

**ЧАСТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ГАЗПРОМ ТЕХНИКУМ НОВЫЙ УРЕНГОЙ»**

Сборник методических указаний
для студентов
по выполнению лабораторных работ
по учебной дисциплине
ОП.09 «Электротехнические измерения»
профессионального цикла
программы подготовки специалистов среднего звена
15.02.07 Автоматизация технологических процессов и производств (по
отраслям)

~~Методические~~ указания для выполнения лабораторных работ разработаны в соответствии рабочей программой учебной дисциплины «Электротехнические измерения» на основе ФГОС СПО по специальности 15.02.07 «Автоматизация технологических процессов и производств» и содержат требования по подготовке, выполнению и оформлению результатов лабораторных работ.

Методические указания по выполнению лабораторных работ адресованы студентам очной формы обучения.

РАЗРАБОТЧИК:

Ирина Александровна Петунина, преподаватель

Данные методические указания
являются собственностью

© ЧПОУ «Газпром Техникум Новый Уренгой»

Рассмотрена на заседании кафедры электротехнических
специальностей и рекомендована к применению

Протокол № 5 от «18» сентября 2017г.

Заведующий кафедрой

Константинова Е.Г. Константинова

Зарегистрирована в реестре учебно-программной
документации.

Регистрационный номер 460 МУ (Л.Р.) ОП.01.09. КЭТС. 001-17.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 Правила поведения и техника безопасности при проведении лабораторных работ	8
2 Первая помощь при несчастных случаях.....	9
3 Порядок выполнения лабораторных работ.....	10
4 Защита лабораторной работы.....	10
5 Требования к оформлению отчетов по лабораторным/практическим работам.....	11
6 Критерии оценки лабораторной работы	14
7 Лабораторные работы	15
Лабораторная работа № 1: «Поверка амперметра и вольтметра»	16
Лабораторная работа № 2: «Расширение пределов измерения амперметра и вольтметра»	21
Лабораторная работа № 3: «Измерение сопротивлений мостом постоянного тока»	29
Лабораторная работа № 4: «Измерение напряжений компенсатором постоянного тока»	35
Лабораторная работа № 5: «Измерение электрических величин электронным осциллографом»	41
Лабораторная работа № 6: «Измерение электрических величин комбинированным прибором»	51
Лабораторная работа № 7: «Измерение тока и мощности с использованием измерительных трансформаторов тока»	58
Лабораторная работа № 8: «Измерение мощности в трехфазной цепи двухэлементным ваттметром»	65
Лабораторная работа №9: «Поверка измерительных трансформаторов тока»	71
Лабораторная работа № 10: «Учет электрической энергии в однофазных цепях»	77
Лабораторная работа № 11: «Измерение коэффициента мощности и угла сдвига фаз»	83
Лабораторная работа № 12: «Измерение частоты переменного тока с помощью электронно-лучевого осциллографа»	90
Лабораторная работа № 13: «Измерение сопротивлений методом амперметра и вольтметра»	99
Лабораторная работа № 14: «Исследование формы сигналов при помощи электронного осциллографа»	106
Лабораторная работа № 15: «Измерение магнитной индукции с использованием эффекта Холла»	112
ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ	118

ВВЕДЕНИЕ

Уважаемый студент!

Методические указания по дисциплине «Электротехнические измерения» для выполнения лабораторных работ созданы Вам в помощь для работы на занятиях, подготовки к лабораторным работам, правильного составления отчетов.

Приступая к выполнению лабораторной работы, Вы должны внимательно прочитать цель занятия, ознакомиться с требованиями к уровню Вашей подготовки в соответствии с федеральными государственными стандартами третьего поколения (ФГОС-3), краткими теоретическими и учебно-методическими материалами по теме лабораторной работы, ответить на вопросы для закрепления теоретического материала.

Все задания к лабораторной работе Вы должны выполнять в соответствии с инструкцией, анализировать полученные в ходе занятия результаты по приведенной методике.

Отчет о лабораторной работе Вы должны выполнить по приведенному алгоритму, опираясь на образец.

Наличие положительной оценки по лабораторным работам необходимо для получения зачета по дисциплине и допуска к экзамену, поэтому в случае отсутствия на уроке по любой причине или получения неудовлетворительной оценки за лабораторную работу Вы должны найти время для ее выполнения или пересдачи.

Выполнение лабораторных работ направлено на достижение следующих **целей** -

- обобщение, систематизация, углубление, закрепление полученных теоретических знаний;
- формирование умений, получение первоначального практического опыта по выполнению профессиональных задач в соответствии с требованиями к результатам освоения дисциплины. Освоенные на лабораторных занятиях умения в совокупности с усвоенными знаниями и полученным практическим

опытом при прохождении учебной и производственной практики формируют профессиональные компетенции;

- совершенствование умений применять полученные знания на практике, реализация единства интеллектуальной и практической деятельности;

- выработка при решении поставленных задач таких профессионально значимых качеств, как творческая инициатива, самостоятельность, ответственность, способность работать в команде и брать на себя ответственность за работу всех членов команды, способность к саморазвитию и самореализации, которые соответствуют общим компетенциям, перечисленным в ФГОС СПО.

Предусмотрено проведение 16 лабораторных работ для очной формы обучения.

Образовательные результаты, подлежащие проверке в ходе выполнения лабораторных работ:

в совокупности лабораторные работы по учебной дисциплине «Электротехнические измерения» охватывают весь круг умений и знаний, перечисленных в рабочей программе УД «Электрические измерения» и во ФГОС СПО по специальности 15.02.07 «Автоматизация технологических процессов и производств». Выполнение лабораторных работ направлено на формирование общих компетенций и профессиональных компетенций:

ПК 1.1 Проводить анализ работоспособности измерительных приборов и средств автоматизации.

ПК 1.2 Диагностировать измерительные приборы и средства автоматического управления.

ПК 1.3 Производить поверку измерительных приборов и средств автоматизации.

ОК1 Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК2 Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые

методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их

эффективность и качество.

- ОК3 Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.
- ОК4 Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.
- ОК5 Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.
- ОК6 Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.
- ОК7 Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий.
- ОК8 Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.
- ОК9 Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

умения:

- У.в 1 пользоваться контрольно-испытательной и измерительной аппаратурой
- У.в 2 составлять измерительные схемы
- У.в 3 подбирать по справочным материалам измерительные средства и измерять с заданной точностью физические величины

знания:

- Зн.в 1 основные понятия об измерениях

Внимание! Если в процессе подготовки к лабораторным работам или при решении задач у Вас возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удастся, необходимо обратиться к преподавателю для получения разъяснений или указаний в дни проведения дополнительных занятий. Время проведения дополнительных занятий можно узнать в открытом информационном пространстве Техникума.

Желаем Вам успехов!!!

1 Правила поведения и техника безопасности при проведении лабораторных работ

Перед началом выполнения лабораторной работы студент обязан:

- Пройти инструктаж по технике безопасности
- Изучить описание этой работы, подготовить схемы экспериментов.
- Выполнять работу на одном стенде группой из трех человек одновременно.
- Приступать к выполнению работы только с разрешения преподавателя.
- Проверить наличие надежного соединения корпуса стенда с заземляющим устройством.
- Убедиться, что стенд обесточен: все выключатели, автоматы, рубильники находятся в положении «выключено».
- Обратит особое внимание на исправность изоляции соединительных проводов.

Во время выполнения лабораторной работы студент обязан:

- Выполнить сборку схемы на отключенном стенде.
- Предъявить схему для проверки преподавателю.
- Все переключения в схеме производить только при обесточенном стенде; после пересоединения схему вновь представить на проверку преподавателю.
- Категорически запрещается : касаться руками клемм, открытых токоведущих частей приборов в схеме, находящихся под напряжением. Хожение по лаборатории во время работы если это не вызвано необходимостью.
- При возникновении в схеме каких-либо неисправностей быстро отключить ее от сети и оповестить преподавателя; самостоятельно устранять неисправности оборудования **категорически запрещается.**

После выполнения лабораторной работы студент обязан:

- Обесточить стенд, представить результаты опытных данных преподавателю, разобрать схему.
- Убрать соединительные провода и все дополнительные приборы в указанное преподавателем место.
- Сдать рабочее место преподавателю.

2 Первая помощь при несчастных случаях

- При обнаружении неисправности в работе электрических устройств, немедленно прекратить работу и отключить источник электропитания. Работу продолжать только после устранения неисправности.
- В случае поражения человека электрическим током следует:
 1. Отключить лабораторный стенд или групповой автомат на щите, поставить в известность преподавателя.
 2. Освободить пострадавшего от тока.
 3. Меры первой помощи зависят от того, в каком состоянии находится пострадавший. Если он не лишился сознания. То необходимо обеспечить покой и срочно вызвать врача. Если пострадавший лишился сознания, но сохранилось дыхание, его надо удобно уложить, обеспечить покой, создать приток свежего воздуха, дать понюхать нашатырный спирт.
- При получении травмы оказать первую помощь пострадавшему, сообщить об этом преподавателю, при необходимости отправить пострадавшего в ближайшее учебное учреждение.
- При коротком замыкании в электрических устройствах и их загорании, немедленно сообщить преподавателю, отключить их от сети, эвакуироваться из кабинета, сообщить о пожаре в ближайшую пожарную часть и приступить к тушению очага возгорания с помощью углекислотного огнетушителя или песком.

3 Порядок выполнения лабораторных работ

Изучить инструкцию по технике безопасности при выполнении лабораторных работ;

Ознакомиться с лабораторным стендом, электроизмерительными приборами, с их условными обозначениями на схемах; получить общее представление о сборке электрических схем и правилами включения электроизмерительных приборов в электрическую цепь.

Выполнять работу на одном стенде группой из трех человек одновременно.

Приступать к выполнению работы только с разрешения преподавателя.

Убедиться, что стенд обесточен: все выключатели, автоматы, рубильники находятся в положении «выключено».

Обратить особое внимание на исправность изоляции соединительных проводов.

Внимательно ознакомиться с методическими указаниями.

Записать тему, цель, технические данные приборов, используемых в работе, в таблицу. Начертить схемы. Собрать схему, предъявить ее на проверку преподавателю. Снять показания. Проанализировать результаты. Рассчитать все необходимые данные. Записать все формулы и расчёты. При необходимости построить графики. Данные измерений и расчетов занести в соответствующие таблицы.

Сделать вывод о проделанной работе. Записать контрольные вопросы.

Подготовиться к защите работы.

4 Защита лабораторной работы

Лабораторная работа засчитывается, если отчет соответствует предъявленным требованиям, и Вы ответили на теоретические вопросы

преподавателя, приведенные в конце каждой лабораторной работы, т.е. «защитили» работу.

Наличие положительной оценки по лабораторным работам необходимо для получения допуска к экзамену, поэтому в случае отсутствия на занятии по любой причине или получения неудовлетворительной оценки за лабораторную работу Вы должны найти время для ее выполнения или пересдачи.

5 Требования к оформлению отчетов по лабораторным/практическим работам

Образец оформления Отчета по лабораторной работе (Внимание! Титульный лист оформляется один раз в начале каждого семестра изучения дисциплины):

Частное профессиональное образовательное учреждение
«Газпром техникум Новый Уренгой»

Кафедра электротехнических специальностей

Специальность 08.02.09 – Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования
промышленных и гражданских зданий

Отчет по лабораторным работам за ____ семестр
по дисциплине «Электрические измерения»

Выполнил: студент группы ЭЛ-15 _____
(подпись)

И.И. Петров

Принял: преподаватель _____
(подпись)

И.А. Петунина

Новый Уренгой, 2017

Лабораторная работа №1

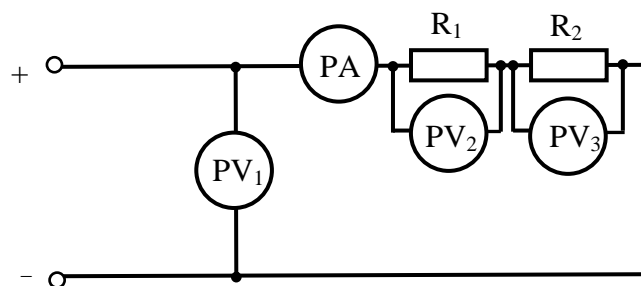
Тема: «Измерение основных электрических величин, включение приборов в электрическую цепь»

Учебная цель: изучить инструкцию по технике безопасности при выполнении лабораторных работ; ознакомиться с лабораторным стендом, электроизмерительными приборами, с их условными обозначениями на схемах; получить общее представление о сборке электрических схем и правилами включения электроизмерительных приборов в электрическую цепь.

Порядок выполнения работы.

Таблица 1 – Технические данные приборов

Наименование прибора и оборудования	Количество	Род тока (только для измерительных приборов)	Условное обозначение на схеме	Предел измерения	Класс точности	Марка
Лабораторный стенд	1					
Мультиметр (включенный как амперметр)	1	постоянный	PA	10 А	1,0	MT255
Мультиметр (включенный как вольтметр)	3	постоянный	PV	200 В	0,5	MT255
Соединительные провода	9					



PV_1, PV_2, PV_3 – мультиметры (включаются как вольтметры);

PA – мультиметр (включается как амперметр);

$R_1=47\ \text{Ом};\quad R_2=100\ \text{Ом}$

Рисунок 1 – Схема соединения резисторов

Таблица 2 – Данные измерений с использованием мультиметров

<i>$U_3, В$</i>	<i>$U_1, В$</i>	<i>$U_2, В$</i>	<i>$I, мА$</i>
5	1,2	3,4	47
7	3,1	4,2	20
10	4,2	6,4	62

Отчет должен содержать формулы и расчеты.

Вывод: *в результате выполнения лабораторной работы мною была изучена инструкция по технике безопасности, основные правила выполнения лабораторных работ в лаборатории, получены представления по сборке электрических схем. По опытным данным, полученным в результате сборки схемы соединения резисторов (рисунок 1.1) видно, что напряжение, установленное на входе, распределяется на участках цепи: где больше сопротивление, там больше падение напряжения, т.к. согласно закону Ома для участка цепи $U = I \times R$, соединение последовательное сила тока на всех участках одинакова.*

Контрольные вопросы.

1. *Что такое электрическая цепь?*
2. *Какие элементы входят в состав электрической цепи?*
3. *Какие существуют способы соединения элементов электрической цепи?*
4. *Как можно в кабинете-лаборатории получить постоянное регулируемое напряжение?*
5. *Почему уменьшается напряжение на зажимах источника питания при увеличении нагрузки?*

6 Критерии оценки лабораторной работы

После составления отчета лабораторная работа должна быть защищена, т.е. необходимо ответить на контрольные вопросы преподавателя, представленные в конце каждой лабораторной работы.

Оценка *«отлично»* ставится студенту, если он умеет объяснить порядок действий при выполнении экспериментов в лабораторной работе, знает физические процессы, объясняющие полученные результаты, дает полный, развернутый ответ на предложенные преподавателем контрольные вопросы, при этом в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений. Отчет по лабораторной работе оформлен в соответствии с приведенной формой и в строгом соответствии с ГОСТ и ЕСКД.

Оценка *«хорошо»* ставится студенту, если он умеет объяснить порядок действий при выполнении экспериментов в лабораторной работе, знает физические процессы, объясняющие полученные результаты, но при этом допускает 2-3 неточности или незначительные ошибки, дает полный, развернутый ответ на предложенные преподавателем контрольные вопросы, при этом ответ четко структурирован, логичен. Отчет по лабораторной работе оформлен в соответствии с приведенной формой и в строгом соответствии с ГОСТ и ЕСКД.

Оценка *«удовлетворительно»* ставится студенту, если он умеет объяснить порядок действий при выполнении экспериментов в лабораторной работе, но при этом присутствует фрагментарность изложения, на предложенные преподавателем контрольные вопросы дает недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ, логика и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. В ответе отсутствуют выводы. Речевое оформление требует поправок, коррекции. Отчет по лабораторной работе оформлен в

соответствии с приведенной формой, но допускаются незначительные нарушения требований ГОСТ и ЕСКД.

Оценка *«неудовлетворительно»* ставится студенту, если он фрагментарно объясняет порядок выполнения экспериментов в лабораторной работе, на предложенные преподавателем контрольные вопросы дает разрозненные знания с существенными ошибками по вопросу. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента или ответ на вопрос полностью отсутствует, а также в случае отказа от ответа. Отчет по лабораторной работе оформлен не в соответствии с приведенной формой и допускаются нарушения требований ГОСТ и ЕСКД.

7 Лабораторные работы

Раздел 2 «Средства измерений электрических величин»

Лабораторная работа № 1: «Проверка амперметра и вольтметра»

Учебная цель: Получить практические навыки при проверке приборов

Перечень оборудования, аппаратуры, материалов и их характеристики:

- Лабораторный стенд;
- Амперметр, 20мА;
- Вольтметр, 30В;
- Мультиметр;
- Соединительные провода.

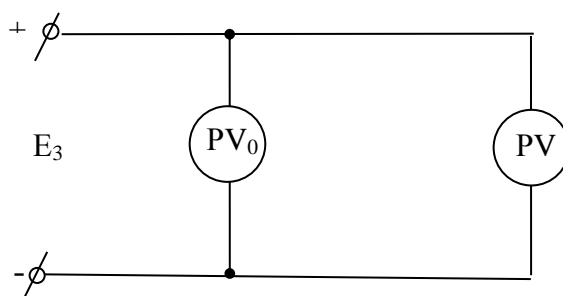
Порядок выполнения работы:

Записать технические данные приборов, используемых в работе в таблицу 1

Таблица 1 – Технические данные приборов

Наименование	Тип	Предел изм.	Класс точности	Зав.№
Амперметр				
Вольтметр				
Мультиметр				

1. Собрать схему, приведённую на рисунке 1



PV_0 – вольтметр (30 В)

PV – мультиметр (20 В)

Рисунок 1 - Схема для проверки вольтметра

2. Данные измерений и расчётов записать в таблицу 1

Таблица 1- Данные измерений и расчётов

Показания PV, В	Показания PV ₀ , В	Абсолютная погрешность Δ U, В	Приведённая погрешность γ, %

3. Рассчитать значение абсолютной погрешности по формуле:

$$\Delta U = U - U_0$$

где U – показания технического вольтметра

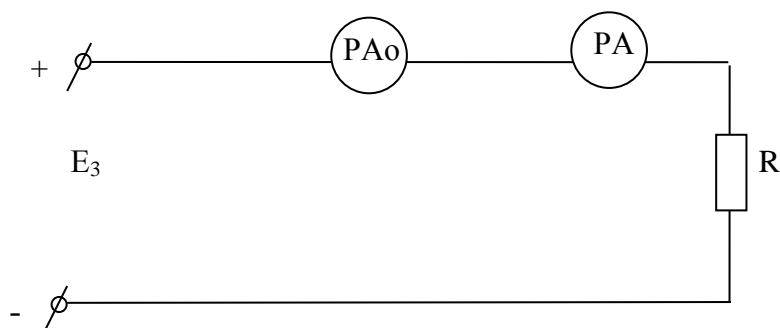
U₀ - показания образцового вольтметра

4. Рассчитать значения приведённой погрешности по формуле:

$$\gamma = \frac{\Delta U}{U_{в.пр}} \cdot 100\%$$

где U_{в.пр} – значения верхнего предела по шкале прибора.

5. Собрать схему, приведённую на рисунке 2.



PA₀ – миллиамперметр 20 мА, PA – мультиметр (200 мА), R = 680 Ом

Рисунок 2 - Схема для поверки амперметра

6. Данные измерений и расчетов записать в таблицу 2

Таблица 2 - Данные измерений и расчётов

Показания РА, мА	Показания РАо, мА	Абсолютная погрешность ΔI , мА	Приведённая погрешность γ , %

7. Начертить графики зависимости поправок от значения измеряемой величины

$$(-\Delta I) = f(I), \quad (-\Delta U) = f(U)$$

8. Сравнить результаты измерений.

9. Сделать выводы по работе.

**Краткие теоретические сведения по рассматриваемой проблеме,
основные характеристики по содержанию лабораторной работы**

1. Абсолютная погрешность прибора равна разности между показаниями прибора и истинным значением измеряемой величины. На практике истинное значение заменяется действительным, устанавливаемым по образцовым средствам измерений или взятым из градуировочных таблиц. Абсолютная погрешность измерительного прибора определяется формулой:

$$\Delta = X - X_0$$

где Δ – значение абсолютной погрешности в единицах измеряемой величины;

X – значение измеряемой величины;

X_0 – действительное значение измеряемой величины.

2. Абсолютная погрешность, взятая с обратным знаком, называется поправкой

$$\Pi = -\Delta$$

3. Относительная погрешность прибора определяется как отношение абсолютной погрешности к истинному (действительному) значению измеряемой величины и выражается в процентах либо в долях действительного значения:

$$\delta = \frac{X - X_0}{X_0} \cdot 100\%$$

4. Приведённая погрешность выражается отношением максимальной абсолютной погрешности к нормирующему значению X_n выраженной в %.

$$\gamma = \frac{\Delta}{X_n} \cdot 100\%$$

Нормирующее значение зависит от диапазона измерения выходной величины. Например, для приборов с нулём в начале шкалы оно принимается равным конечному значению шкалы, для приборов с нулём посередине – арифметической сумме конечных значений диапазона измерений. Метрологические качества средства измерений в значительной степени определяются важной характеристикой, называемой классом точности.

Класс точности - это обобщённая характеристика средств измерений, определяемая пределами допускаемых основной и дополнительных погрешностей, а также другими свойствами, влияющими на точность, значения которой устанавливаются в стандартах на отдельные виды средств измерений. Класс точности может выражаться одним числом или дробью.

Содержание отчета

1. Учебная цель работы.
2. Таблица 1 -Технические данные приборов
3. Рисунок 1 – Схема для поверки вольтметра
4. Таблица 2 – Данные измерений и расчетов
5. Рисунок 2 - Схема для поверки амперметра

6. Таблица 3 - Данные измерений и расчетов
7. Все формулы и расчеты.
8. Анализ полученных результатов и вывод о проделанной работе.
9. Перечень контрольных вопросов.

Контрольные вопросы, предусматривающие краткие ответы по изучаемому содержанию учебного материала:

1. Основные единицы физических величин. Приставки, используемые для единиц измерения.
2. Виды измерений по способу получения результата?
3. Виды средств измерений и методы измерения электрических величин?
4. Классификация погрешностей измерений и средств измерений.

Список использованных источников (перечень учебной, справочной и специальной литературы).

1. Малиновский В.Н. Электрические измерения. - М.: Энергоатомиздат, 1982.
2. Котур В.И. Электрические измерения и электроизмерительные приборы/ - М.: Энергоатомиздат, 1986.
3. Панфилов В.А. Электрические измерения, М. Академия 2004

Раздел 2 «Средства измерений электрических величин»

Лабораторная работа № 2: «Расширение пределов измерения амперметра и вольтметра»

Учебная цель: Получить практические навыки в расширении пределов измерения приборов

Перечень оборудования, аппаратуры, материалов и их характеристики:

- Лабораторный стенд ЛЭС-5;
- Амперметры;
- Вольтметры;
- Магазин сопротивлений;
- Лабораторный автотрансформатор;
- Мультиметр;
- Соединительные провода.

Порядок выполнения работы:

Запишите технические данные приборов, используемых в работе, в таблицу 1.

