

**РОСЖЕЛДОР**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Ростовский государственный университет путей сообщения»**  
**(ФГБОУ ВО РГУПС)**  
**Волгоградский техникум железнодорожного транспорта**  
**(ВТЖТ – филиал РГУПС)**

---

Н.В.Сорочан

**Дисциплина Электротехника и электроника**

рабочая тетрадь для студентов 2 –го курса специальностей  
08.02.10 Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство

Волгоград

Рабочая тетрадь для студентов 2–го курса. Н.В.Сорочан; ВТЖТ – филиал  
ФГБОУ ВО РГУПС. – Волгоград

Предназначено для студентов специальностей  
08.02.10 Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство

Одобрено к изданию учебно-методическим советом ВТЖТ – филиала  
ФГБОУ ВО РГУПС.

## Содержание

1 Проверка свойств электрической цепи со смешанным соединением сопротивлений	4
2 Цепь переменного тока с последовательным соединением катушки индуктивности, резистора и конденсатора. Резонанс напряжений.	6
3 Цепь переменного тока с параллельным соединением катушки индуктивности, резистора и конденсатора. Резонанс токов.	8
4 Исследование трехфазной цепи при соединении приемников энергии треугольником	10
5 Измерение сопротивлений мостом постоянного тока и омметром	12
6 Испытание генератора постоянного тока с параллельным возбуждением	14
7 Испытание трехфазного асинхронного двигателя с коротко замкнутым ротором	17
8 Определение погрешности измерительного трансформатора напряжения	19
9 Исследование работы выпрямительного диода	20
10 Изучение работы транзистора	22
11 Исследование однофазного двухполупериодного выпрямителя	25
12 Исследование работы усилителя низкой частоты	27
13 Исследование генератора пилообразного напряжения	29

					08.02.10 .2 ПХ. .00. Лр			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.					Лабораторные работы	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Сорочан Н.В.					3	30
Н. контр.					ВТЖТ-филиал РГУПС			
Утв.								

## Тема Проверка свойств электрической цепи со смешанным соединением сопротивлений

**Цель работы:** опытным путем проверить основные соотношения между электрическими величинами в цепи постоянного тока со смешанным соединением сопротивлений.

**Оборудование и приборы:** вольтметр, три амперметра, два резистора с постоянным сопротивлением, резистор с переменным сопротивлением, соединительные провода

### Порядок выполнения работы

1 Собрать электрическую цепь по схеме:

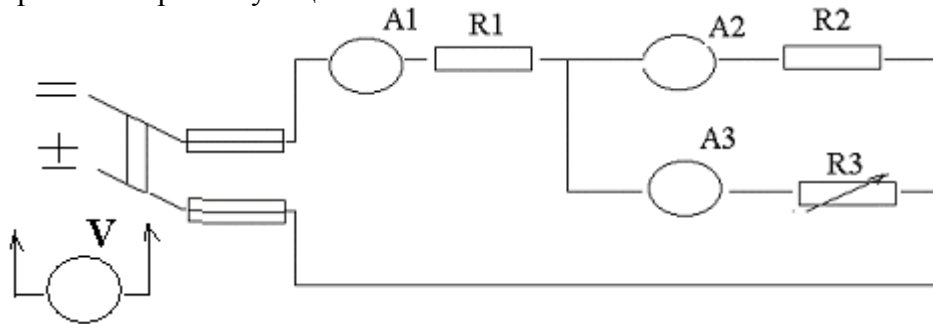


Рисунок 1

2 После проверки схемы преподавателем, включить цепь. Переносным вольтметром измерить напряжение на каждом резисторе. Показания приборов записать в таблицу.

3 По полученным данным определить мощность, сопротивление каждого участка и всей цепи, результаты расчетов записать в таблицу

Таблица 1

Участок цепи	Измерения		Расчеты		Примечания
	U(В)	I(А)	R(Ом)	P(Вт)	
R1					
R2					
R3					
Вся цепь					
R1					Отключение R3
R2					
R3					
Вся цепь					
R1					Замкнуть накоротко R3
R2					
R3					
Вся цепь					

Отключить реостат R3 и произвести действия, указанные в пунктах 2, 3.

4 Замкнуть накоротко реостат и произвести действия, указанные в пунктах 2,3.

