

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Курганский государственный университет»

Кафедра «Энергетика и технология металлов»

ЭЛЕКТРОНИКА

Методические указания
к выполнению лабораторных работ
для студентов специальностей
190600.62; 190109.65; 190110.65; 140400.62;
150700.62; 151900.62; 280700.62

Курган 2016

Кафедра: «Энергетика и технология металлов»

Дисциплины: «Электроника», «Электротехника и электроника»
(специальности 190600.62; 190109.65; 190110.65; 140400.62;
150700.62; 151900.62; 280700.62).

Составил: канд. техн. наук, доц. А.И. Ершов.

Утверждены на заседании кафедры «28» мая 2015 г.

Рекомендованы методическим советом университета «19» декабря 2014 г.

РАБОТА №1

ИССЛЕДОВАНИЕ БИПОЛЯРНОГО ТРАНЗИСТОРА

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Примечание. Предлагаемые методические указания определяют порядок выполнения работы для снятия и построения статических входных характеристик транзистора по схеме с общим эмиттером (ОЭ).

1 Произвести следующую композицию:

- включить тумблеры В1, В3, В4, В6, В9, В11;
- выключить тумблеры В2, В5, В7, В16;
- переключатель В12 установить в положение «- $U_{ВХ}$ »;
- положение переключателя В14 – любое;
- ручки потенциометров R1 и R2 вывести против часовой стрелки до упора, т.е. установить $U_{БЭ} = 0$ и $U_{КЭ} = 0$.

Схема стенда приведена на рисунке 1.1.

2 Начертить принципиальную схему для снятия статических входных и выходных характеристик биполярного транзистора по схеме с ОЭ, руководствуясь п. 1 порядка выполнения работы. Выполненную схему согласовать с преподавателем.

3 Изучить паспорт исследуемого биполярного транзистора и выбрать шаг изменения токов и напряжений и внести в заготовленные таблицы № 1 и № 2. Выбор согласовать с преподавателем. Примечание: ток базы изменять от 0 до максимального допустимого (для таблицы 1 выбрать 8...10 значений); коллекторное напряжение изменять от 0 до максимального (в таблице 1 достаточно 4 значения, в таблице 2 - от 0 до 1В через 0,1 В, а затем через 2В).

Таблица 1

I_B , мкА	$U_{КЭ} = 0$	$U_{КЭ} = \dots В$	$U_{КЭ} = \dots В$	$U_{КЭ} = \dots В$
	$U_{БЭ}$, мВ	$U_{БЭ}$, мВ	$U_{БЭ}$, мВ	$U_{БЭ}$, мВ

Таблица 2

$U_{КЭ}$, В	$I_B = \dots$ мкА	$I_B = \dots$ мкА	$I_B = \dots$ мкА	$I_B = \dots$ мкА	$I_B = \dots$ мкА
	I_K , мА	I_K , мА	I_K , мА	I_K , мА	I_K , мА

4 Снять и построить статические входные вольт-амперные характеристики биполярного транзистора по схеме с ОЭ

$$I_B = f_1(U_{БЭ}) \text{ при } U_{КЭ} = \text{const}.$$

4.1 Включить питание стенда тумблером «сеть», при этом загорится сигнальная лампочка.

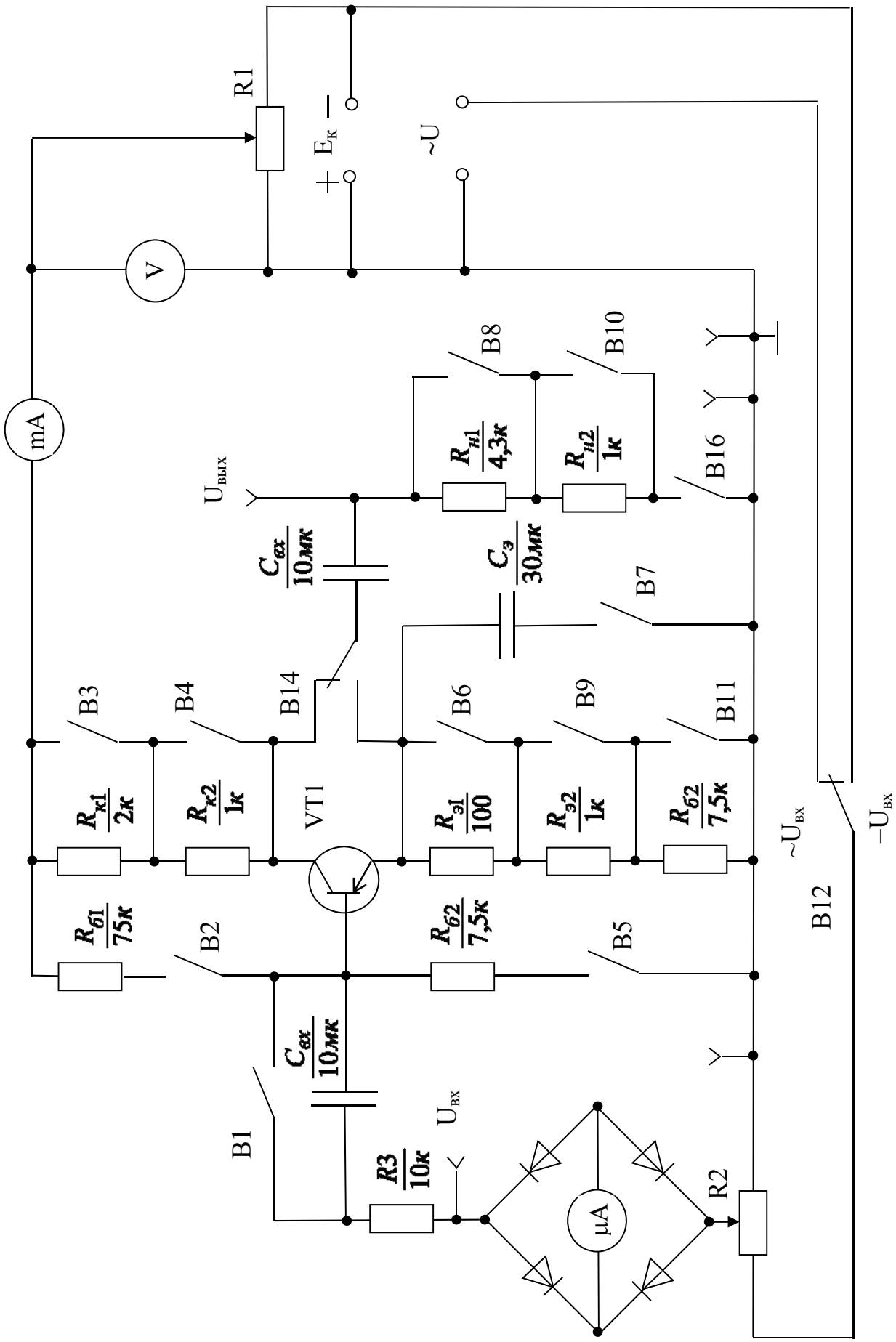


Рисунок 1.1 – Принципиальная схема стенда

4.2 Ручкой потенциометра R2 устанавливать ток базы I_B , контролируя прибором « $I_{ВХ}$ », измерять внешним вольтметром напряжение между базой и эмиттером $U_{БЭ}$. Результаты измерений внести в таблицу 1, в колонку $U_{КЭ}=0$. Повторить измерение при других напряжениях на коллекторе (устанавливается потенциометром R1, контролируя по прибору «напряжение E_K »). Результаты измерений внести в таблицу 1, в соответствующие колонки.

5 Снять и построить статические выходные вольт-амперные характеристики биполярного транзистора по схеме с ОЭ:

$$I_K = f_2(U_{КЭ}) \text{ при } I_B = \text{const}.$$

5.1 Коммутация остается без изменений.

5.2 Ручкой потенциометра R2 устанавливать напряжение на коллекторе $U_{КЭ}$, контролируя прибором «напряжение E_K », измерять ток коллектора I_K . Ток базы I_B устанавливать ручкой потенциометра R2, контролируя прибором « $I_{ВХ}$ ». Результаты измерений занести в таблицу 2.

6 При $R_K=1$ кОм и $E_K = 10$ В на семействе выходных характеристик построить нагрузочную линию (динамическую характеристику). Совместно рассматривая входные и выходные статические характеристики, определить положение рабочей точки для режима «А» и вычислить для неё h- параметры транзистора для схемы с ОЭ.

7 Формулы для определения h-параметров:

а) входное сопротивление $h_{11} = \frac{\Delta U_{БЭ}}{\Delta I_B}$ при $U_{КЭ} = \text{const}$;

б) коэффициент внутренней обратной связи $h_{12} = \frac{\Delta U_{БЭ}}{\Delta U_{КЭ}}$ при $I_B = \text{const}$;

в) коэффициент усиления потока $h_{21} = \frac{\Delta I_K}{\Delta I_B}$ при $U_{КЭ} = \text{const}$;

г) выходная проходимость $h_{22} = \frac{\Delta I_K}{\Delta U_{КЭ}}$ при $I_B = \text{const}$;

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1 Принципиальная схема для снятия статических входных и выходных характеристик биполярного транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером.

2 Таблицы экспериментальных данных.

3 Определение h- параметров биполярного транзистора для схемы с общим эмиттером в выбранной рабочей точке.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Устройство, принцип действия биполярного транзистора.

2 Схемы включения биполярного транзистора.

3 Сравнить свойства различных схем включения биполярного транзистора по некоторым параметрам (входные и выходные сопротивления, коэффициенты усиления, сдвиг фаз выходного напряжения и др.).

4 Объяснить статические входные или выходные характеристики (для схемы с ОЭ или с ОБ).

5 Пояснить построение нагрузочной прямой (динамической характеристики).

6 Начертить схему для снятия статических вольт-амперных характеристик для биполярного транзистора по схеме с ОБ.

7 Назначение биполярного транзистора.

Список литературы

1 Герасимов, В. Г. Основы промышленной электроники [Текст] / под ред. В.Г. Герасимова. – М. : Высшая школа, 1986.

2 Жеребцов, Н. Н. Основы электроники [Текст] / Н.Н. Жеребцов. – Л. : Энергоатомиздат, 1990.

3 Забродин, Ю. С. Промышленная электроника [Текст] / Ю.С. Забродин. – М. : Высшая школа, 1982.

РАБОТА №2

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНЗИСТОРНЫХ ОДИНОЧНЫХ КАСКАДОВ УСИЛЕНИЯ

Цель работы – изучить наиболее употребительные схемы одиночных каскадов усиления на транзисторах (с ОЭ, ОК, ОИ), определить максимальные коэффициенты усиления по напряжению.

Порядок выполнения работы на стенде ЭС4А

1 Предварительная подготовка к работе.

1.1 Тумблер «сеть» стенда должен находиться в положении «выключено»; ручками регулировки «Ек, Ес», «Выход» и « R_r » вращением против хода часовой стрелки установить минимальные значения (крайние левые положения); ручкой регулировки « R_n » - максимальное значение (крайние правые положения); переключатель «частота» – в среднее положение («0,2-2кГц»); ручкой регулировки «частота» – среднее положение, тумблеры «В1» и «В2» – нижнее положение («С2» и «С4» – соответственно); тумблер «В3» – нижнее положение («выключено»); тумблер «В4» – среднее положение; тумблер «В5» – нижнее положение («Ек»).

1.2 На стенде соединить одной перемычкой «вход» усилителя (гнездо «3») и «генератор» (гнездо «1:1»); а другой – гнездо «генератора», помеченные знаком «L» и гнездо «1» входа усилителя.

1.3 Соединить вход внешнего вольтметра с выходом генератора стенда:

«вход» (гнездо «4») – сигнальным (потенциальным) проводом, а любое гнездо «L» стенда – вторым проводом, помеченным знаком «L»; установить предел измерения вольтметра 1 V.

1.4 Соединить «выход» усилителя (гнезда «11») на стенде с гнездом «Вход У» осциллографа и со входом другого внешнего вольтметра сигнальными (потенциальными) проводами, а вторыми проводами – гнезда «L»; у вольтметра установить предел измерения 10V.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ. В течение всей работы положение ручек регулировки и переключателей не изменять, кроме специально оговоренного в соответствующих пунктах.

2 Определить максимальный коэффициент усиления по напряжению для простейшего усилительного каскада по схеме с общим эмиттером (рисунок 2.1).

2.1 В гнездо «Ш1» стенда вставить сменную панель «1» - усилительный каскад по схеме с общим эмиттером (ОЭ), закрепить винтами.

2.2 Включить стенд, осциллограф и внешние электронные вольтметры выключателями «сеть», при этом загорятся лампочки сигнализации.

2.3 Ручками регулировки стенда установить: « R_{q1} » – 9 делений, « R_{q2} » – любое, « R_3 » – 0 делений, « R_k, R_c » – 1 деление, « $R_{и}$ » – любое, тумблер «В3» установить в нижнее положение («выключено»), тумблер «В4» – среднее положение. Ручкой регулировки « E_k, E_c » установить напряжение источника питания усилительного каскада 12 В, контролируя по прибору (вольтметр стенда ИП6). При этом установятся ориентировочно ток базы $I_6=1,5$ мА (по прибору стенда ИП2), ток эмиттера $I_3=6,0$ мА (по прибору стенда ИП3 при нажатой кнопке под прибором).