Таблица 1 – Технические данные приборов

Наименование	Тип	Предел измерения	Класс точности	Тип измер. механизма	Зав №
Амперметр					
Амперметр					
Вольтметр					
Вольтметр					
Магазин сопротивлений					

Расширьте предел измерения амперметра (пределы указываются преподавателем). Для этого рассчитайте сопротивление шунта по формуле

$$R_{ш} = \frac{R_A}{n-1}$$

где R_A - сопротивление амперметра (указывается на шкале прибора или измеряется омметром);

n - коэффициент шунтирования, равный отношению заданного предела амперметра I , к существующему пределу I_A .

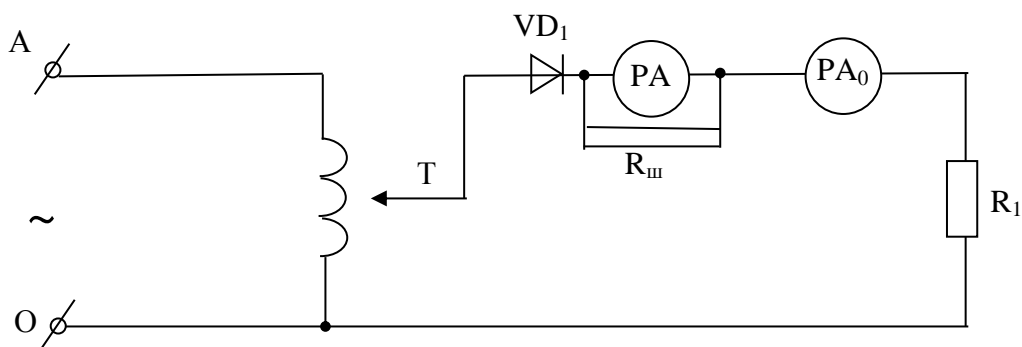
$$n = \frac{I}{I_A}$$

Результаты расчетов занесите в таблицу 2.

Таблица 2 – Данные измерений и расчетов при расширении предела измерения амперметра

I	I_A	n	n - 1	R_A	$R_{ш}$ расчет	$R_{ш}$ опыт
A	A	-	-	Ом	Ом	Ом

Соберите схему, приведенную на рисунке 1, предъявите на проверку преподавателю.



$R_{ш}$ – сопротивление шунта (магазин сопротивлений)

PA – амперметр с пределом измерения I_A ;

PA₀ – образцовый амперметр

Рисунок 1 – Схема для расширения предела измерения амперметра

Установите на магазине сопротивлений значение сопротивления, равное расчетному сопротивлению шунта $R_{ш}$.

Подайте питание. Убедитесь, что при полном отклонении амперметра РА образцовый амперметр $РА_0$ отклонится на заданное значение тока I . Если образцовый амперметр показал другое значение тока, добейтесь нужного значения тока изменением сопротивления шунта. Объясните причину несоответствия сопротивления шунта расчетному.

Произведите градуировку шкалы амперметра. Данные градуировки занесите в таблицу 3

Таблица 3 - Данные градуировки амперметра

I_0						
I						

Расширьте предел измерения вольтметра (пределы указываются преподавателем). Для этого рассчитать добавочное сопротивление $R_{доб}$ по формуле:

$$R_{доб} = R_v (n - 1),$$

где n - коэффициент, равный отношению заданного предела вольтметра U к существующему U_v .

$$n = \frac{U}{U_v}$$

R_v - сопротивление вольтметра (указывается на шкале вольтметра, рассчитывается по закону Ома или измеряется омметром)

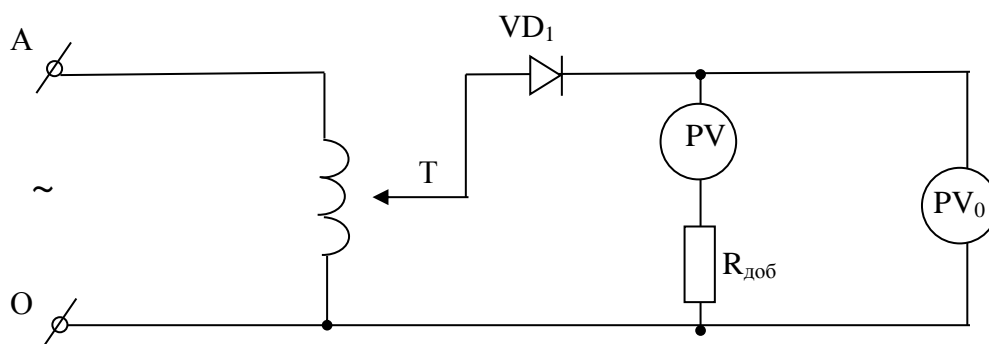
$$R_v = \frac{U_v}{I_{паралл.обм}}$$

Результаты расчетов занесите в таблицу 4.

Таблица 4 – Данные измерений и расчетов при расширении предела измерения вольтметра

U	U _v	n	n - 1	R _v	R _{доб} расчет	R _{доб} опыт
B	B	-	-	Ом	Ом	Ом

Соберите схему, приведенную на рисунке 2.



R_{доб} – добавочное сопротивление (магазин сопротивлений)

P_v – вольтметр с пределом измерения U_v;

P_{v0} – образцовый вольтметр

Рисунок 2 – Схема расширения предела измерения вольтметра

Установите на магазине сопротивлений значение сопротивления, равное расчетному сопротивлению добавочного сопротивления R_{доб}.

Подайте питание. Убедитесь, что при полном отклонении вольтметра PV образцовый вольтметр PV₀ отклоняется на заранее заданное значение U, если образцовый вольтметр показал другое значение напряжения, добейтесь нужного значения напряжения изменением сопротивления R_{доб}.

Произведите градуировку шкалы вольтметра. Данные градуировки занесите в таблицу 5.

Таблица 5 - Данные градуировки вольтметра

U ₀						
U						

Проанализируйте результаты, полученные в ходе выполнения лабораторной работы и сделайте выводы.

Запишите контрольные вопросы и подготовьтесь к устному ответу.

Краткие теоретические сведения по рассматриваемой проблеме, основные характеристики по содержанию лабораторной работы

Шунт является масштабным преобразователем тока, служит для расширения пределов измерения амперметра и других приборов, имеющих токовую обмотку. Шунты применяются в цепях переменного и постоянного тока, но предпочтительнее использование их в цепях постоянного тока с магнитоэлектрическими измерительными механизмами. В цепях переменного тока шунты вносят дополнительную погрешность за счет индуктивного сопротивления. Шунт включается в цепь параллельно амперметру (рисунок 3).

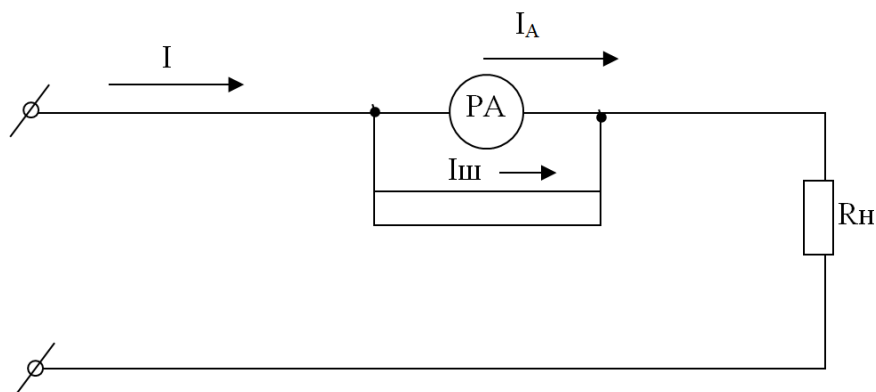


Рисунок 3 – Схема включения шунта в измерительную цепь

Сопротивление шунта рассчитывается по формуле

$$R_{ш} = \frac{R_a}{n - 1}$$

где R_a – сопротивление амперметра

n – коэффициент шунтирования, равный отношению тока, который нужно получить, к току амперметра

$$n = \frac{I}{I_a}$$

Шунты изготавливают из манганина, который представляет собой сплав: меди - 84%, никеля – 4%, марганца -12%. Манганин имеет большое удельное сопротивление, малый температурный коэффициент сопротивления, малую термоэдс в паре с медью. Шунты бывают внутренние и наружные. Наружные шунты применяются в цепях с током выше 30 А.

Шунты делятся на классы точности 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5. Класс точности шунтов определяется относительной погрешностью (допустимым отклонением сопротивления шунта в процентах его номинального значения).

Добавочные резисторы являются масштабными преобразователями напряжения, служат для расширения пределов измерения вольтметров и других приборов, имеющих потенциальные обмотки (ваттметра, фазометра, счетчика энергии). Добавочный резистор включают последовательно в вольтметр (рисунок 4).

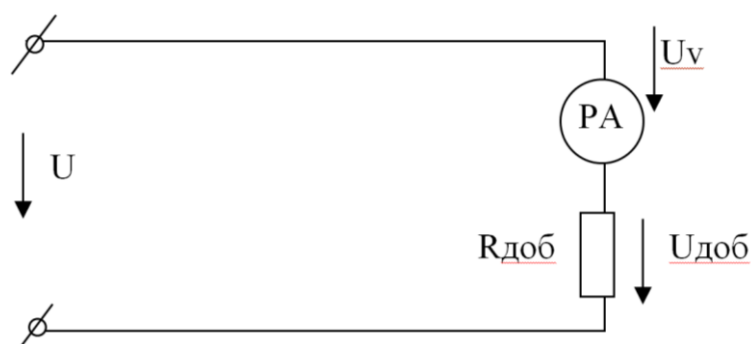


Рисунок 4 – Схема включения добавочного резистора в измерительную цепь

Сопротивление добавочного резистора рассчитывается по формуле:

$$R_{доб} = R_v(n - 1)$$

где R_v – сопротивление вольтметра

n - отношение напряжения, которое нужно получить к напряжению вольтметра

$$n = \frac{U}{U_v}$$

Добавочные резисторы делятся на классы точности 0,01; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0. Класс точности определяется по относительной погрешности.

Содержание отчета

1. Номер лабораторной работы, ее тема.
2. Учебная цель работы.
3. Таблица 1 – Технические данные приборов.
4. Рисунок 1 – Схема для расширения предела измерения амперметра.
5. Таблица 2 – Данные измерений и расчетов при расширении предела измерения амперметра.
6. Таблица 3 - Данные градуировки амперметра
7. Таблица 4 –Данные измерений и расчетов при расширении предела измерения вольтметра.
8. Рисунок 2 – Схема расширения предела измерения вольтметра.
9. Таблица 5 - Данные градуировки вольтметра.
10. Формулы и расчеты.
11. Анализ полученных результатов и вывод о проделанной работе.
12. Перечень контрольных вопросов.

Контрольные вопросы, предусматривающие краткие ответы по изучаемому содержанию учебного материала

1. Схема расширения предела измерения амперметра.

2. Формула $R_{ш}$.
3. Схема расширения предела измерения вольтметра.
4. Формула $R_{доб}$.
5. Состав и свойства манганина.
6. Чем определяется класс точности шунта добавочного резистора.
7. В каких случаях используются наружные шунты?

Список использованных источников (перечень учебной, справочной и специальной литературы).

1. Малиновский В.Н. Электрические измерения. - М.: Энергоатомиздат, 1982.
2. Котур В.И. Электрические измерения и электроизмерительные приборы/ - М.: Энергоатомиздат, 1986.
3. Панфилов В.А. Электрические измерения, М. Академия 2004

Раздел 2 «Средства измерений электрических величин»
Лабораторная работа № 3: «Измерение сопротивлений мостом
постоянного тока»

Учебная цель: Получить практические навыки в работе с мостом постоянного тока

Перечень оборудования, аппаратуры, материалов и их характеристики:

- Лабораторный стенд ЛЭС-5;
- Мост постоянного тока;
- Мультиметр;
- Соединительные провода.

Порядок выполнения работы:

Ознакомьтесь с конструкцией измерительного моста постоянного тока. Основные технические данные моста запишите в таблицу 1.

Таблица 1 - Технические данные приборов

Наименование прибора	Тип	Предел измерения	Класс точности	Зав. №
Мост постоянного тока				

Подготовьте измерительный мост для измерения сопротивлений.

Нажать кнопки «Г», «БМ» при использовании встроенного гальванометра и батареи моста. При использовании внешнего гальванометра и батареи моста подключить их к зажимам «Г», «БМ» и отжать кнопки «Г», «БМ». При

использовании питания от сети включить шнур питания в сеть и нажать кнопку СЕТЬ.

Нажать кнопки «МО-2» и « Σ ».

Установить выбранный множитель N на переключателе плеч отношения « XN ». Переключатель род работы установить в положение мост 23 (двухзажимный).

Измеряемое сопротивление R_x (порядка сотни Ом) подключите проводниками с возможно малым сопротивлением к зажимам моста «П1», «П2».

Измерьте неизвестное сопротивление R_x . В магазине резисторов сравнительного плеча R_o установите приблизительно ожидаемую величину сопротивления и кратковременно нажать кнопку грубо, включающую в цепь гальванометр. Если при этом наблюдается резкий отброс стрелки гальванометра, значит неудачно выбран множитель N .

Необходимо более точно выбрать его значение поворотом ручки переключателем N так, чтобы отклонение стрелки гальванометра при нажатии кнопки не превышало 2-4 делений шкалы. После этого зафиксируйте кнопку поворотом вокруг оси. Потом нажав кнопку ТОЧНО и окончательно уравновесив мост, определить измеряемое сопротивление по формуле:

$$R_x = N \cdot R_o,$$

где N – показания переключателя отношения плеч;

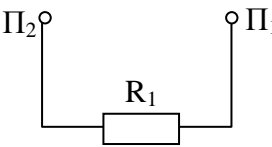
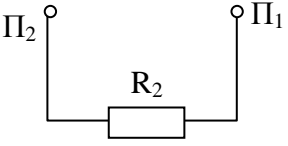
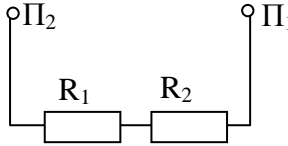
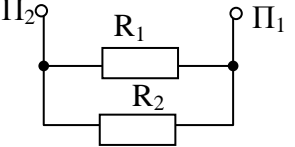
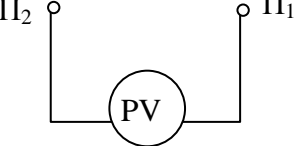
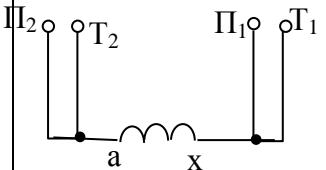
R_o – сумма показаний всех пяти ручек плеча сравнения.

В такой же последовательности измерьте сопротивления всех заданных величин: R_1 , R_2 , $R_1 + R_2$ (последовательное соединение резисторов), параллельное соединение резисторов R_1 и R_2 , сопротивление вольтметра R_v и

обмотки трансформатора. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу 2

Сделайте вывод по работе

Таблица 2 – Результаты измерений

Измеряемая величина	Схема подключения	Положение орган. настройки			Значение сопротивления $R_x = R_o \cdot N$
		Род раб	Множитель	Образцовое сопротивление	
		2«з»-4«з»	N	R_o	
R1					
R2					
R1+R2					
R1//R2					
Rv					
Roбм					

Краткие теоретические сведения по рассматриваемой проблеме, основные характеристики по содержанию лабораторной работы

Мосты постоянного тока применяются как образцовое средство для измерения сопротивлений.

Одинарный мост постоянного тока (рисунок 1) имеет 4 плеча, R_1 , R_2 , R_3 , R_4 , диагональ питания $\Pi\Pi'$ и измерительную диагональ $\Gamma\Gamma'$.

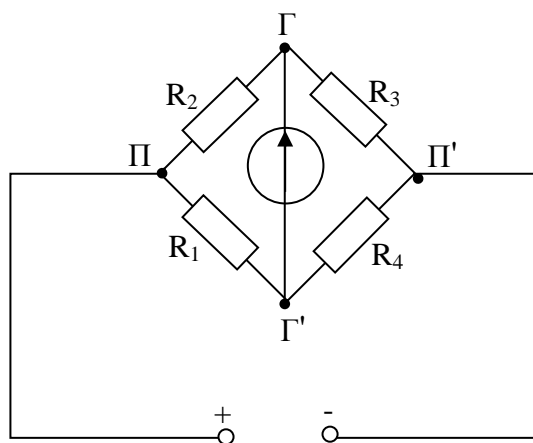


Рисунок 1 - Упрощенная схема моста

Мостовая цепь может работать в двух режимах: уравновешенном и не уравновешенном.

Режим равновесия характеризуется отсутствием тока в измерительной диагонали. Условием равновесия моста является условие:

$$R_1 \cdot R_3 = R_2 \cdot R_4$$

Если сопротивление одного из плеч моста неизвестно $R_1 = R_x$, то его значение можно вычислить по формуле

$$R_1 = R_x = R_2 \frac{R_4}{R_3}$$

Принято называть R_3 и R_4 плечами отношения, а R_2 – плечом сравнения.

Плечо сравнения выполняется в виде магазина резисторов с пятью переключателями, при помощи которых можно выставить любое сопротивление от 1 до 999,9 Ом ступенями через 1 Ом.

Плечо отношений N образуется из последовательно включенных резисторов R_3 и R_4 с переключателем, имеющим несколько фиксированных положений. Каждым из положений переключателя устанавливается определенное отношение плеч. (1000, 100, 10, 1 и т.д.)

Индикатором равновесия служит гальванометр магнитоэлектрической системы, встроенный в панель моста и включаемый при измерениях кнопками ГРУБО и ТОЧНО.

Сопротивления в пределах от $5 \cdot 10^{-4}$ до 9,999 Ом для измерений включают по четырехзажимной схеме (рисунок 2)

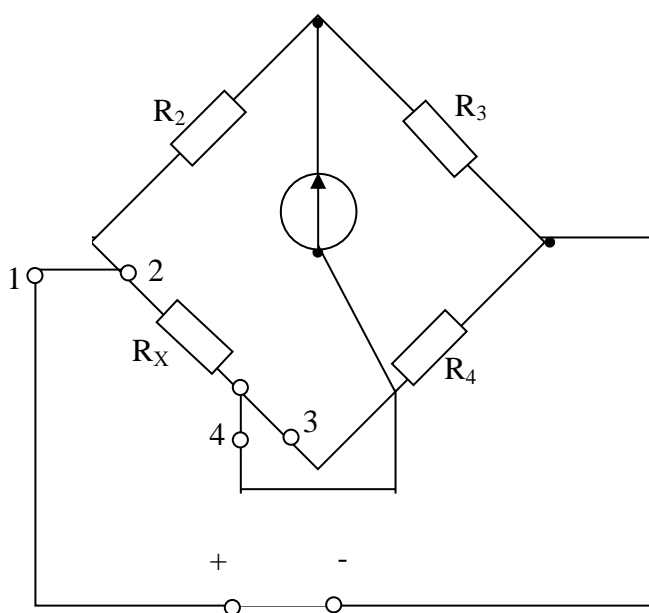


Рисунок 2 –Четырехзажимное соединение измеряемого сопротивления

Содержание отчета

1. Номер лабораторной работы, ее тема.
2. Учебная цель работы.

3. Таблица 1 -Технические данные приборов
4. Таблица 2 – Результаты измерений
5. Формулы и расчеты.
6. Анализ полученных результатов и вывод о проделанной работе.
7. Перечень контрольных вопросов.

Контрольные вопросы, предусматривающие краткие ответы по изучаемому содержанию учебного материала

1. Условие равновесие моста постоянного тока
2. Что представляет собой плечо сравнения
3. Что представляют собой плечи отношения
4. В каких случаях используется четырехзажимная схема
5. Порядок измерения сопротивлений мостом постоянного тока
6. На передней панели моста постоянного тока показать все элементы схемы моста постоянного тока, приведенной на рисунке 3.

Список использованных источников (перечень учебной, справочной и специальной литературы).

1. Малиновский В.Н. Электрические измерения. - М.: Энергоатомиздат, 1982.
2. Котур В.И. Электрические измерения и электроизмерительные приборы/ - М.: Энергоатомиздат, 1986.
3. Панфилов В.А. Электрические измерения, М. Академия 2004

Раздел 2 «Средства измерений электрических величин»
Лабораторная работа № 4: «Измерение напряжений компенсатором
постоянного тока»

Учебная цель: Поверьте вольтметр при помощи компенсатора постоянного тока.

Перечень оборудования, аппаратуры, материалов и их характеристики:

- Компенсатор постоянного тока;
- Вольтметр;
- Источник регулируемого напряжения;
- Мультиметр;
- Соединительные провода.

Порядок выполнения работы:

Запишите технические данные приборов в таблицу 1.

Таблица 1 –Технические данные приборов

Наименование	Тип	Предел измерения	Класс точности	Зав. №
Компенсатор _I				
Вольтметр				

Соберите схему установки (рисунок 1) и предъявите ее для проверки преподавателю.

Произведите поверку вольтметра: регулировкой выходного напряжения источника регулируемого напряжения (ИРН) добейтесь заданных значений

напряжения по шкале вольтметра, измерьте эти напряжения компенсатором. Данные измерений занесите в таблицу 2.

Примечание! Чтобы избежать влияния приборов друг на друга, при измерении напряжения одним из приборов другой прибор необходимо отключить.

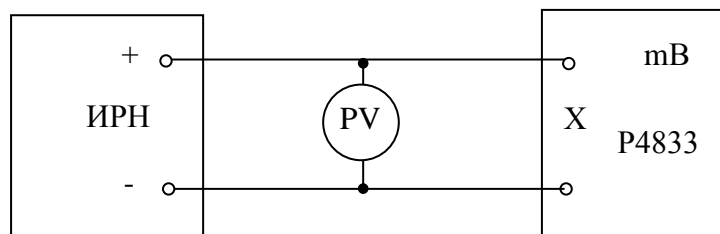


Рисунок 1 – Схема для поверки вольтметра компенсатором
постоянного тока

3.3.3 Произвести поверку вольтметра: регулировкой выходного напряжения источника регулируемого напряжения (ИРН) добиться заданных значений напряжения по шкале вольтметра, измерить эти напряжения компенсатором. Данные измерений занести в таблицу 2.

Примечание. Чтобы избежать влияния приборов друг на друга, при измерении напряжения одним из приборов другой прибор необходимо отключить.

Таблица 2 – Данные измерений и расчетов

Показания вольтметра U_x	Показания компенсатора U_0	Погрешности	
		Абсолютная	Приведенная
м В	м В	м В	$\gamma \%$
0			
20			
40			
60			
80			
100			

Произведите расчет абсолютной погрешности по формуле:

$$\Delta U = U_x - U_o$$












Произведите расчет приведенной погрешности по формуле:

$$\gamma\% = \frac{\Delta U}{U_N} \cdot 100\%$$

где - U_N нормируемое значение (предел шкалы) поверяемого вольтметра.

Сделайте вывод о соответствии вольтметра своему классу точности на поверяемом пределе.

Порядок работы с компенсатором

1. Проверьте наличие батареек питания
2. Нажмите кнопки НЭ, Г, БП, П
3. Нажмите кнопку  1 (НЭ)
4. Нажимая поочередно кнопки  «ГРУБО» и  «ТОЧНО», добейтесь нулевого положения гальванометра регулировкой потенциометров   «РАБОЧИЙ ТОК»
5. Нажмите кнопку  2 (НЭ)
6. Добейтесь нулевого положения гальванометра регулировкой потенциометров  2  «РАБОЧИЙ ТОК»
7. Подайте измеряемое напряжение на зажимы «X мВ» с соблюдением полярности. Отожмите кнопку (И) .
8. Нажимая поочередно кнопки  «ГРУБО» и  «ТОЧНО», добейтесь нулевого положения гальванометра регулировкой калибровочных сопротивлений $\times 10$ (mV), $\times 1$ (mV), $\times 0,1$ (mV), $\times 0,01$ (mV).
9. После проведения измерений верните все кнопки в исходное состояние.

