Некоммерческое акционерное общество

Алматинский институт энергетики и связи

Кафедра электропривода и автоматизации промышленных установок

ИНФОРМАЦИОННО – ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Методические указания к выполнению лабораторных работ

для студентов всех форм обучения специальности

5В0718 – «Электроэнергетика»

Алматы 2010

СОСТАВИТЕЛИ: А.Н. Бестерекова, Ж.Ж. Тойгожинова. Информационно – измерительная техника. Методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов всех форм обучения специальности 5В0718- «Электроэнергетика». – Алматы: АИЭС, 2010. –36с.

Методические указания содержат необходимые технические сведения о стендах, программу выполнения работ, методику подготовки, проведения экспериментов и анализа полученных результатов и контрольные вопросы.

Методические указания предназначены для студентов всех форм обучения специальности 5В0718 – «Электроэнергетика».

Содержание

1 Лабораторная работа №1. Измерение электрического сопротивления

(косвенные методы) 4

2 Лабораторная работа №2. Измерение электрического сопротивления (метод сравнения)

3 Лабораторная работа №3. Измерение физических величин на постоянном токе (ознакомление с измерительным прибором мультиметром)

4 Лабораторная работа №4. Измерения при помощи электронного осциллографа

5 Лабораторная работа № 5. Потенциометр. Источник напряжения

6 Лабораторная работа №6. Делители напряжения и тока

Список литературы

1 Лабораторная работа Измерение электрического сопротивления (косвенные методы)

1.1 Цель работы: изучить различные виды измерения, методы и приборы для измерения сопротивления. Научиться определять погрешности измерения и представлять результаты измерения.

1.2 Перечень оборудования: В работе используются следующие средства измерений: аналоговые амперметр и вольтметр; электромеханические и цифровые комбинированные приборы; магазин сопротивления; катушка сопротивления образцовая; источник постоянного напряжения.

1.3 Задание**:** Изучить самостоятельно разделы:

Измерение сопротивления методом амперметра и вольтметра. Устройство и принцип действия электромеханических приборов электромагнитной системы. Косвенные и прямые виды измерения сопротивления. /1, §§ 2.5; 3.2; 11.2/.

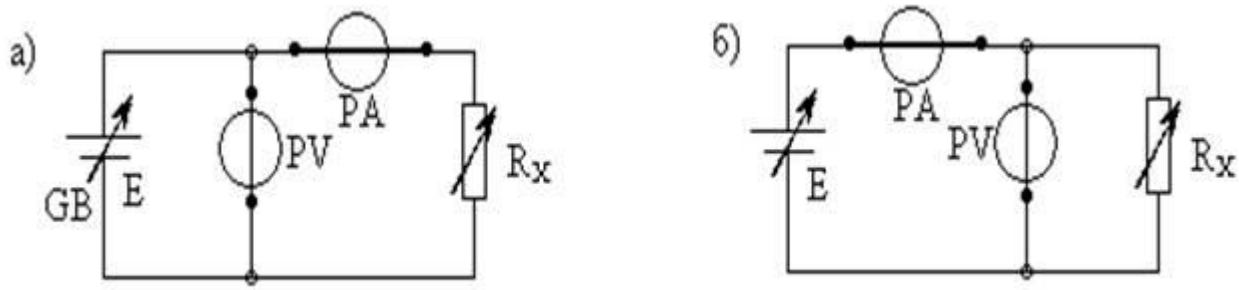
Необходимо провести измерения сопротивления методом амперметра и вольтметра, используя различные методы измерения. Произвести обработку результатов экспериментов, найти погрешности и результаты измерений, составить отчет.

1.4 Порядок выполнения работы

.4.1 Измерение сопротивлений методом амперметра и вольтметра

Ознакомиться с измерительными приборами и записать в рабочую тетрадь их параметры (тип, класс точности, рабочий предел измерения, диапазон измерения, входное сопротивление). Параметры приборов занести в таблицу 1.1.

Сопротивление R_X = 15 … 30 Ом (задается преподавателем) выставляется на магазине сопротивления типа Р33. Сопротивление R_X включается в схему 1 или 2 (рисунок 1.1).



PA – амперметр; PV – вольтметр;

GB – регулируемый источник напряжения;

R_X – магазин сопротивления.

Рисунок 1.1 - Две схемы измерения сопротивления по методу амперметра – вольтметра

Вначале измерения выполняются на постоянном токе. Подключить измеряемый резистор и, регулируемое выходное напряжение стабилизированного источника постоянного напряжения, установить удобные для отсчета показания I и U соответственно амперметра и вольтметра. Для этого следует установить напряжение и ток в цепи таковыми, чтобы показания приборов на выбранных пределах измерения укладывались на участок шкалы более двух третей от их предела.

Таблица 1.1 - Параметры приборов	
Амперметр: шкала а … делении; предел измерения I_H … А; диапазон измерения $I_д$ …А; внутреннее сопротивление R_A … Ом; класс точности $К_A$ … %.	Вольтметр: шкала а…делении; предел измерения U_H … В; диапазон измерения $U_д$…В; входное сопротивление R_B… Ом; класс точности $К_B$ … %.

Результаты измерений заносим в таблицу 1.2.

Таблица 1.2 – Измерение R_X = … Ом по методу амперметра и вольтметра

Показания приборов и расчетные Данные	Схема 1	Схема 2
Показания амперметра a_A, дел I .., A Показания вольтметра $a_{B,}$ дел U, B Сопротивление Rизм = U/ I, Ом Методическая погрешность $\Delta_{м'}$ Ом $\delta_{м'}$ % Инструментальная погрешность Dи , Ом dи , % Результат измерения R=Rизм ± DR		

Для схемы, где вольтметр соединен параллельно измеряемому сопротивлению:

$$\Delta_{м} = \pm \frac{R_{в}}{1 + \frac{R_{в}}{R_{х}}}$$

(1)

где R_X - измеряемое сопротивление, Ом;

R_B – входное сопротивление вольтметра, Ом.

Тогда относительная погрешность

$$\delta_м = \pm \frac{1}{1 + \frac{R_B}{R_X}} \cdot 100\,\% \quad (2)$$

Для схемы, в которой амперметр соединен последовательно с R_x, имеем

$$\Delta_м = R_A \quad (3)$$

$$\delta_м = \frac{R_A}{R_X} \cdot 100\ \% \quad (4)$$

где R_A - внутреннее сопротивление амперметра, Ом;

R_X - измеряемое сопротивление, Ом:

Инструментальная, относительная и абсолютная погрешности определяются несовершенством используемых измерительных приборов и для данных схем имеет вид:

$$\Delta_u = \pm \sqrt{\frac{\Delta U^2}{I^2} + \frac{U^2 \Delta I^2}{I^4}} \quad (5)$$

;

$$\delta_u = \pm\sqrt{(\Delta U/U)^2 + (\Delta I/I)^2}$$

. (6)

Абсолютные погрешности средств измерений могут быть найдены через классы точности приборов:

$$\Delta U = \frac{K_B \cdot U_H}{100}$$

(7)

где Кв - класс точности вольтметра, %;

Uн – номинальное напряжение вольтметра, В.

$$\Delta I = \frac{K_a \cdot I_H}{100}$$

(8)

где Ка - класс точности амперметра, %;

Iн – номинальный ток амперметра, А.

Общая относительная погрешность равна:

$$\delta = |\delta_M| + |\delta_И|$$

(9)

где d_M - методическая погрешность, %;

$d_и$ - инструментальная погрешность, %.

Абсолютная погрешность может быть найдена как

$$\Delta R = \frac{\delta \cdot R_{изм}}{100}$$

(10)

где d - общая относительная погрешность, %;

$R_{изм}$ – измеренное сопротивление, Ом.

Результаты расчетов заносим в таблицу 1.2.

На анализе данных расчетов сделайте выводы о целесообразности использования данного метода в зависимости от величины измеряемого сопротивления и точности используемых средств измерений.

