

ОБРАТНЫЕ СВЯЗИ В УСИЛИТЕЛЯХ

(2 часа)

I. ЦЕЛЬ РАБОТ

1. Ознакомление с устройством и работой усилителей с обратными связями.
2. Определение характеристик усилителей с различными типами обратных связей.
3. Ознакомление с влиянием параметров цепей обратной связи на работу усилителей.
4. Получение практических навыков расчета коэффициентов усиления усилителей с обратными связями

II. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Обратной связью называют передачу энергии из выходной цепи усилителя во входную. В усилителе это явление выражается в передаче на вход части выходного сигнала (или всего сигнала) с помощью линейного четырехполюсника, называемого звеном или цепью обратной связи.

Обратные связи в усилителях либо создаются специально для изменения характеристики усилителя, либо возникают самопроизвольно. В последнем случае они называются паразитными.

Если при наличии обратной связи входной сигнал $U_{вх}$ складывается с сигналом обратной связи $U_{обс}$, в результате чего сигнал на выходе усиливающего каскада возрастает, то такую обратную связь называют положительной (ПОС). Если после введения обратной связи

величины входного и выходного сигналов уменьшаются, что вызывается вычитанием величины сигнала обратной связи $U_{ос}$ из входного сигнала $U_{вх}$. то такая обратная связь называется отрицательной (ООС).

В зависимости от способа подачи напряжения обратной связи во входную цепь обратные связи подразделяются на последовательные и параллельные. При последовательной обратной связи напряжение обратной связи вводится последовательно с входным напряжением (рис.12.1 а). Если же сигнал обратной связи подается по отношению к входному напряжению параллельно, то такая обратная связь называется параллельной (рис.12.1, б).

При параллельной обратной связи складываются токи. Различают обратные связи по напряжению и току. При обратной связи по напряжению (току) сигнал обратной связи пропорционален выходному напряжению (току) усилителя. На рис.12.1, в изображена структурная схема усилителя с обратной связью по напряжению; на рис.12.1, г - по току.

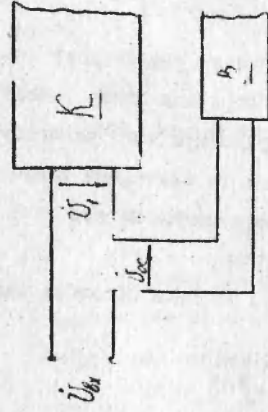
Значо обратной связи характеризуется коэффициентом передачи β , равным отношению напряжения обратной связи к выходному напряжению усилителя

$$\beta = \frac{U_{ос}}{U_{вых}}$$

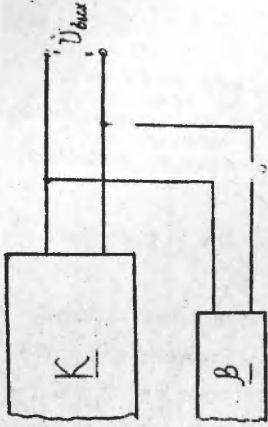
и называемый коэффициентом обратной связи.

Обратная связь существенно влияет на характеристики усилителя, в частности, на коэффициент усиления и поэтому является важным средством изменения характеристик усилителя.

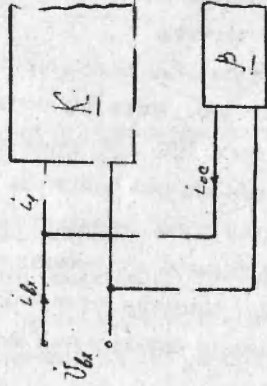
Коэффициент усиления усилителя с обратной связью $K_{сб}$ равен отношению



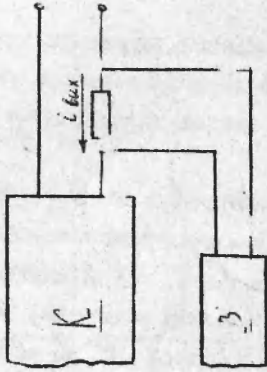
a)



б)



в)



г)

Рис. 2.1. Структурные схемы усилителей с обратной связью

$$K_{oc} = \frac{K}{1 - \beta K}$$

где K — коэффициент усиления усилителя без обратной связи.

При положительной обратной связи, когда $\beta K > 0$, знаменатель дроби меньше единицы и коэффициент усиления усилителя возрастает ($K_{oc} > K$).

При отрицательной обратной связи, когда $\beta K < 0$ и общий коэффициент усиления усилителя падает ($K_{oc} < K$).