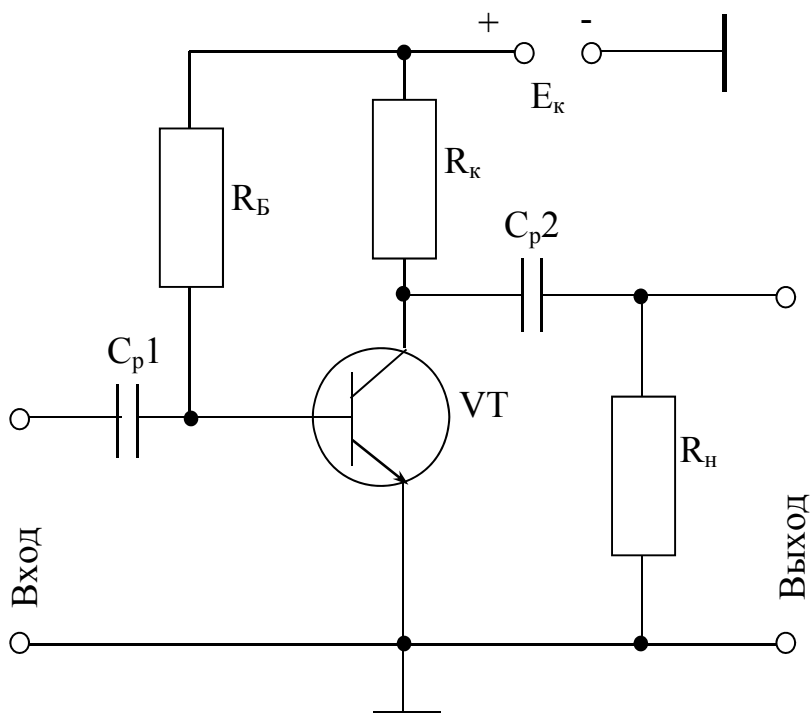


Рисунок 2.1 – Простейший усилительный каскад с ОЭ

2.4 Медленно вращая ручку регулировки «Выход» генератора стенда, получить на экране осциллографа устойчивое изображение размахом 20...30 мм двух или трех периодов напряжения синусоидальной формы.

Затем ручкой регулировки «Выход» генератора стенда увеличивать входное напряжение усилительного каскада до величины, при которой будут наблюдаться искажения выходного напряжения (форма кривой отличается от синусоиды).

Если изображение будет выходить за пределы экрана осциллографа, то отрегулировать ручками регулировки «усиление» и «делитель», а при нарушении устойчивости изображения отрегулировать ручкой регулировки «синхронизация»; другие ручки не трогать.

После этого несколько уменьшить входное напряжение до исчезновения искажений выходного напряжения и в этом положении измерить внешними вольтметрами выходное напряжение ($U_{\text{вых}}$) и входное ($U_{\text{вх}}$). Результаты измерений занести в таблицу 1, в колонку «ОЭ, простейш.».

Коэффициент усиления по напряжению определить по формуле $K_{\text{и}} = U_{\text{вых}} / U_{\text{вх}}$ и занести в эту же колонку таблицы 1.

Таблица 1

Схема параметр	ОЭ			ОК	ОИ	
	простейш.	с термостабилиз. $C_3=500\text{мкФ}$	с термостаб. $C_3=0$		$C_{\text{и}}=500\text{мкФ}$	$C_{\text{и}}=0$
$U_{\text{вых}}, \text{В}$						
$U_{\text{вх}}, \text{В}$						
$K_{\text{и}}$						

3 Определить максимальный коэффициент усиления по напряжению для усилительного каскада с эмиттерной температурной стабилизацией (рисунок 2.2).

3.1 Ручками регулировки установить: « R_{q1} » – 3 деления; « R_{q2} » – 10 делений; « R_3 » – 4 деления; « R_k, R_c » – 1 деление; « $R_{\text{и}}$ » – любое. Тумблер «В3» установить в верхнее положение («включено»), тумблер «В4» – нижнее положение ($C_{\text{э}2}=500\text{мкФ}$). Ручкой регулировки « E_k, E_c » установить напряжение источника питания усилительного каскада 12 В, контролируя по прибору (вольтметр стенда ИП6). При этом установятся ориентировочно ток базы $I_6=1,5 \text{ мА}$ (по прибору стенда ИП2), ток эмиттера $I_3 = 5 \text{ мА}$ (по прибору стенда ИП3 при нажатой кнопке под прибором), ток делителя $I_q = 2 \text{ мА}$ (по прибору стенда ИП1).

3.2 Повторить п.2.4, а результаты измерений и расчета занести в колонку таблицы «ОЭ с термостабилизацией, $C_3 = 500\text{мкФ}$ ».

3.3 Тумблер «В4» переключить в среднее положение, т.е. скоммутировать схему без шунтирующего конденсатора C_3 ; измерить напряжение на выходе и входе усилительного каскада, а результаты измерений и расчета занести в колонку «ОЭ, с термостабилизацией, $C_3=0$ ».

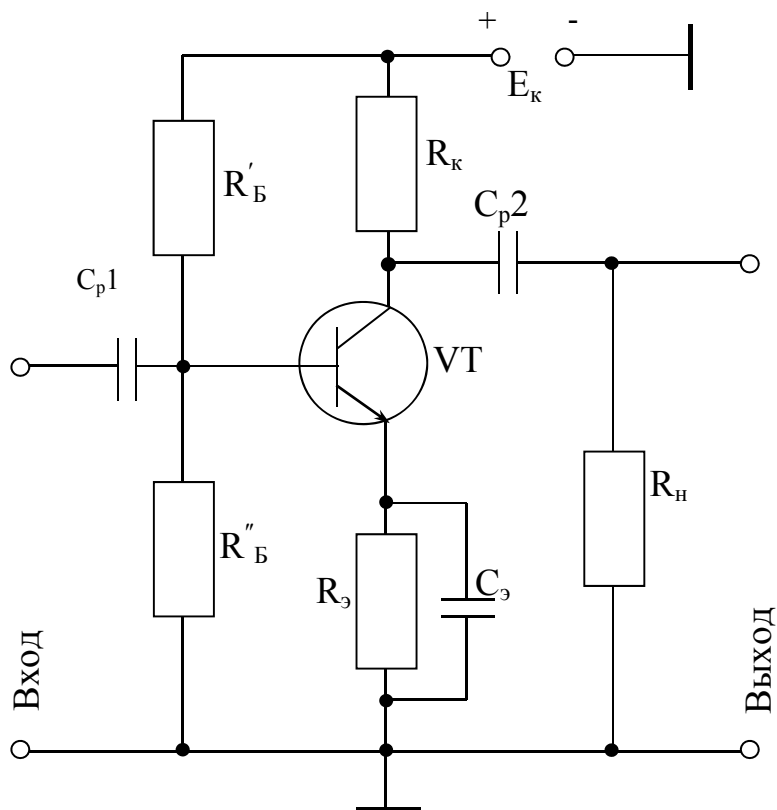


Рисунок 2.2 – Усилительный каскад с эмиттерной термостабилизацией

3.4 Ручкой регулировки « E_k , E_c » уменьшить напряжение до нуля и выключить стенд выключателем «сеть».

4 Определить максимальный коэффициент усиления по напряжению для усилительного каскада с общим коллектором (рисунок 2.3).

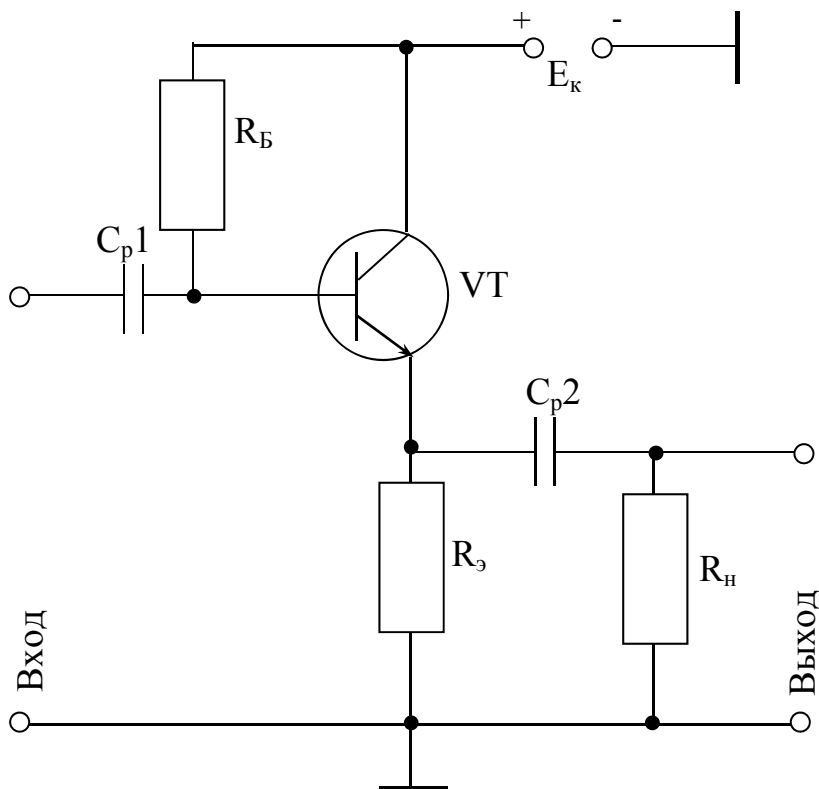


Рисунок 2.3 – Усилительный каскад с ОК

4.1 В гнездо «Ш1» стенда вставить сменную панель «2» – усилительный каскад по схеме с общим коллектором (ОК); закрепить винтами.

4.2 Включить стенд выключателем «сеть», при этом загорится лампочка сигнализации.

4.3 Ручками регулировки стенда установить: « R_{q1} » – 3 деления; « R_{q2} » – любое; « R_3 » – 5 делений; « R_k, R_c » – 0 делений; « $R_{и}$ » – любое. Тумблер «В3» установить в нижнее положение («выключено»), тумблер «В4» – среднее положение. Ручкой регулировки « E_k, E_c » установить напряжение источника питания 12В, контролируя по прибору ИП6. При этом установятся ориентировочно ток базы $I_b=3,5$ мА (прибор ИП2), ток эмиттера $I_э = 5,0$ мА (прибор ИП3 при нажатой кнопке под прибором).

4.4 Повторить п.2.4, а результаты измерений и расчета занести в колонку таблицы «ОК».

4.5 Ручкой регулировки « E_k, E_c » уменьшить напряжение до нуля и выключить стенд выключателем «сеть».

5 Определить максимальный коэффициент усиления по напряжению для усилительного каскада с общим истоком (рисунок 2.4).

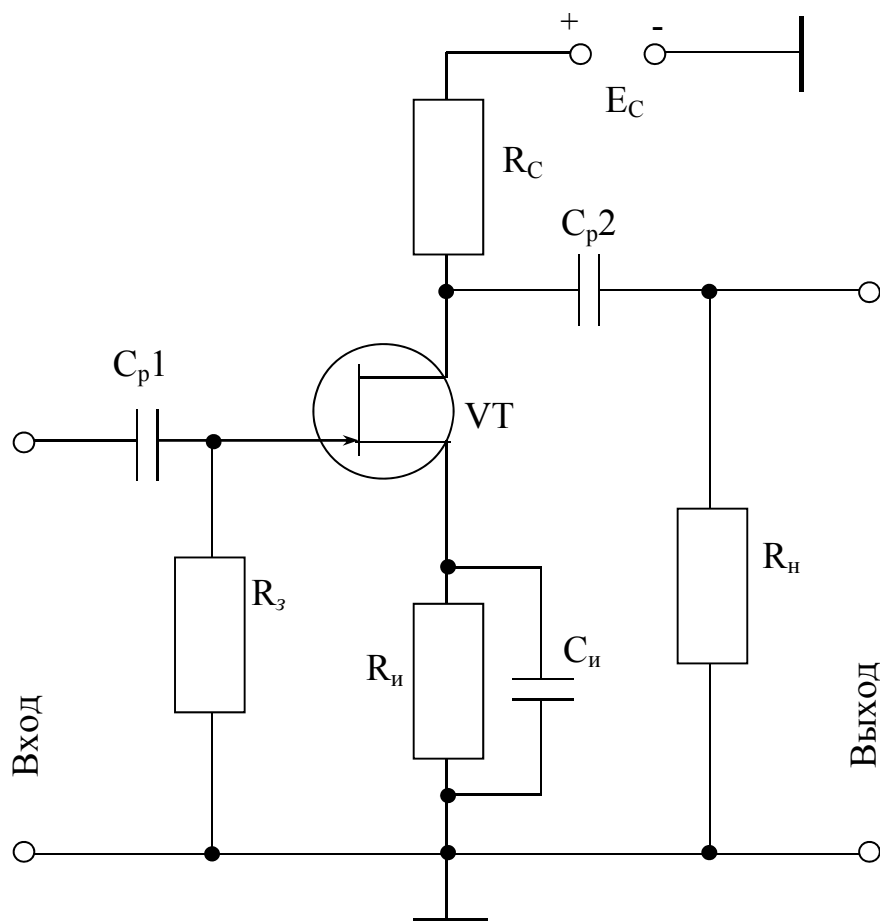


Рисунок 2.4 – Усилительный каскад с ОИ

5.1 В гнездо «Ш1» стенда вставить сменную панель «б» – усилительный каскад по схеме с общим истоком (ОИ), закрепить винтами.

