

Министерство высшего и среднего специального
образования РСФСР

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С.П.Королева

ИССЛЕДОВАНИЕ АКТИВНОГО ЧЕТЫРЕХПОЛОСНИКА

Методические указания
к лабораторной работе

Куйбышев 1990

Составители: В.И.М и х а й к о в, Н.А.М а л ы г и н

УДК 621.375.018.756

Исследование активного четырехполюсника: Метод. указания к лаборатор. работе /Куйбышев. авиац. ин-т; Сост. В.Н. Михайков, Н.А. Малыгин. Куйбышев, 1990. 10 с.

Приведено описание лабораторной установки, позволяющей исследовать основные характеристики и свойства активного четырехполюсника, в качестве которого используется усилительный каскад на транзисторе с общим эмиттером. Для закрепления материала дан список контрольных вопросов.

Методические указания составлены на кафедре "Радиотехнические устройства" предназначены для студентов спец. 2303 дневного и вечернего отделения, изучающих курс "Основы радиоэлектроники".

Печатается по решению редакционно-издательского совета Куйбышевского ордена Трудового Красного Знамени авиационного института имени академика С.П. Королева

Рецензенты: Ю.С. Б ы х о в с к и й, В.В. М о т о в

Ц е л ь р а б о т ы: экспериментальное определение параметров активного четырехполюсника.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

Анализ работы любой активной цепи, как правило, начинается с построения схемы ее замещения. При этом, если исключены источники постоянного тока и напряжения, а активные элементы отображаются с помощью эквивалентных параметров, которые зависят от режима работы активного элемента, схему можно представить в виде активного четырехполюсника (рис. I), где $\dot{U}_1, \dot{U}_2, \dot{I}_1, \dot{I}_2$ — комплексные амплитуды гармонических напряжений и токов независимых источников при фиксированной частоте. Четырехполюсник полностью характеризуется напряжениями и токами на его входе (U_1, I_1) и выходе (U_2, I_2), которые связаны между собой уравнениями четырехполюсника через его параметры. Из шести форм записи этих уравнений наиболее часто используются следующие:



Р и с. I. Представление УНЧ в виде четырехполюсника

через Y -параметры

$$\dot{I}_1 = Y_{11} \dot{U}_1 + Y_{12} \dot{U}_2$$

$$\dot{I}_2 = Y_{21} \dot{U}_1 + Y_{22} \dot{U}_2$$

или в матричной форме

$$\begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{U}_2 \end{bmatrix};$$

через Z -параметры

$$\dot{U}_1 = Z_{11} \dot{I}_1 + Z_{12} \dot{I}_2$$

$$\dot{U}_2 = Z_{21} \dot{I}_1 + Z_{22} \dot{I}_2,$$

$$\begin{bmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{U}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix};$$

через H параметры

$$\begin{aligned} \dot{U}_1 &= H_{11} \dot{I}_1 + H_{12} \dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 &= H_{21} \dot{I}_1 + H_{22} \dot{U}_2, \end{aligned} \quad \begin{bmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H_{11} & H_{12} \\ H_{21} & H_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{U}_2 \end{bmatrix};$$

через G параметры

$$\begin{aligned} \dot{I}_1 &= G_{11} \dot{U}_1 + G_{12} \dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 &= G_{21} \dot{U}_1 + G_{22} \dot{I}_2, \end{aligned} \quad \begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{U}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{11} & G_{12} \\ G_{21} & G_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix}.$$

Здесь Y_{ij} ; Z_{ij} ; H_{ij} ; G_{ij} - соответственно Y , Z , H и G -параметры четырехполюсника, которые в общем случае являются комплексными величинами.