Краткие теоретические сведения по рассматриваемой проблеме, основные характеристики по содержанию лабораторной работы

Компенсатор постоянного тока является прибором компенсационного типа, принцип работы которого состоит в сравнении неизвестной величины E_x с известной ($I \cdot R_k$)

Компенсатор служит для измерения постоянных напряжений величиной до 100 мВ с высокой точностью.

Схема компенсатора состоит из трех контуров (рисунок 2)

- 1 контур – источник рабочего тока E_p , образцовое сопротивление R_o , калибровочное сопротивление R_k .
- 2 контур – нормальный элемент E_N , гальванометр магнитоэлектрической системы, образцовое сопротивление R_o .
- 3 контур – зажимы E_x , на которые подается измеряемое напряжение, гальванометр магнитоэлектрической системы, калибровочное сопротивление R_k (заштрихованная часть).

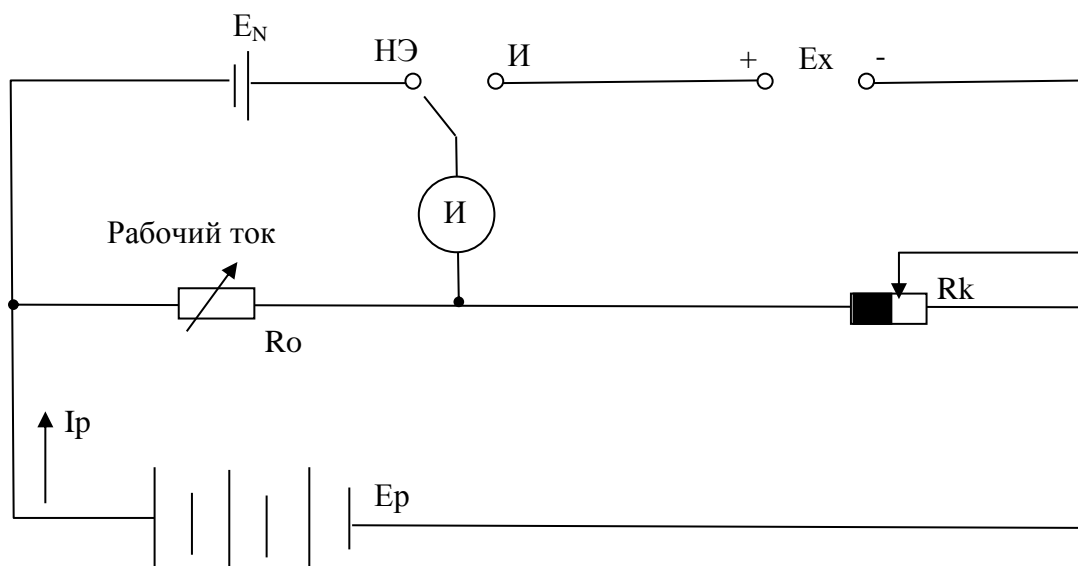


Рисунок 2 - Упрощенная схема компенсатора

При установке переключателя «НЭ-И» в положение «НЭ» (нормальный элемент) гальванометр устанавливается на «0» регулировкой образцового сопротивления R_o (рабочий ток). При этом по второму закону Кирхгофа.

$$E_N = I_p \cdot R_o$$

При установке переключателя «НЭ-И» в положение «И» (измерение) гальванометр устанавливается на «0» регулировкой калибровочного сопротивления R_k .

$$E_x = I_p \cdot R_k$$

R_k –заштрихованная часть

Так как рабочий ток I_p во всех контурах одинаковый

$$\frac{E_N}{E_x} = \frac{R_o}{R_k} \longrightarrow E_x = \frac{E_N \cdot R_k}{R_o}$$

По положению калибровочного сопротивления R_k определяется величина неизвестного напряжения E_x . (R_k калибруется в мВ).

Достоинства компенсатора - высокая точность, она обеспечивается использованием нормального элемента, образцового сопротивления, отсутствием тока в измерительной цепи.

Недостатки компенсатора – сложность настройки, малый диапазон измерений

Содержание отчета

1. Номер лабораторной работы, ее тема.
2. Учебная цель работы.

3. Таблица 1 – Технические данные приборов.
4. Рисунок 1 – Схема для поверки вольтметра компенсатором постоянного тока
5. Таблица 2 – Данные измерений и расчетов
6. Формулы и расчеты.
7. Анализ полученных результатов и вывод о проделанной работе.
8. Перечень контрольных вопросов.

Контрольные вопросы, предусматривающие краткие ответы по изучаемому содержанию учебного материала:

1. Назначение, устройство, принцип действия компенсатора постоянного тока.
2. Показать на компенсаторе гальванометр, образцовое сопротивление R_0 , калибровочное сопротивление R_k .
3. Каким образом можно расширить предел измерения компенсатора.
4. Каким образом можно измерить силу тока I компенсатором.
5. Достоинства и недостатки компенсатора.
6. Объяснить названия этого прибора – компенсатор – потенциометр.

Список использованных источников (перечень учебной, справочной и специальной литературы).

1. Малиновский В.Н. Электрические измерения. - М.: Энергоатомиздат, 1982.
2. Котур В.И. Электрические измерения и электроизмерительные приборы/ - М.: Энергоатомиздат, 1986.
3. Панфилов В.А. Электрические измерения, М. Академия 2004

Раздел 2 «Средства измерений электрических величин»

Лабораторная работа № 5: «Измерение электрических величин электронным осциллографом»»

Учебная цель: формировать умение измерять амплитуды сигнала и определять коэффициент амплитуды

Перечень оборудования, аппаратуры, материалов и их характеристики:

- Лабораторный стенд ЛЭС-5;
- Осциллограф;
- Вольтметр;
- Лабораторный автотрансформатор;
- Мультиметр;
- Соединительные провода.

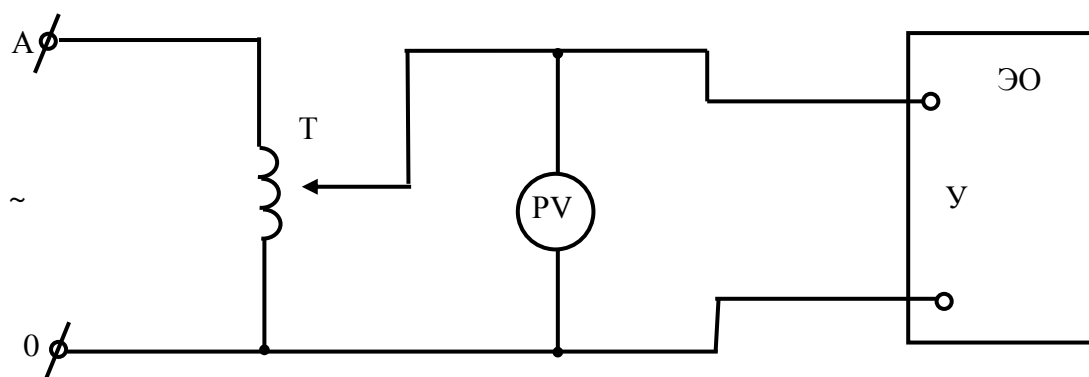
Порядок выполнения работы:

Ознакомьтесь с приборами, используемыми в работе. Запишите технические данные приборов в таблицу 1.

Таблица 1- Технические данные приборов

Наименование	Тип	Предел измерения	Класс точности
Вольтметр			
Осциллограф			

Соберите схему, приведенную на рисунке 1



PV - вольтметр электромагнитной системы

Рисунок 1 – Схема для измерения амплитудного и действующего значения синусоидального напряжения

Подайте питание на осциллограф. Добейтесь изображения на экране. Откалибруйте осциллограф. Для этого масштабный переключатель В/дел на передней панели осциллографа установить в положение 5 дел. Поверните плавный регулятор масштабного преобразователя вправо до щелчка. При этом на экране осциллографа должны появиться две горизонтальные полосы, отстоящие друг от друга на 5 дел. В противном случае добейтесь этого переменным резистором В/дел, выведенным на левую боковую панель осциллографа.

Подайте питание на схему. Автотрансформатором установите напряжение по показаниям вольтметра $U=30$ В. Результаты измерений занесите в таблицу 2 (строка 1)

U - действующее значение напряжения, определяемое по показаниям вольтметра. Зарисуйте форму сигнала.

Таблица 2 – Результаты измерений и расчетов

U В	ℓ дел	m_U В/дел	U_m В	K_a		Примечание
				расчет	теория	
					$\sqrt{2}$	Рисунок 1
					2	Рисунок 3
					$\sqrt{2}$	Рисунок 5

Вычислите амплитудное значение напряжения U_m по формуле:

$$Um = \frac{\ell \cdot m_U}{2},$$

где ℓ – размах амплитуды сигнала в делениях (рисунок 2);

m_U – масштаб по напряжению

Рассчитайте коэффициент амплитуды по формуле

$$K_A = \frac{Um}{U}$$

Сравните значение коэффициента амплитуды K_A , полученное по расчету с теоретическим значением.

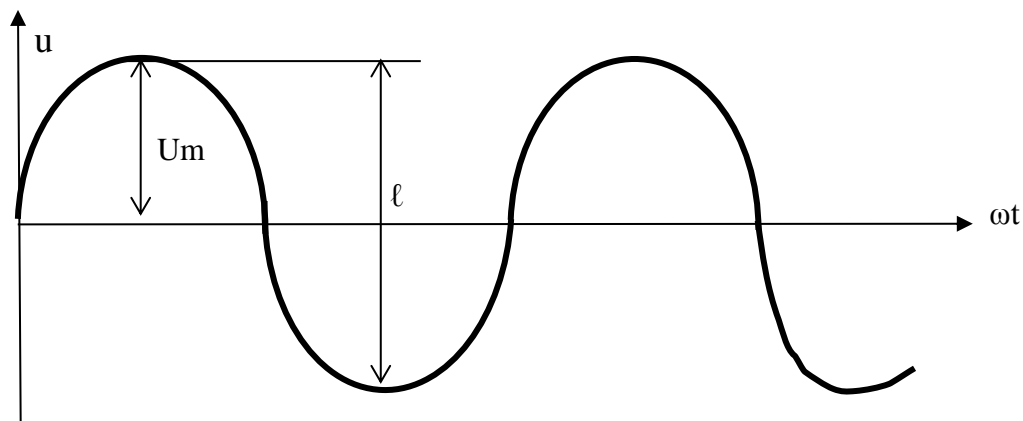


Рисунок 2- Осциллограмма синусоидального сигнала

Соберите схему, приведенную на рисунке 3

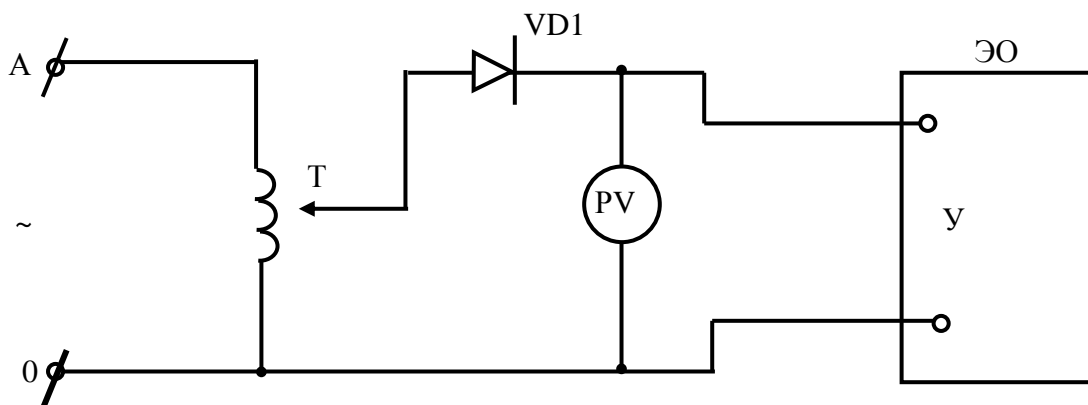


Рисунок 3- Схема для измерения амплитудного и действующего значения напряжения однополупериодного выпрямителя

Подайте питание, измерьте действующее значение напряжения вольтметром, а амплитудное значение напряжения рассчитайте по формуле (рисунок 4)

$$U_m = \ell \cdot m_U$$

Запишите результаты измерений и расчетов в таблицу 2 (строка 2).
Зарисовать форму сигнала.

Рассчитайте коэффициент амплитуды по формуле

$$K_A = \frac{U_m}{U}$$

Сравнить значение коэффициента амплитуды K_A , полученное по расчету, с теоретическим значением.

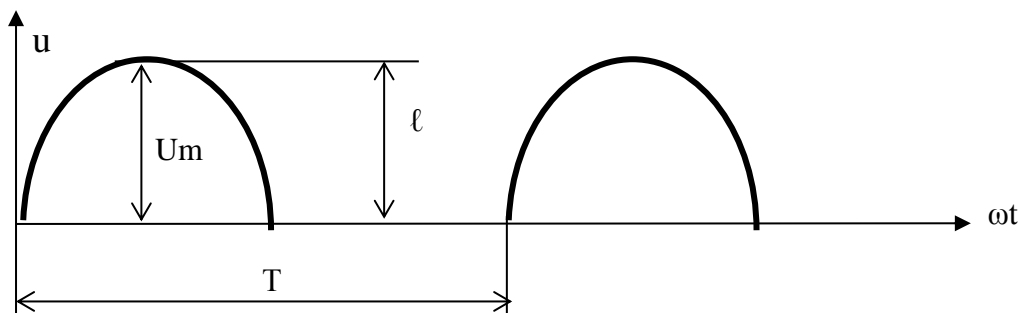


Рисунок 4 – Осциллограмма выходного напряжения однополупериодного выпрямителя

Соберите схему, приведенную на рисунке 5

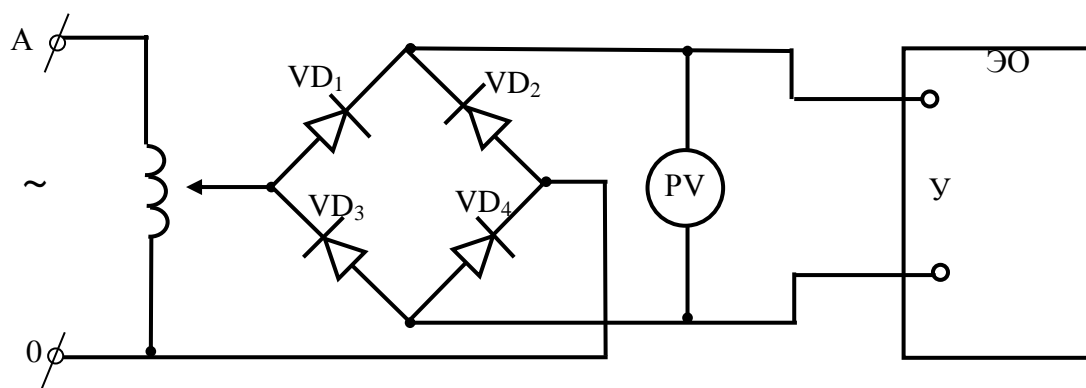


Рисунок 5 – Схема для измерения амплитудного и действующего значения напряжения двухполупериодного выпрямителя

Подайте питание, измерьте действующее значение напряжения.

Рассчитайте амплитудное значение по формуле (рисунок 6)

$$Um = \ell \cdot m_U$$

Запишите результаты измерений в таблицу 2 (строка 3). Зарисуйте форму сигнала.

Рассчитайте коэффициент амплитуды по формуле

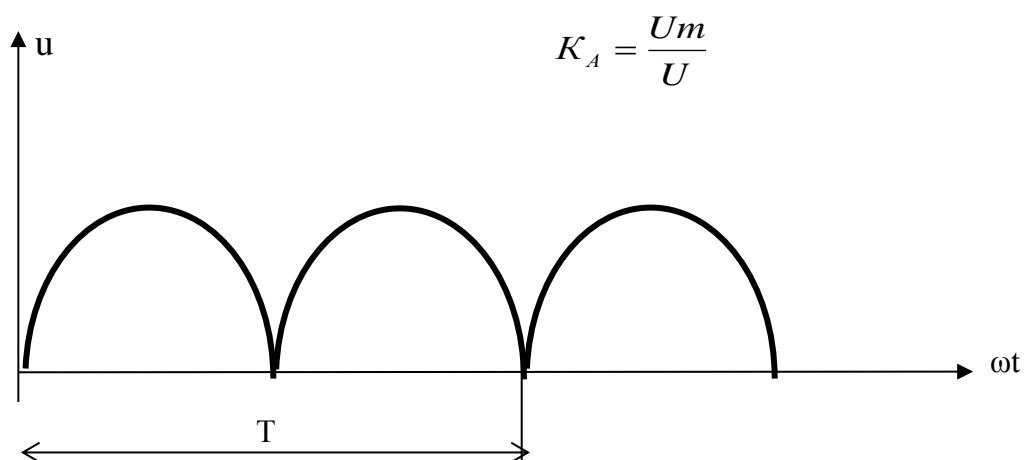


Рисунок 6 – Осциллограмма выходного напряжения двухполупериодного выпрямителя

Сравнить полученное значение K_a с теоретическим $K_A = \sqrt{2}$

Краткие теоретические сведения по рассматриваемой проблеме, основные характеристики по содержанию лабораторной работы

Электронный осциллограф состоит из электронной трубки и двух электрических каналов – X и Y. По ним поступает напряжение на X и Y – электроды трубки для горизонтального и вертикального отклонения вертикального луча. Основные узлы простейшего осциллографа указаны на рисунке 7.

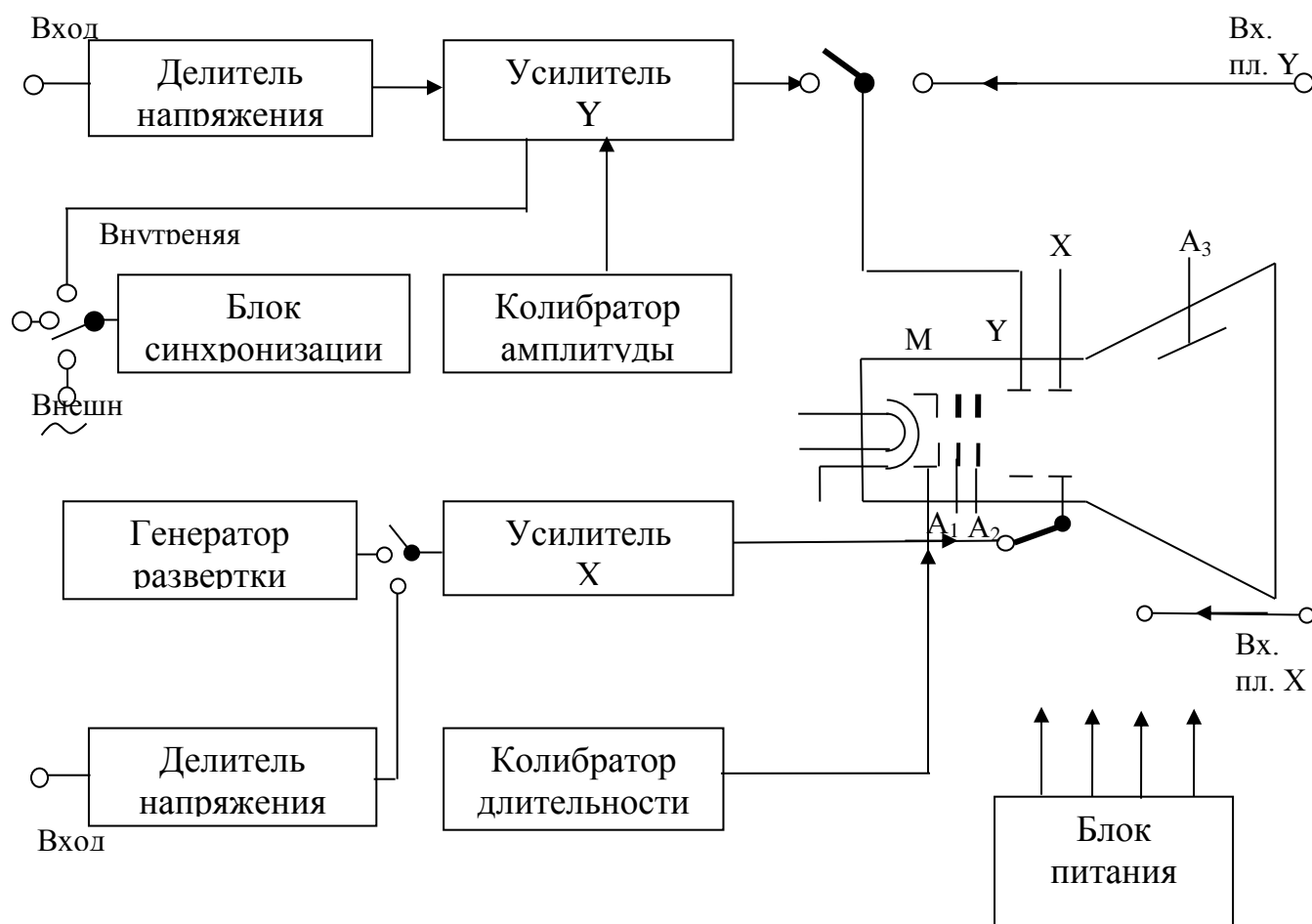


Рисунок 7 – Функциональная схема осциллографа

Питание элементов схемы осуществляется от блока питания.

Канал вертикального отклонения (канал У) служит для преобразования исследуемого напряжения в вертикальное перемещение электронного луча. Он состоит из входного устройства, усилителя и вертикально-отклоняющих электродов электроннолучевой трубки.

Канал горизонтального отклонения (канал развертки и синхронизации) служит для создания напряжения развертки и преобразования его в соответствующее горизонтальное отклонение луча. Он состоит из генератора напряжения горизонтального отклонения, усилителя, цепей синхронизации и горизонтально-отклоняющих пластин трубки.

Входное устройство состоит из деления входного напряжения реостатно-емкостного типа для уменьшения напряжения исследуемых сигналов до величин, удобных для наблюдения на экране осциллографа; катодного повторителя, обеспечивающего большое входное сопротивление канала и устраняющего влияние осциллографа на источник исследуемого напряжения. Входное сопротивление на постоянном токе имеет порядок 10 МРм, на переменном 1-0,5 МОм, при входной емкости 5-20 пф. Входной делитель напряжения должен иметь постоянный на всех рабочих частотах осциллографа коэффициент деления напряжения, и должен делить напряжение ступенями обычно кратными 10 коэффициенты деления (1,10, 100).

Усилители каналов служат для усиления подаваемых на входы каналов напряжений. Это определяется тем, что чувствительность трубок сравнительно невелика (порядка десятых долей миллиметра на вольт), для получения же отклонения следа электронного луча на весь экран надо подавать на отклоняющие электроды напряжения в сотни вольт, а напряжения исследуемое и развертки могут быть значительно меньшими. Для установления нужных размеров осциллограмм на экране трубки в усилителях предусмотрена регулировка усиления.

Генератор развертки представляет собой источник линейно изменяющего напряжения, который служит для отклонения луча в горизонтальном

направлении. Частоту и амплитуду вырабатываемого напряжения можно изменить в широких пределах.

Цепь синхронизации необходима для обеспечения точной кратности частот исследуемого и пилообразного напряжений, т.е. для создания на экране неподвижного изображения.

С помощью осциллографа можно производить измерения следующих электрических величин.