5.2 Включить стенд выключателем «сеть», при этом загорится лампочка сигнализации.

5.3 Ручками регулировки стенда установить: « R_{q1} , R_{q2} , R_3 » – любое; « R_k , R_c » – 7 делений; « $R_{и}$ » – 2 деления. Тумблер «В3» – любое положение; тумблер «В4» – нижнее положение (« $C_{и} = 500$ мкФ»); переключатель «В5» - верхнее положение (« E_c »). Ручкой регулировки « E_k , E_c » установить напряжение 12 В по прибору ИП6. При этом установится ориентировочно ток истока $I_{и} = 0,7$ мА (по прибору ИП4 при нажатой кнопке под прибором).

5.4 Повторить п.2.4, а результаты измерений и расчета занести в колонку таблицы «ОИ, $C_{и}=500$ мкФ».

5.5 Тумблер «В4» переключить в среднее положение, т.е. скоммутировать схему без шунтирующего конденсатора $C_{и}$, и измерить напряжения на выходе и входе усилительного каскада, а результаты измерений и расчеты занести в колонку таблицы «ОИ, $C_{и} = 0$ ».

5.6 Ручкой регулировки стенда « E_k , E_c » уменьшить напряжение до нуля, выключить стенд, осциллограф, внешние вольтметры выключателями «сеть». Вилки соединительных проводов из гнезд не вынимать.

Содержание отчета

- 1 Название работы и цель ее.
- 2 Принципиальные схемы исследованных одиночных усилительных каскадов на транзисторах.
- 3 Таблица с экспериментальными и расчетными данными.
- 4 Выводы.

Вопросы для самопроверки

- 1 Устройство и принцип действия биполярного транзистора.
- 2 Устройство и принцип действия полевого транзистора.
- 3 Характеристики биполярного транзистора.
- 4 Характеристики полевого транзистора.
- 5 Схемы включения транзисторов.
- 6 Режимы работы усилительных каскадов.
- 7 Что такое нелинейные искажения?
- 8 Назначение элементов одиночных усилительных каскадов.
- 9 Объяснить различия усилительных свойств разных схем включения транзисторов.

Список литературы

- 1 Герасимов, В. Г. Основы промышленной электроники [Текст] / под ред. В.Г. Герасимова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1986. – С. 28-38, 91-111.
- 2 Забродин, Ю. С. Промышленная электроника [Текст] / Ю.С. Забродин. – М.: Высшая школа, 1982. – С. 42-73, 89-112, 119-122.

РАБОТА № 4

ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОФАЗНОГО РЕГУЛИРУЕМОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ НА ТИРИСТОРАХ

Цель работы – исследовать регулируемый выпрямитель на тиристорах с включением различных нагрузок (активной и активно-индуктивной): снять регулировочные, внешние характеристики выпрямителя и осциллограммы выпрямленного напряжения.

Порядок выполнения работы на стенде ЭС16

1 Снять и построить регулировочные характеристики $U_\alpha = f(\alpha^\circ)$ при активной и активно-индуктивной нагрузках.

1.1 Переключатель «В1» установить в положение «R_н», ручкой регулировки «R_н» установить 20 Ом.

1.2 Включить стенд и осциллограф выключателями «сеть». При этом загорятся лампочки сигнализации.

1.3 Изменяя положение переключателя «R_ф», с помощью осциллографа определить значения угла управления (α°) и занести в таблицу 1.

Сигнал снимать с гнезда «12» стенда, а вилку «⊥» провода осциллографа вставить в любое гнездо «⊥» стенда (гнезда «13» ... «16»).

Ручками развертки, синхронизации, усиления по вертикали и горизонтали установить на экране осциллографа устойчивое изображение импульсов выпрямленного напряжения (на рисунке 4.1 показано сплошной линией).

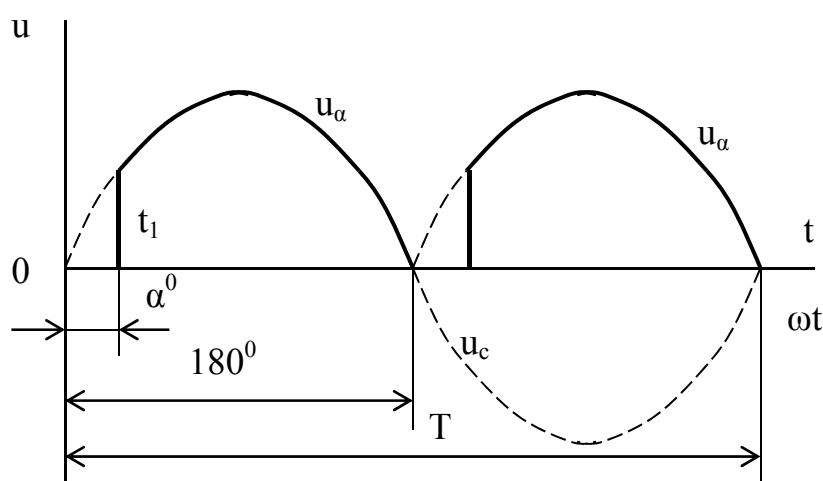


Рисунок 4.1

Если по горизонтали отрегулировать изображение, соответствующее половине периода T синусоидального напряжения (на рисунке 4.1 показано пунктиром), так, чтобы оно укладывалось в 9 клеток масштабной сетки экрана ос-

циллографа, то цена этой клетки будет 20° . Каждая клетка разбита на 5 делений, т.е. цена одного деления будет 4° . Угол управления (α°) – это расстояние на изображение от начала синусоиды до момента включения тиристора (t_l).

Схема стенда приведена на рисунке 4.2.

1.4 Изменяя положение переключателя « R_ϕ », снять по вольтметру « V_α » соответствующие значения выпрямленного напряжения и занести в таблицу 1.

1.5 Ручку регулировки « R_H » установить в положение, соответствующее 120 Ом и повторить п. 1.4.

1.6 Переключатель « $B1$ » установить в положение « $R_H L_H$ », ручкой регулировки « R_H » установить 20 Ом и повторить п.1.4 и 1.5.

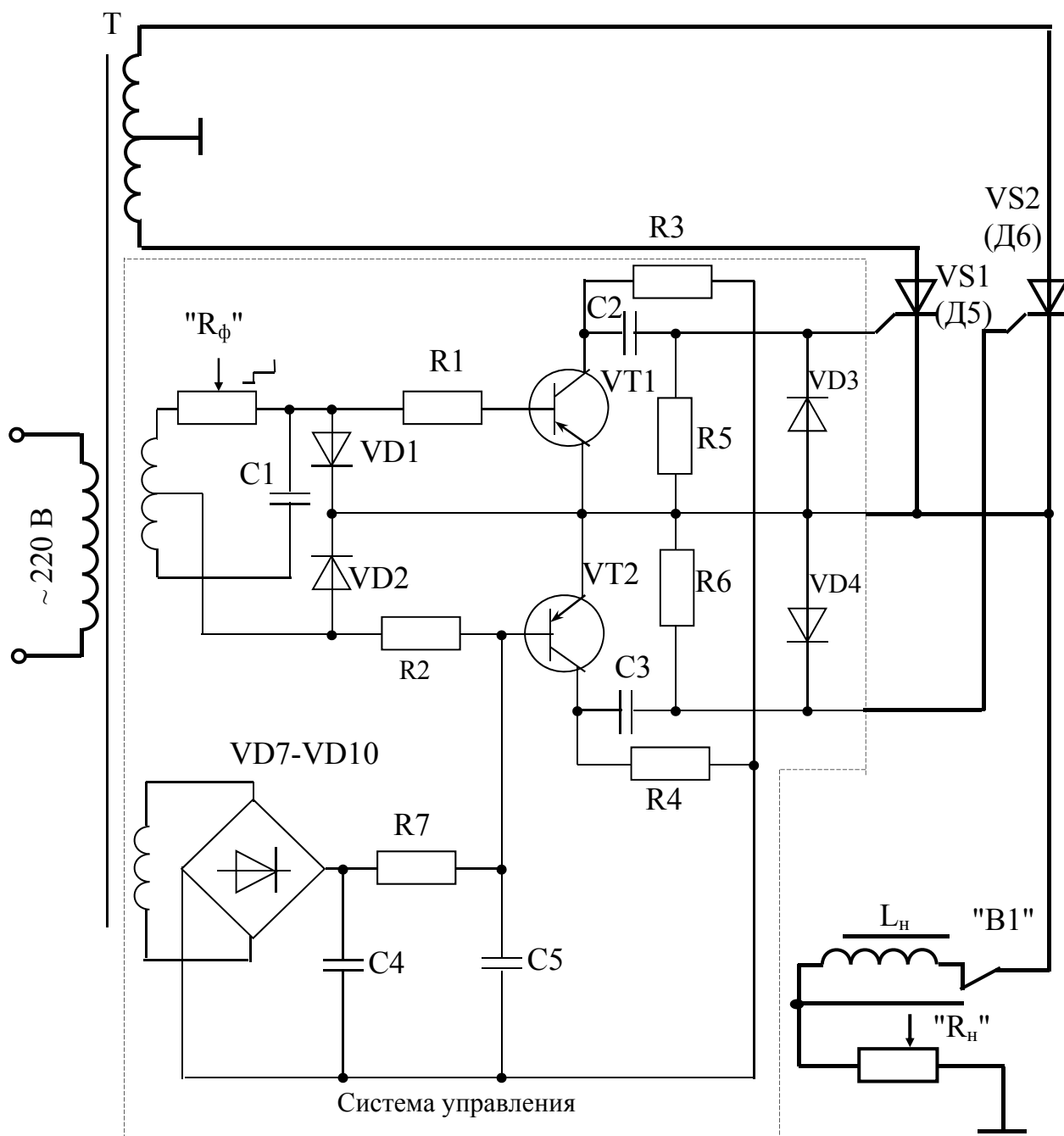


Рисунок 4. 2 – Схема стенда регулируемого выпрямителя на тиристорах

Таблица 1

Положения переключателя «R _φ »	α°	U _α , В при различных нагрузках			
		активная		активно-индуктивная	
		R _н =20 Ом	R _н =120 Ом	R _н =20 Ом	R _н =120 Ом
0					
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					

1.7 В одних координатных осях и в одном масштабе построить графики регулировочных характеристик $U_{\alpha} = f(\alpha^{\circ})$.

2 Снять и построить внешние характеристики выпрямителя $U_{\alpha} = f(I_{\alpha})$.

2.1 Переключатель «В1» установить в положение «R_н».

2.2 Переключатель «R_φ» установить в положение минимального угла регулирования (положение «0»).

2.3 Изменяя регулятором «R_н» значения среднего выпрямленного тока, контролируя по амперметру «A_α», снять по вольтметру V_α соответствующие значения выпрямленного напряжения и занести в таблицу 2.

Таблица 2

Сила тока I _α , А	U _α , В при различных нагрузках и углах регулирования			
	активная		активно-индуктивная	
	α ₁ =	α ₂ =	α ₁ =	α ₂ =
0, 1				
0, 2				
0, 3				
0, 4				
0, 5				
0, 6				
0, 7				
0, 8				

2.4 Переключатель «R_φ» установить в положение «I» и повторить п.2.3.

2.5 Переключатель «В1» установить в положение «R_нL_н» и повторить п. 2.2, 2.3 и 2.4.

2.6 В одних координатных осях и в одном масштабе построить графики внешних характеристик $U_{\alpha} = f(I_{\alpha})$.

3 Зарисовать формы кривых напряжения u_a на нагрузке (снять осциллограммы выпрямленного напряжения) при активной и активно-индуктивной нагрузке для минимального, среднего и максимального углов управления.

Выбрать $R_n = 20 \text{ Ом}$, установив это значение ручкой регулировки « R_n ». Сигнал снимать с гнезда «12» стенда, а вилку « \perp » провода осциллографа вставить в любое гнездо « \perp » стенда. Ручками развертки, синхронизации, усиления по вертикали и горизонтали установить на экране осциллографа устойчивое изображение 2...3 импульсов выпрямленного напряжения, что будет соответствовать 1...1,5 периодам синусоидального напряжения.

4 Выключить стенд и осциллограф выключателями «сеть».

Содержание отчета

1 Название работы и ее цель.

2 Принципиальная схема управляемого выпрямителя на тиристорах (на рисунке 4.2. показано толстыми линиями; а вместо полной схемы, показанной тонкими линиями и обведенной пунктиром, изобразить прямоугольник, в котором написать «схема управления»).

3 Таблицы экспериментальных данных.

4 Графики регулировочных и внешних характеристик.

5 Осциллограммы выпрямленного напряжения без фильтра (активная нагрузка) и с фильтром типа «L» (активно-индуктивная нагрузка).

6 Выводы.

Вопросы для самопроверки

1 Устройство и принцип действия тиристора.

2 Вольт-амперная характеристика тиристора.

3 Охарактеризовать способы управления тиристорными выпрямителями.

4 Принцип действия управляемого выпрямителя.

5 Объяснить регулировочные характеристики.

6 Объяснить внешние характеристики.

7 Объяснить осциллограммы.

8 Начертить простейшую схему управляемого выпрямителя.

Список литературы

1 Герасимов, В. Г. Основы промышленной электроники [Текст] / под ред. В.Г. Герасимова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1986. – С. 38-40, 255-260.