Наиболее просто найти H - параметры: их можно определить экспериментально по известным напряжениям и токам в режимах холостого хода (х.х.) и короткого замыкания (к.з.). Физический смысл H - параметров заключается в следующем:

$H_{11} = (\dot{U}_1 / \dot{I}_1) \Big|_{\dot{U}_2 = 0}$ - входное сопротивление четырехполюсника при к.з. на его выходе; $H_{22} = (\dot{I}_2 / \dot{U}_2) \Big|_{\dot{I}_1 = 0}$ - выходная проводимость четырехполюсника при х.х. на его входе;

$H_{21} = (\dot{I}_2 / \dot{I}_1) \Big|_{\dot{U}_2 = 0}$ - коэффициент передачи по току четырехполюсника при к.з. на его выходе; $H_{12} = (\dot{U}_1 / \dot{U}_2) \Big|_{\dot{I}_1 = 0}$ - коэффициент обратной передачи по напряжению четырехполюсника при х.х. на его входе.

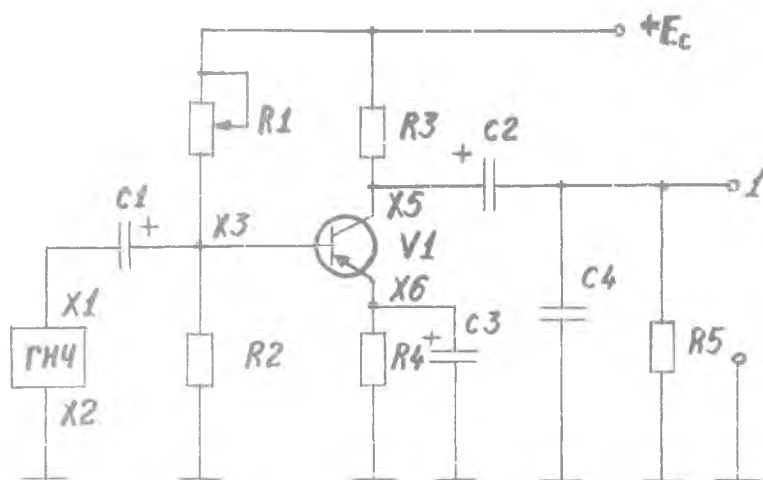
Зная H - параметры четырехполюсника, можно определить другие его параметры, например коэффициент передачи по напряжению:

$(\dot{U}_2 / \dot{U}_1) \Big|_{\dot{I}_2 = 0} = G_{21} = -H_{21} / |H|$, где $|H| = H_{11} H_{22} - H_{12} H_{21}$ - определитель матрицы H - параметров.

Таким образом, зная параметры четырехполюсника, можно определять токи и напряжения на его входе и выходе, не вникая во внутреннюю структуру четырехполюсника.

ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ

В качестве активного четырехполюсника в лабораторной работе используется усилительный каскад. В этом каскаде (рис.2) активным элементом является биполярный транзистор $p-n-p$ структуры типа МП40,



Р и с. 2. Схема реостатного усилителя низкой частоты (УНЧ) на транзисторе

который включен по схеме с общим эмиттером. Входной разделительный конденсатор $C1$ предотвращает нарушение нормального режима работы каскада, которое может быть вызвано действием постоянной составляющей усиливаемого сигнала. Выходной разделительный конденсатор $C2$ предотвращает попадание постоянного напряжения в цепь нагрузки $R5$. Элементы $R1$, $R2$, $R4$ задают режим работы транзистора и обеспечивают температурную стабилизацию коллекторного тока. Усиленный сигнал снимается с коллекторной нагрузки $R3$. Блокирующий конденсатор $C3$, включенный в цепь эмиттера, ослабляет действие отрицательной обратной связи по переменному току, возникающей из-за введения резистора $R4$. В зависимости от значения $C3$ нейтрализация обратной связи происходит в области средних и верхних частот или только на верхних частотах.

Этот эффект используется для расширения полосы пропускания усилительного каскада. Конденсатор C_4 моделирует емкостную составляющую нагрузки, а также входную и проходную емкость следующего усилительного каскада и емкость монтажа.

ОБОРУДОВАНИЕ И АППАРАТУРА

Схему исследуемого каскада собирают на испытательной панели лабораторного стенда 87Л-01/14.

Для сборки используют следующие элементы:

транзистор	$V1$ (МП40)	1 шт.
резисторы	$R1$ (22 кОм, переменный).....	1 шт.
	$R2$ (1,2 кОм).....	1 шт.
	$R3$ (1,0 кОм).....	1 шт.
	$R4$ (200 Ом)	1 шт.
	$R5$ (2,4 кОм, 51 Ом).....	2 шт.
конденсаторы	$C1$ (0,033 мкФ, 20 мкФ).....	2 шт.
	$C2$ (20 мкФ).....	1 шт.
	$C3$ (20 мкФ).....	1 шт.
проводники соединительные.....		6 шт.