Измерение напряжения. Осциллографом измеряется амплитудное значение напряжений рисунок 8.

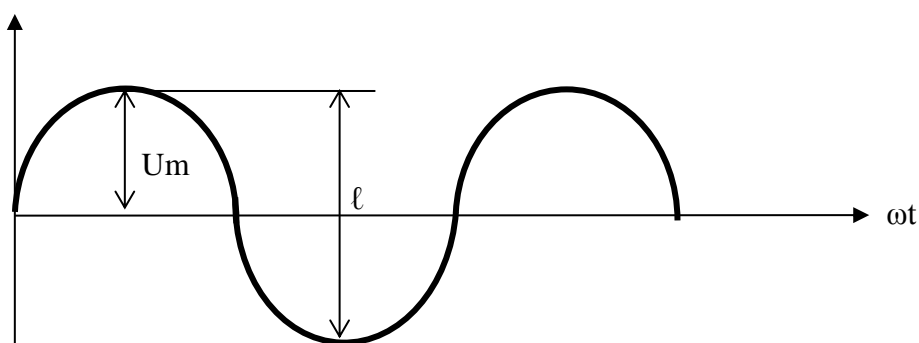


Рисунок 8 – Осциллограмма синусоидального сигнала

Измерение тока производится косвенно. В исследуемую цепь включают известное сопротивление и измеряют на нем падение напряжения осциллографом. Амплитудное значение тока по закону Ома.

$$I_m = \frac{U_m}{R},$$

Измерение частоты производится по периоду колебаний рисунок 9 и путем сравнения колебаний исследуемого сигнала с эталонным.

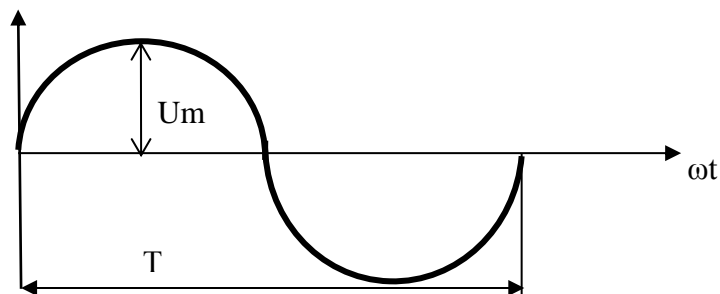


Рисунок 9 – Осциллограмма синусоидального сигнала

Содержание отчета

1. Номер лабораторной работы, ее тема.
2. Учебная цель работы.
3. Таблица 1 – Технические данные приборов.
4. Рисунок 1 – Схема для измерения амплитудного и действующего значения синусоидального напряжения
5. Таблица 2 – Данные измерений и расчетов
6. Рисунок 2- Осциллограмма синусоидального сигнала
7. Рисунок 3- Схема для измерения амплитудного и действующего значения напряжения однополупериодного выпрямителя
8. Рисунок 4 – Осциллограмма выходного напряжения однополупериодного выпрямителя
9. Рисунок 5 – Схема для измерения амплитудного и действующего значения напряжения двухполупериодного выпрямителя
10. Рисунок 6 – Осциллограмма выходного напряжения двухполупериодного выпрямителя
11. Формулы и расчеты.
12. Анализ полученных результатов и вывод о проделанной работе.
13. Перечень контрольных вопросов.

Контрольные вопросы, предусматривающие краткие ответы по изучаемому содержанию учебного материала

1. Назначение основных узлов осциллографа
2. При каком условии изображение на осциллографе получается неподвижным?
3. Какие электрические величины можно измерять осциллографом?
4. Что такое коэффициент амплитуды?

5. Значение K_a для синусоидального напряжения, после однопериодного выпрямителя, после двухпериодного выпрямителя.

Список использованных источников (перечень учебной, справочной и специальной литературы).

1. Малиновский В.Н. Электрические измерения. - М.: Энергоатомиздат, 1982.
2. Котур В.И. Электрические измерения и электроизмерительные приборы/ - М.: Энергоатомиздат, 1986.
3. Панфилов В.А. Электрические измерения, М. Академия 2004

Раздел 2 «Средства измерений электрических величин»
Лабораторная работа № 6: «Измерение электрических величин
комбинированным прибором»

Учебная цель: Получить практические навыки в измерении напряжений, токов, сопротивлений, параметров транзистора цифровым прибором

Перечень оборудования, аппаратуры, материалов и их характеристики:

- Лабораторный стенд;
- Мультиметр;
- Соединительные провода.

Порядок выполнения работы:

Пользуясь цифровым мультиметром, измерьте постоянное и переменное напряжения на стенде по электротехнике.

Для измерения напряжения цифровым мультиметром необходимо:

- установить род тока (\sim или $-$);
- выбрать диапазон измерений соответственно ожидаемому результату измерений;
- подсоединить зажимы мультиметра к измеряемой цепи согласно рисунка 1.

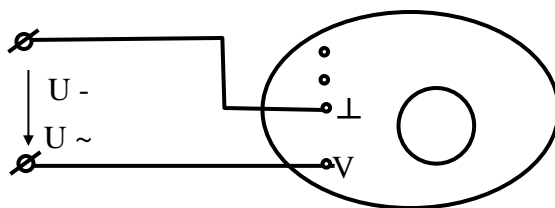


Рисунок 1 – Присоединение мультиметра как вольтметра

Данные измерений занесите в таблицу 1

Таблица 1 – Данные измерений напряжения

Измеряемая величина	E_1	E_2	E_3	LN	AN	BN	CN
Род тока (~ или -)							
Предел измерения							
Величина напряжения, В							

Измерьте токи. Для измерения тока необходимо подсоединить мультиметр к измеряемой цепи согласно рисунка 2.

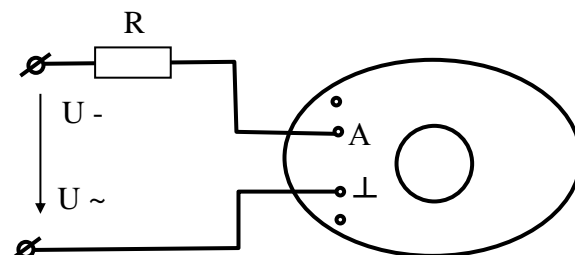


Рисунок 2 – Подсоединение мультиметра как миллиамперметра

Соберите схемы приведенные на рисунках 3,4

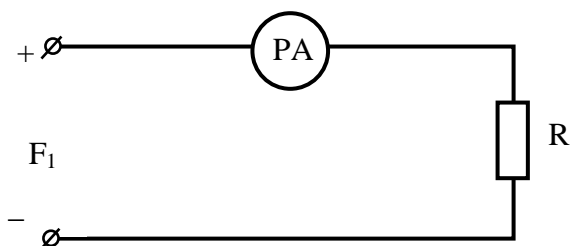


Рисунок 3 – Схема для измерения постоянного тока

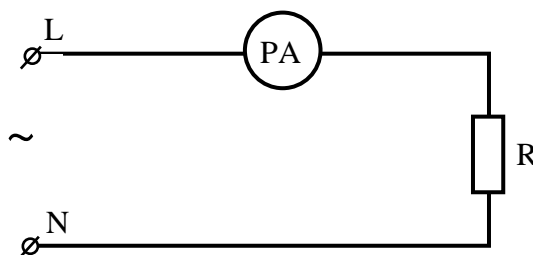


Рисунок 4 – Схема для измерения переменного тока

Данные измерений токов занесите в таблицу 2.

Таблица 2 – Данные измерений токов

№ схемы	Рисунок 3		Рисунок 4	
Значение R	10 кОм	680 Ом	10 кОм	150 Ом
Род тока (~ или -)				
Предел измерения тока				
Величина тока, mA				

Измерьте значения сопротивлений. Для измерения сопротивления необходимо подсоединить зажимы мультиметра к измеряемой цепи согласно рисунка 5.

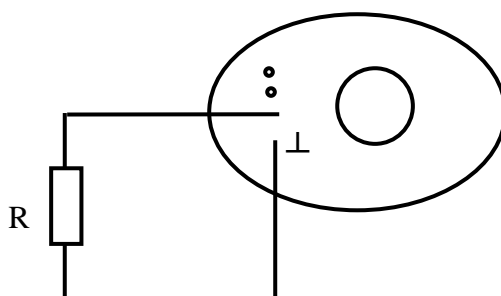


Рисунок 5 – Присоединение мультиметра как омметра

Запишите измеренные значения сопротивлений в таблицу 3

Таблица 3 – Данные измерения сопротивлений

Измеряемое сопротивление	100 Ом	1 кОм	150 Ом	1 МОм
Предел измерения				
Величина сопротивления				

Измерьте значения статических коэффициентов усилителя транзисторов (h). Данные измерений занести в таблицу 4

Таблица 4 – Данные измерений коэффициента передачи по току h

Тип транзистора	Проводимость р-п-р или п-р-п	h справ.	h изм.

Сделайте выводы по работе

Краткие теоретические сведения по рассматриваемой проблеме, основные характеристики по содержанию лабораторной работы

Цифровой измерительный прибор – это измерительный прибор, в котором входной аналоговый сигнал преобразуется в выходной дискретный сигнал, и представляется в цифровой форме.

Аналоговый сигнал – это сигнал, который является непрерывной функцией времени (рисунок 6).

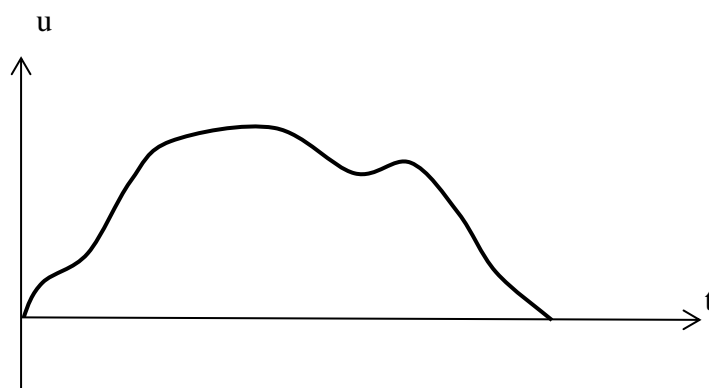


Рисунок 6 – Аналоговый сигнал

Дискретный сигнал – это прерывистый сигнал, в котором информация содержится в числе импульсов.

Процесс преобразования аналоговой формы сигнала в дискретную (рисунок 7) называется аналого-цифровым преобразованием, а преобразователь, осуществляющий это преобразование – аналого-цифровым преобразователем (АЦП).

Цифровые приборы представляют собой одно из последних достижений приборостроения. Благодаря таким свойствам, как помехоустойчивость, высокая точность, быстродействие (до нескольких тысяч измерений в секунду), малая потребляемая мощность, отсутствие субъективных ошибок, возможность подачи результата измерения на вход ЭЦВМ, управляющим

технологическим процессом, и другим, эти приборы получают все большее распространение в лабораторной и производственной измерительной практике.

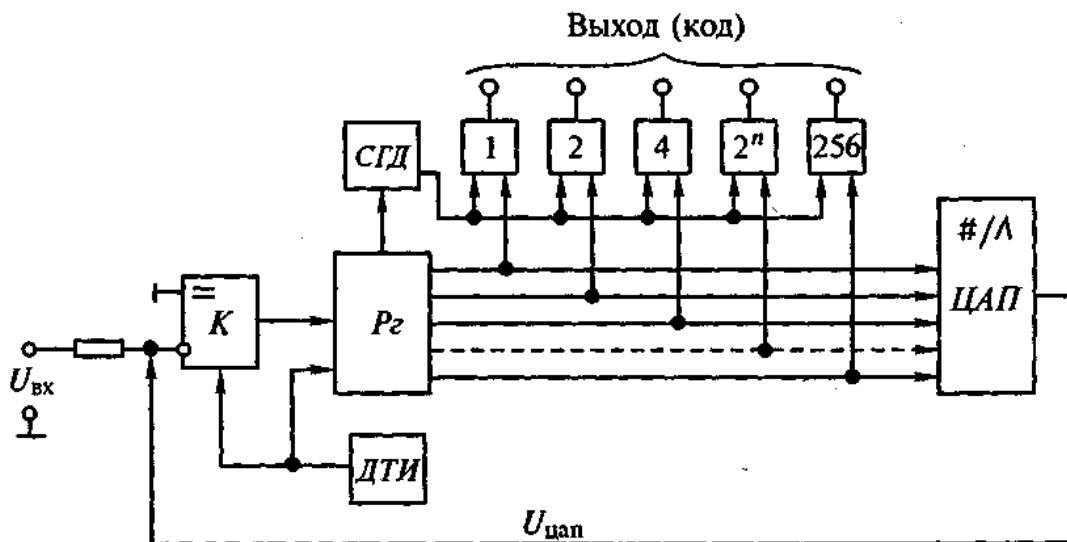


Рисунок 7 – Аналого-цифровое преобразование

По виду измеряемых величин цифровые измерительные приборы подразделяются на:

- вольтметры постоянного и переменного тока;
- омметры и мосты постоянного и переменного тока;
- комбинированные приборы;
- измерители частоты и интервалов времени;
- специализированные цифровые измерительные приборы, предназначенные для измерения температуры, массы грузов, скоростей, времени срабатывания и т.п.

Нормирование погрешностей цифрового измерительного прибора производится несколькими способами:

- 1) нормированием приведенной погрешности;
- 2) нормированием относительной погрешности двучленной формулой вида;

$$\delta = \pm \left[c + d \left(\frac{x_k}{x} - 1 \right) \right],$$

где c, d – постоянные коэффициенты;

x_k – верхнее значение поддиапазона;

x – показание прибора

3) заданием абсолютного значения погрешности, выраженной в единицах отсчета.

Наиболее часто применяется второй способ нормирования погрешностей.

Комбинированные цифровые приборы позволяют измерять ряд электрических величин, например напряжений постоянного и переменного тока, сопротивление постоянному току, емкости, индуктивности в их различном сочетании. Как правило, основой комбинированного прибора является ЦВ постоянного тока интегрирующего типа; кроме него прибор содержит ряд преобразователей различных электрических величин в напряжение постоянного тока. Так, при измерении токов в качестве преобразователей применяются шунты, при измерении напряжений переменного тока – ПСЗ или ПДЗ на основе термоэлектрических преобразователей.

Содержание отчета

1. Номер лабораторной работы, ее тема.
2. Учебная цель работы.
3. Рисунок 1 – Присоединение мультиметра как вольтметра.
4. Таблица 1 – Данные измерений напряжения
5. Рисунок 2 – Подсоединение мультиметра как миллиамперметра
6. Рисунок 3 – Схема для измерения постоянного тока
7. Рисунок 4 – Схема для измерения переменного тока
8. Таблица 2 – Данные измерений токов
9. Рисунок 5 – Присоединение мультиметра как омметра

- 10.Рисунок 6 – Осциллограмма выходного напряжения двухполупериодного выпрямителя
- 11.Таблица 3 – Данные измерения сопротивлений
- 12.Таблица 4 – Данные измерений коэффициента передачи по току h
- 13.Формулы и расчеты.
- 14.Анализ полученных результатов и вывод о проделанной работе.
- 15.Перечень контрольных вопросов.

Контрольные вопросы, предусматривающие краткие ответы по изучаемому содержанию учебного материала

1. Какой сигнал называется аналоговым?
2. Какой сигнал называется дискретным?
3. Что такое аналого-цифровое преобразование?
4. Классификация цифровых измерительных приборов
5. Что обозначает запись класса точности в виде дроби, например 0,1/0,05
6. Порядок работы с цифровым мультиметром.

Список использованных источников (перечень учебной, справочной и специальной литературы).

1. Малиновский В.Н. Электрические измерения. - М.: Энергоатомиздат, 1982.
2. Котур В.И. Электрические измерения и электроизмерительные приборы/ - М.: Энергоатомиздат, 1986.
3. Панфилов В.А. Электрические измерения, М. Академия 2004

Раздел 3. Измерение электрических и магнитных величин

Лабораторная работа № 7: «Измерение тока и мощности с использованием измерительных трансформаторов тока»

Учебная цель: Получить практические навыки в сборке схем с измерительным трансформатором тока

Перечень оборудования, аппаратуры, материалов и их характеристики:

- Лабораторный стенд ЛЭС-5;
- Амперметры;
- Вольтметры;
- Реостат;
- Ваттметр;
- Лабораторный автотрансформатор;
- Мультиметр;
- Соединительные провода.

Порядок выполнения работы:

Ознакомьтесь с приборами, используемыми в работе. Запишите технические данные приборов в таблицу 1

Таблица 1 - Технические данные приборов

Наименование	Тип	Предел измерения	Класс точности	Зав. №
Амперметр (РА 1) 5 А		5 А		
Амперметр (РА 2) 1 А		1 А		
Вольтметр (РV1) 600 В		600 В		
Вольтметр (РV2) 60 В		60 В		
Трансформатор тока ТА		15 А		
Ваттметр		600 Вт		

Соберите схему, приведенную на рисунке 1

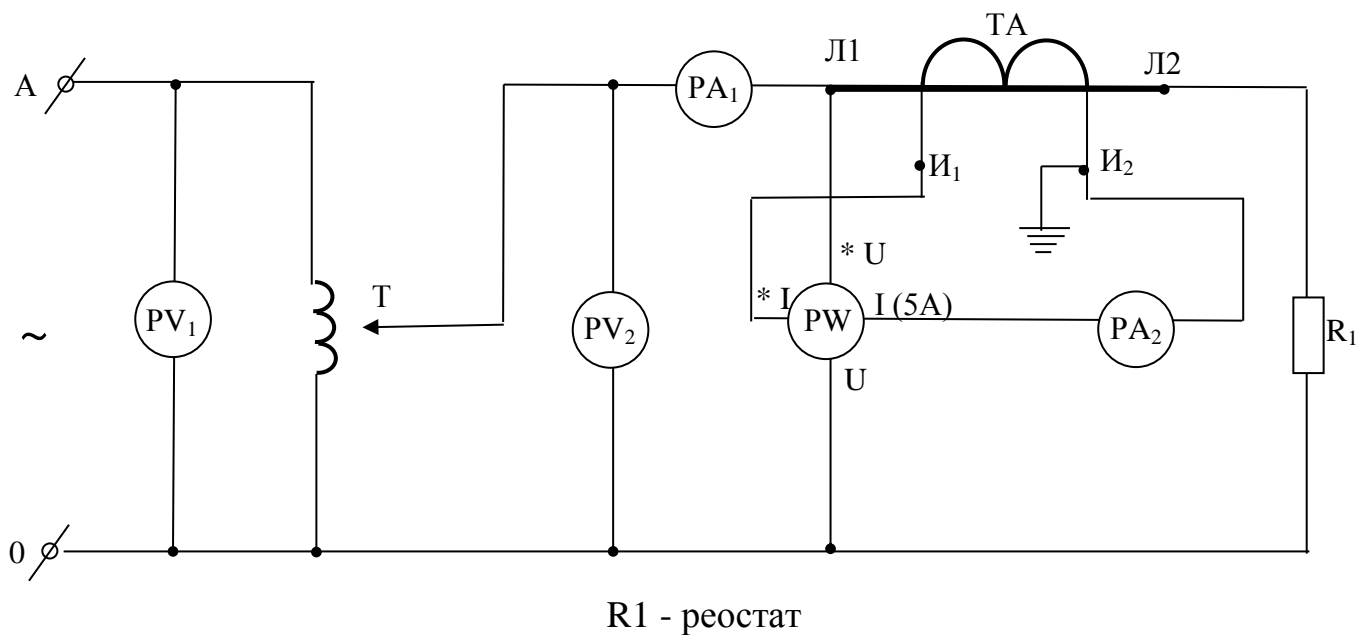


Рисунок 1 – Схема для измерения мощности с использованием трансформатора тока

Произведите измерения величин, указанных в таблице 2

Таблица 2 – Данные измерений и расчетов

Измерить					Вычислить			
U1	U2	I1	I2	P2	KI	KI ном	δI	P1
B	B	A	A	Bт	-	-	%	Bт

Рассчитать следующие значения:

- номинальный коэффициент трансформации

$$K_{I_{HOM}} = \frac{I_{1_{HOM}}}{I_{2_{HOM}}},$$

где $I_{1\text{ ном}}$ и $I_{2\text{ ном}}$ - паспортные данные трансформатора тока;

- действительный коэффициент трансформации

$$k_I = \frac{I_1}{I_2},$$

где I_1 и I_2 опытные значения токов

- токовую погрешность

$$\delta_I = \frac{K_{I \text{ ном}} - K_I}{K_I} \cdot 100\%$$

- мощность в первичной цепи

$$P_1 = P_2 \cdot K_I$$

Сделать выводы по работе.

Краткие теоретические сведения по рассматриваемой проблеме, основные характеристики по содержанию лабораторной работы

Измерительные трансформаторы служат для преобразования больших переменных токов и напряжений в относительно малые токи и напряжения. Это обеспечивает безопасные условия для обслуживания персонала.

Трансформатор тока включается в цепь последовательно (рисунок 2).

Во вторичную обмотку трансформатора тока I_1 и I_2 включаются амперметр и другие приборы, имеющие токовую обмотку (ваттметр, фазометр, счетчик электрической энергии).

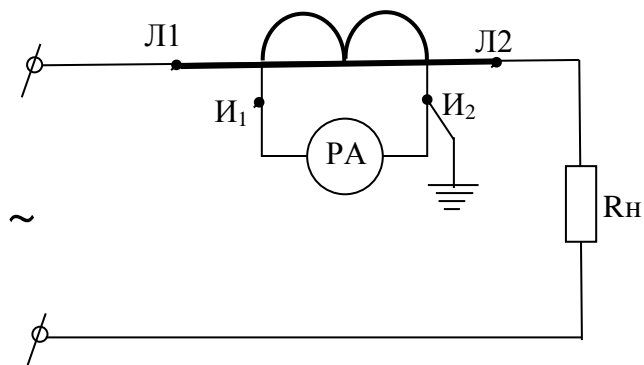


Рисунок 2 – Схема включения измерительного трансформатора тока

Трансформатор тока работает в режиме близком к короткому замыканию, так как во вторичную обмотку трансформатора тока включаются приборы, имеющие малое сопротивление.

Коэффициент трансформации трансформатора тока равен

$$K_I = \frac{I_1}{I_2} = \frac{W_2}{W_1},$$

где W_1 и W_2 - число витков в первичной и вторичной обмотках.

Вторичный ток трансформатора тока равен 1; 2; 2,5; 5 А, (чаще 5 А).

При разомкнутой вторичной обмотке в ней наводится ЭДС взаимной индукции, величина которой может быть опасно большой, поэтому при отсутствии измерительного прибора во вторичной обмотке ее нужно закорачивать.

На трансформаторе тока указываются:

- номинальное напряжение;
- токи $I_{1\text{ном}}$ и $I_{2\text{ном}}$;
- класс точности трансформатора тока, определяемый по относительной токовой погрешности

$$\delta_I = \frac{K_{I \text{ ном}} - K_I}{K_I} \cdot 100\%$$

- номинальная полная мощность вторичной обмотки S_2 , ВА, равная

$$S_2 = I_2^2 \cdot Z_2,$$

где Z_2 – номинальная нагрузка трансформатора тока, Ом.

Номинальной нагрузкой трансформатора тока называется наибольшее сопротивление, на которое можно замыкать его вторичную обмотку не вызывая увеличения погрешностей допустимых для соответствующего класса точности.