1.5 Вопросы для подготовки

1.5.1 В чем заключаются преимущества и недостатки метода A – V?

1.5.2 В каком случае обе схемы метода A–V дают одинаковые погрешности?

1.5.3 Как в общем виде определить погрешность косвенного измерения?

1.5.4 Шкала с делениями есть по существу мера. Какая?

1.5.5 Класс точности показывающих приборов.

1.5.6 Каким образом изменяются пределы измерения у амперметра и вольтметра?

1.5.7 Почему измерения необходимо производить на конечном участке шкалы?

1.5.8 Как отмечаются нерабочие участки шкалы?

2 Лабораторная работа. Измерение электрического сопротивления (метод сравнения).

2.1 Цель работы: изучить мостовые методы измерения электрического сопротивления и оценить погрешность измерений; методы непосредственной оценки при помощи цифровых приборов.

2.2 Перечень оборудования. В работе используются следующие средства измерении:

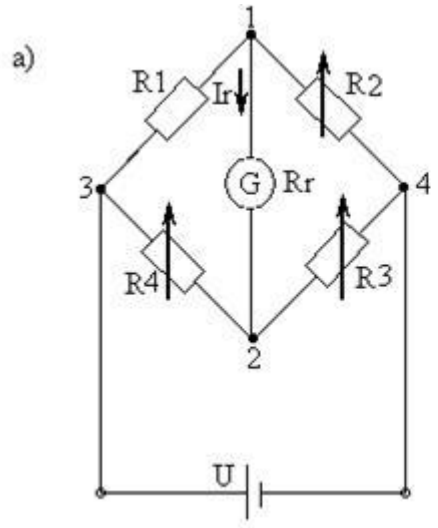
- мост одинарно-двойной;
- магазин сопротивлений;
- образцовые катушки и сопротивления;
- источник постоянного напряжения;
- гальвано-мост с блоком управления.

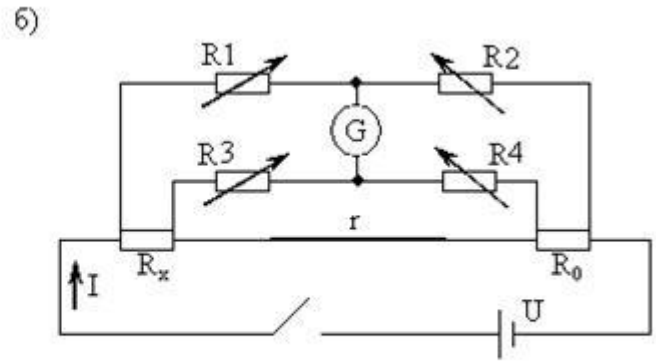
2.3 Задания: Изучить самостоятельно в литературе следующие разделы:

- Мостовые методы измерения.
- Одинарные и двойные мосты постоянного тока.
- Критические режимы работы гальванометра.

(1, Гл.3, с.60 § 11.3).

Необходимо произвести измерение неизвестного сопротивления (три значения) одинарным мостом и одно значение двойным мостом.





а) одинарный б) двойной

Рисунок 2.2 – Схемы измерительных мостов

Произвести обработку результатов, найти погрешности результатов измерений, составить отчет.

2.4 Порядок выполнения работы

2.4.1 Мостовые методы измерения (мост Р3009)

Схемы измерений представлены на стенде. Мост работает при включении тумблера «Сеть 220» на источнике питания. В режиме одинарного моста (МО-2) измеряем сопротивления, заданные преподавателем.

После подключения R_x необходимо параметры моста привести в соответствие с измеряемой величиной. Для этого, пользуясь приведенной на стенде таблицей, установить необходимое сопротивление в плечах отношения М1 и М2, предварительное сопротивление в плече сравнения R. Балансировка моста осуществляется кнопками БУГ (они подсоединены к гальванометру и к мосту). Необходимо точно обеспечить нулевое показание гальванометра путем регулировки декадных сопротивлений R. Кнопки «Грубо» и «Точно» задают чувствительность гальванометра, кнопка «Успокоение» служит для быстрого успокоения стрелки гальванометра при разбалансировке схемы. Первоначально при большой разбалансировке следует пользоваться кнопкой «Грубо». Балансировку моста начинать плавной регулировкой R, начиная со второй старшей декады. После того, как будет обеспечено нулевое показание гальванометра, перейти к более точной балансировке моста при нажатой кнопке «Точно» БУГа.

Результат балансировки (результат измерения) определяется по показаниям установленных декад сопротивления R. Тогда искомое сопротивление находится по формуле:

$$R_x = M1 \cdot M2 \cdot R \quad (1)$$

где R – декадный магазин сопротивление.

Для установки предварительного значения сопротивления служит таблица значений М1, М2 и R. Это позволяет осуществить

предварительную установку измеряемого сопротивления. Например, если установим $R = 1000 = 10^3$, то при М1=1 и М2=10 получим

$$R'_X = 1 \cdot 10 \cdot 100 = 10 \text{ кОм}$$

при М1=1 и М2=1-R_x' =1кОм.

Можно сделать весьма просто. Пусть измеряемое сопротивления 5 кОм. Воспользуемся уравнением (2). Установим М1=М2=1. Тогда при идеальном балансе получим

$$R'_X = 1 \cdot 1 \cdot 5000 = 5000$$

т.е. задействованы все четыре старшие декады R до запятой. Остальные декады (после запятой) позволяют определить значение R_x с более высокой точностью.

Результаты измерения занести в таблицу 2.1.

Погрешность ΔR_x необходимо определять как отклонение от номинального значения, и по ее величине сделать вывод о соответствии классу точности магазина сопротивлений в данных точках.

Таблица 2.1 – Результаты измерения при помощи моста Р3009

Заданное сопротивление	Режим моста	Установленные параметры				Результат	Полученная погрешность измерения $\Delta = R_x - R_x$, Ом
		М1	М2	R, Ом	R_x Ом		

По схеме двойного моста измеряется одно малое сопротивление R_x = 5…10 Ом, набранное на магазине сопротивлений Р33.

Переключатель рода работы необходимо поставить в положение МД-2 и собрать схему. Образцовое сопротивление R_0 выполнено по четырехзажимной схеме соединения. Провод, соединяющий R_x и R_0 должен иметь большое сечение с целью уменьшения погрешности измерения. Питание схемы осуществляется от клемм +5В.

Результат измерения находим по формуле:

$$R_x = M1 \cdot 0.001 \cdot R_0 \cdot R \qquad (2)$$

где R_0 – образцовой сопротивление;

R - декадный магазин сопротивление.

Результат измерения заносится в таблицу 2.1.

2.4.2 Измерение сопротивлений цифровым омметром Щ 4300

В приборе осуществляется преобразование измеряемых величин в пропорциональное им напряжение постоянного тока. Это напряжение измеряется по методу двухконтактного интегрирования.

Для измерения сопротивления необходимо, нажав кнопку «Сеть», установить кнопку N в отжатое состояние, нажать требуемую кнопку переключателя измеряемой величины, нажать кнопку диапазона измерений, соответствующего ожидаемому диапазону измеряемой величины, подключить измеряемый объект ко входу прибора с помощью соединительных проводов к гнездам «*» и «R»/

Объектом измерения служат сопротивления, взятые из пункта 2.4.1.

По результатам измерений необходимо определить погрешность омметра, сделать вывод о соответствии данного средства измерения своему классу точности. В исследуемых точках класс точности равен 0.5/0.3 во всех диапазонах, а в диапазоне до 200 Ом – 1.0/0.5.

2.5 Вопросы для подготовки

2.5.1 Какие методы измерения использованы в одинарно-двойном мосте?

2.5.2 Вывести уравнения баланса моста.

2.5.3 Чем определяются погрешности измерения сопротивления одинарным мостом?

2.5.4 Чем определяются погрешности измерения сопротивления двойным мостом?