В работе также используют: ГН2- регулируемый источник напряжения, АЭМ1 - измеритель тока и напряжения, ГНЧ - генератор низкой частоты. Для измерения амплитуды входного напряжения U_1 и амплитуды выходного напряжения U_2 используется осциллограф. Выходной ток короткого замыкания $I_{2к.з}$ определяется как $I_{2к.з} = U_{вх1} / (R5 + R3)$ при замене $R5$ на низкоомное сопротивление ($R5 = 51$ Ом) и замере $U_{вх1}$ на клемме 1, выходной ток холостого хода $I_{2х.х}$ определяется аналогично при $R5 = 2,4$ кОм.

Входной ток I_1 определяется следующим образом. На вход усилителя подают сигнал частотой $f = 1$ кГц и такой амплитуды, чтобы на выходе усилителя напряжение не ограничивалось. Фиксируют значения амплитуды напряжения входного сигнала $U_{вх1}$ и выходного сигнала $U_{вх2}$. Конденсатор $C1$ емкостью 20,0 мкФ заменяют на конденсатор емкостью 0,033 мкФ. Изменяя частоту ГНЧ, добиваются, чтобы новое значение вы-

ходного напряжения $U_{вх.2}$ стало меньше в $\sqrt{2}$ раз, т.е. $U_{вх.2} = 0,7 U_{вх.1}$, и фиксируют значение этой частоты $f_{0,7}$. Определяют входное сопротивление усилителя по формуле $R_{вх} = 1/(2\pi f_{0,7} C)$, где $C = 0,033$ мкФ. Определяют $I_1 = (U_{вх.1} / R_{вх})$.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Пользуясь принципиальной схемой, изображенной на передней панели лабораторного стенда, собрать схему усилителя. При сборке использовать $C1 = C3 = 20$ мкФ, конденсатор $C4$ - не включать.

2. Установить напряжение источника питания ГН2 $E_n = 10$ В. Для контроля напряжения использовать измерительные блоки АВМ I или ИВ, смонтированные в правой стойке лабораторного стенда.

3. Подать напряжение питания на схему. Изменяя сопротивление резистора $R1$, установить на коллекторе транзистора $V1$ напряжение $U_K = 5$ В. С помощью блока АВМ I замерить напряжение в точках $X3$, $X5$, $X6$.

4. Построить амплитудную характеристику усилителя (зависимость амплитуды выходного сигнала от амплитуды входного).

А. Включить ГНЧ. Подключить осциллограф к выходу (1:1) ГНЧ и установить частоту сигнала $f = 1$ кГц. Частота определяется как $f = 1/T$, где T - период следования сигнала. Для точного определения T , с помощью переключателя "мс / ДЕЛ", " μ с / ДЕЛ", расположенного на передней панели осциллографа, установить скорость развертки луча такой, чтобы на экране осциллографа умещалось 1,5 - 2 периода следования входного сигнала. Период T определяется по выбранному значению скорости развертки. Устойчивость изображения регулируется ручками "СТАБ" и "УРОВЕНЬ".

Б. Подключить осциллограф к нагрузке (см. рис. 2, точка I). Подать напряжение с выхода (1:1) ГНЧ на вход усилителя. Плавно увеличивая амплитуду входного сигнала, добиться появления ограничения сигнала. При этом одновременно с изменением входного сигнала необходимо с помощью переключателя " V / ДЕЛ" изменять чувствительность усилителя вертикального отклонения осциллографа с тем, чтобы размер изображения на экране по вертикали составлял примерно 2/3 максимально возможного. Амплитуда (или двойная амплитуда) сигнала определяется по установленной чувствительности осциллографа.