2 Забродин, Ю. С. Промышленная электроника [Текст] / Ю.С. Забродин. – М.: Высшая школа, 1982. – С. 73-83, 317-331.

РАБОТА № 5

ИССЛЕДОВАНИЕ МАЛОМОЩНОГО ВЫПРЯМИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА

Цель работы – исследовать двухполупериодный мостовой выпрямитель: снять внешние характеристики и осциллограммы выпрямленного напряжения без фильтра и с разными фильтрами.

Порядок выполнения работы на стенде ЭСИА/І

1 В гнездо «Ш1» стенда вставить сменную панель «Выпрямитель мостовой».

2 Ручкой регулировки «нагрузка» вращением против хода часовой стрелки установить минимальную нагрузку, выключить тумблер В₉.

3 Включить тумблер стенда «сеть», при этом загорится сигнальная лампочка «Вкл.»

4 Снять внешние характеристики $U_d = f(I_d)$ двухполупериодного мостового выпрямителя без фильтра и при разных схемах сглаживающего фильтра.

Силу тока нагрузки I_d изменять ручкой регулировки «нагрузка» при включенном тумблере «В9», наблюдая по прибору «ИП2»; при выключении тумблера «В9» ток нагрузки $I_d = 0$. При соответствующих значениях силы тока нагрузки I_d (указано в таблице 1) регистрировать напряжение на нагрузке U_d по прибору «ИП3». Результаты измерений занести в таблицу 1, а выбор схемы выпрямителя без фильтра и с разными схемами фильтра производить следующим образом:

а) без фильтра: в гнездо «Ш2» вставить сменную панель «RC – фильтр»; положение тумблеров и переключателей: «В4» – среднее, «В8» - верхнее, а «В3», «В5», «В6» и «В7» –любое;

б) С-фильтр: как в п. а), только тумблером «В4» устанавливая емкость конденсатора фильтра (в верхнем положении $C1=200\text{мкФ}$, в нижнем положении $C2 = 1000 \text{ мкФ}$);

Таблица 1

Выпрямленный ток I_d , мА	Выпрямленное напряжение U_d , В						
	без фильтра	С-фильтр		RC-фильтр		LC- фильтр	
		$C1=$ $=200 \text{ мкФ}$	$C2=$ $=1000 \text{ мкФ}$	Г- обр.	П- обр.	Г- обр.	П- обр.
0							
40							
80							
120							
160							
200							
240							
280							

в) «RC – фильтр», Г-образный: в гнездо «Ш2» вставить сменную панель «RC – фильтр». Положение тумблеров и переключателей: «В4»- среднее, «В6» – верхнее ($C3 = 200 \text{ мкФ}$), «В8» – нижнее; а «В3», «В5» и «В7» – любое.

г) «RC – фильтр», П-образный: как в п. в), только тумблер «В4» перенести в верхнее положение ($C1 = 200 \text{ мкФ}$);

д) «LC – фильтр», Г-образный: в гнездо «Ш2» вставить сменную панель «LC – фильтр». Положение тумблеров и переключателей:

«В4»- среднее, «В5»- Др. 1, «В6» – верхнее ($C3 = 200 \text{ мкФ}$), «В8» – нижнее; а «В3» и «В7» – любое;

е) «LC – фильтр», П-образный: как в п. д), только тумблер «В4» перенести в верхнее положение ($C1 = 200 \text{ мкФ}$).

Принципиальная схема однофазного мостового выпрямителя без фильтра и с разными сглаживающими фильтрами приведена на рисунке 5.1.

5 Построить в одном масштабе в одних координатных осях графики внешних характеристик $U_d = f(I_d)$ выпрямителя без фильтра и с разными фильтрами.

6 Снять осциллограммы выпрямленного напряжения $u_d = f(t)$ без фильтра и с разными фильтрами (п. 4) при токе нагрузки $I_d = 120 \text{ мА}$.

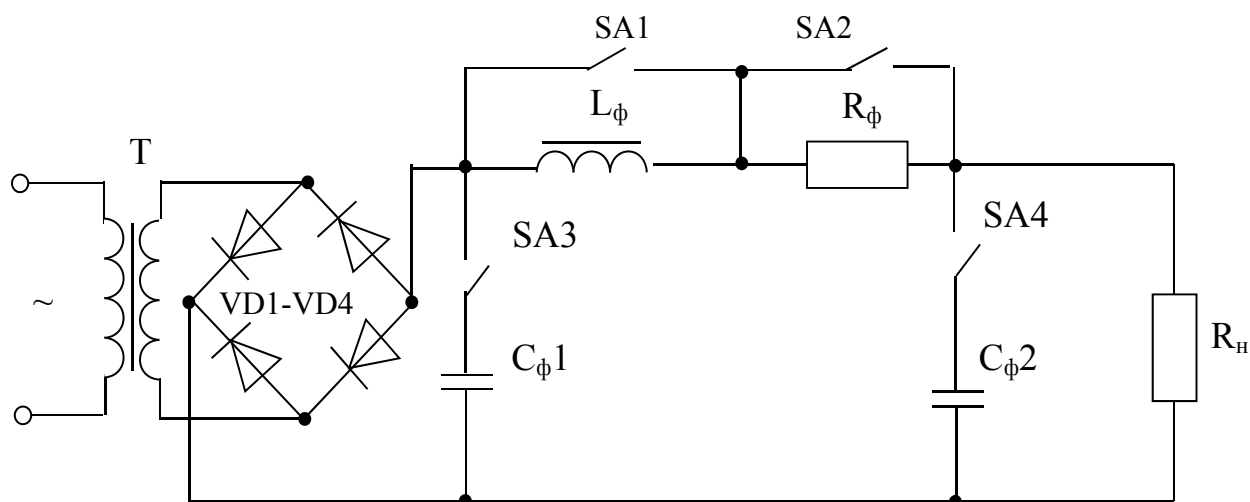


Рисунок 5.1 – Принципиальная схема однофазного мостового выпрямителя без фильтра и с разными сглаживающими фильтрами

6.1 Тумблером «сеть» включить осциллограф, при этом загорится лампочка сигнализации. На вход осциллографа (гнездо «У») подать сигнал с гнезда «11» стенда, а любое гнездо «L» стенда соединить с гнездом «L» осциллографа. Ручками развертки, синхронизации, усиления по вертикали и горизонтали установить на экране осциллографа устойчивое изображение нескольких импульсов выпрямленного напряжения (без фильтра). Осциллограммы с фильтрами снимать в одном масштабе с исходными (без фильтра), т.е. ручки «усиление» и «делитель» не вращать; можно вращать только ручку синхронизации, если изображение на экране осциллографа будет неустойчивым.

7 Выключить стенд и осциллограф выключателями «сеть».

Содержание отчета

- 1 Название работы и ее цель.
 - 2 Принципиальная схема однофазного мостового выпрямителя без фильтра и с разными фильтрами (рисунок 5.1).
 - 3 Таблицы экспериментальных данных.
 - 4 Графики внешних характеристик выпрямителя без фильтра и с разными фильтрами.
 - 5 Осциллограммы выпрямленного напряжения без фильтра и разными фильтрами.
- Выводы.

Вопросы для самопроверки

- 1 Из каких элементов состоит маломощное выпрямительное устройство?
- 2 Каков принцип действия однофазного мостового выпрямителя?
- 3 Каков принцип действия сглаживания фильтров типа «С», «RC» или «LC»?
- 4 Сравнить внешние характеристики без фильтра и при разных схемах фильтра.
- 5 Объяснить осциллограммы выпрямленного напряжения без фильтра и с разными фильтрами.

Список литературы

- 1 Герасимов, В. Г. Основы промышленной электроники [Текст] / под ред. В.Г. Герасимова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1986. - С. 224-231, 235-240, 240-243.
- 2 Забродин, Ю. С. Промышленная электроника [Текст] / Ю.С. Забродин. - М.: Высшая школа, 1982. – С. 287-289, 300-306.

РАБОТА № 6

ИССЛЕДОВАНИЕ МНОГОКАСКАДНЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ

Цель работы – исследовать усилители низкой частоты на транзисторах и микросхемах: изучить амплитудные и частотные характеристики усилителей с RC- связями, влияние отдельных элементов схемы и некоторых видов обратных связей на эти характеристики.

Порядок выполнения работы на стенде ЭСЗА

- 1 Исследовать усилитель низкой частоты на транзисторах (рисунок 6.1).
 - 1.1 С выходных гнезд внешнего звукового генератора подать сигнал на

вход усилителя на транзисторах: соединить сигнальным (потенциальным) проводом гнездо «1» стенда и верхнее гнездо «выход» генератора; а вторым проводом – гнезда генератора и стенда, помеченные знаком «⊥».

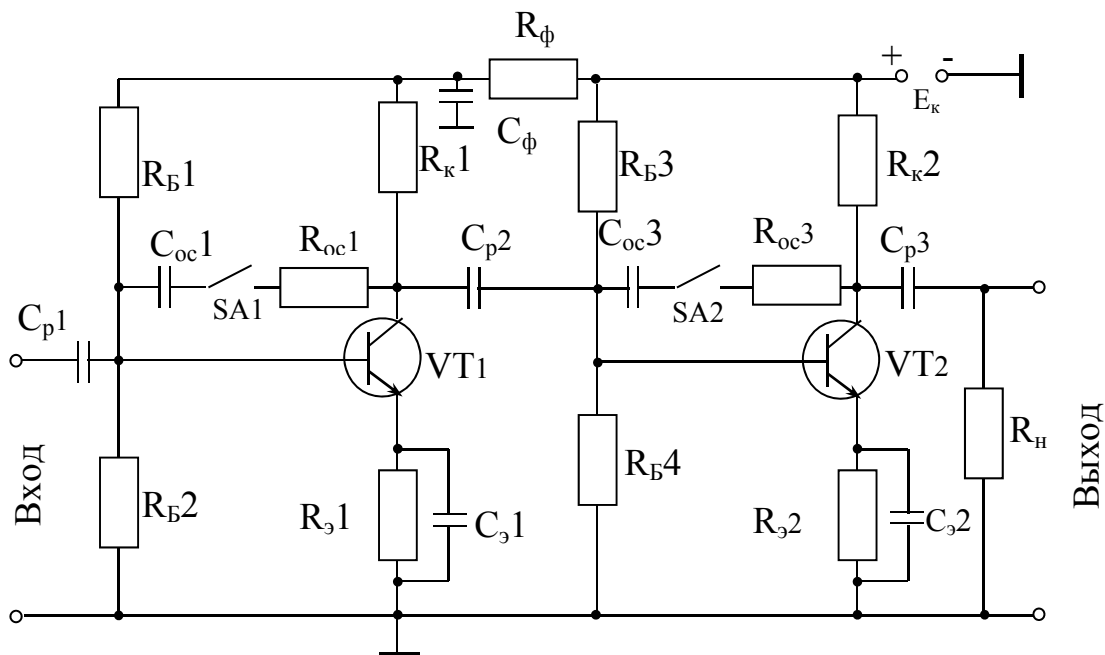


Рисунок 6.1 – Принципиальная схема усилителя низкой частоты на транзисторах с RC-связью

1.2 На звуковом генераторе переключатель «Выходное сопротивление» установить в положение «АТТ», переключателем «пределы шкал, ослабление» установить в окошке над переключателем против стрелки число предела шкалы 100mV, а переключатель «шкала прибора» – в положение «x1» и тумблер «внутр. нагрузка» – в положение «включено». При этом входное напряжение усилителя (выходное напряжение генератора) можно будет изменять ручкой регулировки «рег. выхода» в пределах 0...100 мВ, контролируя по прибору, смонтированному в звуковой генератор.

1.3 На выходе транзисторного усилителя подключить внешний электронный вольтметр переменного напряжения: соединить сигнальным (потенциальным) проводом гнездо «9» стенда и вход вольтметра, а вторым проводом – гнезда вольтметра и стенда, помеченные знаком «⊥». Предел измерения вольтметра установить 10 V.

1.4 На стенде ручки регулировки «Roc1», «Roc2» и «Roc3» установить в положение «откл.» (при вращении против хода часовой стрелки на минимуме при небольшом усилии слышен слабый щелчок);

1.5 Включить стенд, внешний генератор сигналов и внешний вольтметр выключателями «сеть», при этом загораются лампочки сигнализации.

«RH1» и «RH2» – максимум по ходу часовой стрелки. Тумблеры «B1», «B3», «B5» установить в нижнее положение ($Cp2=Cp4=Cp7=20$ мкФ); «B4», «B6» – правое положение ($C32=C34=20$ мкФ); «B2» – нижнее положение; «B7» – правое положение («RH»).

1.6 Переключатель «Ек» установить в положение «ЕкI» и ручкой регулировки «Ек», контролируя по прибору «Ек», установить напряжения 24В.

1.7 Снять амплитудные характеристики усилителя $U_{\text{вых}}=f(U_{\text{вх}})$ при постоянной частоте $F=1000\text{Гц}$ (частота генератора устанавливается ручкой «частота» и переключателем «множитель») при различных емкостях разделительных («Ср») и блокировочных («Сэ») конденсаторов без обратной связи и с отрицательной обратной связью (ООС).