5 Убедиться в том, что  $U=U_1+U_{2,3}$ ;  $I=I_1=I_2+I_3$ ,  $U_2=U_3$ ,  $P=P_1+P_2+P_3$ ,  $R_{общ}=R_1+R_{2,3}$ , где  $R_{2,3}=R_2 \cdot R_3 / (R_2+R_3)$

Расчет: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



**Тема Цепь переменного тока с последовательным соединением катушки индуктивности, резистора и конденсатора. Резонанс напряжений.**

**Цель работы:** опытным путем установить резонанс напряжений и проверить его свойства

**Приборы и оборудование:** три вольтметра, амперметр, ваттметр, катушка индуктивности, конденсатор, резистор, соединительные провода

**Порядок выполнения работы**

**1** Собрать электрическую цепь по схеме

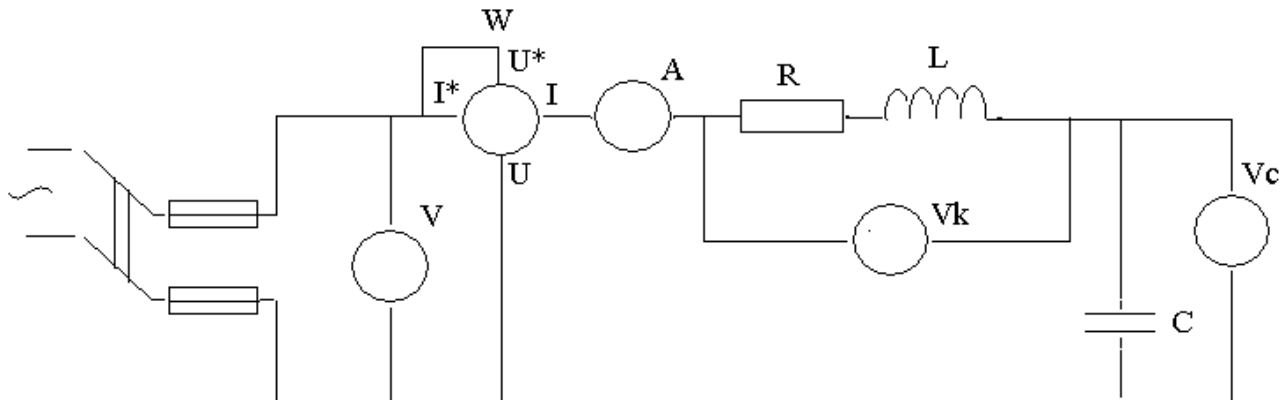


Рисунок 2 – схема

**2** После проверки схемы преподавателем включить цепь и, изменяя индуктивность катушки записать показания приборов в таблицу при условиях: а) до резонанса, б) в момент резонанса, с) после резонанса.

Таблица 2

Измерения					Расчет									
U	U <sub>k</sub>	U <sub>c</sub>	I	P	Z	Z <sub>k</sub>	R	X <sub>L</sub>	X <sub>c</sub>	U <sub>A</sub>	U <sub>L</sub>	S	Q	cosφ
В	В	В	А	Вт	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	В	В	ВА	ВАр	

**3** Вычислить:  $Z=U/I$ ,  $Z_k=U_k/I$ ,  $R=P/I^2$ ,  $X_L=(Z_k^2-R^2)^{1/2}$ ,  $X_c=U_c/I$ ,  
 $U_A=IR$ ,  $U_L=IX_L$ ,  
 $S=UI$ ,  $Q=(U_L-U_c)I$ ,  $\cos\phi=P/S$

Расчет: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

4 Для каждого опыта построить векторную диаграмму:

5 Вывод: \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

---

---

---

					08.02.10.2 ПХ. . 02. Лр	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

**Тема Цепь переменного тока с параллельным соединением катушки индуктивности, резистора и конденсатора. Резонанс токов**

**Цель работы:** опытным путем установить резонанс токов и проверить его свойства

**Приборы и оборудование:** вольтметр 150В, три амперметра по 3 А, вольтметр, катушка индуктивности, конденсаторная батарея, резистор соединительные провода.