Измерительный трансформатор напряжения включается в цепь параллельно (рисунок 3)

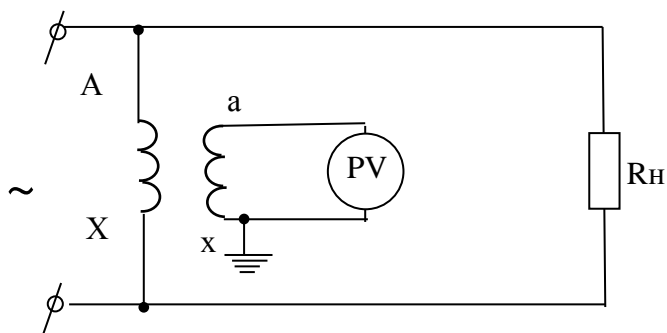


Рисунок 3 – Схема включения измерительного трансформатора напряжения

Во вторичную обмотку трансформатора напряжения (ах) включаются вольтметр и другие приборы, имеющие потенциальную обмотку (ваттметр, фазометр, счетчик электрической энергии).

Трансформатор напряжения работает в режиме близком к холостому ходу, так как во вторичную обмотку включаются приборы, имеющие большое сопротивление.

Коэффициент трансформации трансформатора напряжения равен

$$K_U = \frac{U_1}{U_2} = \frac{W_1}{W_2}$$

Напряжение вторичной обмотки трансформатора напряжения равно 150, 100 или $100/\sqrt{3}$ В.

При отсутствии измерительного прибора вторичную обмотку трансформатора напряжения нужно оставлять разомкнутой.

На трансформаторе напряжения указываются:

- напряжения $U_{1\text{ном}}$ и $U_{2\text{ном}}$
- номинальная полная мощность вторичной обмотки S_2 , ВА;
- класс точности, определяемый по относительной погрешности напряжения

$$\delta_U = \frac{K_{U \text{ ном}} - K_U}{K_U} \cdot 100\%$$

В целях безопасности вторичная обмотка трансформаторов тока и напряжения заземляется

2 Содержание отчета

1. Номер лабораторной работы, ее тема.
2. Учебная цель работы.
3. Таблица 1 – Технические данные приборов.
4. Рисунок 1 – Схема для измерения мощности с использованием трансформатора тока
5. Таблица 2 – Данные измерений и расчетов
6. Формулы и расчеты.
7. Анализ полученных результатов и вывод о проделанной работе.
8. Перечень контрольных вопросов.

Контрольные вопросы, предусматривающие краткие ответы по изучаемому содержанию учебного материала:

1. Для чего используются измерительные трансформаторы?
2. Как включаются измерительные трансформаторы тока и напряжения?
3. Какие приборы включаются к вторичным обмоткам трансформатора тока?
4. Какие приборы включаются к вторичным обмоткам трансформатора напряжения?
5. Что называется действительным коэффициентом трансформации по току, по напряжению?
6. Что называется номинальным коэффициентом трансформации по току, по напряжению?
7. Почему номинальные и действительные коэффициенты трансформации могут отличаться друг от друга?
8. В каком режиме работает трансформатор тока?
9. В каком режиме работает трансформатор напряжения?
10. За счет чего обеспечивается безопасность обслуживающего персонала?

Список использованных источников (перечень учебной, справочной и специальной литературы).

1. Малиновский В.Н. Электрические измерения. - М.: Энергоатомиздат, 1982.
2. Котур В.И. Электрические измерения и электроизмерительные приборы/ - М.: Энергоатомиздат, 1986.
3. Панфилов В.А. Электрические измерения, М. Академия 2004.

Раздел 3. Измерение электрических и магнитных величин
Лабораторная работа № 8: « Измерение мощности в трехфазной цепи
двухэлементным ваттметром»

Учебная цель: Получить практические навыки в подключении двухэлементного ваттметра в трехфазную цепь. Сравнить результаты измерения мощности в трехфазной цепи двухэлементным ваттметром и с помощью двух ваттметров.

Перечень оборудования, аппаратуры, материалов и их характеристики:

- Лабораторный стенд ЛЭС-5;
- Вольтметр, 600 В;
- Амперметр, 5 А;
- Фазометр;
- Ваттметр, 2 шт;
- Двухэлементный ваттметр;
- Двигатель;
- Мультиметр;
- Соединительные провода.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с приборами, оборудованием, используемыми в работе.
Технические данные приборов занести в таблицу 1.

Таблица 1 – Технические данные приборов

Наименование	Тип	Предел измерения	Класс точности	Тип измерительного механизма	Зав. №
Вольтметр Амперметр					

Наименование	Тип	Предел измерения	Класс точности	Тип измерительного механизма	Зав. №
Фазометр Ваттметр Ваттметр Двухэлементный ваттметр					

2. Собрать схему установки (рисунок 1)

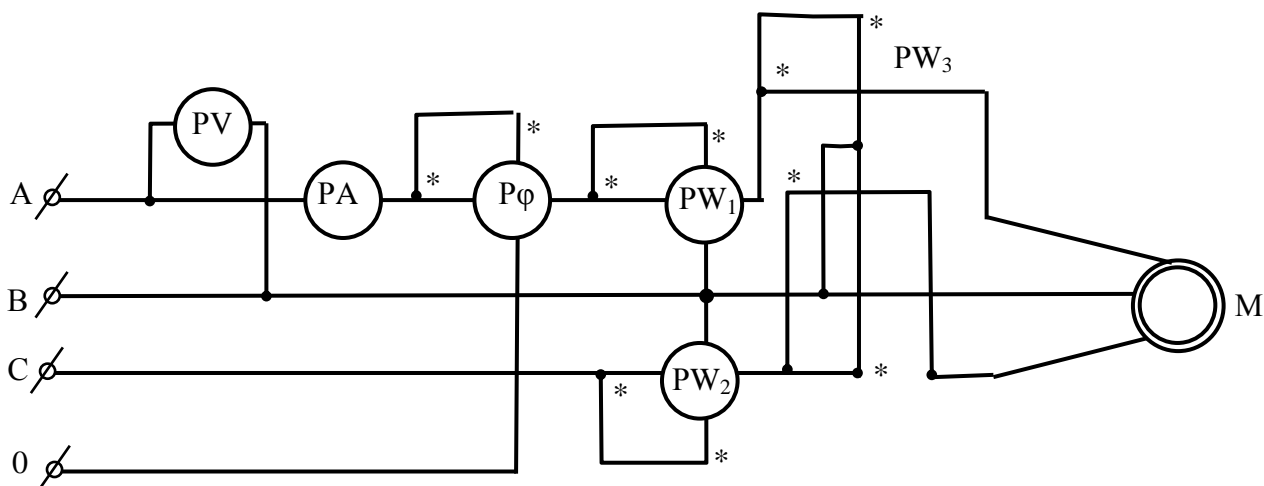


Рисунок 1 – Схема измерений активной мощности в трехфазной цепи

3. После проверки преподавателем правильности собранной схемы подать на нее питание и произвести измерения активной мощности трехфазной цепи тремя методами. Результаты измерений занести в таблицу 2.

Если стрелка одного из ваттметров PW_1 или PW_2 отклонилась влево от нуля, нужно отжать на этом ваттметре кнопку «+» «-» и показания этого ваттметра записать в таблицу 2 со знаком «-»

Таблица 2 - Результаты измерений и расчетов

Косвенный метод					Метод двух ваттметров					Двухэлементный ваттметр		
U	I	$\cos \varphi$	φ	P	PW1, Вт		PW2, Вт		P	n	Cp	PW3
В	А	-	град	Вт	Опыт	Расчет	Опыт	Расчет	Вт	дел	$\frac{Вт}{дел}$	Вт

4. Произвести расчет активной мощности в косвенном методе по формуле:

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

5. Произвести расчеты в методе двух ваттметров. Сравнить показания первого PW_1 ваттметра с расчетным значением, определяемым по формуле:

$$PW_1 = IU \cdot \cos(30 + \varphi)$$

Сравнить показания второго PW_2 ваттметра с расчетным значением, определяемым по формуле:

$$PW_2 = IU \cdot \cos(30 - \varphi)$$

Рассчитать мощность трехфазной цепи как алгебраическую сумму показаний двух ваттметров:

$$P = PW_1 + PW_2$$

6. Определить мощность трехфазной цепи по показаниям двухэлементного ваттметра:

$$P = PW_3 = Cp \cdot n$$

где n – число делений, на которое отклонилась стрелка двухэлементного ваттметра;

Cp – цена деления двухэлементного ваттметра с учетом коэффициента трансформации

$$Cp = \frac{PN}{N \cdot kI} \text{ Вт / дел}$$

P_N – нормирующее значение двухэлементного ваттметра, равное разности

конечного и начального значений предела шкалы;

N – число делений двухэлементного ваттметра;

kI – коэффициент трансформации трансформатора тока, который должен подключаться к токовым обмоткам двухэлементного ваттметра, его величина указывается на щитке двухэлементного ваттметра. В данной работе двухэлементный ваттметр подключается без трансформаторов тока поэтому, цена деления ваттметра уменьшается в kI раз.

7. Сравнить значения активной мощности P , найденные косвенным методом (п.11.3.4), методом двух ваттметров (п.11.3.5), и по показаниям двухэлементного ваттметра (п.11.3.6).

8. Сделать выводы по работе

Краткие теоретические сведения по рассматриваемой проблеме, основные характеристики по содержанию лабораторной работы

1. Для измерения мощности в трехфазной трехпроводной цепи можно применить метод двух ваттметров. Он пригоден как при симметричной, так и при несимметричной нагрузке. На рисунке 2 приведена схема включения двух ваттметров, а на рисунке 3 – векторная диаграмма цепи для случая симметрии токов и напряжений.

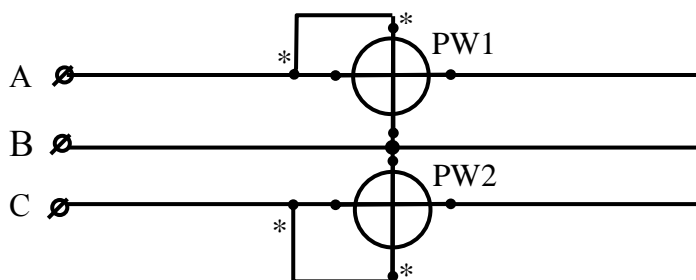


Рисунок – 2 Схема измерения мощности методом двух ваттметров

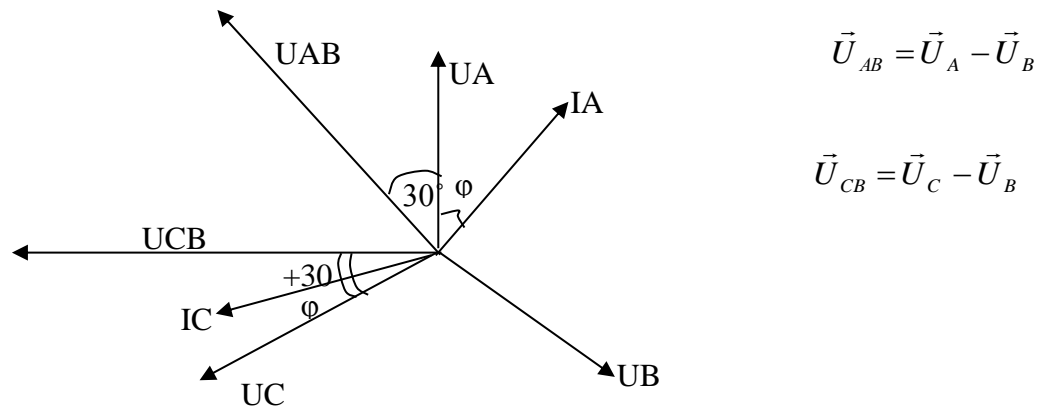


Рисунок – 3 Векторная диаграмма, поясняющая метод двух ваттметров

Показания первого ваттметра

$$PW_1 = U_{ab} \cdot I_a \cdot \cos(U_{ab}, \wedge I_a) = U_{ab} \cdot I_a \cdot \cos \varphi (30 + \varphi)$$

Показания второго ваттметра

$$PW_2 = U_{cb} \cdot I_c \cdot \cos(U_{cb}, \wedge I_c) = U_{cb} \cdot I_c \cdot \cos(30 - \varphi)$$

Общая мощность цепи

$$P = PW_1 + PW_2 = U_L I_L \cos(30 + \varphi) + U_L I_L \cos(30 - \varphi)$$

После несложных преобразований получается

$$P = 2U_L I_L \cos 30^\circ \cos \varphi = \sqrt{3} U_L I_L \cos \varphi$$

Таким образом алгебраическая сумма показаний ваттметров PW_1 и PW_2 равна активной мощности цепи.

2. По схеме 2-х ваттметров включаются токовые обмотки и обмотки напряжения трехфазных двухэлементных ваттметров, которые размещены в одном корпусе (рисунок 1).

Содержание отчета

1. Учебная цель работы.
2. Таблица 1 -Технические данные приборов
3. Рисунок 1 – Схема измерений активной мощности в трехфазной цепи
4. Таблица 2 – Результаты измерений и расчетов
5. Все формулы и расчеты.
6. Анализ полученных результатов и вывод о проделанной работе.
7. Перечень контрольных вопросов.

Контрольные вопросы, предусматривающие краткие ответы по изучаемому содержанию учебного материала

1. Косвенный метод измерения мощности в трехфазной цепи.
2. Косвенный метод измерения мощности в трехфазной цепи методом двух ваттметров. Схема. Векторная диаграмма. Формулы.
3. Конструкция и принцип действия двухэлементного ваттметра.
4. Как находится цена деления ваттметра.
5. К какой измерительной системе относится ваттметр.
6. Объяснить почему показания первого ваттметра получается со знаком минус?

Список использованных источников (перечень учебной, справочной и специальной литературы).

1. Малиновский В.Н. Электрические измерения. - М.: Энергоатомиздат, 1982.
2. Котур В.И. Электрические измерения и электроизмерительные приборы/ - М.: Энергоатомиздат, 1986.

Панфилов В.А. Электрические измерения, М. Академия 2004

Раздел 3 «Измерение электрических и магнитных величин»

Лабораторная работа №9: « Поверка измерительных трансформаторов тока»

Учебная цель: Научиться определять коэффициенты трансформации измерительного трансформатора тока в зависимости от режимов работы. Научиться определять погрешности по току измерительного трансформатора тока, строить кривые погрешности трансформатора $Z = \text{const}$ при $I = \text{const}$

Перечень оборудования, аппаратуры, материалов и их характеристики:

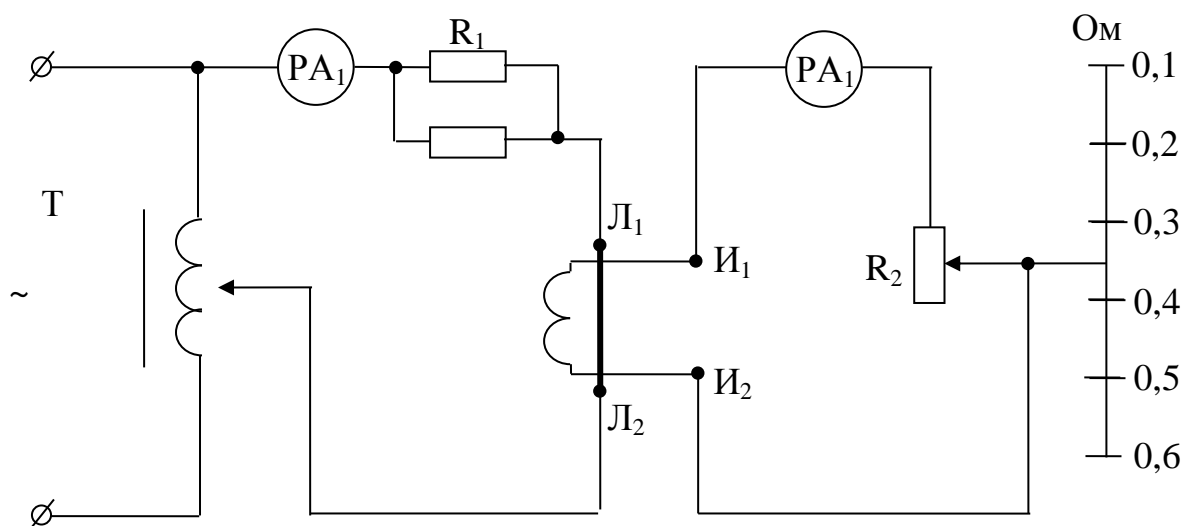
- Лабораторный стенд ЛЭС-5;
- Измерительный трансформатор тока;
- Амперметры;
- Лабораторный автотрансформатор;
- Реостаты;
- Мультиметр;
- Соединительные провода.

Порядок выполнения работы:

Внимательно прочитайте указания к работе.

Проверьте исправность изоляции соединительных проводов.

Ознакомьтесь с техническими данными приборов и оборудования, необходимых для работы, записать их в таблицу 1



T – автотрансформатор (ЛАТР) 10 А

ТА – трансформатор тока УТТ 5 м

$R_{\text{ном}}$ вторичной обмотки = 0,20 м, класс точности 0,2

RA – реостат 7 Ом, 10 А.

PA1, PA2 – амперметры 0-10 А

Рисунок 1 – Схема включения трансформатора тока

Таблица 1 – Технические данные приборов и оборудования

№	Наименование	Тип	Тип изм. систем	Предел изм.	Класс точности	Зав. №

Соберите схему (рисунок 1).

Во вторичной цепи установите сопротивление реостата $R = 0.2 \text{ Ом}$, равное $R_{\text{ном}}$ вторичной обмотки трансформатора тока.

После проверки преподавателем правильности собранной схемы подайте питание.

Меняя автотрансформатором тока I , снимите показания приборов при 5-6 положениях автотрансформатора.

Результаты занесите в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты измерений и расчетов

№	Измерить		Рассчитать		
	I ₁ , А	I ₂ , А	K _{ном}	K _i	γ _i , %
1					
2					
3					
4					
5					
6					

Рассчитайте:

- коэффициент трансформации номинальный (берется из паспорта ТТ)

$$K_{i \text{ ном}} = \frac{I_{\text{ном } 1}}{I_{\text{ном } 2}}$$

- коэффициент трансформации действительный

$$K_{i.ном} = \frac{I_1}{I_2}$$

- токовую погрешность

$$\gamma_1 = \frac{K_{i.ном} - K_1}{K_i} \cdot 100\%$$

Установите значение I₁=3А снять показания I₂ при изменении значения R2 реостата во второй цепи.

Данные результатов занести в таблицу 3.

Таблица 3 – Результаты измерений и расчетов

Измерить			Рассчитать		
R, Ом	I ₁ , А	I ₂ , А	K _i ном	K _i	γ _i , %
0,2	3 А				
0,4	3 А				
0,6	3 А				
0,8	3 А				

Постройте кривые погрешности трансформатора.

$\gamma_i = f(I_1)$ при $Z = 0,2$ Ом

$i = f(Z_2)$ при $I = 3$ А.

Сделайте вывод о соответствии трансформатора своему классу точности.

Краткие теоретические сведения по рассматриваемой проблеме, основные характеристики по содержанию лабораторной работы.

Измерительные трансформаторы тока применяются для расширения пределов измерения у амперметров, вольтметров, счетчиков, фазометров и т.д. Кроме того, измерительные трансформаторы дают возможность электрически изолировать цепи приборов и измерительную цепь, что ограждает обслуживающий персонал от высокого нагревания и дает возможность безопасно производить операцию с приборами, так как они включаются во вторичные (низковольтные) обмотки трансформаторов.

Трансформаторы тока характеризуются номинальным и действительным коэффициентами трансформации. Действительный коэффициент:

$$K_i = \frac{I_1}{I_2}$$

Обычно известен, так как он зависит от режима работы трансформатора.

Здесь I_1 – величина тока, протекающего по первичной обметке;

I_2 – величина тока, которая определяется по показанию амперметра, включенного во вторичную обмотку.

В паспорте трансформатора указывается номинальный коэффициент трансформатора в виде отношения номинального первичного тока I_1 ном к номинальному вторичному току I_2 ном, то есть

$$K_{\text{инно}} = \frac{I_{1\text{ном}}}{I_{2\text{ном}}}$$

Поскольку при определении измеряемых величин первичного тока пользуются номинальным коэффициентом трансформации, то это приводит к появлению погрешности по току.

Относительная погрешность измерения по току I вследствие неравенства действительного и номинального коэффициента может быть определена:

$$\gamma_I = \frac{I_1 - I_1}{I_1} \cdot 100\% = \frac{K_{\text{инно}} - K_i}{K_i} \cdot 100\%$$

где $I_1 = K_{\text{инно}} \cdot I_2$;

$$I_1 = K_i \cdot I_2$$

Класс точности трансформатора тока определяется по токовой погрешности.

Содержание отчета

1. Номер лабораторной работы, ее тема.
2. Учебная цель работы.
3. Таблица 1 – Технические данные приборов и оборудования.

4. Рисунок 1 – Схема включения трансформатора тока .
5. Таблица 2 – Результаты измерений и расчетов .
6. Таблица 3 – Результаты измерений и расчетов.
7. Формулы и расчеты.
8. Анализ полученных результатов и вывод о проделанной работе.
9. Перечень контрольных вопросов.

Контрольные вопросы, предусматривающие краткие ответы по изучаемому содержанию учебного материала

1. Коэффициент трансформации номинальный.
2. Коэффициент трансформации действительный.
3. По какой погрешности определяется класс точности.
4. В каком режиме работы работает трансформатор тока.
5. Устройство и принцип действия трансформатора тока.

Список использованных источников (перечень учебной, справочной и специальной литературы).

4. Малиновский В.Н. Электрические измерения. - М.: Энергоатомиздат, 1982.
5. Котур В.И. Электрические измерения и электроизмерительные приборы/ - М.: Энергоатомиздат, 1986.
6. Панфилов В.А. Электрические измерения, М. Академия 2004

Раздел 3 «Измерение электрических и магнитных величин»

Лабораторная работа № 10: «Учет электрической энергии в однофазных цепях»

Учебная цель: Проверить однофазный счетчик методом ваттметра-секундомера

Перечень оборудования, аппаратуры, материалов и их характеристики:

- Лабораторный стенд ЛЭС-5;
- Ваттметр;
- Секундомер;
- Реостат;
- Мультиметр;
- Соединительные провода.

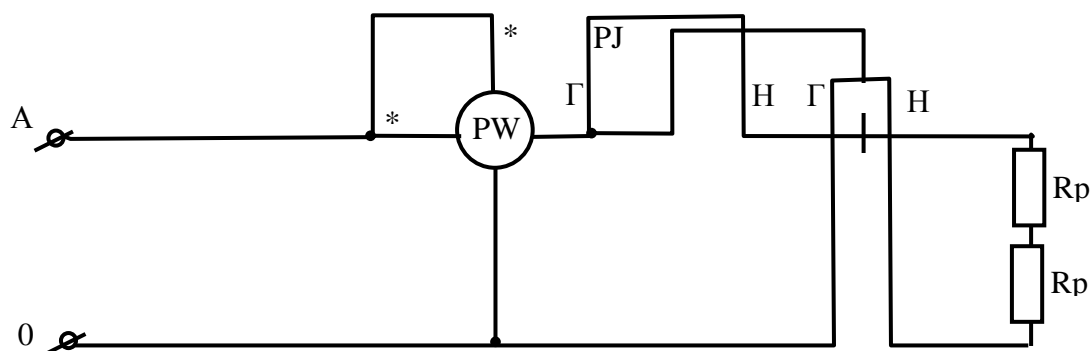
Порядок выполнения работы:

1. Записать в таблицу 1 технические данные приборов, используемых при выполнении работы.