1.7.1 Устанавливая входное напряжение ручкой регулировки «рег.выхода» генератора от 0 до 80 мВ, контролируя по встроенному прибору, измерять выходное напряжение ($U_{\text{вых}}$) внешним вольтметром. Если выходное напряжение значительно меньше 10 В, то предел измерения вольтметра необходимо переключить на более чувствительный для более точного отсчета, затем переключатель вернуть в исходное положение. Результаты измерений занести в таблицу, строка «без обратной связи, Ср=20 мкФ, Сэ=20 мкФ».

1.7.2 Тумблеры «В4», «В6» установить в левое положение ($C_{\text{э1}}=C_{\text{э3}}=2\text{мкФ}$) и повторить п. 1.7.1; а результаты измерений занести в таблицу 1, строчки «без обратной связи, Ср=20мкФ, Сэ=2мкФ».

Таблица 1

		$U_{\text{вх}}, \text{ мВ}$	0	2	4	6	8	10	12	16	20	30	40	50	60	70	80	
$U_{\text{вых}}, \text{ В}$	без обратной связи	Ср=20мкФ																
		Сэ=20мкФ																
		Ср=20мкФ																
		Сэ=2 мкФ																
		Ср=0,01мкФ																
		Сэ=20мкФ																
	с ООС	Ср=20мкФ																
	Сэ=20мкФ																	

1.7.3 Тумблеры «В4», «В6» установить в правое положение ($C_{\text{э2}}=C_{\text{э4}}=20\text{мкФ}$); тумблеры «В1», «В3», «В5» – верхнее положение ($C_{\text{р1}}=C_{\text{р3}}=C_{\text{р6}}=0,01 \text{ мкФ}$). Повторить п.1.7.1, а результаты измерений занести в таблицу 1, строчка «без обратной связи, Ср=0,01мкФ, Сэ=20мкФ».

1.7.4 Тумблеры «В1», «В3», «В5» установить в нижнее положение ($C_{\text{р2}}=C_{\text{р4}}=C_{\text{р7}}=20 \text{ мкФ}$), ручки регулировки «R_{oc1}» и «R_{oc3}» повернуть по ходу часовой стрелки (при небольшом усилии слышен слабый щелчок), и, продолжая крутить в этом же направлении, установить максимальное положение. Повторить п.1.7.1, а результаты измерений занести в таблицу 1, строчка «с ООС, Ср=20мкФ, Сэ=20мкФ».

1.7.5 На генераторе сигналов ручкой «рег. выхода» установить минимальное положение.

1.7.6 По результатам таблицы 1 в одном масштабе на одних координатных осях построить графики амплитудных характеристик $U_{\text{вых}}=f(U_{\text{вх}})$ при различных емкостях разделительных и блокировочных конденсаторов без обратной связи и с отрицательной обратной связью.

1.8 Снять частотную характеристику усилителя $U_{\text{вых}}=f(F)$ при постоянной величине входного напряжения, при различных емкостях разделительных и блокировочных конденсаторов без обратной связи и с отрицательной обратной связью (ООС).

1.8.1 Сделать коммутацию по п. 1.4.

1.8.2 Установить входное напряжение $U_{\text{вх}}=5$ мВ, предварительно переключив предел измерения генератора на 10 мВ, ручкой регулировки «рег. выхода» генератора и в течение работы следить за его постоянством. Изменяя частоту генератора, измерить выходное напряжение ($U_{\text{вых}}$) внешним вольтметром с пределом измерения 3В. Если выходное напряжения значительно меньше 3В, то предел измерения необходимо переключить на более чувствительный для более точного отсчета, затем переключатель вернуть в исходное положение. Результаты измерений занести в таблицу 2, строка «без обратной связи, $C_p = 20$ мкФ, $C_э = 20$ мкФ».

1.8.3 Тумблеры «В4», «В6» установить в левое положение ($C_э1=C_э3=2$ мкФ) и повторить п.1.8.2; а результаты измерений занести в таблицу 2, строчка «без обратной связи, $C_p=20$ мкФ, $C_э=2$ мкФ».

1.8.4 Тумблеры «В4», «В6» установить в правое положение ($C_э2 = C_э4 = 20$ мкФ), тумблеры «В1», «В3», «В5» – верхнее положение ($C_p1 = C_p3 = C_p6 = 0,01$ мкФ). Повторить п. 1.8.2, а результаты измерений занести в таблицу 2, строчка «без обратной связи, $C_p=0,01$ мкФ, $C_э=20$ мкФ».

1.8.5 Тумблеры «В1», «В3», «В5» установить в нижнее положение ($C_p2=C_p4=C_p7=20$ мкФ), ручки регулировки « R_{oc1} » и « R_{oc3} » повернуть до щелчка по ходу часовой стрелки и, продолжая крутить в этом же направлении, установить максимальное положение. Повторить п. 1.8.2., а результаты измерений занести в таблицу 2, строка «с ООС, $C_p=20$ мкФ, $C_э=20$ мкФ».

1.8.6 Ручкой регулировки «рег. выхода» генератора и « E_k » установить минимальное положение.

1.8.7 Рассчитать коэффициенты усиления усилителя по формуле $K=U_{\text{вых}}/U_{\text{вх}}$ для всех случаев измерения выходного напряжения и занести в соответствующие строчки таблицы 2. Здесь же рассчитать относительный коэффициент усиления K/K_{cp} , где K – усиление на любой частоте, а K_{cp} – усиление на частоте 10 тыс.Гц.

1.8.8 По результатам в п. 1.8.7 построить в одном масштабе на одних координатных осях графики частотных характеристик $K/K_{cp} = f(F)$ при различных емкостях разделительных и блокировочных конденсаторов без обратной связи и с отрицательной обратной связью. Причем по оси абсцисс (горизонтальной оси) откладывать не частоту F , а ее десятичный логарифм ($\lg F$). Для справки: $\lg 2 = 0,3$; $\lg 4 = 0,6$; $\lg 6 = 0,78$.

Таблица 2

Частота F, Гц		40	60	100	200	400	600	1 ТЫС	2 ТЫС	4 ТЫС	6 ТЫС	10 ТЫС	20 ТЫС
с обратной связи	C _p =20мкФ C _э =20мкФ	U _{ВЫХ.} , В											
		К											
		К/К _{ср}											
	C _p =20мкФ C _э =2 мкФ	U _{ВЫХ.} , В											
		К											
		К/К _{ср}											
без обратной связи	C _p =0,01мкФ C _э =20мкФ	U _{ВЫХ.} , В											
		К											
		К/К _{ср}											
с ООС	C _p =20мкФ C _э =20мкФ	U _{ВЫХ.} , В											
		К											
		К/К _{ср}											

2 Исследовать усилитель низкой частоты на микросхемах (рисунок 6.2).

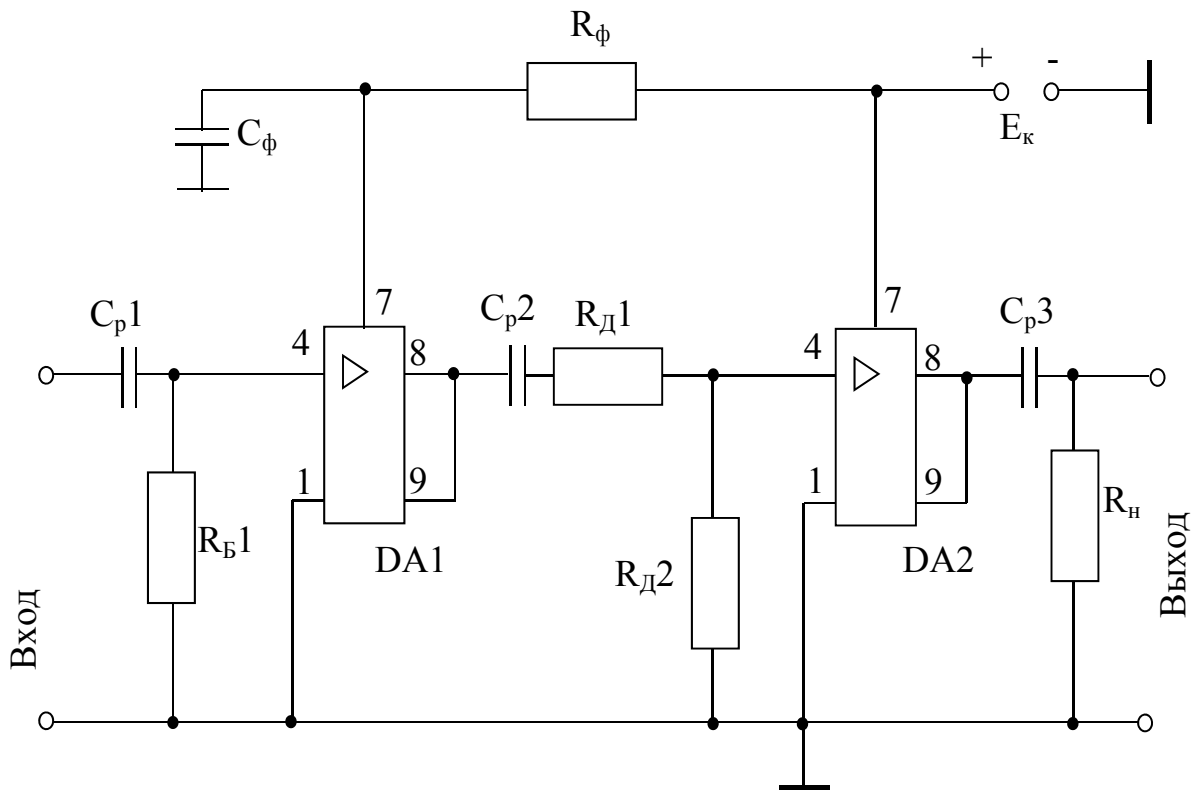


Рисунок 6.2 – Усилитель низкой частоты на микросхемах

2.1 С выходных гнезд внешнего звукового генератора подать сигнал на вход усилителя на микросхемах: соединить сигнальным (потенциальным проводом) гнездо «11» стенда и верхнее гнездо «выхода» генератора, а вторым проводом - гнезда генератора и стенда, помеченные знаком «⌊».

2.2 Проредить п.1.2, если в этом есть необходимость, только предел шкалы установить 30 mV.

2.3 На выходе усилителя на микросхемах подключить внешний электронный вольтметр переменного напряжения: соединить сигнальным (потенциальным) проводом гнездо «15» стенда и вход вольтметра; вторым проводом – гнезда вольтметра и стенда, помеченные знаком «⊥». Предел измерения вольтметра установить 3 V.

2.4 Включить стенд, внешний вольтметр и генератор сигналов выключателями «сеть», при этом загораются лампочки сигнализации.

2.5 Переключатель «Ек» установить в положение «Ек2» и ручкой регулировки «Ек», контролируя по прибору «Ек» установить напряжение 12В, ручкой регулировки «R_н», вращая по ходу часовой стрелки, установить максимальное положение.

2.6 Снять амплитудную характеристику усилителя на микросхемах $U_{\text{вых}} = f(U_{\text{вх}})$ при постоянной частоте $F = 1000$ Гц.

Методика аналогична п. 1.7.1, а результаты измерений занести в таблицу 3.

Таблица 3

$U_{\text{вх}}, \text{ мВ}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$U_{\text{вых}}, \text{ В}$																

2.7 По результатам таблицы 3 построить график амплитудной характеристики на том же чертеже, что по п. 1.7.6.

2.8 Снять частотную характеристику усилителя на микросхемах $U_{\text{вых}} = f(F)$ при постоянной величине входного напряжения $U_{\text{вх}} = 3$ мВ, переключив предел шкал на 10 mV.

Методика аналогична п. 1.8.2, а результаты измерений занести в таблицу 4.

Таблица 4

Частота $F, \text{ Гц}$	40	60	100	200	400	600	1 тыс	2 тыс	4 тыс	6 тыс	10 тыс	20 тыс
$U_{\text{вых}}, \text{ В}$												
K												
$K/K_{\text{ср}}$												

2.9 По результатам таблицы 4 построить график частотной характеристики на том же чертеже, что по п. 1.8.8 (методика расчета в п. 1.8.7).

Содержание отчета

- 1 Название работы и ее цель.
- 2 Принципиальные схемы исследованных усилителей.
- 3 Таблицы и графики исследованных зависимостей.
- 4 Выводы.

Вопросы для самопроверки

- 1 В каких случаях используются многокаскадные усилители?
- 2 Каким образом осуществляется связь между каскадами в многокаскадном усилителе?
- 3 Что такое амплитудная характеристика усилителя?
- 4 Что такое частотная характеристика усилителя?
- 5 Объяснить назначение элементов схем.
- 6 Какие искажения сигнала могут возникнуть?
- 7 Укажите причины, вызывающие появление частотных искажений сигнала на низших и высших частотах.
- 8 Укажите причины, ограничивающие линейный участок амплитудной характеристики.
- 9 Почему частотную характеристику усилителя строят в полулогарифмическом масштабе?
- 10 Что такое обратная связь в усилителях?
- 11 Какие виды обратной связи вы знаете?
- 12 Как влияет обратная связь на качественные показатели усилителя?

Список литературы

- 1 Герасимов, В. Г. Основы промышленной электроники [Текст] / под ред. В.Г. Герасимова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1986. – С. 112-122.
- 2 Забродин, Ю. С. Промышленная электроника [Текст] / Ю.С. Забродин. – М.: Высшая школа, 1982. – С. 112-120, 131-137.

РАБОТА № 7

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Цель работы – исследовать усилители постоянного тока с непосредственной связью на транзисторах и интегральной микросхеме: снять амплитудные характеристики и определить дрейф нуля.