2.5.5 Почему при измерении малых сопротивлений следует пользоваться двойным мостом? Что будет, если измерение проводить одинарным мостом?

2.5.6 Как обозначаются классы точности измерительных катушек магазинов сопротивлений, мостов? Какую погрешность они определяют?

3 Лабораторная работа. Измерение физических величин на постоянном токе (ознакомление с измерительным прибором – мультиметром)

3.1 Цель работы: изучить и освоить принципы, способы, методы и средства измерения электрического напряжения, тока, мощности и сопротивления на постоянном токе, освоить метрологические методы обработки и представления результатов измерения. В качестве средства измерения использовать мультиметр.

3.2 Назначение: Мультиметр цифровой GDM-393A является многофункциональным.

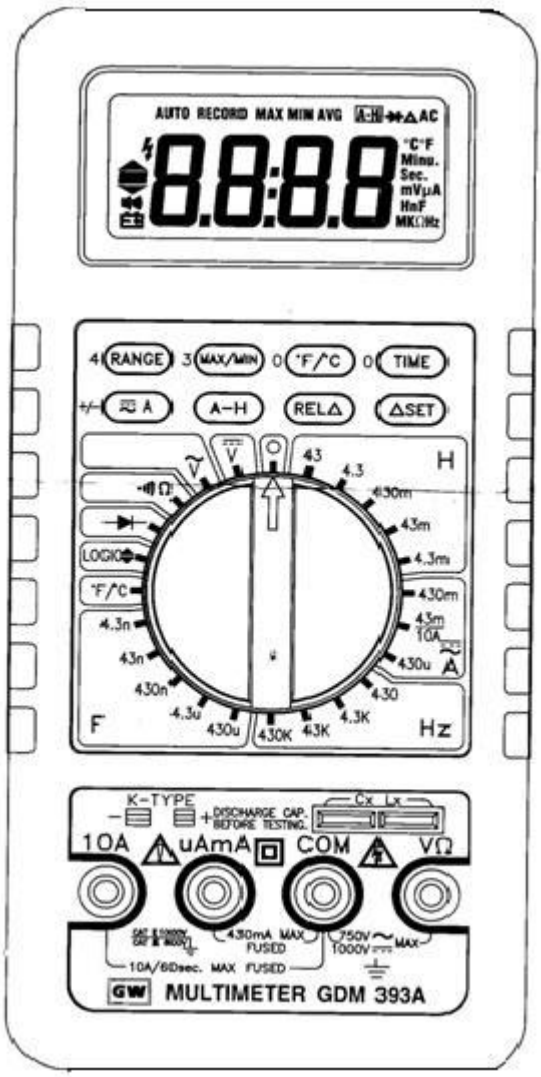


Рисунок 3.1 – Измерительный прибор мультиметр

Функциональные возможности:

Измерение постоянного и переменного напряжения и тока;

1. Измерение ср.кв. значения синусоидального сигнала (RMS);
2. Измерение сопротивления, индуктивности, емкости, частоты, температуры;
3. Испытание p-n переходов;
4. Звуковая прозвонка цепей;
5. Тестирование логических элементов;
6. Цифровая шкала;

7. Автоудержание показаний;

8. Регистрация min/max значений;

9. Вычисление среднего значения;

10. Δ-измерения, задание опорного уровня для Δ-измерений;

11. Таймер длительности измерения;

12. Автоматическая установка нуля;

13. Автоматический выбор предела измерения;

14. Ручной выбор предела измерения;

15. Индикация полярности, индикация превышения предела измерения, индикация опасного напряжения;

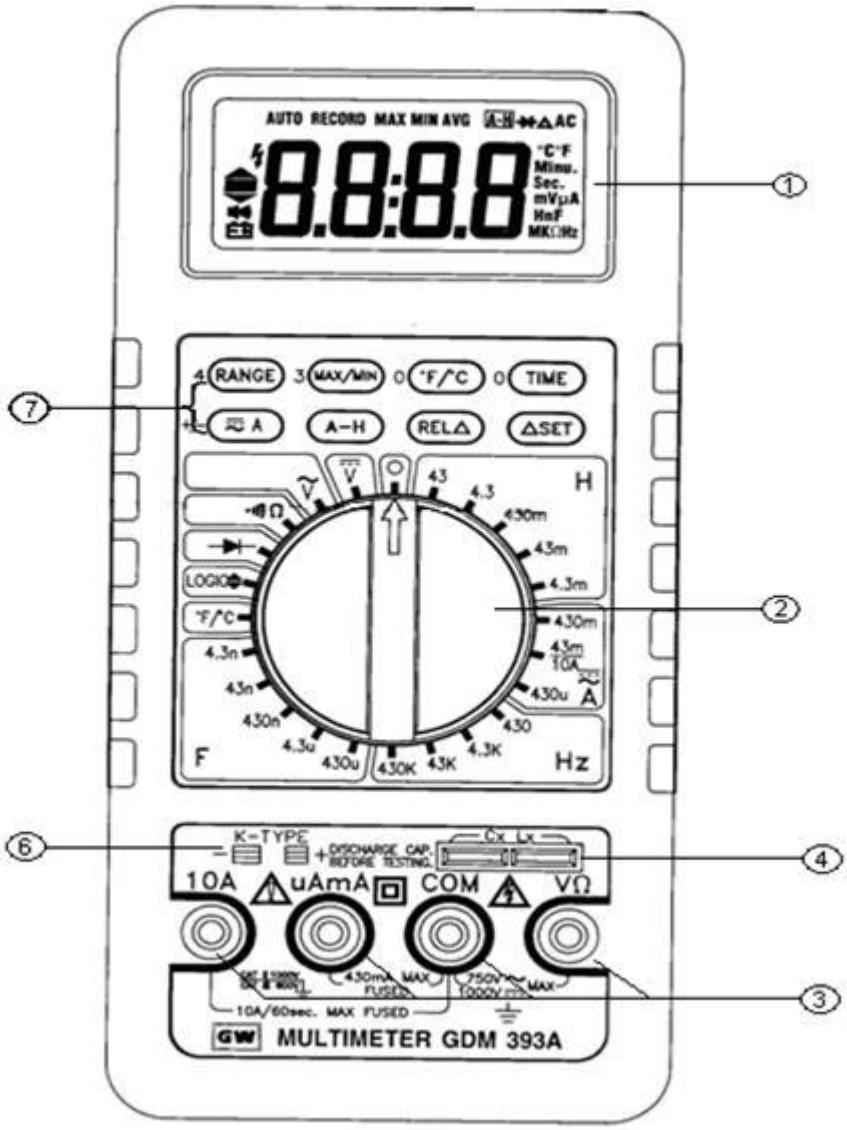
16. Звуковое предупреждение (для защиты токового измерительного входа);

17. Индикация разряда источника питания;

18. Автоматическое выключение питания;

19. Защита измерительного входа;

20. Ударопрочное исполнение, защитный чехол с подставкой.



На рисунке 3.2 показаны органы управления и индикации передней панели:

1 – ЖК дисплей.

2 – Переключатель режимов измерения.

3 – Измерительные гнезда (U, I, R, f).

4 – Гнездо для измерения индуктивности и емкости (L, C).

6 – Гнездо для подключения датчика температуры.

7 – Набор функциональных клавиш.

Переключатель режимов GDM-393A – используется для задания режима и предела измерения.

1 – Индикатор автоматического выбора предела измерения.

2 – Индикатор режима записи в память.

3 – Индикатор режима измерения максимального значения.

4 – Индикатор режима измерения минимального значения.

5 – Индикатор режима усреднения результатов измерения.

6 – Индикатор режима автоматического удержания показания.

7 – Индикатор режима проверки p-n переходов.

8 – Индикатор режима относительных измерений (Δ-измерений).

9 – Индикатор режима измерения переменной составляющей.

10 – Индикаторы режимов индикации встроенного таймера (часы:минуты/минуты:секунды).

