л3)

Сопротивление R1 определяется из условия согласования микрофона (номинальное сопротивление нагрузки)

R1=250 Ом

Сопротивление R2 определяется из коэффициента усиления каскада:

R2=K⋅R1=100⋅250=25 кОм.

Сопротивление R3:



Номинальный ток нагрузки КР140УД14 Iн=20 мА;

Максимальное входное напряжение микросхемы Uмах=13 В;

Сопротивление в цепи нагрузки - R4



Сопротивление R5 при К=50

R5=K⋅R4=50⋅620=31 кОм

Ближайшее сопротивление 30 кОм

Сопротивление R6 = 620 Ом.

Для декодерного блока рис. Микрофонный усилитель будет иметь такую же принципиальную схему, но в цепи обратной связи включают переменное сопротивление. Переменное сопротивление служит для изменения коэффициента усиления микрофонного усилителя декодера, чтобы получить уровень входных сигналов 0.082 В на входе декодера.

**Расчет усилителя низкой частоты**

Выберем громкоговоритель типа 0.5 ГД-11 с параметрами: (Л2)

Полоса рабочих частот: 150 ÷ 7000 Гц;

Сопротивление звуковой катушки : 5 Ом;

Размеры: 102-50 мм;

Масса: 150 гр.

В качестве усилителя НЧ применим микросхему К174УН7 (Л3). Ее параметры:

Рвых ≥ 4.5 Вт на нагрузке 4 Ом при напряжении питания 15 В. Схема включения микросхемы приведена на рис. 9 . Выходная мощность усилителя регулируется потенциометром R1.

Конденсаторы:

С1 = 100 пФ; С2 = 500 пФ; С3 = 100 пФ = С5;

С4 = 2700 пФ; С6 = 510 пФ; С7 = 0.1 мкф; С8 = 100 пФ.

Сопротивления:

R1 = R3 = 100 Ом; R2 = 56 Ом; R4 = 1 Ом; R5 = 4 Ом.

R3

C5

Uпит

C1

Вх

12

4

1

UВЫХ

8

R1

К174УН7

9

C6

5

10

6

7

С8

C2

R5

R4

C4

R2

C7

C3

Рис. 9 Усилитель мощности К174УН7 схема электрическая, принципиальная.

**Аннотация**

В данной работе требовалось сконструировать устройство для кодирования и декодирования сигнала по принципу амплитудно - фазового преобразования.

Данное (разработанная нами устройство) полностью отвечает данным требованиям. В частности прибор может быть подключен к телефонной линии и исключить возможность подслушивания телефонного разговора третьими лицами. У этого прибора - большое будущее т.к. многие деловые люди могут заинтересоваться данной разработкой.

**Литература**

1. Амплитудно - фазовая конверсия /Крылов Г.М., Пруслин В.З., Богатырев Е.А. и др. Под ред. Г.М. Крылова. - М.: Связь, 1979.-256 с., ил.
2. Бодиловский В.Г., Смирнова М.А. Справочник молодого радиста. Изд. 3-е переработ. И доп. М.,»Высшая школа», 1975 г.
3. Цифровые и интегральные микросхемы: Справочник/ С.В. Якубовский, Л.Н.Ниссельсон, В.И.Кулешова и др.; под ред. С.В. Якубовского. - М.: Радио и связь, 1990.-496 с. Ил.
4. Фолкенбери Л.М. Применение операционных усилителей/ под ред. Гальперина, 1985 - 572 с.

Приложение 1

Программа расчета коэффициента передачи

кодера с АФК на операционном усилителе.

1 REM KODER AFK

10 R1=

20 R3=

30 R4=

40 C1=

50 F=

60 WC1=

70 FOR U=0.001 TO 0.11 STEP 0.01

80 RD=26E-3\*R1/U

90 K0=R3/R1

100 A=RG+R4

110 B=1/WC1

120 C=RG+R3+R4

130 K=K0\*SQR((A^2+B^2)/(C^2+B^2))

140 FK=ATN(B/C)-ATN(B/A)

150 PRINT K; TAB 17; FK

160 NEXT U