Порядок выполнения работы на стенде ЭС15

- 1 Включить два внешних электронных вольтметра и стенд выключателями «сеть», при этом загораются лампочки сигнализации.
- 2 Исследовать усилитель постоянного тока с непосредственной связью на транзисторах (принципиальная схема приведена на рисунке 7.1).

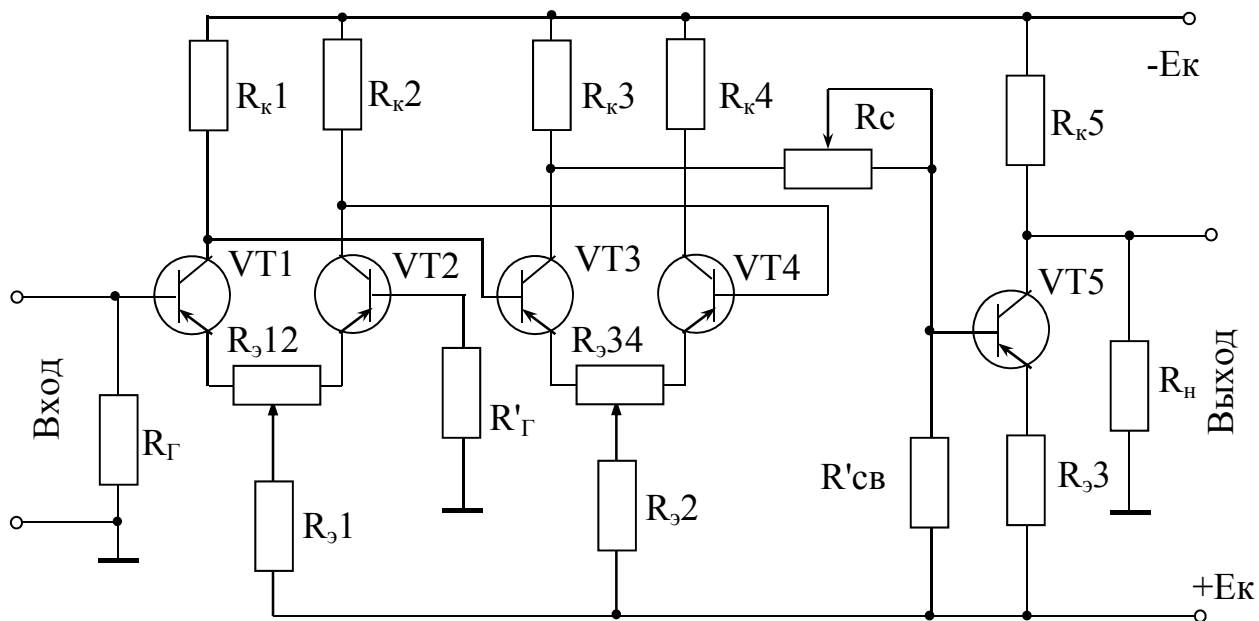


Рисунок 7.1 – Принципиальная схема усилителя постоянного тока с непосредственной связью на транзисторах

2.1 Сбалансировать схему в режиме покоя при напряжении источника питания $E_k = 10\text{В}$:

а) тумблеры «В1»... «В5» установить в нижнее положение (выключено), а тумблер «В6» – в левое положение («-Ек») и ручкой регулировки «-Ек» установить напряжение 10В, контролируя по прибору «ИП»;

б) при $U_{\text{вых}} = 0$ (вход первого каскада на транзисторе VT1 отключается от источника сигнала тумблером «В1», вход второго каскада на транзисторе VT3 – тумблером «В3») поочередно сбалансировать параллельно – балансные каскады с помощью резисторов «R_{з12}» и «R_{з34}» первого и второго каскадов, добившись минимального (близкого у нуля) напряжения между коллекторами транзисторов (гнезда «2» и «3» первого, «6» и «7» второго каскадов); измерения производить внешними электронными вольтметрами постоянного тока на пределе 1V;

в) резистором «R_{св}» в цепи связи между вторым и третьим каскадами добиться минимального (близко к нулю) напряжения на выходе третьего каскада (гнезда «11» и «13»), причем гнездо «13» соединить с гнездом «0» вольтметра, а «11» - с гнездом «U --- R »;

г) включить тумблер «В3», проверить напряжения между коллекторами первого и второго каскадов; при необходимости отрегулировать «R_{з12}», «R_{з34}» и «R_г», осторожно вращая их ручки; проверить наличие минимального (близко к нулю) напряжения на выходе усилителя (гнезда «11» и «13»), не забыв соединить гнездо «13» стенда с гнездом «0» вольтметра.

2.2 Снять и построить амплитудную характеристику $U_{\text{вых}} = f(U_{\text{вх}})$. Измерения производить при установленном напряжении $E_k = 10\text{ В}$ и при $R_{\text{н1}} = \infty$ (тумблер «В4» выключен).

Входное напряжение изменять от 0 до 50 мВ с шагом 5 мВ ручкой «U_{вх}» при включенном тумблере «В1», контролируя внешним вольтметром с преде-

лом измерения 100 mV на гнезде «1»; при этом гнездо «0» прибора соединить с любым гнездом «L» стенда (гнезда «17»...»20»).

Выходное напряжение измерять вторым внешним вольтметром с пределом измерения 1V на гнезде «11»; при этом гнездо «0» прибора соединить с любым гнездом «L» стенда («13», «17...20»).

Результаты измерений занести в таблицу 1.

Измерения повторить при $R_{н1} = 10 \text{ кОм}$, включив тумблер «В4», ручкой регулировки « $R_{н1}$ » по ходу часовой стрелки, установив максимальное значение. Результаты измерения занести в таблицу 1.

Таблица 1

$U_{вх}, \text{ мВ}$	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$U_{вых}, \text{ В}$ ($R_{н1}=\infty$)											
$U_{вых}, \text{ В}$ ($R_{н1}=10\text{кОм}$)											

По результатам таблицы 1 построить графики амплитудных характеристик усилителя постоянного тока с непосредственной связью на транзисторах. На начальных линейных участках амплитудных характеристик определить коэффициент усиления $K_u = U_{вых}/U_{вх}$.

2.3 Определить дрейф нуля на выходе усилителя при изменении напряжения источника питания E_k при нулевом входном напряжении ($U_{вх}=0$).

Измерения производить при $R_{н1} = \infty$, выключив тумблер «В4»; $U_{вх} = 0$, выключив тумблер «В1». Напряжение E_k изменять от 8 до 12 В с шагом 0,5 В и внешним вольтметром с пределом измерения 1V регистрировать выходное напряжение ($U_{др.вых}$) на гнезде «11» (при этом гнездо «0» прибора соединить с любым гнездом «L» стенда). Результаты измерений занести в таблицу 2. По результатам таблицы 2 построить график $U_{др.вых} = f(E_k)$.

Таблица 2

$E_k, \text{ В}$	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0
$U_{др.вых}, \text{ В}$									

Пользуясь графиком, рассчитать дрейф, приведенный ко входу усилителя:

$$U_{др.вх} = \frac{U_{др.вых}}{K_u},$$

где K_u – коэффициент усиления, определенный в п. 2.2. Расчет выполнить для двух случаев: при допустимом изменении напряжения источника питания E_k , например, на 5%, и при большом, например, на 20% от того значения, при котором $U_{др.вых}=0$.

3 Исследовать усилитель постоянного тока на интегральной микросхеме (принципиальная схема приведена на рисунке 7.2).

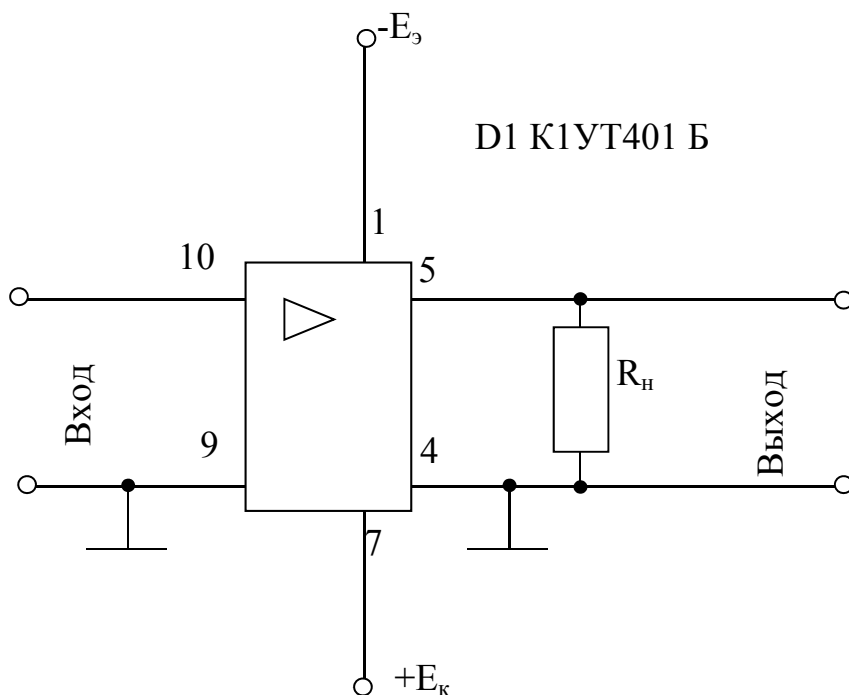


Рисунок 7.2 – Принципиальная схема УПТ на микросхеме

3.1 Тумблеры «В1», «В2» и «В5» должны быть выключены; тумблер «В6» переключить в положение «-Еэ»; ручкой регулировки «-Еэ», контролируя по прибору «ИП1», установить напряжение источника питания $Eэ = 9\text{ В}$ так, чтобы при $U_{вх} = 0$ было минимальное (близко к нулю) выходное напряжение. Входное напряжение $U_{вх} = 0$ устанавливается тумблером «В2», выключив его. Выходное напряжение измерять на гнезде «16» (при этом гнездо «0» прибора соединить с любым гнездом «Л» стенда) внешним вольтметром.

3.2 Снять и построить амплитудную характеристику $U_{вых} = f(U_{вх})$.

Измерения производить при установленном напряжении $Eэ = 6\text{ В}$ (п.3.1) и при $R_{н2} = \infty$ (тумблер «В5» выключен).

Входное напряжение изменять от 0 до 5 мВ с шагом 0,5 мВ ручкой регулировки « $U_{вх}$ » при включенном тумблере «В2» (тумблер «В1» - выключен), контролируя внешним вольтметром с пределом измерения 100 мВ на гнезде «14» (при этом гнездо «0» прибора соединить с любым гнездом «Л» стенда).

Выходное напряжение измерять вторым внешним вольтметром с пределом измерения 10 В на гнезде «16» (при этом гнездо «0» прибора соединить с любым гнездом «Л» стенда).

Результаты измерений занести в таблицу 3, аналогичную таблице 1.

Измерения повторить при $R_{н2} = 10\text{ кОм}$, включив тумблер «В5». Результаты измерений занести в таблицу 3.

По результатам таблицы 3 построить графики амплитудных характеристик усилителя постоянного тока на интегральной микросхеме. На начальных линейных участках амплитудных характеристик определить коэффициент усиления $K_u = U_{вых} / U_{вх}$.

3.3 Определить дрейф нуля на выходе усилителя при изменении напряжения источника питания $E_э$ при нулевом входном напряжении ($U_{вх}=0$).

Измерения производить при $R_н = \infty$, выключив тумблер «В5»; $U_{вх}=0$ при выключении тумблера «В2». Напряжение $E_э$ изменять от 4 до 8 В с шагом 0,5 В и внешним вольтметром с пределом измерения 10 В регистрировать выходное напряжение ($U_{др.вых}$) на гнезде «16» (при этом гнездо «0» прибора соединить с любым гнездом «1» стенда). Результаты измерений занести в таблицу 4, аналогичную таблице 2.

По результатам таблицы 4 построить график $U_{др.вых.} = f(E_э)$.

Пользуясь графиком, рассчитать дрейф, приведенный ко входу усилителя:

$$U_{др.вх} = \frac{U_{др.вых}}{K_u},$$

где K_u – коэффициент усиления, определенный в п. 3.2. Расчет выполнить для двух случаев: при допустимом изменении напряжения источника питания $E_э$, например, на 5%, и при большом, например, на 20% от того значения, при котором $U_{др.вых.} = 0$.

Содержание отчета

- 1 Название работы и ее цель.
- 2 Принципиальные схемы исследованных усилителей.
- 3 Таблицы и графики.
- 4 Расчет коэффициентов усиления и дрейфа нуля, приведенного к входу усилителя.

Вопросы для самопроверки

- 1 Какие особенности построения схем УПТ?
- 2 Какое назначение элементов в исследованных усилителях?
- 3 Что такое дрейф нуля УПТ?
- 4 Объяснить принцип действия исследованных усилителей.
- 5 Объяснить результаты эксперимента.

Список литературы

- 1 Герасимов, В. Г. Основы промышленной электроники [Текст] / под ред. В.Г. Герасимова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1986. – С. 122-39.
- 2 Забродин, Ю. С. Промышленная электроника [Текст] / Ю.С. Забродин. – М.: Высшая школа, 1982. – С. 137-150.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕХФАЗНЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ

Цель работы – исследовать трехфазный выпрямитель с выводом нейтральной точки трансформатора и трехфазный мостовой: снять внешние характеристики и осциллограммы напряжения на вторичной обмотке трансформатора и выпрямленного напряжения.