11 – Индикаторы единиц измерения.

12 – Цифровая шкала.

13 – Индикатор разряда батареи.

14 – Индикатор режима звуковой прозвонки цепей.

15 – Индикатор полярности.

16 – Индикаторы режима логического тестирования.

17 – Индикатор опасного напряжения на измерительном входе.

Таблица1 - Назначение органов управления и индикации

Название органа управления/индикации	Перевод
Органы управления	
RANGE	Предел измерения
MAX/MIN	Максимальное/минимальное значение

Продолжение таблицы 1

TIME	Текущее время
A-H (auto hold)	Автоматическое удержание результата измерения
REL Δ	Относительные измерения
Δ SET	Задание уровня относительных измерений
H (Henry)	Генри (единица измерения индуктивности)
LOGIC	Тестирование логической схемы
►	Проверка p-n перехода
	Звуковая прозвонка цепи
DUTY (duty factor)	Коэффициент заполнения периода следования импульсов (величина обратная скважности)
h_{FE}	Коэффициент передачи тока транзистора (h_{21})
E B C E	Эмиттер-База-Коллектор-Эмиттер
K-TYPE	Датчик температуры К-типа
O (off)	Выключено
COM (common)	Общий вывод
Органы индикации	
AUTO	Режим автоматического выбора предела
RECORD	Режим записи результатов измерения в память
MAX MIN	Режим измерения максимальных/минимальных значений
AVG (average)	Режим усреднения результатов измерения
A-H (auto hold)	Режим автоматического удержания показаний

Продолжение таблицы 1

AC (alternating current)	Переменный ток
DC (direct current)	Постоянный ток

Таблица 2 – Назначение органов управления и индикации

Орган индикации	Значение	Орган индикации	Значение
N	Нано (10^{-9})	Ω	Ом
μ	Микро (10^{-6})	V	Вольт
M	Мили (10^{-3})	A	Ампер
K	Кило (10^{3})	F	Фарад
M	Мега (10^{6})	Hz	Герц
°F	Градус по Фаренгейту	H	Генри
°C	Градус по Цельсию	Minu./Sec.	Минуты/Секунды

3.3 Оборудование:

Центральный процессор PU-2000;

Печатная плата EB-101;

Мультиметр.

3.4 Порядок выполнения работы:

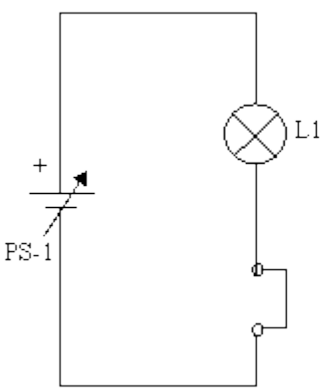
3.4.1 Вставьте печатную плату EB-101 в централь-

ны

й процессор PU-2000.

3.4.2 Установите источник питания PS-1, PS-2 в нулевое значение, то есть поверните ручку регулятора в крайнее положение в направлении против часовой стрелки. Источник питания PS-1, PS-2 будет использоваться для обеспечения напряжения в этой лабораторной работе.

3.4.3 Присоедините источник питания PS-1 к лампочке L1, как показано на рисунке 3.1a.



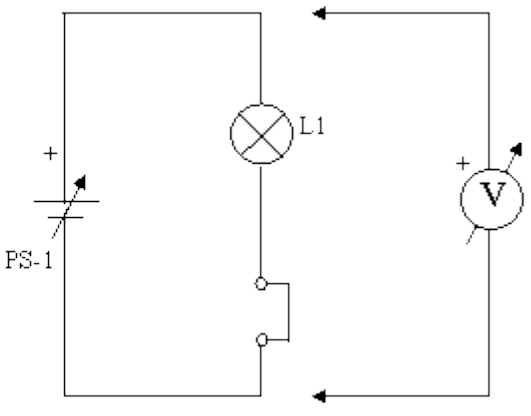


Рисунок – 3.1 а Рисунок – 3.1 б

3.4.4 Поверните регулятор напряжения источника питания PS-1 по часовой стрелке до крайнего положения. Наблюдайте за яркостью свечения лампочки.

3.4.5 Измерение напряжения

3.4.5.1 Мультиметр переключите в режим вольтметра и в положение постоянного тока (DC). Подключите вольтметр параллельно к лампочке L1, как показано на рисунке 3.1б. Измерьте и запишите напряжение на лампе.

Таблица 3 – Измеренные значения напряжений на лампочке

Ручка регулятора напряжения (PS-1)		
Крайнее положение по часовой стрелке	Среднее положение	Крайнее положение против часовой стрелки
$U_{Lмакс.}$	$U_{Lсред.}$	$U_{Lмин.}$
Яркость свечения лампочки		

3.4.5.2 Отсоедините мультиметр от цепи.

3.4.6 Измерение тока

3.4.6.1 Мультиметр переключите в режим амперметра, в положение постоянного тока (DC) и диапазон измерения до 200мА. Подключите амперметр последовательно по цепи на разрыв к лампочке L1, как показано на рисунке 2. Измерьте и запишите ток, текущий через лампу.

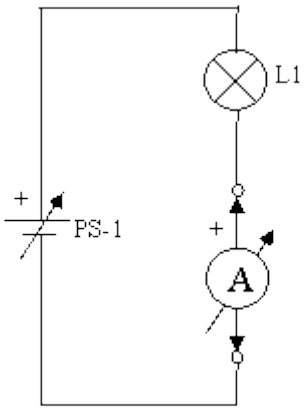


Рисунок 2 – Последовательное подключение амперметра к лампочке

Таблица 4 - Измеренные значения токов на лампочке

Ручка регулятора напряжения (PS-1)		
Крайнее положение по часовой стрелке	Среднее положение	Крайнее положение против часовой стрелки
$I_{Lмакс.}$	$I_{Lсред.}$	$I_{Lмин.}$
Яркость свечения лампочки		

3.4.6.2 Отсоедините мультиметр от цепи.

3.4.7 Измерение сопротивления

3.4.7.1 Мультиметр переключите в режим омметра, и диапазон измерения до 200Ом. Подключите омметр параллельно к лампочке L1, как показано на рисунке 3. Измерьте и запишите значения сопротивления.

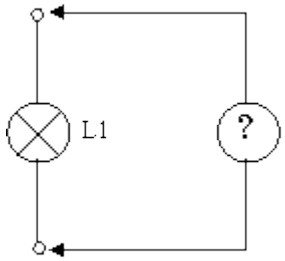


Рисунок 3 – Измерение сопротивления

3.4.8 Измерение мощности, выделяемой на сопротивлении.

Мощность, выделяемая на сопротивлении, представляет собой произведение величин тока и напряжения. Мощность обычно измеряется в ваттах (Вт). Существуют три основных уравнения для определения мощности:

$$P = U \cdot I$$

С помощью алгебраических преобразований мы можем комбинировать уравнения закона Ома, образуя уравнения, которые связывают мощность с величиной сопротивления.

$$P = I^2 \cdot R$$

$$P = \frac{U^2}{R}.$$

Яркость свечения лампочки определяется, главным образом, мощностью, которая преобразуется в лампочке, в световую мощность из электрической. В данном эксперименте Вы будете показывать, что мощность определяется умножением величин тока на напряжение. Вы будете использовать две лампочки с различным сопротивлением и сравнивать их яркость. Когда выделяемая на них мощность одинакова, они будут иметь одинаковую яркость.

3.4.9 Переведите оба источника питания в положение, соответствующее напряжению равному 0 вольт. Соберите цепь, показанную на рисунке 4.