**Порядок выполнения работы**

**1** Собрать электрическую цепь по схеме.

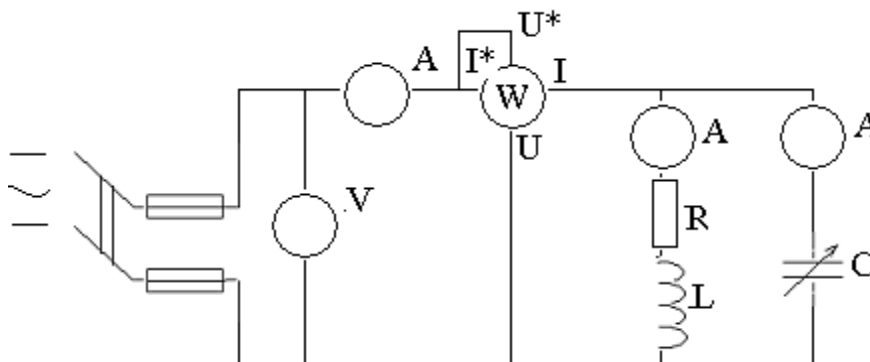


Рисунок 3 - схема

**2** Включить цепь и записать показания приборов в таблицу 1 при условиях: до резонанса, в момент резонанса, после резонанса

Таблица 3

Измерения					Расчеты									
U	I	I <sub>K</sub>	I <sub>C</sub>	P	Y	Y <sub>K</sub>	G <sub>K</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>C</sub>	I <sub>A</sub>	I <sub>L</sub>	Q	S	cos φ
В	А	А	А	Вт	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	А	А	ВАр	ВА	

**3** Для каждого опыта вычислить:

$$Y = I/U, Y_K = I_K/U, G_K = P/U^2, B_1 = (Y_K^2 - G_K^2)^{1/2},$$

$$B_C = I_C/U, I_A = UG_K, \cos\phi = P/S, I_L = UB_L, Q = U(I_L - I_C), S = UI$$

Расчет:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



4 Для каждого опыта построить векторную диаграмму:

5 Вывод: \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

					08.02.10.2 ПХ. . 03. Лр	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9



5 По показанию приборов построить векторную диаграмму токов и напряжений. Графически определить линейные токи и сравнить их с показаниями линейных амперметров.

6 Вывод \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

					08.02.10.2 ПХ. . 04. Лр	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

## Тема Измерение сопротивлений мостом постоянного тока и омметром

**Цель работы:** приобрести практические навыки в измерении сопротивлений средней величины мостом постоянного тока и омметром.

**Приборы и оборудование:** измерительный мост постоянного тока, омметр, измеримые сопротивления, соединительные провода.

### Порядок выполнения работы

**1** Изучить конструкцию измерительного моста и омметра. Выяснить назначение клемм, переключателей и кнопок, расположенных на лицевой панели каждого из приборов. Пользуясь инструкцией, помещенной на внутренней стороне крышки моста, определить основные технические данные прибора: пределы измерения сопротивлений, класс точности, данные об источниках питания, заводской номер.

**2** Измерить сопротивления  $R_x$  омметром. Для этого необходимо:

- а) установить стрелку омметра на « $\infty$ » - бесконечность при помощи корректора;
- б) нажать кнопку (или замкнуть накоротко проводники, подключенные к клеммам «X») и магнитным шунтом стрелку прибора установить в нулевое положение;
- в) подключить к омметру измеряемое сопротивление (схема 1) и определить его величину по шкале прибора.

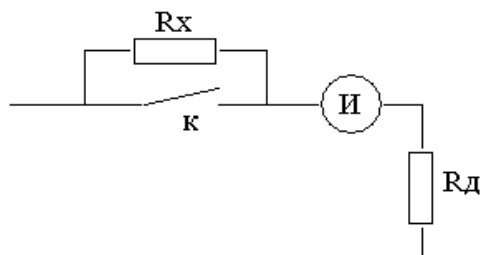


Рисунок 5 – схема

Результаты измерений занести в таблицу 1.