Порядок выполнения работы на стенде ЭС5А

1 Исследовать трехфазный выпрямитель с выводом нейтральной точки трансформатора (принципиальная схема на рисунке 11.1).

1.1 Ручка выключателя «сеть» должна находиться в положении «выключено» (расположена горизонтально); тумблеры «B2», «B3», «B4», «B5», «B7» и «B8» – в нижнем положении; переключатель «нагрузка» – в положении « $2R_H$ ».

1.2 В гнездо «Ш1» стенда вставить сменную плату 1 «трехфазный выпрямитель с выводом нейтральной точки трансформатора» и включить стенд выключателем «сеть», при этом засветятся лампочки сигнализации «А», «В», «С».

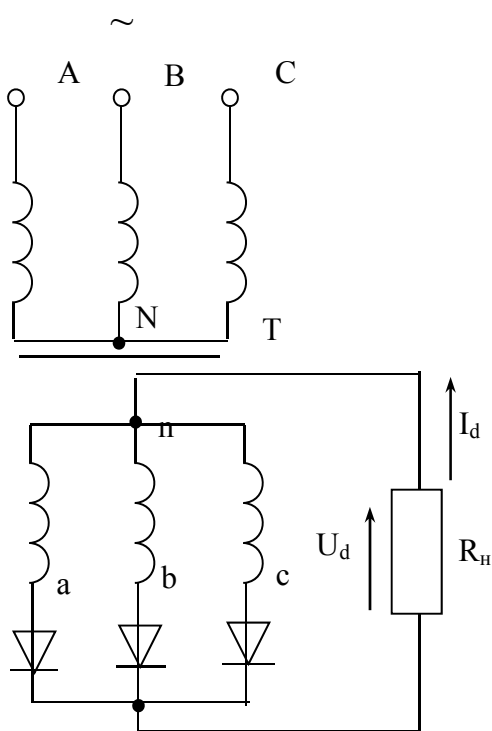


Рисунок 11.1 – Трехфазный выпрямитель с нейтральным выводом

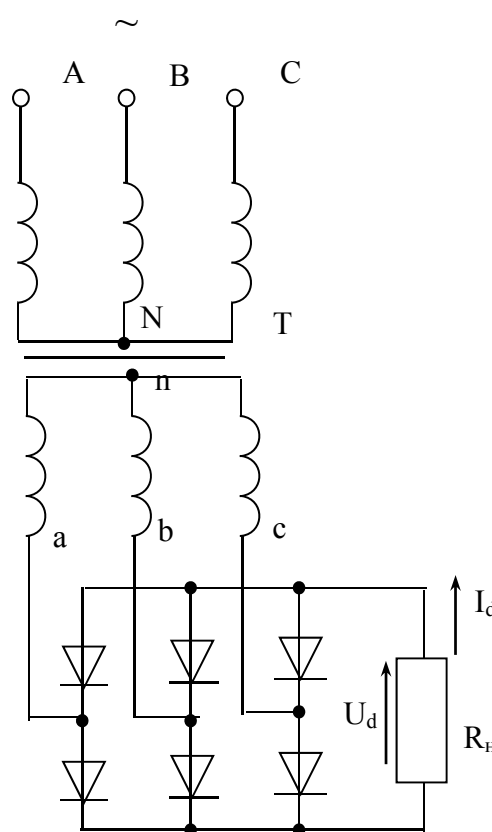


Рисунок 11.2 – Трехфазный мостовой выпрямитель

1.3 Изменяя положение тумблера «B8» и переключателя «нагрузка» зарегистрировать изменения напряжения по прибору « U_d » и силы тока по прибору

« I_d ». Результаты измерений занести в таблицу 1, в колонки «схема с нейтральным выводом, «активная нагрузка» (выпрямитель без фильтра).

1.4 Переключить тумблер «В7» в верхнее положение « L_d » и повторить п.1.3, а результаты измерений занести в таблицу 1, в колонки «схема с нейтральным выводом, активно-индуктивная нагрузка» (выпрямитель с фильтром типа «L»).

Таблица 1

Нагрузка « R_H »	Схема с нейтральным выводом				Схема мостовая			
	активная нагрузка		активно-индуктивная нагрузка		активная нагрузка		активно-индуктивная нагрузка	
	I_d, A	U_d, B	I_d, A	U_d, B	I_d, A	U_d, B	I_d, A	U_d, B
∞ $2R_H$ R_H $0,5R_H$								

2 Исследовать трехфазный мостовой выпрямитель (принципиальная схема приведена на рисунке 11.2).

2.1 В гнездо «Ш1» стенда вставить сменную плату 2 «трехфазный мостовой выпрямитель» и по методике п.1 произвести исследования.

3 Снятие осциллограмм.

3.1 Включить осциллограф выключателем «сеть», при этом засветится лампочка сигнализации.

3.2 Снять осциллограммы (зарисовать формы кривых) напряжения на вторичной обмотке трансформатора $u_2 = f(t)$ и выпрямленного напряжения $u_d = f(t)$ для обеих схем при активной и активно-индуктивной нагрузках (изменяется тумблером «В7»). При этом величину активной нагрузки установить равной « $0,5R_H$ » выключателем «нагрузка» с включением тумблера «В8». Сигналы подавать с гнезда «13» для u_2 и гнезда «14» для u_d на вход «У» осциллографа. Осциллограммы снимать в одном масштабе, т.е. ручки «усиление» и «делитель» осциллографа после его настройки не вращать.

4 По результатам таблицы 1 в одних координатных осях и в одном масштабе построить графики внешних характеристик исследованных выпрямителей $U_d = f(I_d)$.

Содержание отчета

- 1 Название работы и ее цель.
- 2 Принципиальные схемы выпрямителей.
- 3 Таблица экспериментальных данных.
- 4 Графики внешних характеристик $U_d = f(I_d)$.

5 Осциллограммы.

6 Выводы.

Вопросы для самопроверки

- 1 Пояснить принцип действия трехфазного выпрямителя с выводом нейтральной точки трансформатора.
- 2 Пояснить принцип действия трехфазного мостового выпрямителя.
- 3 Сравнить обе схемы по достоинствам и недостаткам.
- 4 Объяснить ход внешних характеристик.
- 5 Объяснить осциллограммы.

Список литературы

- 1 Герасимов, В. Г. Основы промышленной электроники [Текст] / под ред. В.Г. Герасимова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1986. – С. 233-235.
- 2 Забродин, Ю. С. Промышленная электроника [Текст] / Ю.С. Забродин. – М.: Высшая школа, 1982. – С. 331-337.

РАБОТА № 14

ИССЛЕДОВАНИЕ МУЛЬТИВИБРАТОРОВ НА ТРАНЗИСТОРАХ И МИКРОСХЕМАХ

Цель работы – изучить наиболее употребительные схемы мультивибраторов на транзисторах и микросхемах: устройство и принцип действия, произвести измерения длительности и периода импульсных колебаний в зависимости от параметров схемы.

Порядок выполнения работы на стенде ЭС8А

1 Предварительная подготовка к работе.

1.1 Тумблер «сеть» стенда должен находиться в положении выключено; ручками регулировки « E_K », « E_{CM} » вращением против хода часовой стрелки установить минимальное значение (крайние левые положения); остальные – любое положение.

2 Исследовать мультивибратор с самовозбуждением на транзисторах.

2.1 В гнездо «Ш1» стенда вставить сменную панель 2 и закрепить винтами.

2.2 Включить стенд и осциллограф выключателями «сеть», при этом загорятся лампочки сигнализации.

2.3 Ручками регулировки стенда установить: « E_K » напряжение 5 В и « E_{CM} » напряжение 5В, контролируя соответствующими вольтметрами; в секторе «2» ручки регулировки « R_δ » и « R_{CM} » установить в среднее положение, тумблер « C_δ » - в положение «0,15 мкФ».

2.4 Снять осциллограммы (зарисовать формы) кривых напряжений: $u_{к1}$ (гнездо «4») или $u_{к2}$ (гнездо «10», переключив тумблер «В₂» в секторе «нагрузка» в положение «1»), $u_{δ1}$ и $u_{δ2}$ с гнезд «5» и «7», соответственно, при этом вилка провода осциллографа, помеченная знаком «L», должна быть вставлена в любое гнездо стенда с этим же знаком. Ручками развертки осциллографа установить на экране 2...3 периода колебаний.

2.5 Тумблер «С_δ» в секторе «2» переключить в положение «0,015 мкФ» и повторить п. 2.4. При этом частоту развертки осциллографа не изменять.

2.6 Исследовать влияние параметров элементов схемы мультивибратора на длительность и период импульсов. Сначала при С_δ= 0,15 мкФ. Затем измерения повторить при С_δ = 0,015 мкФ, результаты занести в таблицу 1.

Таблица 1

С _Б =0,15 мкФ								R _Б – средн. R _{см} – средн.			
R _Б – средн.				R _{см} – средн.				R _Б – средн. R _{см} – средн.			
R _{см}	t _и мкс	t _п мкс	T мкс	R _Б	t _и мкс	t _п мкс	T мкс	С _Б мкф	t _и мкс	t _п мкс	T мкс
мин.				мин.				0,15			
ср.				ср.							
макс.				макс.				0,015			

2.7 Ручками «Е_к» и «Е_{см}» уменьшить напряжение до нуля, выключить стенд тумблером «сеть» и снять сменную панель.

3 Исследовать мультивибратор на транзисторах с улучшенным фронтом импульсов.

3.1 В гнездо «Ш1» стенда вставить сменную панель 3 и закрепить винтами.

3.2 Включить стенд тумблером «сеть», при этом загорится лампочка сигнализации.

3.3 Ручками регулировки «Е_к» и «Е_{см}» установить напряжение 5 В и 5 В, соответственно, контролируя вольтметрами.

3.4 Зарисовать форму кривых напряжений (снять осциллограммы): коллекторные напряжения $u_{к1}$ (гнездо «4») или $u_{к2}$ (гнездо «10», переключив тумблер «В₂» в секторе «нагрузка» в положение «1»).

3.5 Ручками стенда «Е_к» и «Е_{см}» уменьшить напряжение до нуля, выключить стенд тумблером «сеть» и снять сменную панель.

4 Исследовать ждущий мультивибратор на транзисторах.

4.1 В гнездо «Ш1» стенда вставить сменную панель 4 и закрепить винтами.

4.2 Соединить гнезда стенда «вых.ген.» и «1». В секторе «генератор» установить в среднее положение ручки регулировок, тумблер « $\sqrt{\quad}$ » – в положение «L», переключатель «частота» – в положение «2».

4.3 Включить стенд тумблером «сеть», при этом загорится лампочка сигнализации.

4.4 Ручкой регулировки «Е_к» установить напряжение 10В, контролируя соответствующим вольтметром.

4.5 На выходе мультивибратора (гнездо «10», переключив тумблер «В2» сектора «нагрузка» в положение «I») наблюдать осциллограмму выходного напряжения. Изменяя емкость конденсатора «С_δ» тумблером в секторе «4», наблюдать изменение длительности импульса и измерить длительности импульсов (3...4 измерения).

4.6 Ручкой регулировки «Е_к» уменьшить напряжение до нуля, выключить стенд тумблером «сеть» и снять сменную панель.

5 Изучить схемы (по рисункам) мультивибраторов на микросхемах: сменные панели 5 и 6.