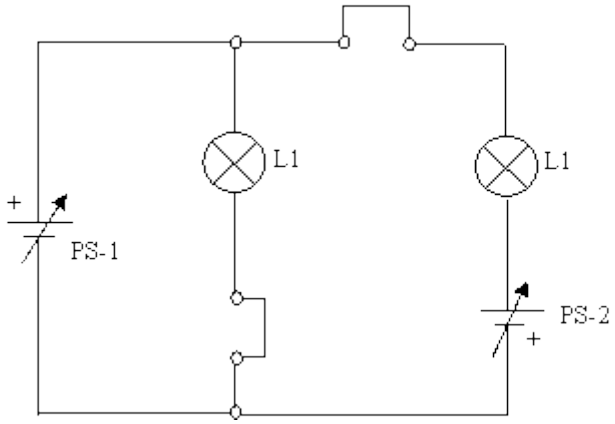


Рисунок 4 – Измерения напряжения и тока

3.4.9.1 Увеличивайте напряжение источника питания PS-1 до тех пор, пока лампочка L1 не начнет светиться. Измерьте напряжение на лампочке L1, а затем ток, протекающий через лампочку L1. Запишите эти значения в таблицу.

Таблица 5 – Измеренные значения напряжений и токов

Лампа, L1		
U, В	I, мА	P, Вт

3.4.9.2 Теперь увеличьте напряжение источника питания PS-2 только до тех пор, пока лампочка не начнет накаливаться до той же самой яркости, что и яркость лампочки L1. Измерьте напряжение на лампочке L2 и значения тока, проходящего через нее. Значения запишите в таблицу.

Таблица 6 - Измеренные значения напряжений и токов

Лампа, L2		
U, В	I, мА	P, Вт

3.4.9.3 Увеличивайте напряжение на лампочке L1 шаговым методом, как показано в таблице , регулируя (подстраивая) напряжение на лампочке L2 для того, чтобы обеспечить такую же яркость, что и яркость лампочки L1. Для каждого шага запишите значение тока через лампочки L1 и 2 и напряжение на них. Запишите все измеренные величины в таблицу.

Таблица 7 - Измеренные значения напряжений и токов для каждого шага

Лампа, L1			Лампа, L2		
U, В	I, мА	P, Вт	U, В	I, мА	P, Вт
5					
6					
7					
8					
9					
10					

3.4.9.4 Возвратите оба источника питания в положение, соответствующее напряжению 0 вольт и разомкните цепь.

3.4.9.5 Используя формулы, рассчитайте мощность для каждого значения напряжения, для обеих лампочек.

3.5 Контрольные вопросы:

3.5.1 Классы точности средств измерения. Определение, назначение способы выражения.

3.5.2 Определите понятия основной и дополнительной погрешности средств измерений. Как эти погрешности связаны со значениями влияющих величин?

3.5.3 Как задается класс точности омметра? Почему? Как найти абсолютную погрешность измеряемого сопротивления?

3.5.4 Какие измерения называются косвенными? Как определяется абсолютная и относительная погрешности косвенных измерений?

3.5.5 Принцип работы омметра с магнитоэлектрическим измерительным прибором. Последовательная и параллельная схема. Уравнение шкалы.

3.5.6 Что такое приведенная погрешность, как она находится? Какое значение она имеет для средств измерения?

3.5.7 Расскажите о преимуществах и недостатках прибора магнитоэлектрической системы. Приведите уравнение шкалы.

3.5.8 Класс точности прибора определен цифровой в кружочке. Что он характеризует и какой погрешностью определяется?

4 Лабораторная работа. Измерения при помощи электронного осциллографа

4.1 Цель работы: Изучить устройство и принцип работы универсального электронного осциллографа (ЭЛО), произвести измерения типовых параметров различных электрических сигналов.

4.2 Перечень оборудования: В работе на различных этапах выполнения используется следующее оборудование: универсальный электронный осциллограф, генераторы измерительных сигналов, измерительные приспособления.

4.3 Задание: Изучить самостоятельно в литературе разделы об универсальных электронных осциллографах и генераторах измерительных сигналов [1, Гл.5, §§ 5.1-5.5].

Измерить амплитудные и временные параметры синусоидального, прямоугольного, треугольного периодических сигналов. Измерить фазовый сдвиг двух сигналов. Оценить погрешности измерения. Составить отчет, используя пакет Electronic Workbench 5.12.

4.4 Методические указания. Описание органов управления, включение и проверка работоспособности ЭЛО приведены в отдельном описании, которое будет дано преподавателем перед началом работы.

4.5 Порядок выполнения работы

4.5.1 Измерение параметров синусоидального сигнала

Напряжение синусоидального сигнала снимаем с клемм фазовращателя на стенде и подаем на вход I ЭЛО.

При помощи элементов управления ЭЛО следует получить устойчивую осциллограмму в 1-3 периода (рисунок 7.1). Измерив с помощью масштабной сетки амплитудные значения сигнала вверх $L_{вв}$ и вниз $L_{вн}$ от линии развёртки, получим напряжение сигнала

$$U_X = \frac{(L_{вв} + L_{вн}) \cdot K_U}{2} \quad (1)$$

где K_u – отсчет по наружной ручке переключателя коэффициента отклонения U/ДЕЛ;

$L_{вв}$ – амплитудные значения сигнала вверх;

$L_{вн}$ - амплитудные значения сигнала вниз.

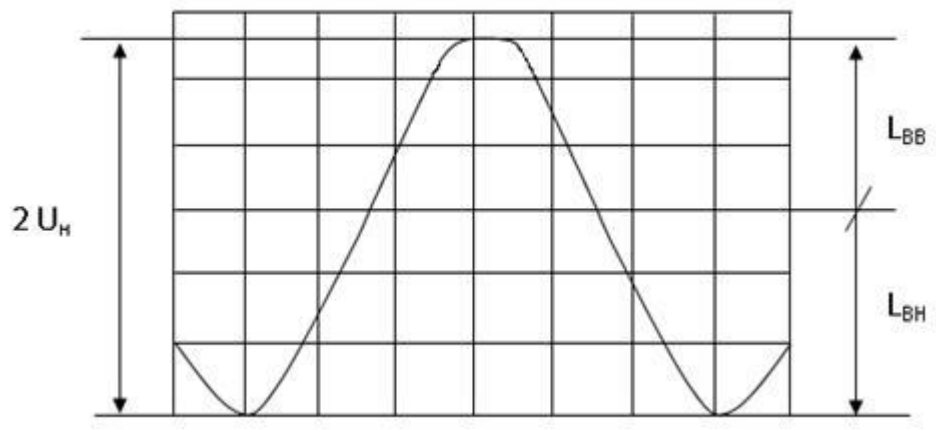


Рисунок 4.1 – Измерение полного размаха переменного напряжения.

Максимум расположен на градуированной вертикальной линии.

Чтобы найти период T_x, надо измерить расстояние L_x (рисунок 7.2) по линии развёртки между точками перехода синусоиды через ноль, либо между максимумами, тогда

$$T_X = L_X \cdot K_B \cdot K_X \quad (2)$$

где L_x – горизонтальное расстояние;

$K_в$ – отсчет по наружной ручке переключателя коэффициентов развертки ВРЕМЯ/ДЕЛ;

K_x – коэффициент растяжки.

Частоту находим по известной формуле $F_x = 1/T_x$.

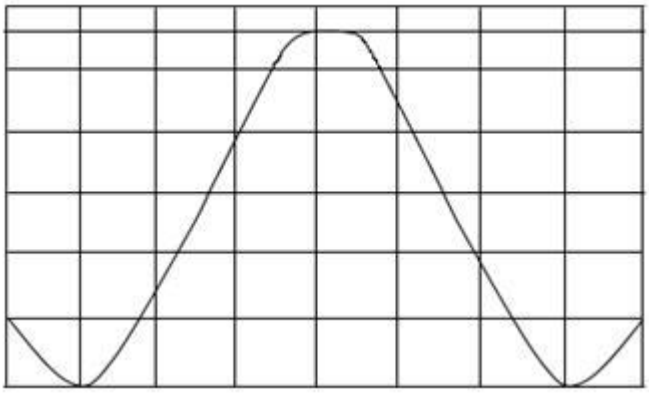


Рисунок 4.2 – Измерение длительности и частоты.