Зарисовать форму сигнала в точках X3, X5. Найденное максимальное значение выходного напряжения $U_{\text{вых.т}}$ соответствует точке перегиба амплитудной характеристики;

В. Уменьшая входной сигнал (с помощью ручки "АМПЛИТУДА" ГНЧ и дополнительных выходов (I:10), (I:100)), построить амплитудную характеристику. Амплитуду входного сигнала измерять с помощью осциллографа в точке X3. Шаг изменения входного напряжения должен соответствовать выбранному шагу изменения выходного напряжения $\Delta U_{\text{вых}} = U_{\text{вых.т}} / k$. Число контрольных точек k зависит от требуемой точности определения амплитудной характеристики, обычно $k = 5$. При необходимости отдельные (нелинейные) участки характеристики можно определить более подробно, с меньшим шагом.

5. Определить H - параметры усилителя, представляя его четырех-полюсником.

А. Выбрать линейный участок амплитудной характеристики усилителя и установить амплитуду входного сигнала, соответствующую середине этого участка.

Б. Вместо $R5$ поставить сопротивление 51 Ом. Определить и записать значения $U_1 = U_{\text{BX.1}}$, I_1 , $I_{2\text{к3}}$ и по ним вычислить $H_{11} = (U_1 / I_1) = (U_{\text{BX}} R_{\text{BX}}) / U_{\text{BX}} = R_{\text{BX}}$, $H_{21} = (I_{2\text{к3}} / I_1)$.

В. Вместо $R5$ поставить сопротивление 2,4 кОм. Подключить ГНЧ на выход усилителя. На выходе ГНЧ установить сигнал, равный по амплитуде выходному сигналу усилителя на середине линейного участка его амплитудной характеристики. Определить и записать значения $I_{2\text{кх}}$, U_2 , U_1 и по ним вычислить параметры $H_{22} = I_2 / U_2$ и $H_{12} = U_1 / U_2$.

Г. Вычислить значение параметра G_{21} и сравнить его со значением коэффициента передачи усилителя по напряжению, полученным из амплитудной характеристики ($U_{\text{вых}} / U_{\text{BX}}$).

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Наименование лабораторной работы, ф.и.о. студента, группа, дата выполнения работы.
2. Принципиальная схема экспериментальной установки.
3. Экспериментально полученные таблицы с результатами измерений, графики и осциллограммы напряжений.
4. Рассчитанные значения H -параметров активного четырехполюсника.
5. Выводы по работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем смысл теории четырехполюсников? Приведите примеры четырехполюсников.
2. Какие Вы знаете параметры четырехполюсников? Поясните физический смысл параметров четырехполюсников.
3. Как экспериментально определить параметры четырехполюсника? Какие ограничения накладываются при проведении опытов короткого замыкания и холостого хода?
4. Как определить параметры четырехполюсника, который получен путем соединения двух четырехполюсников с известными параметрами, если это соединение:
 - а) каскадное;
 - б) последовательное;
 - в) параллельное;
 - г) последовательное по входу и параллельное по выходу;
 - д) параллельное по входу и последовательное по выходу.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Ушаков В.Н. Основы радиоэлектроники и радиотехнические устройства. М.: Высш.шк., 1976.
- Цыкин Г.С. Усилительные устройства. М.: Связь, 1971.
- Головин О.В., Кубицкий А.А. Электронные усилители. М.: Радио и связь, 1983.
- Манаев Е.И. Основы радиоэлектроники: Учеб.пособие для вузов, 2-е изд. М.: Радио и связь, 1985.

ИССЛЕДОВАНИЕ АКТИВНОГО ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКА

Составители: М и х а й к о в Виктор Иванович,
М а л ы г и н Николай Александрович

Редактор Е.Д.А н т о н о в а
Техн.редактор Н.М.К а л е н ю к
Корректор Е.Г. Ф и л и п п о в а

Подписано в печать 15.08.90 г.
формат 60x84^I/16. Бумага оберточная.
Печать оперативная. Усл.п.л. 0,47.
Уч.-изд.л. 0,4 Тираж 350 экз. Заказ 5075
Бесплатно.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С.П.Королева.
443086 Куйбышев, Московское шоссе, 34.

Типография им.В.П.Мяги Куйбышевского полиграфического
объединения. 443099 Куйбышев, ул.Венцека, 60.