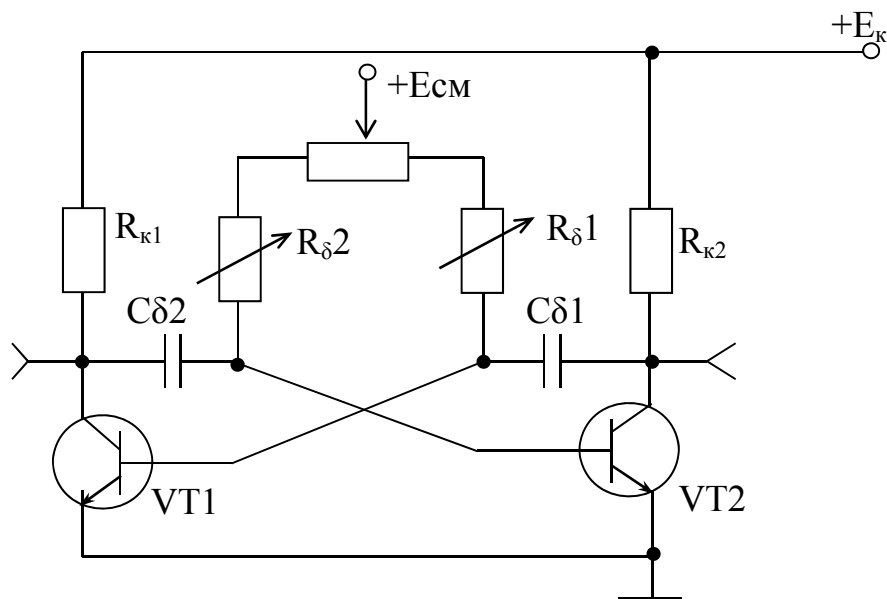


Рисунок 14.1 – Мультивибратор на транзисторах в режиме автоколебаний (панель 2)

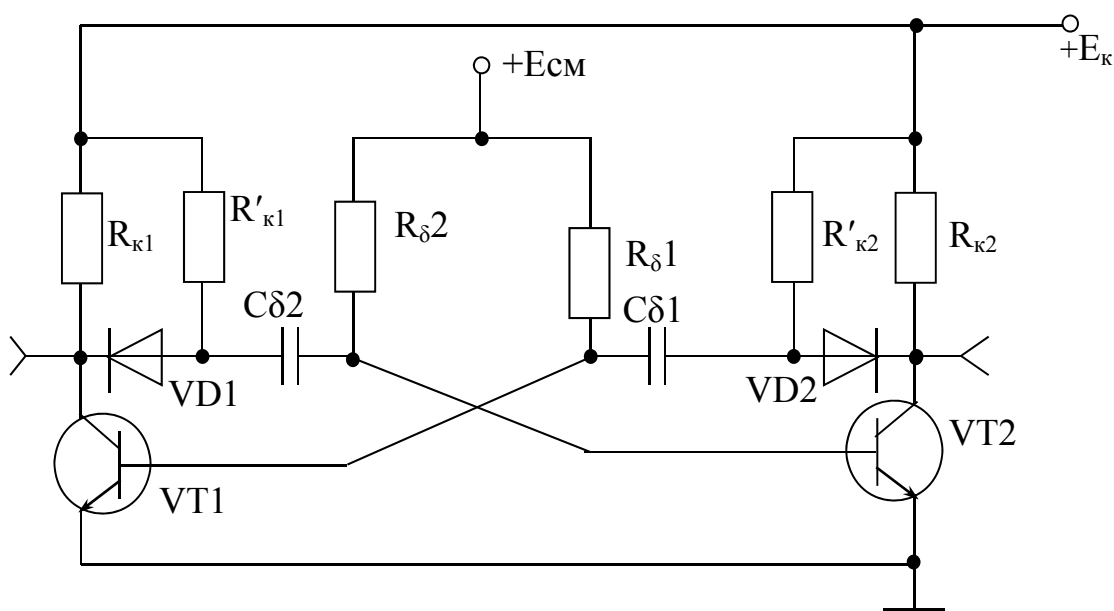


Рисунок 14.2 – Мультивибратор на транзисторах с улучшенной формой переднего фронта импульса (панель 3)

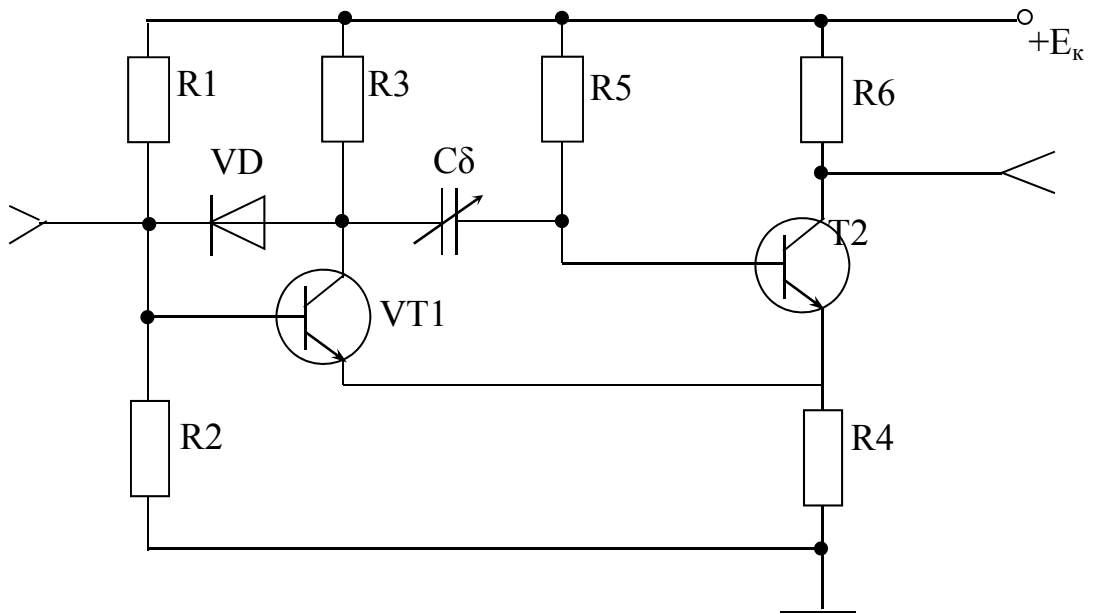


Рисунок 14.3 – Ждущий мультивибратор на транзисторах (плата 4)

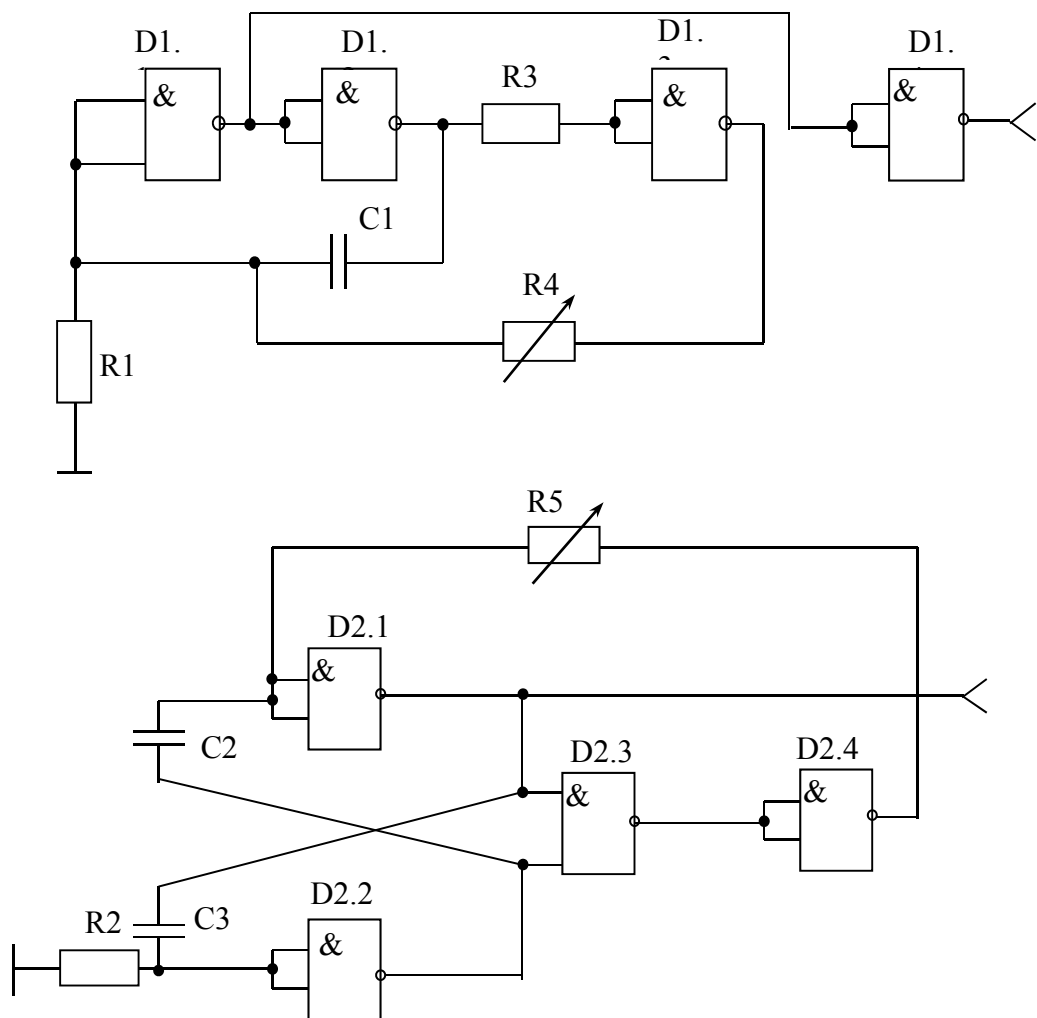


Рисунок 14.4 – Мультивибраторы на микросхемах в режиме автоколебаний (плата 5)

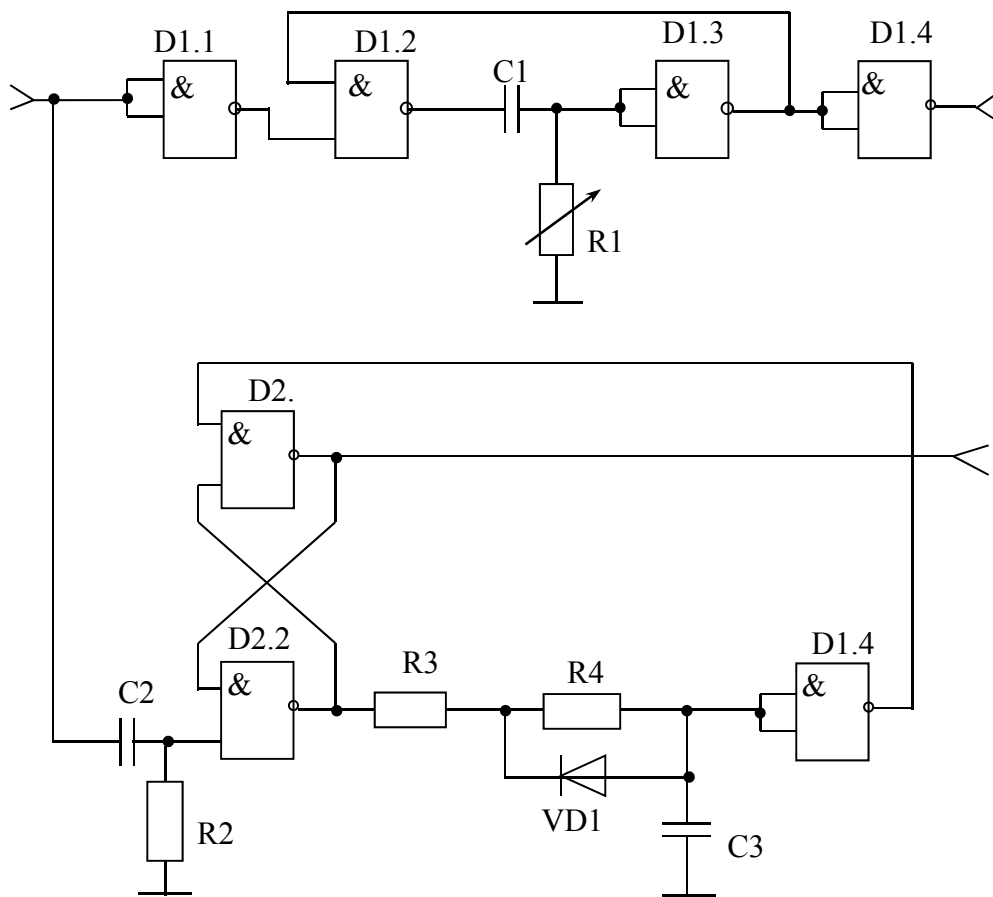


Рисунок 14.5 – Ждущие мультивибраторы на микросхемах (плата б)

Содержание отчета

- 1 Принципиальные схемы исследованных мультивибраторов.
- 2 Таблица измерений длительности и периода генерируемых колебаний.
- 3 Осциллограммы генерируемых импульсов.
- 4 Выводы.

Вопросы для самопроверки

- 1 Каково назначение исследуемых схем?
- 2 Какая форма импульсов получается на выходе каждой схемы?
- 3 Поясните работу симметричного мультивибратора на транзисторах.
- 4 Поясните работу ждущего мультивибратора на транзисторах.
- 5 Поясните работу мультивибратора на микросхемах.
- 6 Поясните работу ждущего мультивибратора на микросхемах.
- 7 Поясните работу мультивибраторов с регулированием частоты.
- 8 Поясните работу мультивибраторов с регулированием длительности импульсов.
- 9 Поясните работу схемы мультивибратора с коррекцией фронта импульсов.
- 10 Поясните осциллограммы напряжения U_k ждущего мультивибратора. Какие элементы схемы определяют время задержки импульса ?

11 Перечислить способы регулирования длительности импульса ждущего мультивибратора.

Список литературы

1 Герасимов, В. Г. Основы промышленной электроники [Текст] / под ред. В.Г. Герасимова. – М. : Высшая школа, 1986. – С. 205 - 209.

2 Забродин, Ю. С. Промышленная электроника [Текст] : учеб. для вузов / Ю.С. Забродин. – М. : Высшая школа, 1982. – С.187 - 194.

3 Гусев, В. Г. Электроника [Текст] : учеб. пособие для вузов / В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев. – М. : Высшая школа, 1982. – С.445 - 467.

4 Степаненко, И. П. Основы теории транзисторов и транзисторных схем [Текст] / И.П Степаненко. – М. : Энергия, 1977. – С.549 - 559; 562 - 569.

Ершов Анатолий Иванович

ЭЛЕКТРОНИКА

Методические указания
к выполнению лабораторных работ
для студентов специальностей
190600.62; 190109.65; 190110.65; 140400.62;
150700.62; 151900.62; 280700.62

Редактор Н.Л. Борисова

Подписано в печать	Формат 60 × 84 1/16	Бумага 65г/м ²
Печать цифровая	Усл. печ. л. 2,5	Уч.-изд. л. 2,5
Заказ	Тираж 25	Не для продажи

РИЦ Курганского государственного университета.
640000, г. Курган, ул. Советская, 63/4.
Курганский государственный университет.