4.5.2 Измерение параметров треугольного сигнала

Напряжение треугольного напряжения снимаем с выхода ГИС специальной формы. Амплитудное значение напряжения U_m и периода Т находим в соответствии с п. 7.5.1.

Измерение времени нарастания основано на том же методе, что и измерение длительности времени. Основная разница только в точках, между которыми производится измерение. Ниже приводится методика измерения времени нарастания между точками импульса на уровне 0,1 и 0,9 (рисунок 7.3).

Время спада можно измерить аналогичным образом на заднем фронте импульса, использовав временную растяжку заднего фронта.

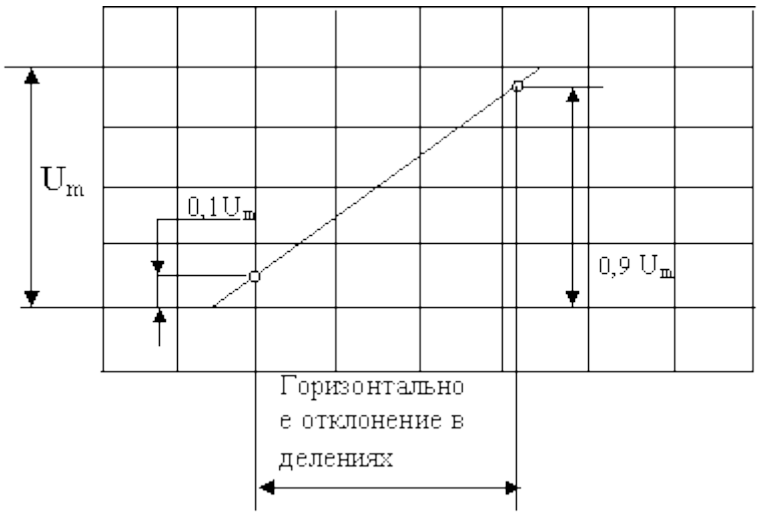


Рисунок 4.3 – Измерение времени нарастания.

4.5.3 Измерение угла сдвига фаз между двумя сигналами

Первый метод:

Напряжения $U_{вх}$ (U_1) и $U_{вых}$ (U_2) подаем на оба входа ЭЛО с фазовращателя, при одинаковых положениях K_u. Сигнал $U_{вх}$ принимаем за опорный и подаем на вход I. Сигнал $U_{вых}$ подаем на вход II. Должны быть получены 1-2 периода обоих сигналов. Устойчивость их обеспечивается синхронизацией. Фаза этих сигналов регулируется сопротивлением R_1.

Необходимо измерить длину L_T (ac) периода основного сигнала и длину $L_ф$ (ab), соответствующую фазовому сдвигу (рисунок 4.4). Тогда

$$\varphi = \left(\frac{L_Ф}{L_T} \right) \cdot 360 .$$

(3)

Второй метод:

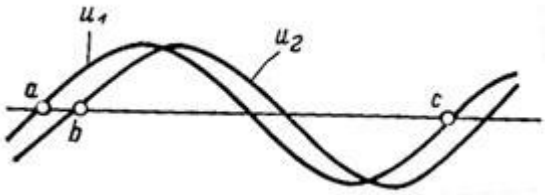
Не меняя положения Ku, Kв и сопротивления R1, переводим ЭЛО в режим синусоидальной развертки. На экране будем наблюдать фигуру – эллипс (рисунок 4.5). Его при помощи ручек смещения по оси X и Y следует расположить в центре экрана. Для этих целей отключаем канал I (режим ⊥) и горизонтальную линию совмещаем с серединой экрана по оси Y. Затем, наоборот, отключаем канал II, и вертикальную линию совмещаем с серединой экрана по оси X. Порядок измерения параметров эллипса и

фазового сдвига представлен на рисунке 7.5, из которого можно определить фазовый сдвиг

$$\varphi = \arcsin \frac{2u_x}{2U_x};$$

$$\varphi = \arcsin \frac{2u_y}{2U_y}.$$

(4)



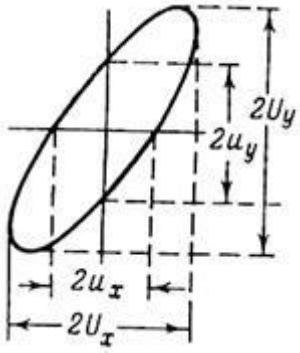


Рисунок 4.4 – Измерение фазы методом осциллограммы

Рисунок 4.5 – Измерение фазы методом эллипса.

Для получения большей точности измерения необходимо добиваться равенства расстояний 2Ux и 2Uy.

Недостаток данного метода заключается в малой точности измерения угла φ, зависящей от его величины, а также от фазового сдвига, получающегося в усилителях вертикального и горизонтального отклонения осциллографа. Источниками погрешностей измерения φ является также присутствие высших гармоник в исследуемых напряжениях и конечная толщина (не менее 1 мм) светящейся линии эллипса. При измерении фазового угла, близкого к 0 или 180^0, погрешность измерения достигает $2 – 3^0$, а если φ

близко к 90 или 270^0 – порядка 10^0. К недостаткам метода эллипса следует отнести также двузначность результата измерения, так как он не определяет знак угла.

4.6 Вопросы для подготовки.

4.6.1 Как устроен электронно-лучевой прибор? (трубка).

4.6.2 Как обеспечивается управление электронным лучом при отсутствии входных сигналов?

4.6.3 Объясните устройство входных аттенюаторов.

4.6.4 Какие требования должны быть предъявлены к линейной непрерывной и ждущей развертке?

5 Лабораторная работа. Потенциометр. Источник напряжения.

5.1 Цель работы*:*

Использовать потенциометр в качестве делителя напряжения.

5.2 Оборудование*:*

Центральный процессор PU-2000;

Печатная плата EB-102;

Мультиметр.

5.3 Введение

Потенциометр сконструирован таким образом, как это показано на рисунке 1. Подвижный контакт изменяет связь по отношению к центру резистора и обусловливает изменение значений двух сопротивлений, несмотря на то, что всегда поддерживается неизменным общее сопротивление.

Эта цепь образует делитель напряжения, в котором общее сопротивление является постоянным, а выходное сопротивление изменяется в зависимости от положения ползунка скользящего контакта потенциометра.

Если общее сопротивление равняется R и сопротивление, через которое измеряется выход, равно n*R, тогда выходное напряжение U выхода определяется следующей формулой:

$$U_{вых.} = n \cdot U_{вх.}.$$

Источник напряжения, такой как блок питания или аккумулятор, может быть представлен равным идеальному источнику напряжения, соединенному последовательно с малым сопротивлением. В этой работе Вы будете измерять характеристику нагрузки и рассчитывать внутреннее сопротивление и напряжение источника питания.

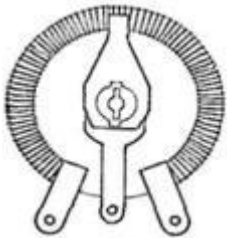


Рисунок 5.1 – 1 движущийся контакт (скользящий контакт), 2 элемент сопротивления

5.4 Порядок выполнения работы*:*

5.4.1 Вставьте печатную плату EB-102 в центральный процессор PU-2000.

5.4.2 Измерьте и запишите общее сопротивление потенциометра R(общее) =

5.4.3 Установите потенциометр на 20%, 40%, 60%, 80% и 100% от общего поворота против часовой стрелки и измерьте величину сопротивления между скользящим контактом и землей (источник питания должен каждый раз отключаться). Результаты занесите в таблицу.

5.4.4 Подключите источник питания PS-1 к потенциометру, как это показано на рисунке 2, а затем установите на входе напряжение равное 6В.