Таблица 5

Измерения				Вычислено	
Омметр	Мост постоянного тока			Погрешности	
$R_x', \text{ Ом}$	$R_1/R_2$	$R_0, \text{ Ом}$	$R_x, \text{ Ом}$	$\Delta R_x, \text{ Ом}$	$\gamma\%$

**3** Измерить сопротивления мостом постоянного тока. Для этого необходимо: а) подключить измеряемое сопротивление к зажимам «X» моста; б) переключатели установить в положение «МВ» - мост Витсона; в) установить переключатель-отношение плеч моста в зависимости от примерной величины измеряемого сопротивления. Переключатели всех декад плеча сравнения – (\*1000, 100, 10, 1) установить в среднее положение; г) включить гальванометр и переключателями декад тысяч и сотен установить стрелку гальванометра на «0». Аналогичные действия произвести при нажатой кнопке «грубо», пользуясь при этом и другими переключателями, затем отключить кнопку «грубо» и нажать кнопку «точно», стрелку гальванометра устанавливаем на «0» с помощью переключателей декад (\*10, 1); д) измеряемое сопротивление определить по формуле  $R_x = R_0 R_1 / R_2$ . Данные измерений записать в таблицу.

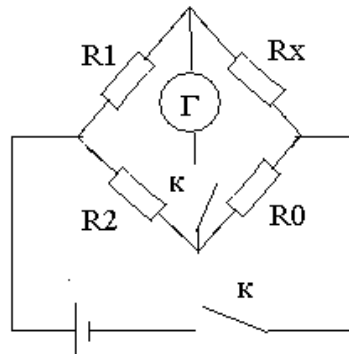


Рисунок 6 -схема

**5** Определить погрешности измерения каждого сопротивления омметром:

- а) абсолютную  $\Delta R_x = R_x' - R_x$   
 б) относительную  $\gamma = (\Delta R_x / R_x) 100\%$

**6** Вывод: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

## Тема Испытание генератора постоянного тока с параллельным возбуждением

**Цель работы:** исследовать свойства генератора постоянного тока с параллельным возбуждением путем снятия и анализа его характеристик

**Оборудование и приборы:** генератор постоянного тока с параллельным возбуждением, приводной электродвигатель – М, нагрузочный реостат - R , регулировочный реостат - R<sub>p</sub>, два амперметра постоянного тока, вольтметр постоянного тока, тахометр, два ключа, соединительные провода.

### Порядок выполнения работы

1 Рассмотреть схему электрической цепи:

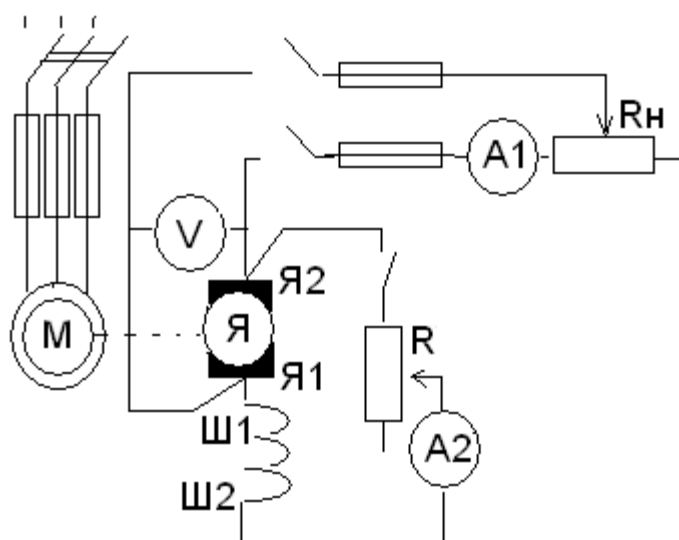


Рисунок 7 - схема

2 Снять характеристику холостого хода  $U=\varphi(I_b)$  при  $I=0$ ; снять внешнюю характеристику  $U=\varphi(I)$  при  $R_b=\text{const}$ ; снять регулировочную характеристику  $I_b=\varphi(I)$  при  $U=U_n$ .