Можно показать, что отрицательная обратная связь, снижая коэффициент усиления усилителя, одновременно повышает его устойчивость. При глубокой ООС, то есть когда $\beta K \gg 1$, то $K_{oc} \approx 1/\beta$. Это выражение показывает, что при глубокой ООС коэффициент усиления усилителя K_{oc} не зависит от коэффициента усиления K , то есть не зависит от параметров самого усилителя и от всех причин, вызывающих изменение режима усиления. Это значит, что в усилителе с ООС будут снижены нелинейные искажения и зависимость коэффициента усиления от частоты.

На рисунке 12.1 видно, что ООС значительно увеличивает полосу пропускания, тогда как положительная обратная связь сужает ее, кроме того, ПОС в усилителях часто служит причиной их самовозбуждения, при котором усилитель переходит в генераторный режим.

Обратная связь оказывает существенное влияние на величину входного и выходного сопротивлений усилителя.

Так при введении последовательной ООС входное сопротивление $R_{вх}$ усилителя определяется выражением

$$R_{вх\ oc} = R_{вх} (1 + \beta K)$$

Выходное сопротивление $R_{\text{вых ос}}$ усилителя с последовательной ООС

$$R_{\text{вых ос}} = R_{\text{вых}} / (1 + \beta K)$$

Из приведенных выражений видно, что введение ООС увеличивает входное сопротивление и уменьшает выходное сопротивление.

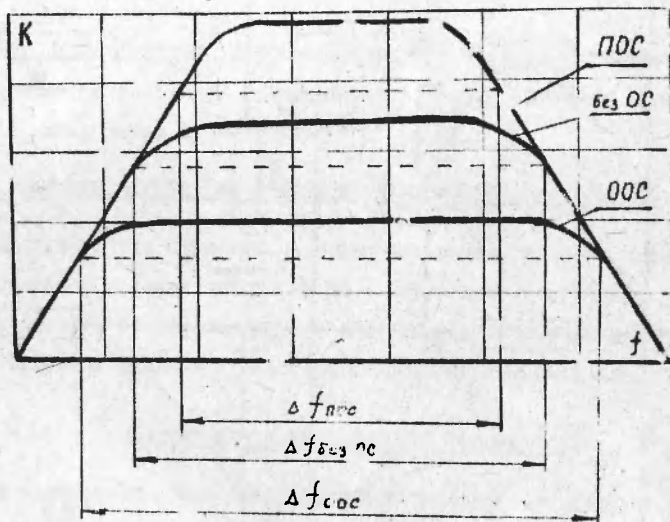


рис. I2.2. Амплитудно-частотные характеристики усилителя с обратными связями

III. ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ

Установка для исследования усилителей с обратными связями представляет из себя схему двухкаскадного усилителя (рис. I2.3) с обратными связями, выгравированную на лабораторной панели и контр