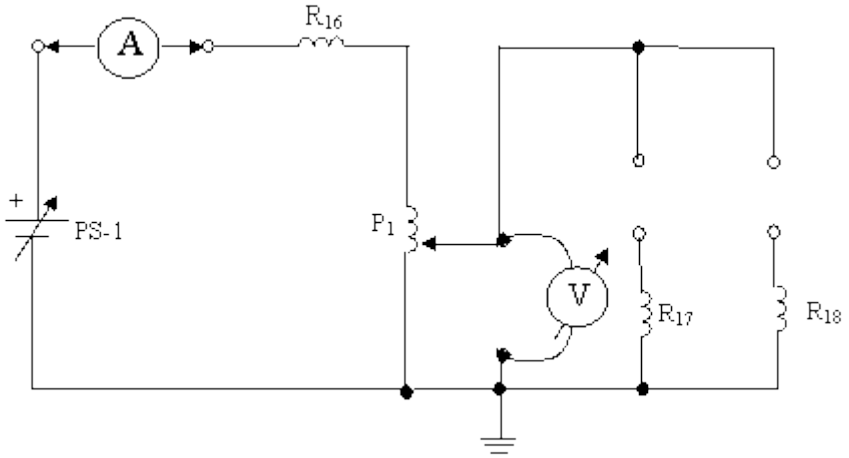


Рисунок 5.1 – Подключения питания к потенциометру

5.4.5 Измерьте выходное напряжение между скользящим контактом и землей. Результаты занесите в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты эксперимента

Поворот	Соп-е % от общего R	$U_{вых}$, без нагрузки	$U_{вых}$, с R_{17}	$U_{вых}$, с R_{18}
20%				
40%				
60%				
80%				
100%				

5.4.6 Подключите R_{17} к скользящему контакту P_1 и повторите измерения значений выходного напряжения, полученные результаты занесите в таблицу.

5.4.7 Замените R_{17} в цепи на R_{18} и повторите измерения напряжения, занося полученные Вами результаты в таблицу.

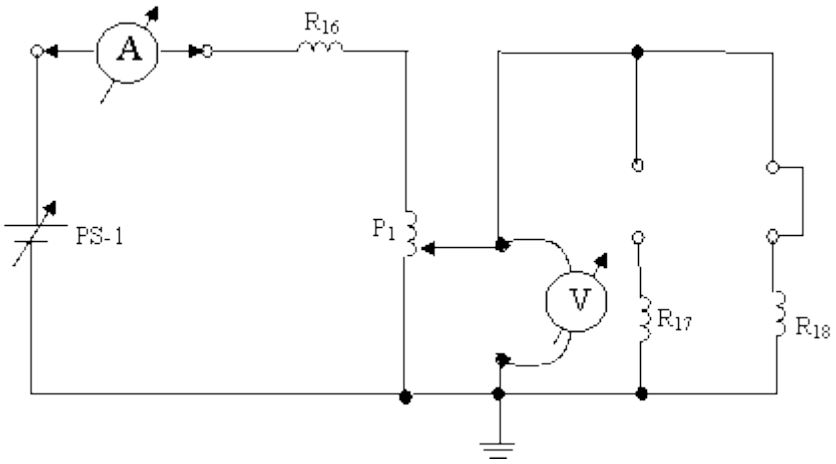


Рисунок 5.2 - Измерение выходного напряжения между скользящим контактом и землей

5.4.8 Начертите график зависимости измеренных значений $U_{вых.} = f(\text{поворота}(\%))$.

Источник напряжения

5.4.9 Соберите схему показанного на рисунке 5.3 а.

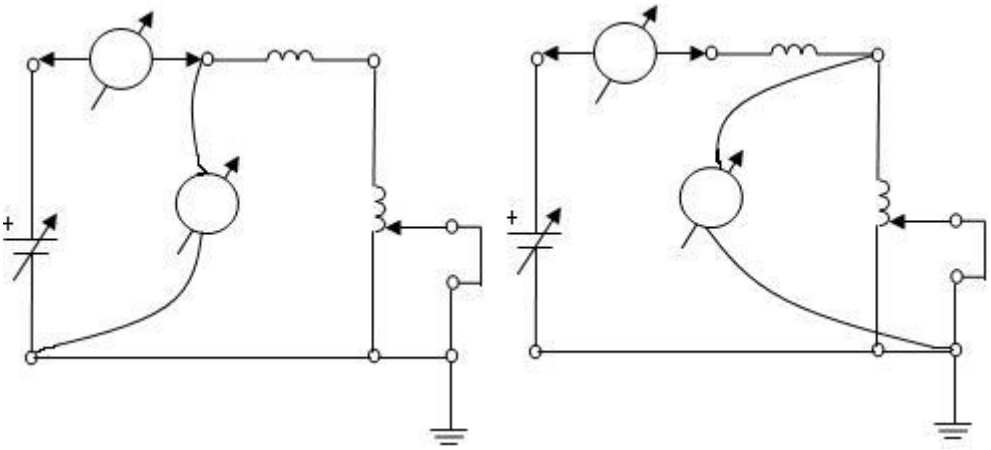


Рисунок 5.3 а – Подключение скользящего контакта

Рисунок 5.3б – Подключение сопротивления

Подключите скользящий контакт потенциометра к его нижнему концу как это показано на рисунке 5.б, образуя резистор переменного

сопротивления. Потенциометр подключается как реостат и его последовательно соединенная комбинация с резистором R_{16} служит в качестве нагрузки для источника питания.

5.4.10 Установите источник питания PS-1 на напряжение равное 5 В.

5.4.11 Измерьте и запишите в таблицу (для нагрузки равной сумме R_{16} и P_1) значения тока и напряжения в цепи для различных регулировок нагрузки потенциометра. Для каждой регулировки рассчитайте сопротивление нагрузки с помощью закона Ома. Замените короткозамыкающую перемычку, установленную последовательно с резистором R_{16} на миллиамперметр при измерении выходного тока.

Таблица 2 – Результаты эксперимента

Поворот	I, мА	$U_{вых}$, В		$R_н$, Ом	
	P_1+ R_{16}	P_1+ R_{16}		P_1+ R_{16}	P_1
0%					
20%					
40%					
60%					
80%					
100%					

5.4.12 Соберите цепь, показанную на рисунке 3б. Потенциометр служит в качестве переменной нагрузки для источника питания. Резистор R_{16} , соединенный последовательно с PS-1, представляет собой эквивалент Тевенина для сопротивления источника.

5.4.13 Повторите пункт 12 для нагрузки P_1. Запишите полученные Вами результаты в таблицу.

5.4.14 Начертите графики $U_{вых} = f(I_{вых})$ для нагрузки равной сумме P_1+ R_{16} и для нагрузки равной P_1.

5.5 Наблюдения и анализы:

5.5.1 Проанализируйте построенные Вами графики, объясните различие кривых, полученных для различных нагрузок потенциометра.

5.5.2 Потенциометр очень часто используется для регулирования мощности радиоаппаратуры. Объясните принцип работы потенциометра.

5.5.3 Используя графики $U_{вых.} = f(I_{вых.})$ определите, насколько выходное напряжение понижается, когда ток возрастает от своего минимального значения до максимальной величины.

5.5.4 Рассчитайте $R_н$ используя формулу для обоих случаев конфигурации цепи

$$R_{н} = \frac{\text{уменьшение} U_{\text{вых.}}}{\text{увеличение} I_{\text{вых.}}}$$

5.5.5 Рассчитайте стабилизацию выходного напряжения для обоих случаев конфигурации цепи

$$U_{\text{вых.}} = \frac{U_{\text{вых.мин.ток}} - U_{\text{вых.макс.ток}}}{U_{\text{вых.мин.ток}}} \cdot 100\%$$

5.6 Контрольные вопросы

5.6.1 Хорошей или плохой является стабилизация, обнаруженная в пункте 5 для типичных источников питания? Сравните конфигурацию обеих цепей и объясните.

5.6.2 Виды измерения и методы измерения

5.6.3 Почему потенциометр измеряет э.д.с., а вольтметр напряжение?