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Таблица 6

Показания приборов			Примечания
U, В	I, А	Iв, А	
	I=0		Характеристика холостого хода при увеличении тока возбуждения
	I=0		Характеристика холостого хода при уменьшении тока возбуждения
	Rв=const		Внешняя характеристика
U=Uн.			Регулировочная характеристика

3 По полученным данным построить характеристики: холостого хода, внешнюю и регулировочную:

4 Вывод: \_\_\_\_\_

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

					08.02.10.2 ПХ. . 06. Лр	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16



## Тема Испытание трехфазного асинхронного двигателя с коротко замкнутым ротором

**Цель работы:** исследовать свойства трехфазного асинхронного двигателя с коротко замкнутым ротором путем анализа его рабочих характеристик

**Приборы и оборудование:** трехфазный асинхронный двигатель с электромагнитным тормозом, ваттметр трехфазный, два амперметра переменного тока, вольтметр переменного тока, тахометр, соединительные провода, два выключателя

### Порядок выполнения работы

1 Ознакомиться с устройством трехфазного асинхронного двигателя по схеме:

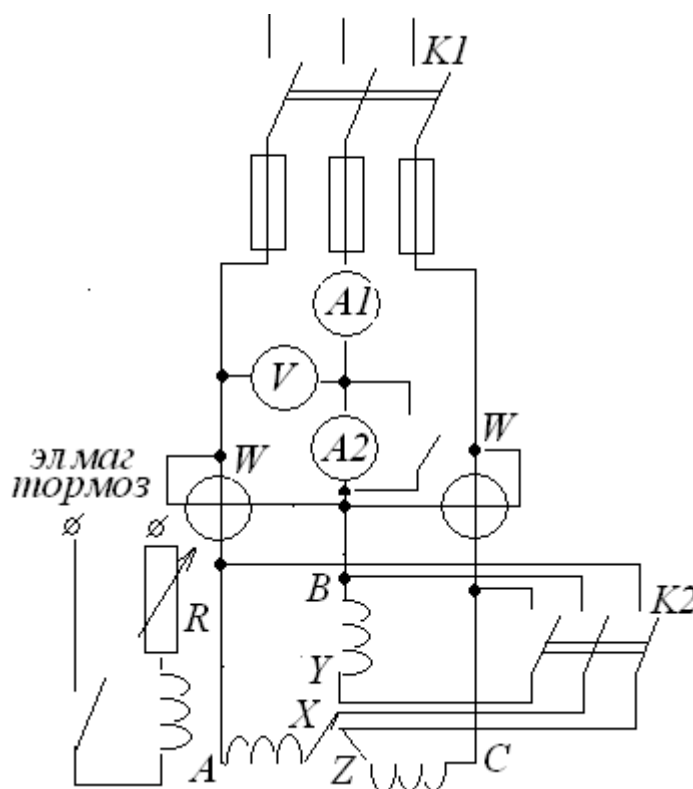


Рисунок 8 - схема

**2** Ознакомиться с основными техническими данными:

Номинальное напряжение в сети-  $U$ , В.

Номинальный ток двигателя -  $I$ , А

Частота тока сети -  $f=50$  Гц

Число полюсов двигателя- $2p$ , число пар полюсов- $p$

Частота вращения магнитного поля статора –  $n_1=60f/p$  об/мин

Скольжение - частота вращения магнитного поля статора относительно ротора ( $n_1-n_2$ ), выраженная в процентах от частоты вращения магнитного поля

$$S=(n_1-n_2)*100/n_1, \quad \%$$

Частота вращения ротора асинхронного двигателя в номинальном режиме  $n_2=(1-S/100)n_1=(1-S/100)60f/p$

Номинальная активная мощность, развиваемая двигателем –  $P_{2H}$ , Вт.

Мощность, потребляемая двигателем

- активная –  $P_{1H}=\sqrt{3} U_{IH} \cos\varphi_H=P_{2H}/\eta_H$ , Вт

- полная –  $S=\sqrt{3} U_{IH}$ , ВА

Потери энергии в двигателе  $\Delta P=P_1-P_2$ , Вт

Коэффициент полезного действия двигателя  $\eta_H= P_{2H}/ P_{1H}$

Коэффициент мощности  $\cos\varphi_H=P_{1H}/(\sqrt{3} U_{IH})$

Вращающий момент  $M_H=9,55*P_{2H}/n_2$ , Н/м

**3** Рассчитать неизвестные параметры, заполнить таблицу 1.

Таблица 7

U, В	I <sub>H</sub> , А	2p	n <sub>1</sub> , об/мин	n <sub>2</sub> , об/мин	S <sub>H</sub> , %	P <sub>2H</sub> , кВт	P <sub>1H</sub> , кВт	ΔP, кВт	S, кВт	η <sub>H</sub>	cosφ <sub>H</sub>	M <sub>H</sub> , Н*м

**5** Вывод: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Тема Определение погрешности измерительного трансформатора напряжения

**Цель работы:** изучить устройство и принцип действия ИТН, установить степень точности ИТН.

**Приборы и оборудование:** лабораторный трансформатор, измерительный трансформатор напряжения, вольтметр 250 В, 150 В, соединительные провода.