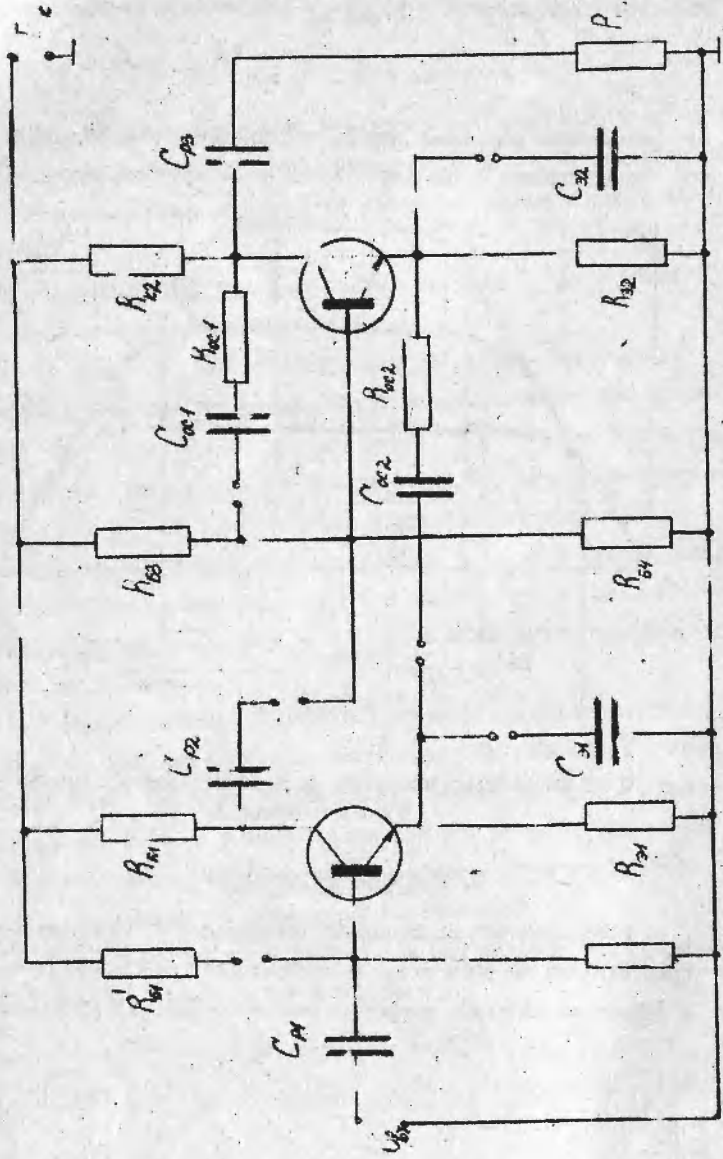


Рис.12.3. Схема двухкаскадного усилителя с обратными связями

рольно-измерительной аппаратуры.

В качестве контрольно-измерительной аппаратуры используются:

1. Задающий генератор сигналов ГЗ-33.

2. Осциллограф СИ-19Б.

3. Цифровой вольтметр.

Контрольно-измерительная аппаратура установлена на верхней части лабораторного стенда и подключается с помощью специальных кабелей к контрольным точкам схемы.

IV. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ И ПОКАЗАНИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА

В данной работе студенты проводят измерения входного и выходного напряжения усилителя с ООС и ПО; определяют коэффициент обратной связи и коэффициенты усиления; полосы пропускания усилителя; измеряют входные и выходные сопротивления усилителя.

Подготовка к лабораторной работе

При подготовке к лабораторной работе необходимо выполнить следующие задания:

1. Зарисовать в конспекте по лабораторной работе схему усилителя с ООС.

2. Записать выражения для определения коэффициента усиления $K_{ос}$, $R_{вх ос}$, $R_{вых ос}$.

3. Рассчитать величину коэффициента обратной связи β для схемы, изображенной на рис. 12.4. Данные для расчета приведены в таблице 1.

№ бригады	I	2	3	4	5
Параметры					
C_1, Φ	$3,7 \cdot 10^{-9}$	$1,5 \cdot 10^{-9}$	$1,2 \cdot 10^{-9}$	$1,2 \cdot 10^{-9}$	$1,2 \cdot 10^{-9}$
$R_1, \text{кОм}$	75	180	300	150	150
C_2, Φ	$3 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$	$2,25 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$
$R_2, \text{кОм}$	4,5	1,2	2,25	1,5	1,8

для студентов специальностей 0405, 0406, 0407

4. Используя величины $R_{вх}$ и $R_{вых}$, полученные в лабораторной работе II и коэффициент β из пункта 3, рассчитать $R_{вх}$ ос и $R_{вых}$ ос.

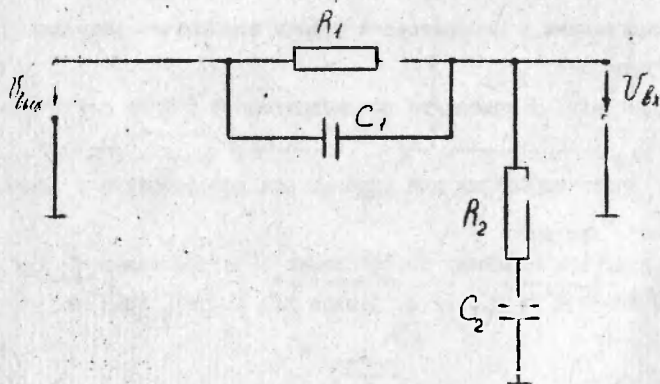


Рис. 2.4. Схема четырехполюсника обратной связи

5. Подготовить ответы на контрольные вопросы I-5, изложенные в разделе УШ данной лабораторной работы.

Указания по охране труда

Перед проведением эксперимента необходимо ознакомиться с пунктами I7-26 инструкции по технике безопасности.

Перед сборкой схемы следует убедиться в отсутствии напряжения на стенде. Сборку проводить только проводниками, выданными лаборантом. После сборки схемы необходим контроль лаборанта для проверки правильности сборки электрической цепи.

Включение напряжения для питания лабораторной панели осуществляется только с разрешения лаборанта.

При проведении измерений с помощью электрических приборов не касаться руками одновременно корпуса прибора и схемы, а также корпусов двух различных приборов.

Методические указания по проведению эксперимента

При снятии амплитудно-частотной характеристики необходимо предварительно ознакомиться с методикой проведения аналогичного эксперимента в лабораторной работе I2.

Методика определения входных и выходных сопротивлений изложена в описании лабораторной работы 4.

Задания, выполняемые в лаборатории

В процессе проведения лабораторной работы необходимо ответить на контрольные вопросы 6-7, изложенные в разделе УШ данной лабораторной работы, а также выполнить следующие задания:

1. Собрать схему двухкаскадного усилителя на транзисторах с ООС (включить цепь обратной связи между коллектором и эмиттером второго каскада).

2. Снять амплитудно-частотную характеристику усилителя, данные занести в таблицу 2.

Т а б л и ц а 2

При частотах	
50, 100, 500, 750 Гц, 1, 2, 3, 5, 10, 12,5, 15, 20 кГц	
При ООС	$U_{вх} = \dots, В$
$U_{вых}, В$	
$K_{ОС} = \frac{U_{вых}}{U_{вх}}$	
При ПОС	
	$U_{вх} = \dots, В$
$U_{вых}, В$	
$K_{ОС} = \frac{U_{вых}}{U_{вх}}$	

3. Включить ПОС в двухкаскадном усилителе, снять амплитудно-частотную характеристику, данные записать в таблицу 2.

4. Собрать схему двухкаскадного усилителя на интегральных микросхемах.

5. Снять амплитудно-частотные характеристики усилителя на интегральных микросхемах с ООС и ПОС, данные занести в таблицу, аналогичную таблице 2.

6. Измерить входные и выходные сопротивления усилителя с обратными связями. Данные занести в таблицу 3; в эту же таблицу

внести значения $R_{вх}$ и $R_{вых}$ усилителей без обратной связи, полученные в лабораторной работе № II.

Т а б л и ц а 3

Тип усилителя Сопротивления	Усилитель на транзисторах	Усилитель на интегральных микросхемах
$R_{вх}$		
$R_{вх} \text{ оос}$		
$R_{вх} \text{ ос}$		
$R_{вых}$		
$R_{вых} \text{ оос}$		
$R_{вых} \text{ пос}$		

для студентов специальностей 0405, 106, 407

7. Определить причину неисправности усилителя с обратной связью. Неисправность задается преподавателем.

У. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА

1. Построить амплитудно-частотные характеристики усилителей на транзисторах и интегральных микросхемах с ПОС и ООС в координатах; на оси ординат - коэффициент усиления - децибел; по оси абсцисс - логарифм частоты.

Все амплитудно-частотные характеристики строить на одном графике, на нем же построить амплитудно-частотные характеристики уси-

лител 1 без обратной связи, полученные в лабораторной работе № II.

2. Определить полосы пропускания, данные занести в таблицу 4.

Т а б л и ц а 4

Тип усилителя Наличие ОС	Усилитель на транзисторах	Усилитель на интег- ральных микросхемах
	$\Delta f = f_B - f_H$	$\Delta f = f_B - f_H$
Без ОС		
ООС		
ПОС		

3. Проанализировать полосы пропускания, полученные в результате экспериментов.

4. Проанализировать полученные значения $K_{\text{ос}}$ и $R_{\text{вых}}$.

Для студентов специальностей 0405, 0406, 0407

5. Использовать данные для коэффициента усиления усилителей без ОС, полученные в лабораторной работе № II, и значения $K_{\text{ос}}$, рассчитать величину коэффициентов обратной связи.

6. Зная величину β рассчитать $R_{\text{вх ос}}$ и $R_{\text{вых ос}}$, сравнить со значениями, записанными в таблице 3.

УІ. ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ

В содержание отчета входят:

1. Наименование работы и ее цель.
2. Краткое содержание работы, необходимые теоретические сведения и схемы.
3. Таблицы с результатами экспериментов и расчетов.
4. Графики, построенные по экспериментальным данным.
5. Анализ полученных результатов.

УП. ЛИТЕРАТУРА

Герасимов В.Г. и др. Основы промышленной электроники 1.

М.: Высшая школа. Учебник, изд. 2-е. 1978, с. 136-142.

УШ. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое обратная связь?
2. Что такое паразитные обратные связи?
3. Что такое отрицательная и положительная обратные связи?
4. Как формируется последовательная и параллельная ОС?
5. Как образуется ОС по напряжению и току?
6. Каковы особенности работы усилителя с ООС?
7. Каковы особенности работы усилителя с ПОС?
8. Что такое коэффициент обратной связи?
9. От чего зависит величина коэффициента обратной связи?
10. Как изменяется величина коэффициента усиления усилителя с ООС и ПОС?

II. Какое влияние вызывает ОС на величину входного и выходного сопротивлений?

12. Как изменяется при ОС полса пропускания усилителя?