5.6.4 Выводите формулу для делителя напряжения в общем виде.

6 Лабораторная работа. Делители напряжения и тока

6.1 Цель работы*:*

Ознакомиться с принципом работы делителя напряжения и тока. Рассчитать значения напряжения используя правило деления напряжения и тока и подтвердить правило (принцип) деления напряжения посредством измерений. Отыскивать и устранять повреждение делителей напряжения и тока.

6.2 Оборудование:

Центральный процессор PU-2000;

Печатная плата EB-101;

Мультиметр.

6.3 Введение

Делитель напряжения представляет собой сеть сопротивлений, которую используют для уменьшения входного напряжения до более низких

значений. Формула для расчета выходного напряжения представляет собой

$$U_{\text{вых.}} = \left(\frac{\text{сопризмвыход}}{\text{общ.сопрцепи}} \right) \cdot U_{\text{выход}}$$

6.4 Порядок выполнения работы:

6.4.1 Делители напряжения

6.4.1.1 Вставьте печатную плату EB-101 в центральный процессор PU-2000.

6.4.1.2 Установите оба источника питания на напряжение 0 вольт. Соедините резисторы R_7 и R_8 как делитель напряжения, как показано на рисунке 1.

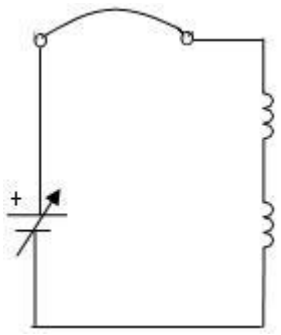


Рисунок 6.1 – Соединение резисторов R_7 и R_8

6.4.1.3 Замерьте значения сопротивления R_7 и R_8.

6.4.1.4 Установите источник питания PS-1 на напряжение 7.5В. Используйте мультиметр для измерения напряжения от источника питания и напряжения на резисторе R_8. Запишите оба показания.

$U_{\text{входа}}$ =

U_{R8} =

6.4.1.5 Используя формулу для делителя напряжения, рассчитайте теоретически выходное напряжение, применяя R_8 для выходного сопротивления и $R_7 + R_8$ для общего сопротивления.

$$\mathbf{U}_{\text{расчвых.напр.}} = \frac{\mathbf{R}_8}{\mathbf{R}_7 + \mathbf{R}_8}\mathbf{U}_{\text{входа}} \quad (1)$$

6.4.1.6 Вновь установите источник питания на напряжение 0В и разорвите цепь.

6.4.1.7 Соберите цепь, как показано на рисунке 2, образуя делитель напряжения, включающего 4 резистора

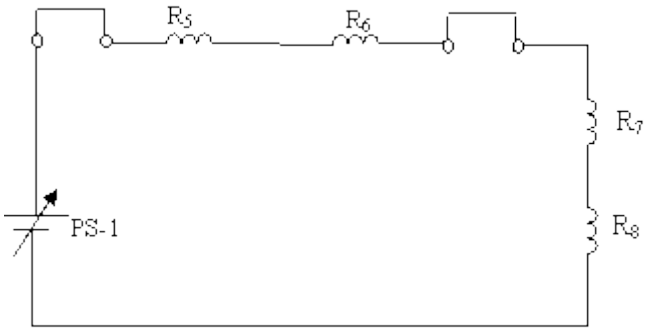


Рисунок 6.2 – Схема образующего делителя напряжения

.

6.4.1.8 Замерьте значения сопротивления R_5 и R_6.

6.4.1.9 Отрегулируйте источник питания PS-1 на значение 8В, замерьте и запишите выходное напряжение делителя напряжения на R_8.

$U_{входа}$ =

U_{R8} =

6.4.1.10 Рассчитайте выходное значение делителя напряжения, используя формулу делителя напряжения

$$\mathbf{U}_{\text{расчвыхнапр.}} = \frac{\mathbf{R}_8}{\mathbf{R}_7 + \mathbf{R}_8 + \mathbf{R}_6 + \mathbf{R}_5} \cdot \mathbf{U}_{\text{входа}} \quad (2)$$

6.4.1.11 Установите источник питания на напряжение 0В и разомкните цепь.

6.5 Делители тока

Делитель тока представляет собой сеть сопротивлений, которая уменьшает входной ток до более низкого значения. Формула для расчета выходного значения представляет собой:

$$I_{вых} = \frac{проводимость, в\ которой\ измеряется\ выходное\ значение}{общая\ проводимость\ параллельной\ цепи} I_{вх}$$

(3)

6.5.1 Установите источник питания на напряжение 0В и подключите сеть делителя тока, включающего 3 резистора, представленного на рисунке . Установите источник питания PS-1 на напряжение 10В.

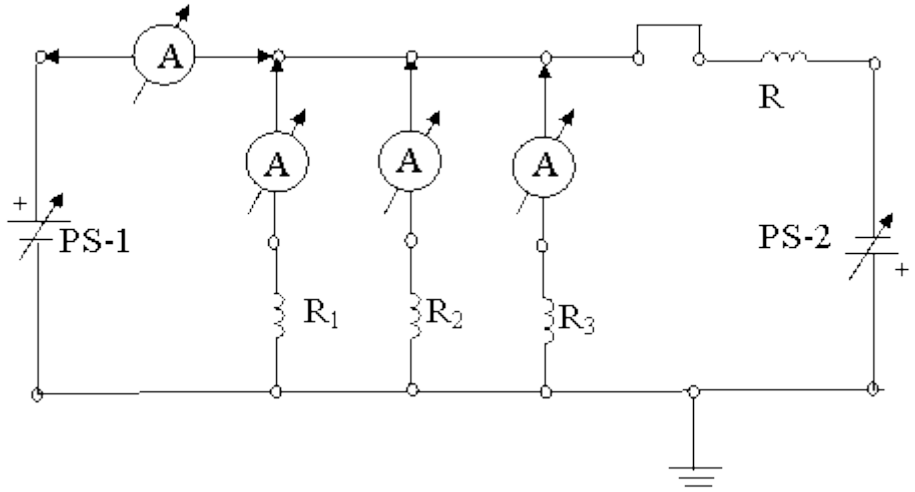


Рисунок 6.2 – Схема образующего делителя тока

6.5.2 Замерьте значения сопротивления R_1, R_2 и R_3.

6.5.3 Рассчитайте проводимости R_1, R_2 и R_3. Затем суммируйте их для получения общей проводимости сети:

G_1=

G_2=

G_3=

$$G_{общ} = G_1 + G_2 + G_3 \ldots$$

6.5.4 Измерьте входной ток и запишите $I_{вх}$=

6.5.5 Используя формулу, рассчитайте выходной ток в R_1, R_2 и R_3:

$$I_{вых} = \frac{G_1}{G_{общ}} I_{вх} \quad (4)$$

6.5.6 Подтвердите расчеты посредством измерения токов во всех трех сопротивлениях, вновь установите источник питания PS-1 на напряжение 0В и разомкните цепь.

6.6 Наблюдения и анализы:

6.6.1 Совпадают ли рассчитанные и измеренные значения выходного напряжения, определенные в пунктах 5, 10 и 16. Прокомментируйте полученную точность.

6.7 Контрольные вопросы

6.7.1 Для чего предназначены делители напряжения?

6.7.2 Не выше каких частот можно применять резистивные делители напряжения?

6.7.3 Объясните схемы делителей напряжения и делителей тока.

6.7.4 Какие виды бывают делителей напряжения?

6.7.5 Схемы видов делителей напряжения.

Список литературы

1. Кушнир Ф.В. Электрорадиоизмерения; учебн. Издание для ВУЗов. Л. Энергоатомиздат. 1983. – 318с.

2. Атамалян Э.Г. Приборы и методы измерения электрических величин. – М.: Высшая школа, 1989. – 383с.

3. Г.Г Раннев, В.А. Сурогина, В.И. Калашников.: учебник для студ. ВУЗ. М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 512с.