### Порядок выполнения работы

1 Собрать электрическую цепь по схеме:

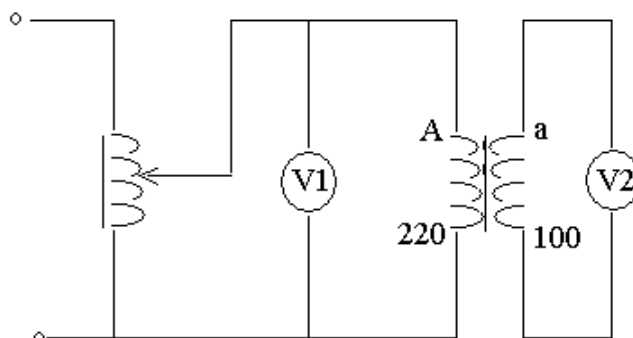


Рисунок 9 - схема

2 Включить цепь и изменяя напряжение с помощью ЛАТРа, записать показания приборов в таблицу:

Таблица 8

№ п/п	$U_1, \text{В}$	$U_2, \text{В}$	$k_n$	$k_d$	$\delta, \%$
1					
2					
3					
4					

3 Вычислить:

$$U_{1\text{ном}}=220\text{В}, U_{2\text{ном}}=100\text{В},$$

$$k_n=U_{1\text{ном}}/U_{2\text{ном}}, k_d=U_1/U_2, \delta=(k_n-k_d)/k_d$$

4 Построить график зависимости  $\delta=\delta(U_1)$ :

5 Вывод: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

## Тема Исследование работы выпрямительного диода

**Цель работы:** изучить принцип работы диода, снять рабочие характеристики.

**Приборы и оборудование:** диод, источник постоянного напряжения, амперметр, вольтметр, соединительные провода.

### Порядок выполнения работы

**1** Провести измерения для построения ветви прямого включения. Для этого собрать цепь по схеме:

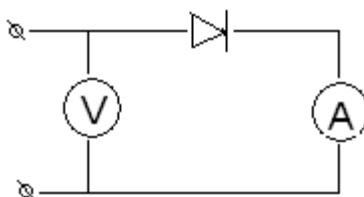


Рисунок 10 - схема прямого включения

Данные занести в таблицу 1:

Таблица 9

U прямое, В					
I прямое, А					

**2** Провести измерения для построения ветви обратного включения. Для этого собрать цепь по схеме:

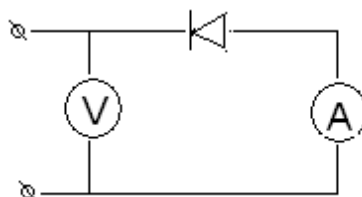


Рисунок 11 – схема обратного включения

Данные занести в таблицу 2:

Таблица 10

U обратное, В					
I обратное, А					

**3** Построить график зависимости тока от напряжения при прямом и обратном включении диода:

**4** Вывод: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

					08.02.10.2 ПХ. . 09. Лр	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

## Тема Изучение работы транзистора

**Цель работы:** изучить принцип действия транзистора, ознакомиться со схемой и методами снятия его вольтамперных характеристик, научиться определять параметры по характеристикам

**Приборы и оборудование:** транзистор, два миллиамперметра, два вольтметра

### Порядок выполнения работы

**1** Изучить схему подключения транзистора для снятия его вольтамперных характеристик.

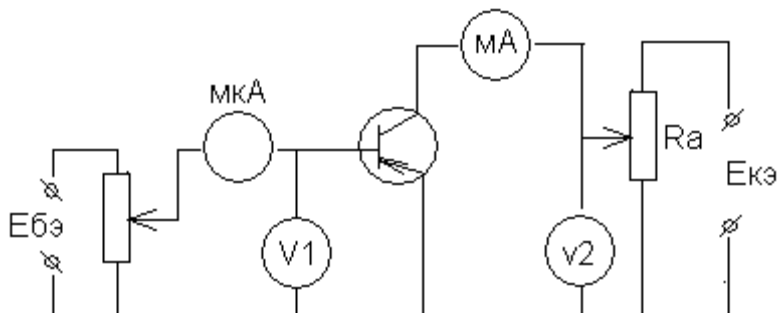


Рисунок 12 -схема

**2** Снять измерения и заполнить таблицу для входной характеристики транзистора – зависимости тока базы от напряжения перехода база – эмиттер, при различных значениях напряжения перехода коллектор – эмиттер