Таблица 1- Технические данные приборов

№	Обозначение	Наименование	Тип	Предел измерения	Класс точности
1	PJ	Счетчик однофазный	СОЭИ		
2	PW	Ваттметр			

2. Собрать схему установки (рисунок 1) для проверки однофазного счетчика



Rp – реостат

Рисунок 1 – Схема проверки однофазного счетчика

3. Снять показания приборов за время t (60с, 90с....) и данные измерений и расчетов занести в таблицу 2 строку 1.

Таблица 2 – Данные измерений и расчетов

	t	P	$W = P \cdot t$	N_o	$C_{ном} = \frac{3600 \cdot 1000}{N_o}$	N	$W_{сч} = C_{ном} \cdot N$	$\delta = \frac{W_{сч} - W}{W} \cdot 100\%$
	c	Bm	$Bm \cdot C$	$1kBmч -$ $- имп$	$\frac{Bm \cdot c}{имп}$	оборот	$Bm \cdot C$	%
1								
2								
3								

4. Произвести расчеты по приведенным формулам и сделать вывод о соответствии счетчика своему классу точности.

Краткие теоретические сведения по рассматриваемой проблеме, основные характеристики по содержанию лабораторной работы

1. Активная энергия измеряется: ($W_a = UI \cdot \cos \varphi \cdot t$)

1) С помощью ваттметра – секундомера

2) Непосредственно с помощью счетчика электрической энергии индукционной системы.



2. Однофазный счетчик электрической энергии индукционной системы (рисунок 2) состоит из:

- 1- Ш – образцового магнитопровода с обмоткой напряжения U .
- 2- П - образцового магнитопровода с токовой обмоткой I .
- 3- Алюминиевого диска.

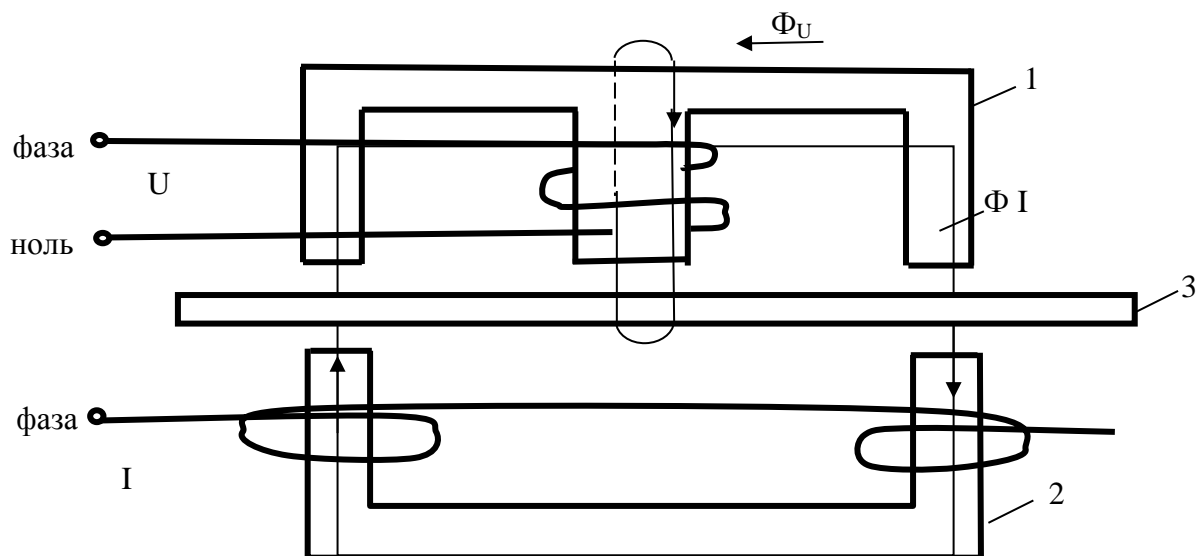


Рисунок 2 – Однофазный счетчик электрической энергии

Под действием создаваемых магнитных потоков Φ_U и Φ_I создается вращающий момент (рисунок 3) пропорциональный активной мощности.

$$M_{вр} = c \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi = c \cdot P$$

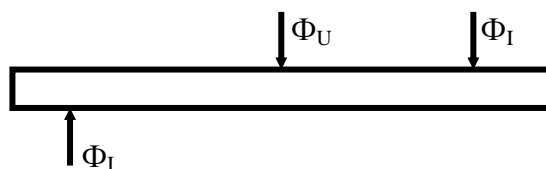


Рисунок 3

Число оборотов диска будет зависеть от вращающего момента $M_{вр}$ и от времени t .

Передаточное число No указывается на счетчике и показывает сколько оборотов диска соответствует 1 кВт · час. Постоянная счетчика $C_{ном}$ – величина, обратная No .

$$C_{ном} = \frac{3600 \cdot 1000}{No}, \quad \frac{Вт \cdot с}{имп}$$

Энергия $W_{сч}$ рассчитывается по формуле:

$$W_{сч} = C_{ном} \cdot N,$$

где N – число оборотов диска за определенное время t .

Проверка счетчика производится с помощью образцового счетчика или по методу ваттметра-секундомера $W = Pt$.

Класс точности счетчика определяется по относительной погрешности

$$\delta = \frac{W_{сч} - W}{W} \cdot 100\%$$

Органами регулировки счетчика являются:

- 1) Постоянный магнит для создания тормозного момента (рисунок 4)

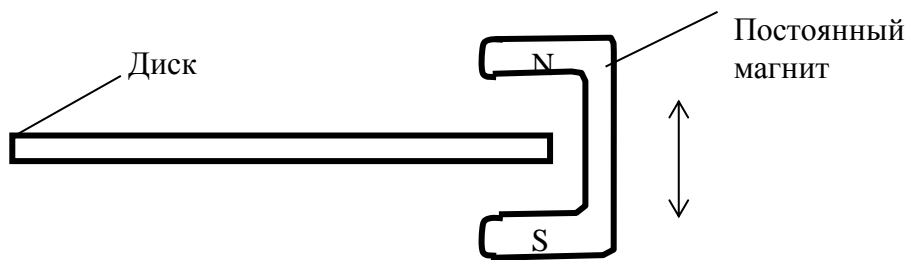


Рисунок 4

- 2) Короткозамкнутые веки на П – образном магнитопроводе для грубой регулировки (рисунок 5)

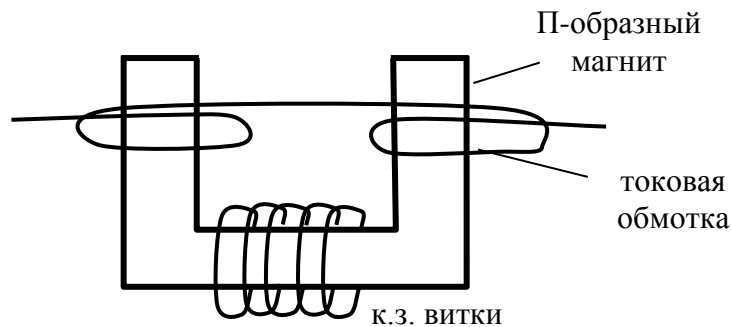


Рисунок 5

- 3) Короткозамкнутый виток с регулируемым сопротивлением для точной регулировки (рисунок 5)

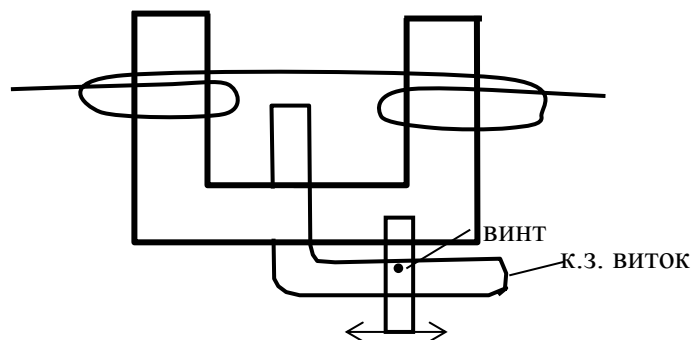


Рисунок 6

- 4) Флажок и крючок для устранения самохода. Самоход – самопроизвольное вращение диска при отсутствии тока (рисунок 7)

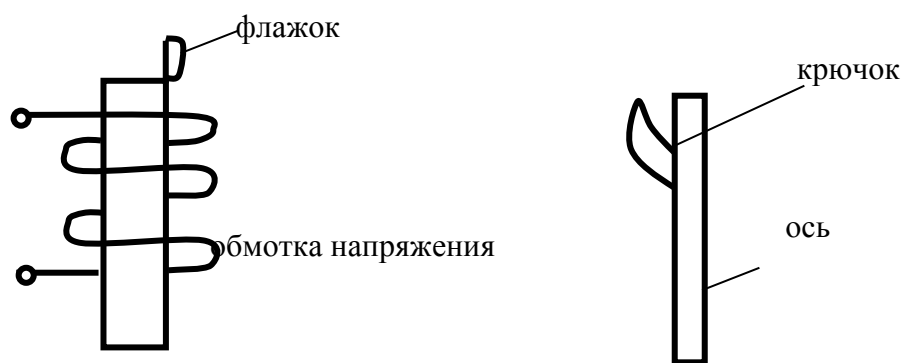


Рисунок 7

- 5) Противополюс из магнитомягкого материала (рисунок 8)

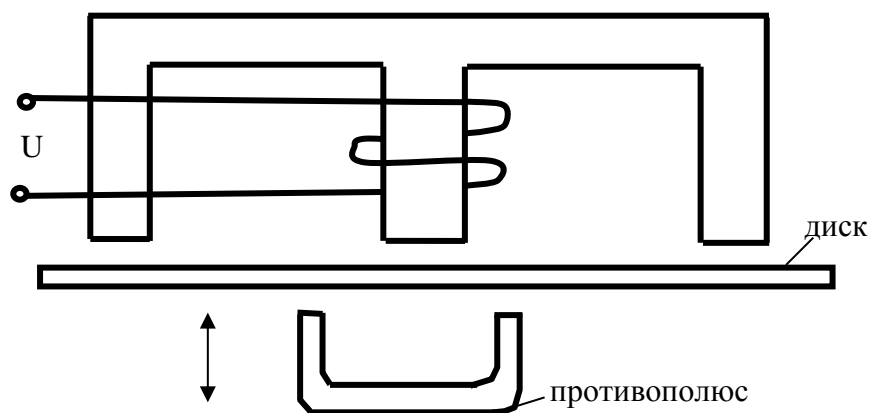


Рисунок 8

Содержание отчета

1. Учебная цель работы.
2. Таблица 1 -Технические данные приборов
3. Рисунок 1 – Схема поверки однофазного счетчика
4. Таблица 2 – Данные измерений и расчетов
5. Все формулы и расчеты.
6. Анализ полученных результатов и вывод о проделанной работе.
7. Перечень контрольных вопросов.

Контрольные вопросы, предусматривающие краткие ответы по изучаемому содержанию учебного материала

1. Устройство и принцип действия однофазного счетчика.
2. Органы регулировки счетчика.
3. Схема однофазного счетчика.
4. Что такое передаточное число, постоянная счетчика?
5. По какой погрешности определяется класс точности счетчика?
6. Методы поверки счетчика.

Список использованных источников (перечень учебной, справочной и специальной литературы).

1. Малиновский В.Н. Электрические измерения. - М.: Энергоатомиздат, 1982.
2. Котур В.И. Электрические измерения и электроизмерительные приборы/ - М.: Энергоатомиздат, 1986.
3. Панфилов В.А. Электрические измерения, М. Академия 2004

Раздел 3. Измерение электрических и магнитных величин

Лабораторная работа № 11: «Измерение коэффициента мощности и угла сдвига фаз»

Учебная цель: Научиться измерять фазовый сдвиг различными способами и сравнивать результаты измерений.

Перечень оборудования, аппаратуры, материалов и их характеристики:

- Лабораторный стенд ЛЭС-5;
- Вольтметр;
- Амперметр;
- Ваттметр;
- Фазометр;
- Осциллограф;
- Мультиметр;
- Соединительные провода.

Порядок выполнения работы:

Ознакомьтесь с приборами, используемыми в работе, и запишите их технические данные в таблицу 1.

Таблица 1 – Технические данные приборов

Наименование	Тип	Предел измерения	Класс точности	Тип измерительного механизма	Зав. №
Амперметр Вольтметр Ваттметр Фазометр Осциллограф					

Соберите схему, приведенную на рисунке 1 и предъявите на проверку преподавателю.

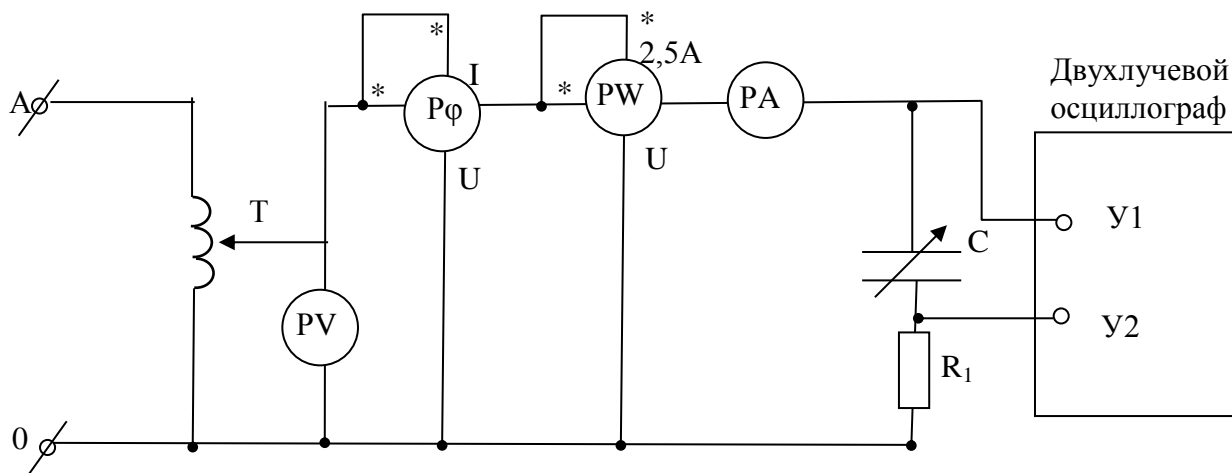


Рисунок 1 – Схема для измерения коэффициента мощности

Подайте питание.

Установите автотрансформатором напряжение $U=50\text{ В}$.

Переменным конденсатором установите сдвиг фаз в пределах $40-60^\circ$ по показаниям фазометра.

Результаты измерений занесите в таблицу 2

Таблица 2 - Результаты измерений и вычислений угла φ

Фазометр		Косвенный метод					Метод линейной развертки		
φ	$\cos \varphi$	P	U	I	$\cos \varphi$	φ	ab	ac	φ
град	-	Вт	В	А	-	град	дел	дел	град

Подсоедините двухлучевой осциллограф к точкам, указанным на рисунке 1.

Получите осциллограмму на экране осциллографа (рисунок 2)

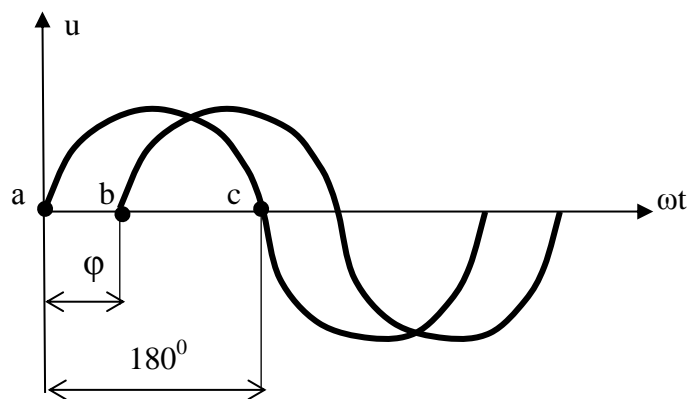


Рисунок 2 – Осциллограмма

Результаты измерений отрезков ab , ac в делениях занесите в таблицу 2.

Рассчитайте значение $\cos \varphi$ косвенным методом по формуле

$$\cos \varphi = \frac{P}{U \cdot I}$$

Определите угол φ

$$\varphi = \arccos \cos \varphi$$

Рассчитайте значение угла φ по методу линейной развертки из соотношения

$ab - \varphi$

$ac - 180^\circ$

$$\varphi = \frac{ab \cdot 180^\circ}{ac}$$

Сравните результаты измерений фазового сдвига φ различными методами.

Краткие теоретические сведения по рассматриваемой проблеме, основные характеристики по содержанию лабораторной работы

Угол сдвига фаз между двумя синусоидальными напряжениями одной частоты можно измерить несколькими методами.

Косвенный метод.

Измерив ток, напряжение, мощность в цепи рассчитывается коэффициент мощности по формуле

$$\cos \varphi = \frac{P}{U \cdot I}$$

Этот метод применяется редко, т.к. является неточным из-за погрешностей, вносимых амперметром, вольтметром, ваттметром.

Непосредственный метод – электродинамическим (ферродинамическим) фазометром, упрощенная схема которого приведена на рисунке 3.

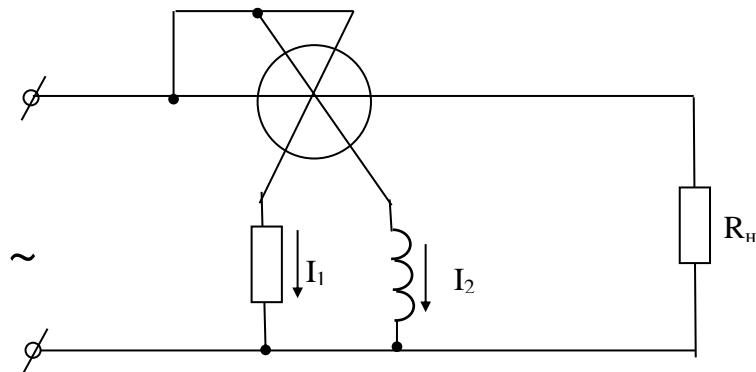


Рисунок 3 – Упрощенная схема фазометра

Фазометр является логометром, по потенциальным обмоткам которого проходят токи I_1 и I_2 . Ток I_2 отстает от напряжения на 90° , так как является чисто индуктивным.

Общий ток равен сумме токов

$$\vec{I} = \vec{I}_1 + \vec{I}_2$$

На рисунке 4 приведена векторная диаграмма, поясняющая принцип действия фазометра

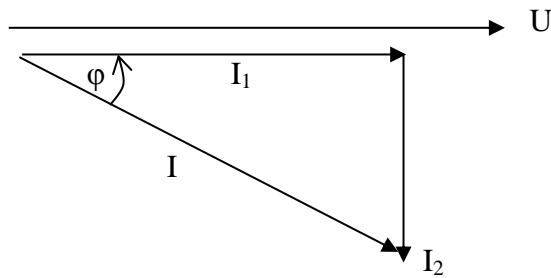


Рисунок 4 – Векторная диаграмма, поясняющая принцип действия фазометра

Угол отклонения стрелки фазометра α зависит от соотношения токов I_1 и I_2 , а в конечном счете от угла сдвига фаз φ .

$$\alpha = F\left(\frac{I_1}{I_2}\right) = F\left(\frac{I \cdot \cos \varphi}{I \cdot \sin \varphi}\right) = F\left(\frac{\cos \varphi}{\sin \varphi}\right) = F(\operatorname{Ctg} \varphi) = F(\varphi)$$

Осциллографический метод линейной развертки.

На входы $Y1$ и $Y2$ двухлучевого осциллографа подаются два синусоидальных сигнала, сдвинутых друг относительно друга на угол φ . По соотношению отрезков рассчитывается угол φ (рисунок 5).

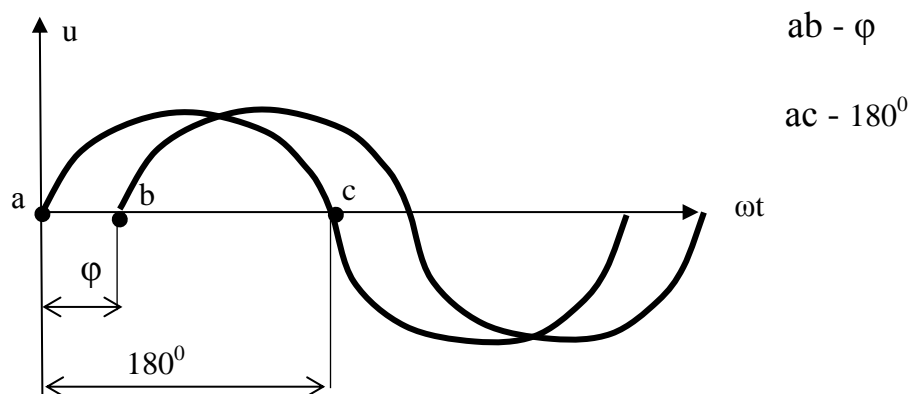


Рисунок 5 – Осциллограмма к методу линейной развертки

Угол φ равен

$$\varphi = \frac{ab \cdot 180^\circ}{ac}$$

Осциллографический метод «эллипса»

На входы «X» и «Y» осциллографа подаются два синусоидальных сигнала одной частоты, сдвинутых по фазе относительно друг друга на угол φ . Генератор развертки отключается. На экране осциллографа получается эллипс (рисунок 6).

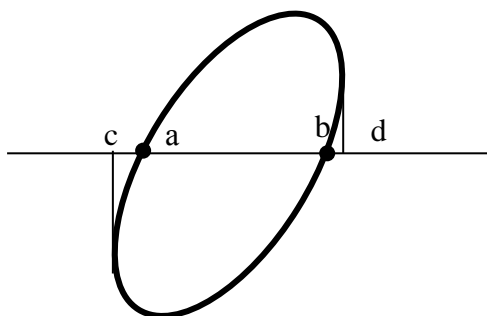


Рисунок 6 - Осциллограмма к методу эллипса

Угол φ рассчитывается по формуле

$$\sin \varphi = \frac{ab}{cd} \quad \varphi = \arcsin \frac{ab}{cd}$$

Этот метод не определяет знак угла φ .

Содержание отчета

1. Номер лабораторной работы, ее тема.
2. Учебная цель работы.
3. Таблица 1 – Технические данные приборов и оборудования.
4. Рисунок 1 – Схема для измерения коэффициента мощности
5. Таблица 2 - Результаты измерений и вычислений угла φ .
6. Рисунок 2 – Осциллограмма.
7. Формулы и расчеты.

8. Анализ полученных результатов и вывод о проделанной работе.
9. Перечень контрольных вопросов.

Контрольные вопросы, предусматривающие краткие ответы по изучаемому содержанию учебного материала

1. Косвенный метод измерения угла сдвига фаз
2. Метод линейной развертки
3. Метод эллипса
4. Устройство, принцип действия электродинамического фазометра

Список использованных источников (перечень учебной, справочной и специальной литературы).

1. Малиновский В.Н. Электрические измерения. - М.: Энергоатомиздат, 1982.
2. Котур В.И. Электрические измерения и электроизмерительные приборы/ - М.: Энергоатомиздат, 1986.
3. Панфилов В.А. Электрические измерения, М. Академия 2004

Раздел 3 «Измерение электрических и магнитных величин»

Лабораторная работа № 12: «Измерение частоты переменного тока с помощью электронно-лучевого осциллографа»

Учебная цель: Получить практические навыки в измерения частоты осциллографом

Перечень оборудования, аппаратуры, материалов и их характеристики:

- Лабораторный стенд ЛЭС-5;
- Вольтметр;
- Частотомер;
- Осциллограф;
- Мультиметр;
- Соединительные провода.

Порядок выполнения работы:

Ознакомьтесь с приборами, используемыми в работе. Запишите технические данные приборов в таблицу 1

Таблица 1 – Технические данные приборов

Наименование	Тип	Предел измерения	Класс точности Погрешность	Зав. №
Осциллограф				
Частотомер				
Генератор				
Вольтметр				

Соберите схему, приведенную на рисунке 1, предъявите на проверку преподавателю.

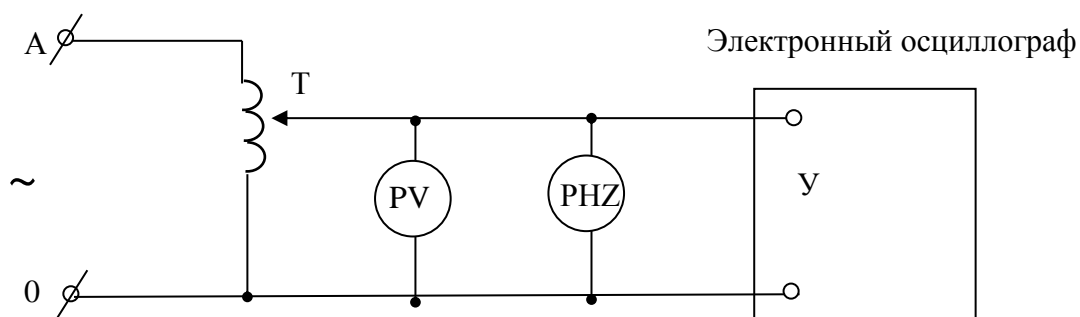


Рисунок 1- Схема для измерения частоты по периоду колебаний

Подайте напряжение с неизвестной частотой f_x на вход Y осциллографа в пределах 20-30 В.

Измерьте частоту частотомером. Запишите результат измерения в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты измерений и расчетов по периоду колебаний

Показания цифрового частотомера f_0	По периоду колебаний					
	п	Мг	T	T	f_x	δ
Гц	дел	мс/дел	мс	с	Гц	%

Измерьте по полученной осциллограмме период колебаний (рисунок 2)

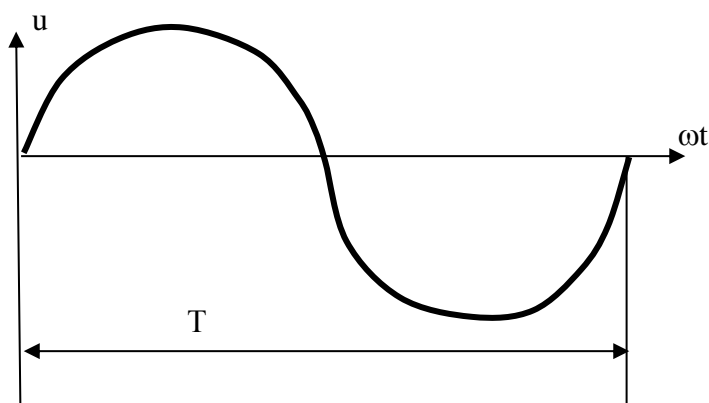


Рисунок 2- Осциллограмма $u = f(\omega t)$

Рассчитайте частоту

$$f_x = \frac{1}{T} \quad [\text{Гц}],$$

где T – период колебаний, с

Например:

$$n = 4$$

$$M_T = 1 \text{ мс/дел}$$

n – число делений в периоде

M_T – масштаб по периоду колебаний

Период $T = n \cdot M_T = 4 \text{ дел} \cdot 1 \text{ мс/дел} = 4 \text{ мс} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ с}$

Частота $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{4 \cdot 10^{-3}} = \frac{10^3}{4} = \frac{1000}{4} = 250 \text{ Гц}$

Результаты измерений и расчетов занесите в таблицу 2.

Измерьте частоту методом фигур Лиссажу, для этого соберите схему, приведенную на рисунке 3, предъявите ее на проверку преподавателю.

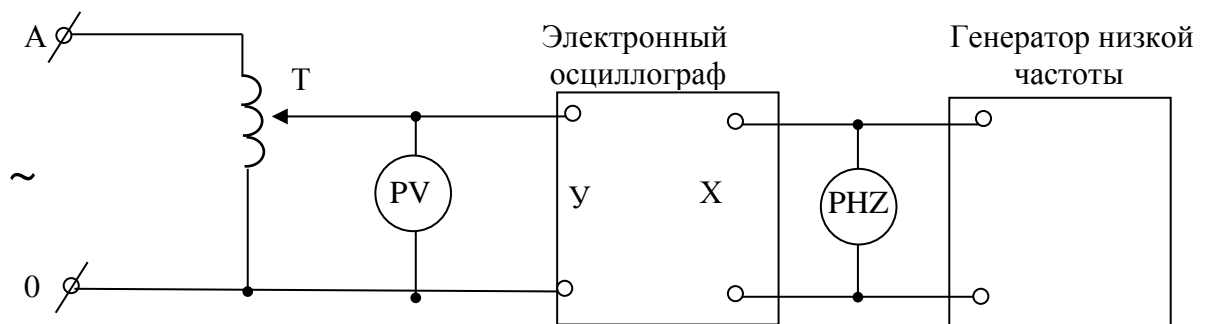


Рисунок 3 – Схема для измерения частоты методом фигур Лиссажу

Выключите в осциллографе генератор развертки. Меняя частоту f_x , подаваемую на вход X осциллографа с генератора низкой частоты получите на экране одну из фигур Лиссажу.

Рассчитайте неизвестную частоту f_y , подаваемую на вход Y осциллографа, по формуле

$$f_y = \frac{f_x \cdot N_x}{N_y},$$

где N_x – число пересечений фигуры Лиссажу с осью x;

N_y – число пересечений фигуры Лиссажу с осью y;

Пример:

$$N_x = 2$$

$$N_y = 4$$

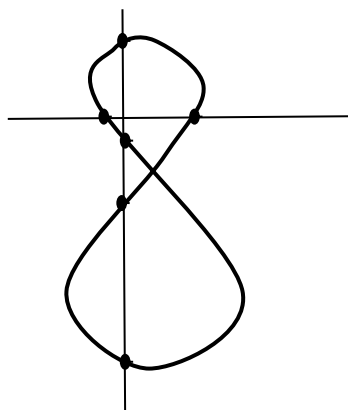


Рисунок 4 – Фигура Лиссажу

Результаты измерений занесите в таблицу 3. В графе таблицы «Фигура Лиссажу» оставьте место для фигуры.

Таблица 3 – Данные измерений и расчетов частоты методом фигур Лиссажу.

Показания цифрового частотомера f_x Гц	Фигура Лиссажу	N_x	N_y	f_y
	-	-	-	Гц
1				
2				
3				

Меняя частоту f_x , подаваемую на вход X осциллографа с генератора низкой частоты, получите еще две фигуры Лиссажу, данные измерений занесите в таблицу 3.

Сделайте выводы по работе.

Краткие теоретические сведения по рассматриваемой проблеме, основные характеристики по содержанию лабораторной работы

Измерение частоты может производиться несколькими способами:

- электромеханическими частотомерами;
- электронным конденсаторным частотомером;
- осциллографическими методами (по периоду колебаний, методом фигур Лиссажу, методом круговой развертки)

Наиболее простым из электромеханических частотомеров является электромагнитный резонансный (вибрационный) частотомер. Напряжение измеряемой частоты подводится к обмотке электромагнита. В поле электромагнита располагаются стальные пластинки, один конец которых закреплен неподвижно. Свободный конец загнут и окрашен яркой краской. Каждая пластина обладает определенной частотой собственных колебаний. Под действием электромагнитного поля и сил упругости пластины совершают колебательные движения. с наибольшей амплитудой колеблется пластинка, частота собственных колебаний которой соответствует удвоенной частоте поданного напряжения. Вид шкалы вибрационного частотомера приведен на рисунке 5. Пределы измерения по частоте таких частотомеров небольшие, например 45 - 55 Гц. Относительная погрешность измерения частоты 1,0 - 2,5%

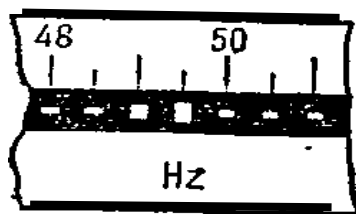


Рисунок 5 - Шкала вибрационного частотомера

Электронные конденсаторные частотомеры. Они используются для измерения частоты периодических напряжений в диапазоне 20 Гц - 500 кГц. Приведенная погрешность таких приборов 0,5 - 2,5%

Принцип действия электронного частотомера поясняется схемой, приведенной на рисунке 6 «а» и временными диаграммами на рисунке 6 (б-д). Напряжение измеряемой частоты подается на вход усилителя-формирователя УФ, усиливающего вход и формирующего из него прямоугольное напряжение. Этим напряжением управляется электронный ключ ЭК. Допустим, что при положительных полуволнах ключ ЭК замкнут, а при отрицательных полуволнах разомкнут. При разомкнутом состоянии ключа в течении половины периода конденсатор С через резистор R заряжается до значения Е. Ток заряда протекает через диод VD1 и обмотку рамки магнитоэлектрического измерительного механизма.

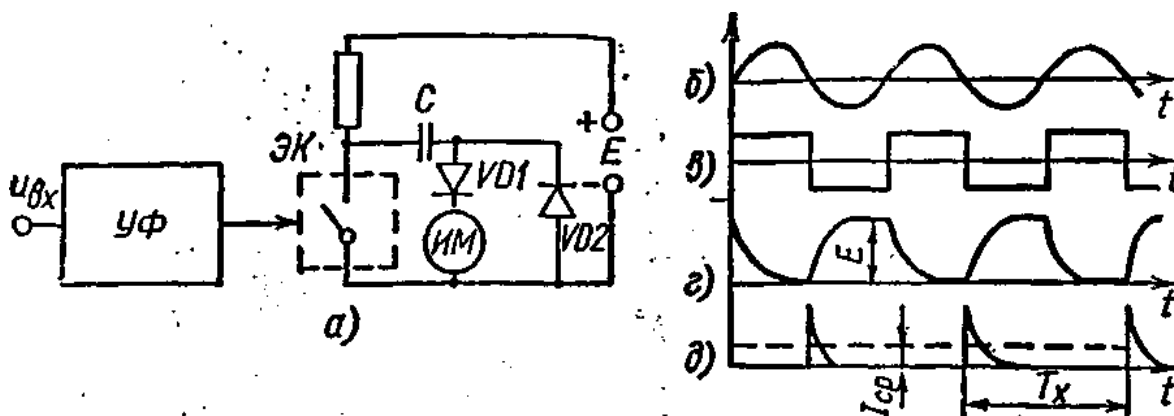


Рисунок 6 - Электронный частотомер

При замыкании ключа ЭК конденсатор разрядится через него и через диод VD2. Таким образом, за один период измеряемой частоты ($T_x = 1/f_x$) через измерительный механизм проходит заряд $q = CE$ и поэтому среднее значение тока в его цепи равно:

$$I_{cp} = \frac{q}{T_x} = \frac{CE}{T_x} = CEf_x$$

Это уравнение справедливо при условии, что конденсатор успевает полностью зарядиться до значения Е и полностью разрядиться.

Структурная схема цифрового частотомера показана на рисунке 6.

Напряжение измеряемой частоты f_x произвольной формы подается на вход усилителя-ограничителя УО, в котором оно преобразуется в прямоугольные импульсы напряжения той же частоты f_x и подается на электронный ключ ЭК.

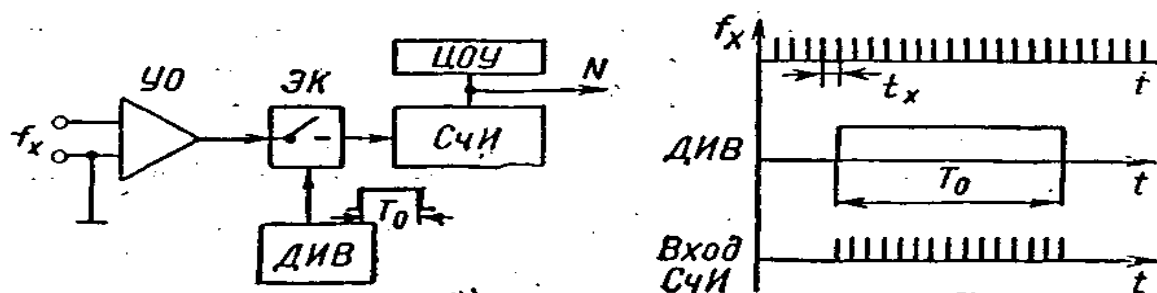


Рисунок 7 - Цифровой частотомер

Ключ ЭК в нормальном состоянии разомкнут, при подаче импульса напряжения длительностью T_0 от датчика интервала времени ДИВ ключ ЭК замыкается и импульсы с выхода УО поступают на вход счетчика СЧИ, в котором они подсчитываются.

По окончании импульса T_0 ключ ЭК размыкается, на выходных шинах СЧИ формируется код N , соответствующий количеству импульсов напряжения, прошедших на счетчик СЧИ. Этот код подается на цифровое отсчетное устройство ЦОУ, где отображается в виде цифр, а также поступает на выход частотомера для передачи во внешние устройства. Количество импульсов N , прошедших на счетчик СЧИ за время T_0 , будет равно

$$N = \frac{T_0}{t_x} = T_0 f_x$$

При постоянном и стабильном значении T_0 код N прямо пропорционален частоте f_x .

Метод фигур Лиссажу используется для измерения частоты синусоидальных напряжений. На один из входов (например, на вход канала Y) подается напряжение с измеряемой частотой f_y . На вход канала X, работающего в режиме усиления (генератор развертки ГР отключен), подается напряжение с известной частотой f_x . Электронный луч под действием двух взаимно перпендикулярных и меняющихся по гармоническому закону соответственно f_y и f_x напряжений вычерчивает на экране некоторую сложную кривую. Если отношение частот выражается отношением целых чисел, то результирующая кривая (фигура Лиссажу) представляется в виде неподвижного изображения (пример такой фигуры приведен на рисунке 8).

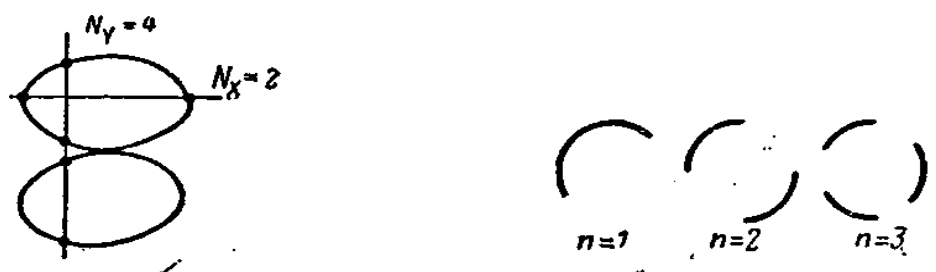


Рисунок 8 - Измерение частот методом фигур Лиссажу

Для определения отношения частот необходимо подсчитать наибольшее число точек пересечений вертикальной N_y и горизонтальной N_x прямыми наблюдаемой фигуры. Затем составляют отношение

$$f_y/f_x = N_x / N_y,$$

где f_y и f_x – частоты напряжений, подаваемые на входы каналов y и x осциллографа.

Для фигуры на рисунке 8 $N_y = 4$, $N_x = 2$,

Содержание отчета

1. Номер лабораторной работы, ее тема.
2. Учебная цель работы.

3. Таблица 1 – Технические данные приборов
4. Рисунок 1- Схема для измерения частоты по периоду колебаний
5. Таблица 2 – Результаты измерений и расчетов по периоду колебаний
6. Рисунок 2- Осциллограмма $u = f(\omega t)$ линейной развертки
7. Рисунок 3 – Схема для измерения частоты методом фигур Лиссажу
8. Таблица 3 – Данные измерений и расчетов частоты методом фигур Лиссажу
9. Три фигуры Лиссажу в таблице 3.
10. Формулы и расчеты.
11. Анализ полученных результатов и вывод о проделанной работе.
12. Перечень контрольных вопросов.

Контрольные вопросы, предусматривающие краткие ответы по изучаемому содержанию учебного материала

1. Измерение частоты по периоду колебаний. Схема, формулы, режим работы осциллографа.
2. Измерение частоты методом фигур Лиссажу. Схема, формулы, режим работы осциллографа.
3. Принцип действия вибрационного частотомера
4. Принцип действия электронного конденсаторного частотомера.
5. Принцип действия цифрового частотомера.

Список использованных источников (перечень учебной, справочной и специальной литературы).

1. Малиновский В.Н. Электрические измерения. - М.: Энергоатомиздат, 1982.
2. Котур В.И. Электрические измерения и электроизмерительные приборы/ - М.: Энергоатомиздат, 1986.
3. Панфилов В.А. Электрические измерения, М. Академия 2004

Раздел 3 «Измерение электрических и магнитных величин»

Лабораторная работа № 13: «Измерение сопротивлений методом амперметра и вольтметра»

Учебная цель: Расчет методических погрешностей при измерении сопротивлений методом амперметра-вольтметра

Перечень оборудования, аппаратуры, материалов и их характеристики:

- Лабораторный стенд;
- Амперметры;
- Вольтметры;
- Мультиметр;
- Соединительные провода.

Порядок выполнения работы:

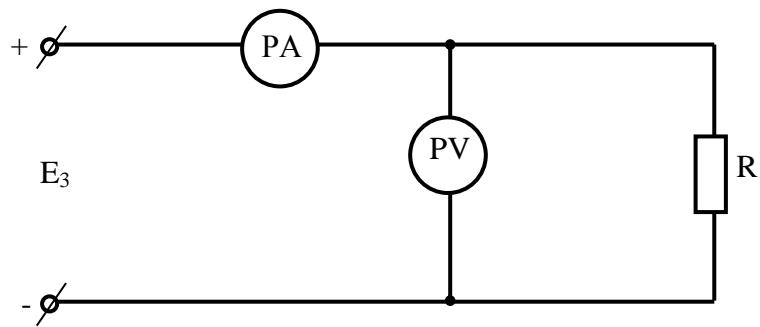
Запишите технические данные приборов в таблицу1.

Таблица 1 –Технические данные приборов

Наименование	Тип	Предел измерения	Класс точности	Зав. №
Амперметр		1 А		
Вольтметр		60 В		

Собрать схему, приведенную на рисунке 1, предъявите на проверку преподавателю.

Измерьте значения тока (I) и напряжения (U) и запишите их в таблицу 2 (строки 1,2)



$R = 10 \text{ Ом}$ (1 опыт)

$R = 100 \text{ Ом}$ (2 опыт)

Рисунок 1 – Схема для измерения сопротивлений

Внимание!

- 1) Ток в цепи не должен превышать $200 \text{ мА} = 0,2 \text{ А}$
- 2) При измерении напряжений нужно так выбирать диапазон измерений, чтобы стрелка вольтметра находилась во второй половине шкалы. Значение R_V записывать в таблицу для данного диапазона.

Таблица 2 – Данные измерений и расчетов

№ схемы	U	I	R_A	R_V	R_X	δR
	В	мА	Ом	Ом	Ом	%
Схема 1 $R = 10 \text{ Ом}$						
Схема 1 $R = 100 \text{ Ом}$						
Схема 2 $R = 10 \text{ Ом}$						
Схема 2 $R = 100 \text{ Ом}$						

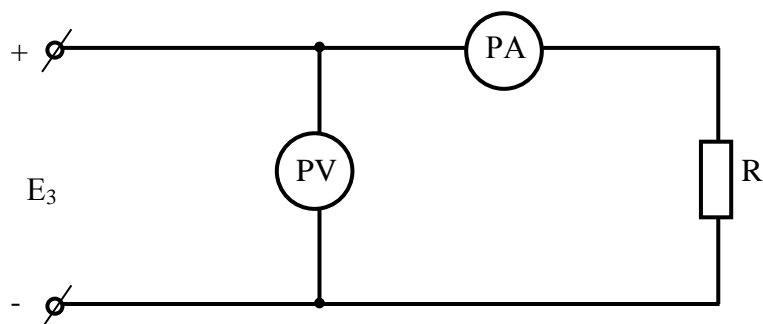
Рассчитайте значение R_X

$$R_X = \frac{U}{I}$$

Рассчитайте значение относительной погрешности по формуле

$$\delta R = \frac{R_x}{R_v} \cdot 100\%$$

Соберите схему, приведенную на рисунке 2, запишите показания приборов в таблицу 2 (строки 3,4)



$R = 10 \text{ Ом}$ (3 опыт)

$R = 100 \text{ Ом}$ (4 опыт)

Рисунок 2 - Схема для измерения сопротивления

Рассчитайте значение R_x

$$R_x = \frac{U}{I}$$

Рассчитайте значение относительной погрешности по формуле

$$\delta R = \frac{R_A}{R_x} \cdot 100\%$$

Сравните результаты измерений. Сделайте выводы по работе.

Краткие теоретические сведения по рассматриваемой проблеме, основные характеристики по содержанию лабораторной работы

Диапазон измеряемых на практике сопротивлений условно делят по значениям сопротивлений на 3 части:

- малые (менее 10 Ом);
- средние (от 10 до 106 Ом);
- большие (свыше 106 Ом).

9.4.2 Измерение сопротивлений можно производить несколькими методами:

- методом сравнения - с помощью одинарных и двойных мостов постоянного тока;
- непосредственным методом - с помощью омметров, микроомметров, милли-омметров, мегаомметров;
- косвенным методом – методом амперметра-вольтметра

Метод амперметра-вольтметра основан на раздельном измерении тока I в цепи измеряемого сопротивления R_x и напряжения U на его зажимах и последующем вычислении значения по показаниям измерительных приборов:

$$R_x = \frac{U}{I}$$

Обычно ток I измеряют амперметром, а напряжение U – вольтметром, этим объясняется название метода. При измерении высокоомных сопротивлений, например сопротивление изоляции, ток I мал и его измеряют миллиомметром, микроамперметром или гальванометром. При измерении низкоомных сопротивлений, например куска провода, оказывается малым значение U и для его измерения применяют милливольтметры, микровольтметры или гальванометры. Однако во всех этих случаях метод измерения сохраняет свое наименование амперметра-вольтметра.

Достоинство метода - в его простоте, недостаток – в сравнительно невысокой точности результата измерения из-за влияния собственных сопротивлений амперметра R_A и вольтметра R_V . Из-за влияния этих сопротивлений возникает методическая погрешность.

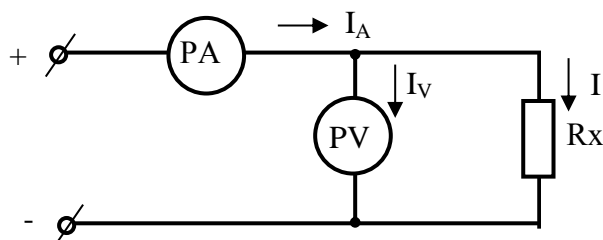


Рисунок 3 – Схема для измерения малых сопротивлений

В схеме, приведенной на рисунке 3, вольтметр показывает напряжение на зажимах, а амперметр – сумму токов $I_V + I$. Следовательно результат измерения R , вычисленный по показаниям приборов, будет отличаться от R_x .

$$R = \frac{U}{I + I_V} = \frac{U}{\frac{U}{R_x} + \frac{U}{R_V}} = \frac{R_x}{1 + \frac{R_x}{R_V}}$$

Относительная погрешность измерения в процентах равна

$$\delta R = \frac{R - R_x}{R_x} \cdot 100\% = -\frac{R_x / R_V}{1 + \frac{R_x}{R_V}} \cdot 100\% \approx -\frac{R_x}{R_V} \cdot 100\%$$

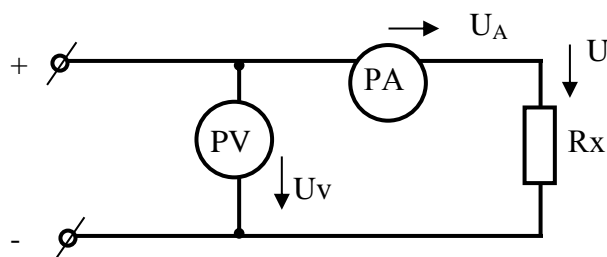


Рисунок 4 – Схема для измерения больших сопротивлений

В схеме, приведенной на рисунке 4, амперметр показывает значение тока в цепи с R_x , а вольтметр-сумму падений напряжений на R_x U и амперметре U_A . Результаты измерений будут отличаться от R_x .

$$R = \frac{U + U_A}{I_A} = \frac{I_A \cdot R_x + I_A \cdot R_A}{I_A} = R_x + R_A$$

Относительная погрешность измерения в процентах равна

$$\delta R = \frac{R - R_x}{R_x} \cdot 100\% = \frac{R_A}{R_x} \cdot 100\%$$

Сравнивая полученные выражения относительных погрешностей, можно сделать вывод: в схеме (рисунок 3) на методическую погрешность результата измерения оказывает влияние только сопротивление R_v , для снижения этой погрешности необходимо обеспечить условие $R_x \ll R_v$, т.е. эта схема дает меньшую погрешность при измерении малых сопротивлений. В схеме (рисунок 4) меньшая методическая погрешность получается при выполнении условия

$R_x \gg R_v$, т.е. эта схема рекомендуется для измерения больших сопротивлений.

Содержание отчета

1. Номер лабораторной работы, ее тема.
2. Учебная цель работы.
3. Таблица 1 -Технические данные приборов
4. Рисунок 1 – Схема для измерения сопротивлений
5. Таблица 2 – Результаты измерений и расчетов
6. Рисунок 2 - Схема для измерения сопротивления
7. Формулы и расчеты.

8. Анализ полученных результатов и вывод о проделанной работе.
9. Перечень контрольных вопросов.

Контрольные вопросы, предусматривающие краткие ответы по изучаемому содержанию учебного материала

1. Какие сопротивления относятся к малым, средним, большим?
2. Какие методы измерения сопротивлений существуют?
3. Основные достоинства и недостатки метода амперметра-вольтметра?
4. Какая схема рекомендуется при измерении малых сопротивлений и почему?
5. Какая схема рекомендуется при измерении больших сопротивлений и почему?

Список использованных источников (перечень учебной, справочной и специальной литературы).

1. Малиновский В.Н. Электрические измерения. - М.: Энергоатомиздат, 1982.
2. Котур В.И. Электрические измерения и электроизмерительные приборы/ - М.: Энергоатомиздат, 1986.
3. Панфилов В.А. Электрические измерения, М. Академия 2004

Раздел 3 «Измерение электрических и магнитных величин»

Лабораторная работа № 14: « Исследование формы сигналов при помощи электронного осциллографа»

Учебная цель: Приобрести практические навыки и умения в определении параметров электрических сигналов.

Перечень оборудования, аппаратуры, материалов и их характеристики:

- многофункциональный электронный генератор АНР-1002;
- осциллограф С1-131/1;
- Мультиметр;
- Соединительные провода.

Порядок выполнения работы:

1. Собрать схему

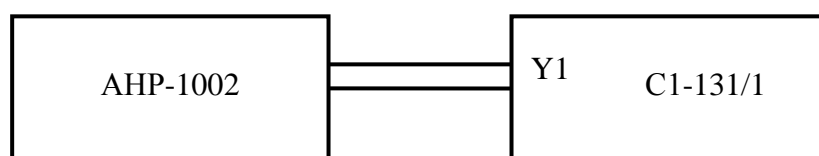


Рисунок 1 – Схема подключения электронного генератора к осциллографу

- 2 . Подключить электронный генератор к осциллографу.
3. Добиться изображения на экране осциллографа. Откалибровать осциллограф.
4. Переключатель электронного генератора поставить в положение «~» и получить на экране осциллографа синусоидальный электрический сигнал.

5. Определить параметры синусоидального сигнала: амплитуду, период и частоту.

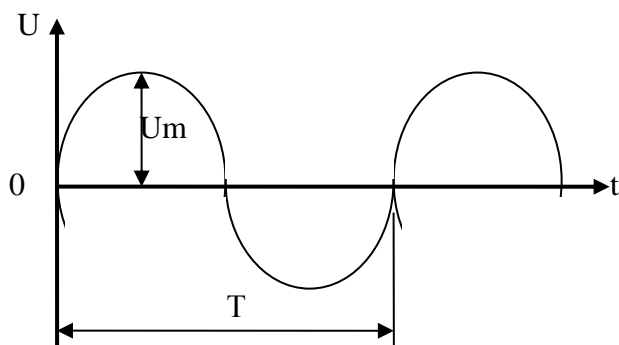


Рисунок 2 - График синусоидальных колебаний электрического сигнала

6. Переключатель электронного генератора поставить в положение «m\» и получить на экране осциллографа пилообразный электрический сигнал.
7. Определить параметры пилообразного сигнала: амплитуду, период, $t_{пр}$ - длительность рабочей стадии и $t_{об}$ - длительность стадии восстановления.

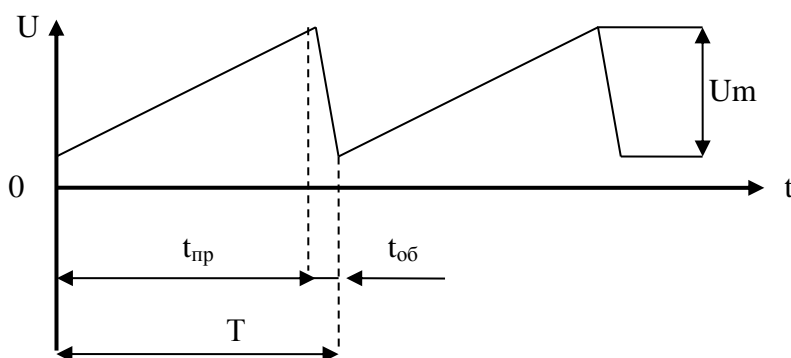


Рисунок 3 График пилообразного колебания электрического сигнала

8. Переключатель электронного генератора поставить в положение «П» и получить на экране осциллографа прямоугольный электрический сигнал.

9. Определить параметры прямоугольного сигнала: период, длительность импульсов и пауз.

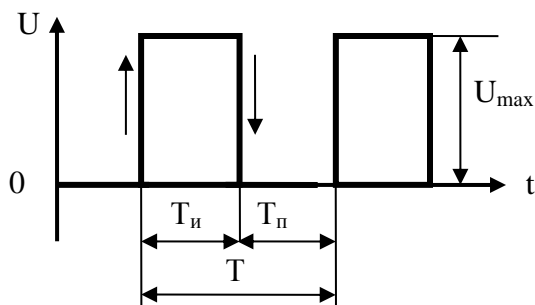


Рисунок 4 - График прямоугольного колебания электрического сигнала

10. Сделать вывод.

Краткие теоретические сведения по рассматриваемой проблеме, основные характеристики по содержанию лабораторной работы

Измерительные генераторы (ИГ) — источники, вырабатывающие стабильные испытательные сигналы с известными параметрами, частотой, напряжением (мощностью) и формой. Измерительные генераторы обладают высокой точностью установки и стабильностью, а также возможностью регулировки параметров входного сигнала. Их применяют при настройке измерительной и радиоэлектронной аппаратуры, устройств автоматики и вычислительной техники, градуировке приборов. С помощью ИГ снимают амплитудные, амплитудно-частотные и переходные характеристики четырехполюсников, определяют их коэффициенты передачи и шума; питают различные измерительные устройства, построенные на резонансных и мостовых методах.

По диапазону частот генерируемых сигналов различают ИГ инфранизкочастотные — до 20 Гц; низкочастотные — 20—200 000 Гц (20—20 000

Гц — звуковые, 20 000—200 000 Гц — ультразвуковые); высокочастотные — 20 кГц — 50 МГц; сверхвысокочастотные : коаксиальным выходом — 50 МГц— 10 ГГц; сверхвысокочастотные с волноводным выходом — выше 10 ГГц.

Принцип действия большинства автоматических и телемеханических устройств основан на импульсных методах работы.

Электрический импульс — кратковременное отклонение напряжения или тока от некоторого исходного уровня, называемого *основанием импульса*. Исходный уровень основания может иметь разные значения — нулевое, положительное или отрицательное.

Длительность паузы (время между смежными импульсами) должна быть достаточной для возврата электрической цепи, находящейся под импульсным воздействием, в исходное состояние, при котором цепь находилась непосредственно перед началом очередного импульсного воздействия. Каждый очередной импульс вызывает в электрической цепи те же явления, что и предыдущий.

Импульс {рис.5а) имеет следующие характерные участки: основание, фронт, вершина и срез {или задний фронт). Основными параметрами импульса являются: форма, амплитуда U_{max} (или I_{max}), полярность, полная T_u и активная $T_{u.a.}$ длительности импульса, длительность фронта и среза t_ϕ и t_c , период следования T (или частота повторения импульса f). Дополнительными параметрами, получаемыми из основных, являются крутизна фронта или среза и скважность импульсов. Активная длительность импульса $T_{u.a.}$ соответствует интервалу времени на уровне половины амплитуды сигнала.

Крутизна фронта представляет собой отношение: $S_\phi = U_{max}/t_\phi$

Крутизна среза: $S_c = U_{max}/t_c$

Скважность импульса $\sigma = T/T_u$,

где T — периода;

T_x - длительности импульса.,

Частота повторения импульсов является величиной, обратной периоду ($f=1/T$). определяет число импульсов в 1 с.

По форме импульсы бывают прямоугольными, треугольными, трапецеидальными, экспоненциальными и т. п. В устройствах автоматики и телемеханики наибольшее применение получили прямоугольные и экспоненциальные импульсы (рис. 14.5.б, в).

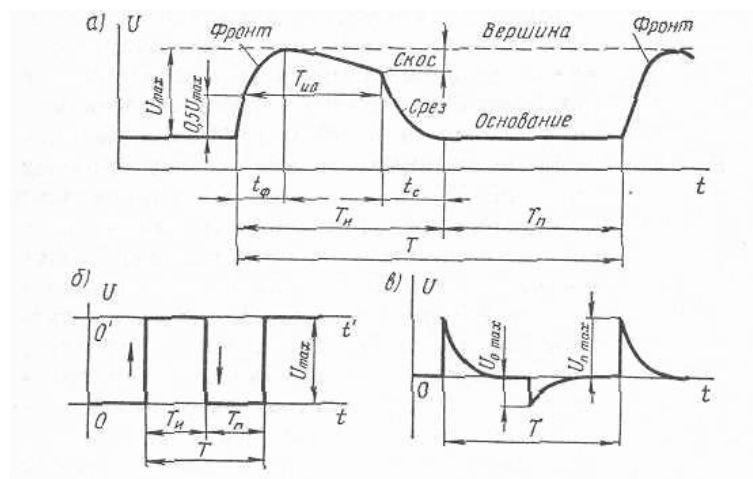


Рисунок 6.5 Характерные участки импульсов (а), импульсы прямоугольной (б) и экспоненциальной (в) формы

Прямоугольный импульс обладает бесконечно большой крутизной с резкими скачками напряжения и тока, которые условно называют перепадами; импульс состоит из двух перепадов, один из которых положительный $U_{n\ max}$, а другой отрицательный $U_{o\ max}$, (указаны соответственно стрелками вверх и вниз на рис.14.5,б). Экспоненциальный импульс (рис. 14.5, в), так же как и прямоугольный, характеризуется перепадом напряжения или тока, после которого напряжение или ток в отличие от прямоугольного импульса изменяются в соответствии с графиком показательной функции времени (экспонентой).

Содержание отчета

1. Учебная цель работы.
2. Технические данные приборов
3. Рисунок 1 – Рисунок 1 – Схема подключения электронного генератора к осциллографу
4. Рисунок 2 - График синусоидальных колебаний электрического сигнала
5. Рисунок 3 График пилообразного колебания электрического сигнала
6. Рисунок 4 - График прямоугольного колебания электрического сигнала
1. Все расчеты.
2. Анализ полученных результатов и вывод о проделанной работе.
3. Перечень контрольных вопросов.

Контрольные вопросы, предусматривающие краткие ответы по изучаемому содержанию учебного материала

1. Какими свойствами обладают измерительные генераторы
2. Область применения измерительного генератора?
3. Основные параметры прямоугольного колебания электрического сигнала?
4. Основные параметры пилообразного колебания электрического сигнала?
5. Что такое скважность электрического импульса

Список использованных источников (перечень учебной, справочной и специальной литературы).

1. Малиновский В.Н. Электрические измерения. - М.: Энергоатомиздат, 1982.
2. Котур В.И. Электрические измерения и электроизмерительные приборы/ - М.: Энергоатомиздат, 1986.
3. Панфилов В.А. Электрические измерения, М. Академия 2004

Раздел 3 «Измерение электрических и магнитных величин»

Лабораторная работа № 15: «Измерение магнитной индукции с использованием эффекта Холла»

Учебная цель: Получение практических навыков в работе с тесламетром.

Перечень оборудования, аппаратуры, материалов и их характеристики:

- Лабораторный стенд ЛЭС-5;
- Соленоид;
- Вольтметр, 60В;
- Постоянные магниты;
- ЛАТР;
- Измеритель магнитной индукции Ш1-8;
- Мультиметр;
- Соединительные провода.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с прибором используемым в работе. Технические данные прибора занести в таблицу 1.

Таблица1 - Технические данные прибора

Наименование	Тип	Предел измерения	Класс точности	Зав №
Измеритель магнитной индукции				
Вольтметр				

2. Измерить магнитную индукцию постоянного магнита, для чего подсоединить зонд «М» из комплекта прибора Ш1-8 к разъему «зонд» на задней стенке прибора Ш1-8.

3. Тумблер «ПОЛЯРНОСТЬ» установить в положение N. Подать питание на прибор Ш1-8, установить тумблер индикатор в положение «ГРУБО». «ОТСЧЕТ ИНДУКЦИИ» поставить в положение «0, 0». Ручку «КОРРЕКЦИЯ Т» поставить в крайнее левое положение.

4. Головку зонда «М» поместить в магнитное поле магнита таким образом, чтобы плоскость головки зонда с отметкой «0» была перпендикулярна направлению вектора магнитного поля. Поворачивая зонд «М», найти такое положение зонда, при котором стрелка индикатора максимально отклонится влево. Если стрелка индикатора отклонится вправо, зонд «М» следует повернуть на 180°.

ПРИМЕЧАНИЕ – в зонде «М» преобразователь Холла лежит в плоскости, параллельной оси зонда, и его положение отмечено знаком «0», нанесенном на корпусе зонда.

5. При помощи ручек «ОТСЧЕТ ИНДУКЦИИ, Т» добиться совмещения стрелки индикатора с нулем путем постепенного увеличения (уменьшения) показаний шкал от счетного устройства.

6. Ручкой «КОРРЕКЦИЯ, Т» установить визир шкалы на риску, соответствующему показанию отсчетного устройства. При помощи переключателей «ОТСЧЕТ ИНДУКЦИИ, Т» совместить стрелку индикатора с нулем. Тумблер «ИНДИКАТОР» установить в положение «ТОЧНО». Последовательно устанавливая визир шкалы «КОРРЕКЦИЯ, Т» на риску, соответствующему показанию отсчетного устройства и совмещая стрелку индикатора с нулем при помощи переключателей «ОТСЧЕТ ИНДУКЦИИ, Т» добиться совпадения показаний шкалы отсчетного устройства и шкалы «КОРРЕКЦИЯ, Т». Как правило, достаточно двух, трех приближений. Затем снять показание по отсчетному устройству «ОТСЧЕТ ИНДУКЦИИ, Т».

7. Измерить магнитную индукцию соленоида, для чего к индуктивности подключить источник постоянного напряжения по схеме рисунок 1. Установить напряжение по вольтметру в пределах 50-60 В.

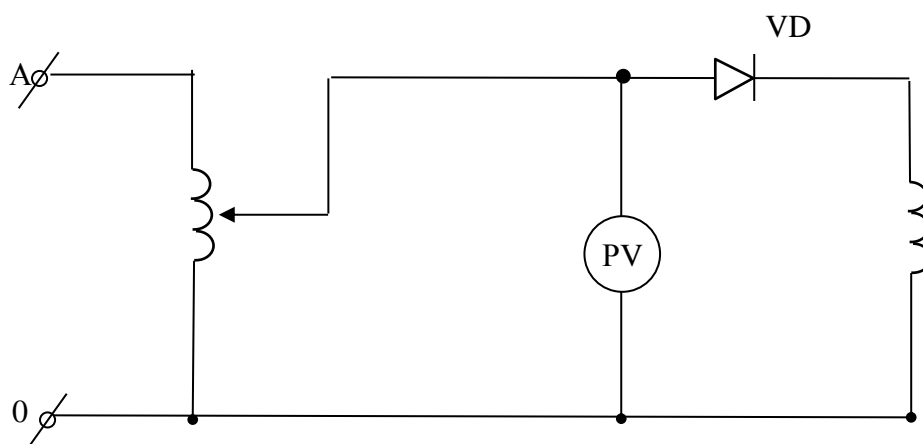


Рисунок 1 – Схема включения соленоида на постоянное напряжение.

8. Подсоединить зонд «С» к разъему «ЗОНД» на задней стенке прибора Ш1-8. Ввести зонд внутрь катушки.

9. Чтобы найти максимальное отклонение стрелки индикатора необходимо поворачивать зонд «С» относительно оси, перпендикулярной оси зонда.

ПРИМЕЧАНИЕ – оцифровка делений, нанесенных на поверхности зонда «С» показывает расстояние вдоль его оси до плоскости, в которой расположен преобразователь Холла.

10. Произвести измерения в соответствии с пунктами 5-6.

11. Сделать выводы по работе

Краткие теоретические сведения по рассматриваемой проблеме, основные характеристики по содержанию лабораторной работы

1. Для преобразования магнитных величин в электрические, можно использовать гальваномагнитный эффект Холла.

Преобразователь Холла представляет собой тонкую пластинку с четырьмя электродами (рисунок 2), выполненную из полупроводникового материала. Если через тонкую пластину проходит ток и одновременно действует магнитное поле, вектор магнитной индукции которого перпендикулярен плоскости пластинки, то на противоположных гранях, параллельных направлению тока, возникает ЭДС Холла.

$$E_x = \frac{R_x * I * B}{d},$$

где R_x - постоянная Холла, значение которой зависит от свойства материала пластинки;

I – ток через пластинку;

B – магнитная индукция;

d – толщина пластинки.

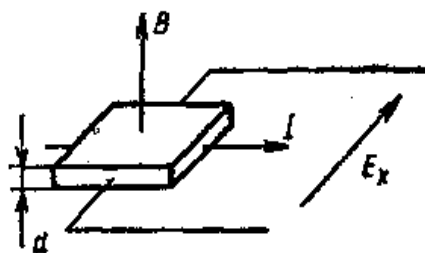


Рисунок 2 - Измерение магнитной индукции с помощью преобразователя Холла

Для повышения точности измерения магнитной индукции измерение ЭДС Холла осуществляется компенсационным методом. Приборы на основе преобразователя Холла обладают рядом достоинств. Они просты, погрешность их не превышает 1-2,5% (специальными мерами погрешность может быть

сведена до 0,05%) позволяет измерить магнитную индукцию в постоянных, переменных и импульсных магнитных полях.

Измерительные преобразователи Холла имеют малые размеры, что позволяет проводить измерение индукции в узких зазорах.

Главный недостаток – зависимость постоянной Холла от температуры. На рисунке 3 приведена упрощенная принципиальная схема тесламетра с преобразователем Холла.

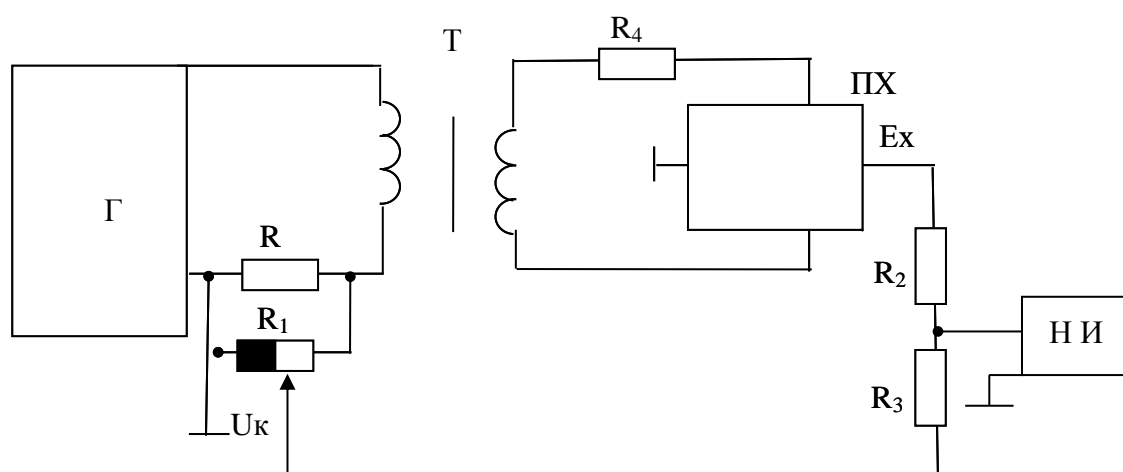


Рисунок 3 - Упрощенная принципиальная схема тесламетра

Преобразователь Холла (Пх) питается переменным током частотой 1000 Гц от генератора (Г) через трансформатор (Т). Измерение ЭДС Холла осуществляется компенсационным методом. Компенсирующее напряжение (U_k), снимаемое с резистора R_1 (заштрихованная часть) и ЭДС Холла (E_x) подается в противофазе через резисторы R_1 , R_3 , преобразующие напряжения (E_x и U_x) в токи, на нулевой индикатор (НИ), состоящий из усилителя, фазочувствительного выпрямителя и микроамперметра.

С помощью преобразователей Холла можно измерить магнитную индукцию в диапазоне от 0,001 до 1-2 Тл с погрешностью 1-2%

Содержание отчета

1. Учебная цель работы.
2. Таблица 1 -Технические данные приборов
3. Рисунок 1 – Схема включения соленоида на постоянное напряжение
4. Результаты измерений и расчетов
5. Анализ полученных результатов и вывод о проделанной работе.
6. Перечень контрольных вопросов.

Контрольные вопросы, предусматривающие краткие ответы по изучаемому содержанию учебного материала

1. Что представляет собой преобразователь Холла?
2. Принцип работы тесламетра с использованием эффекта Холла.
3. Другие методы измерений магнитной индукции.

Список использованных источников (перечень учебной, справочной и специальной литературы).

1. Малиновский В.Н. Электрические измерения. - М.: Энергоатомиздат, 1982.
2. Котур В.И. Электрические измерения и электроизмерительные приборы/ - М.: Энергоатомиздат, 1986.
3. Панфилов В.А. Электрические измерения, М. Академия 2004

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

СОГЛАСОВАНО

Старший методист



М.В. Отс

Методист по ИТ



Т.А. Сергеева