Таблица 11

Укэ, В	Убэ, В										
											Iб, мА

**3** Снять измерения и заполнить таблицу для выходной характеристики – зависимости тока коллектора от напряжения перехода коллектор – эмиттер при различных значениях тока базы.

Таблица 12

Iб, мА	Укэ, В										
											Iк, мА

4 Построить входную  $I_b=f(U_{бэ})$  при  $U_{кэ}=\text{const}$  и выходную  $I_k=f(U_{кэ})$  при  $I_b=\text{const}$  характеристики.

					08.02.10.2 ПХ. . 10. Лр	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

**5** Рассчитать входное сопротивление транзистора  $R_{вх} = \Delta U_{бэ} / \Delta I_{б}$

Расчет: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**6** Рассчитать выходное сопротивление  $R_{вых} = \Delta U_{кэ} / \Delta I_{к}$

Расчет: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**7** Рассчитать коэффициент передачи  $\beta = \Delta I_{к} / \Delta I_{б}$

Расчет: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**8** Рассчитать проводимость транзистора  $S = \Delta I_{б} / \Delta U_{бэ}$

Расчет: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**9** Вывод: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



## Исследование однофазного двухполупериодного выпрямителя

**Цель работы:** приобрести практические навыки по сборке схемы однофазного двухполупериодного выпрямителя и снятию осциллограмм напряжения нагрузки.

**Приборы и оборудование:** вольтметр, амперметр, резисторы, мультиметр, электронный осциллограф, диоды.

### Порядок выполнения работы

1. Собрать электрическую цепь согласно схеме:

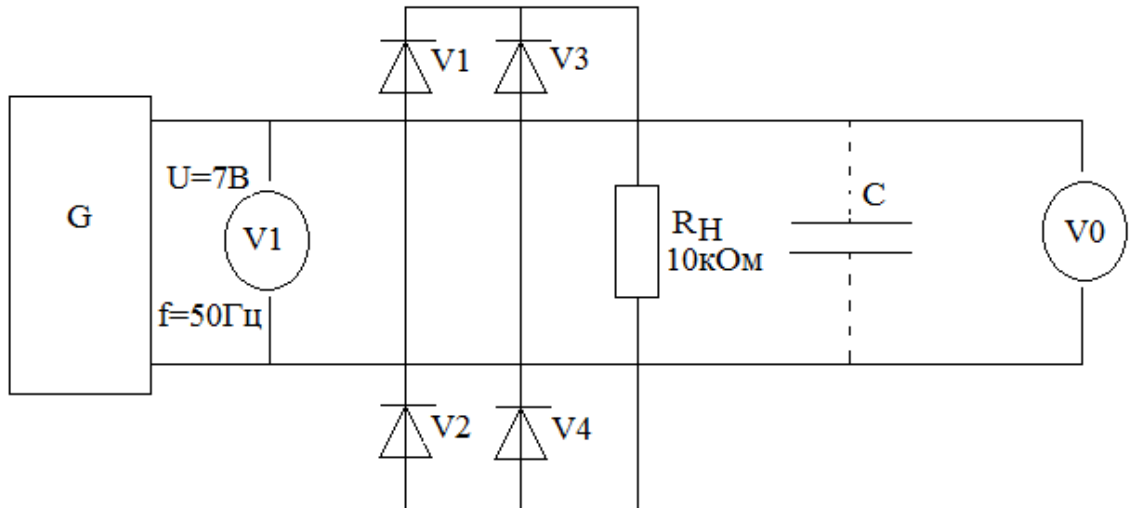


Рисунок 13 - схема

2. Подключить два любых входа осциллографа к каналам V0 и V1. Установите развертку 5 мс/дел.
3. Построить график осциллограммы входного и выходного напряжения.

Изм.	Лист	№ доквм.	Подпись	Дата

4. Рассчитать и записать в таблицу коэффициенты  $U_{\text{вых}}/U_{\text{вх}}$ .
5. Подключить параллельно нагрузочному резистору  $R_H$  сглаживающие конденсаторы  $C$  с емкостями, указанными в таблице. Повторить измерения и построить графики выпрямленного напряжения.
6. Измерения записать в таблицу.

Таблица 13

$C$ , мкФ	0	1	10	100
$U_{\text{вх}}$ , В				
$U_{\text{вых}}$ , В				
$\Delta U_{\text{пульс}}$ , В				
$U_{\text{вых}}/U_{\text{вх}}$				

Постройте график выпрямленного напряжения.

7 Вывод: \_\_\_\_\_

---



---



---



5 Изменяя частоту входного сигнала измерить напряжение на выходе при  $U_{вх}=\text{const}$ .  
Данные занести в таблицу:

Таблица 15

f, Гц						
$U_{\text{вых}}$ , В						

6 Построить график зависимости  $U_{\text{вых}}=\varphi(f)$ :

7 Вывод: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## Тема Исследование генератора пилообразного напряжения

**Цель работы:** изучить принцип работы генератора пилообразного напряжения, снять рабочие характеристики.

**Приборы и оборудование:** плато ГНП, осциллограф Н-313, соединительные провода, источник постоянного напряжения 12В, плато мультивибратора.

### Порядок выполнения работы

1 Собрать электрическую цепь по схеме:

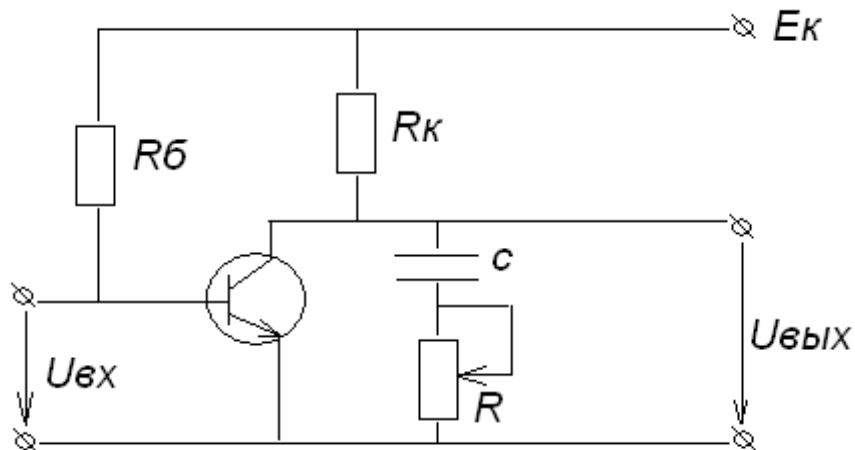


Рисунок 15 – схема

2 Подключить осциллограф к выходу мультивибратора, убедиться, что он вырабатывает прямоугольные импульсы.

3 Подключить мультивибратор на выходы ГНП, убедиться, что на выходы ГНП вырабатываются сигналы пилообразного напряжения.

4 Изменяя сопротивление в цепи коллектор – эмиттер (1 кОм, 2,7кОм, 5 кОм) измерить параметры выходного сигнала:

$t_3$  - время заряда,

$t_p$  - время разряда,

$t_{п}$  - время паузы,

$t_{и}$  - время импульса,  $t_{и} = t_p + t_3$ ,

$T$  - период следования импульсов,  $T = t_{п} + t_{и}$ ,

$U_m$  - амплитуду.

5 Рассчитать частоту следования импульсов  $f = 1/T$ .

6 Рассчитать постоянную времени заряда конденсатора  $\tau = R \cdot C$

7 Данные занести в таблицу:

Таблица 16

R, кОм	t <sub>з</sub> , мс	t <sub>р</sub> , мс	t <sub>и</sub> , мс	t <sub>п</sub> , мс	T, мс	U <sub>и</sub> , В	f, Гц

8 Для всех случаев зарисовать диаграммы (зависимость напряжения перехода эмиттер – коллектор от времени):

9 Вывод: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата