

Документ подписан простыми электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Карякин Андрей Биссарионович
Должность: И.о. руководителя НТИ НИЯУ МИФИ
Дата подписания: 17.07.2024 09:11:58
Уникальный программный ключ:
828ee0a01dfe7458c35806237086488a0a0e4d9

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Новоуральский технологический институт –

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего

образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

(НТИ НИЯУ МИФИ)

Колледж НТИ

Цикловая методическая комиссия
общетехнических дисциплин , энергетики и электроники

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ
ПО ОБЩЕПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА**

для студентов колледжа НТИ НИЯУ МИФИ,

обучающихся по программе среднего профессионального образования

(базовый уровень)

специальность 11.02.16 Монтаж, техническое обслуживание и
ремонт электронных приборов и устройств
очная форма обучения

на базе основного общего образования

квалификация

специалист по электронным приборам и устройствам

Новоуральск 2021

РАССМОТРЕНО:
на заседании цикловой методической комиссии
общетехнических дисциплин, энергетики и
электроники

Протокол №_03__ от 08.11..21_____

Председатель ЦМК ОДЭЭ

_____ А.Н.Стародубцева

Разработана на основе Федерального государственного образовательного стандарта, утвержден Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 04.10.2021 № 691, зарегистрирован Министерством юстиции России 12.11.2021 № 65793, с учетом основной образовательной программы, в соответствии с действующим учебным планом, компетентностной моделью выпускника по специальности по специальности 11.02.16 Монтаж, техническое обслуживание и ремонт электронных приборов и устройств

Методические указания по выполнению лабораторных работ по
Электротехника – Новоуральск: Изд-во колледжа НТИ НИЯУ
МИФИ, 2021 – 40 с.

АННОТАЦИЯ

Методические указания по выполнению лабораторных работ по Электротехника предназначена для реализации государственных требований к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников по специальности 11.02.16 Монтаж, техническое обслуживание и ремонт электронных приборов и устройств среднего профессионального образования базового уровня, обучающихся на базе основного общего образования.

Автор: А.Н.Стародубцева

Редактор: А.Н.Стародубцева

СОДЕРЖАНИЕ

1 ЭЛЕМЕНТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ И ИХ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ.....	4
2 КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА «УРАЛОЧКА».....	13
3 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1.....	16
4 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2.....	20
5 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3.....	23
6 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4.....	27
7 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5.....	31

1 ЭЛЕМЕНТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ И ИХ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

1. Основные определения.

Электрическая цепь – это совокупность устройств и объектов, образующих путь для электрического тока, электромагнитные процессы в которых могут быть описаны с помощью понятий Э.Д.С., тока и напряжения.

Активная электрическая цепь – это электрическая цепь, содержащая источники электрической энергии.

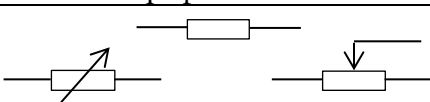

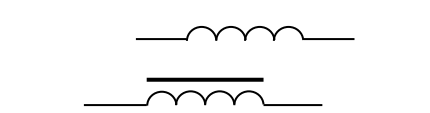
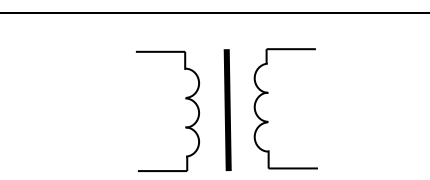
Пассивная электрическая цепь – это электрическая цепь, не содержащая источников электрической энергии.

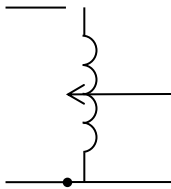
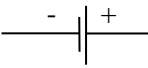
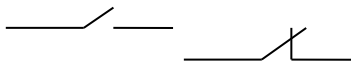
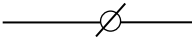

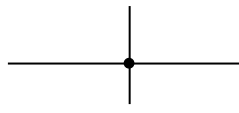
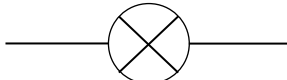
Ветвь – это участок электрической цепи, вдоль которого протекает один и тот же ток.

Узел – это место соединений ветвей электрической цепи.

Схема электрической цепи – это графическое изображение электрической цепи, содержащее условные обозначения её элементов, показывающее соединения этих элементов.

2. Условное обозначение элементов эл.цепей, применяемых в лабораторных работах

№	НАИМЕНОВАНИЕ	УСЛОВНОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ	
		Графическое	Буквенное
1.	Резистор: постоянный, переменный.		R
2.	Конденсатор: постоянной емкости, переменной емкости		C
3.	Катушка индуктивности: без сердечника с ферромагнитным сердечником		L
4.	Трансформатор напряжения		TV

5.	Автотрансформатор		
6.	Элемент гальванический		GB
7.	Контакт: замыкающий, размыкающий.		QK QS
8.	Клемма (соединение разборное)		ХТ
9.	Провод соединительный		
10.	Соединение проводов		
11.	Лампа накаливания		EL

ВОПРОСЫ МЕТРОЛОГИИ, СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН.

1. Основные определения.

Физическая величина – свойство, общее в качественном отношении многих физическим объектам, но в количественном отношении индивидуальное для каждого объекта.

Единица физической величины – физическая величина, которой по определению присвоено числовое значение, равное единице.

Истинное значение величины – значение физической величины, которое идеальным образом отражало бы в качественном и количественном отношениях соответствующее свойство объекта.

Действительное значение величины – значение физической величины, найденное экспериментальным путем, и настолько приближающееся к истинному значению, что для данной цели может быть использовано вместо него.

Измерение – нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств.

Прямое измерение – измерение, при котором искомое значение величины находят непосредственно из опытных данных.

Косвенные измерения – измерения, при которых искомое значение величины находят на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, подвергаемыми прямым измерениям.

Принцип измерений – совокупность физических явлений, на которых основаны измерения.

Метод измерений – совокупность приемов использования принципов и средств измерений.

Средство измерений (измерительный прибор) – техническое средство, используемое при измерениях и имеющее нормированные метрологические свойства.

Диапазон измерений - область значений измеряемой величины, для которой нормированы допускаемые погрешности средства измерений.

Предел измерений – наибольшее или наименьшее значение диапазона измерений.

Отсчетное устройство средства измерений – часть конструкции средства измерений, предназначенная для отсчитывания значений измеряемой величины.

Числовая отметка шкалы – отметка шкалы, у которой проставлено число отчета.

Число отчета – число, соответствующее некоторому значению измеряемой величины (для однопредельных средств измерений) или указывающее порядковый номер отметки (для многопредельных средств измерений).

Деление шкалы – промежуток между двумя соседними отметками шкалы.

Цена деления шкалы – разность значений измеряемой величины, соответствующих двум соседним отметкам шкалы.

Диапазон показаний – область значений шкалы, ограниченная конечным и начальным значениями шкалы.

Погрешность измерений (не допускается применение термина: «ошибка измерений») – отклонение результата от истинного значения измеряемой величины (практически определяется как отклонение результата от действительного значения измеряемой величины).

Абсолютная погрешность измерений (средства измерений) – выражается в единицах измеряемой величины: $\Delta X = X_{И} - X_{Д}$,

где $X_{И}$ – измеренное значение величины (показание прибора),

$X_{Д}$ – действительное значение величины, определяемое как среднее арифметическое ряда чисел – показаний средства измерений, представляющих собой результаты повторных измерений одной и той же величины.

Относительная погрешность измерения (средство измерений) – отношение абсолютной погрешности к истинному (действительному) значению измеряемой величины. Может быть выражена в относительных числах и в процентах.

$$\delta = \pm \frac{\Delta X}{X_{Д}}; \quad \delta\% = \pm \frac{100 \cdot \Delta X}{X_{Д}}$$

Приведенная погрешность средства измерений – отношение абсолютной погрешности средства измерений к нормирующему значению $X_{Н}$ (чаще всего в качестве нормирующего значения принимается конечное значение шкалы средства измерений). Обычно приведенная погрешность выражается в процентах:

$$\mu\% = \pm \frac{100 \cdot \Delta X}{X_{Н}}$$

Систематическая погрешность – составляющая погрешности измерения, остающаяся постоянной или закономерно изменяющаяся при повторных измерениях одной и той же величины (например, погрешность из-за неправильной установки «нуля» измерительного прибора и т.п.).

Случайная погрешность – составляющая погрешности измерения, изменяющаяся случайным образом при повторных измерениях одной и той же величины (например, погрешность округления при отсчитывании показаний

прибора или погрешность из-за смещения глаза наблюдателя относительно шкалы прибора при отсчитывании показаний прибора и т.д.)

Инструментальная погрешность - составляющая погрешности измерения, зависящая от погрешностей применяемых средств измерений.

Точность средства измерений - качество средства измерений, отражающее близость к нулю его погрешностей.

Класс точности средства измерений - обобщенная характеристика средства измерений, определяемая пределами допускаемых основы и дополнительных погрешностей, а также другими их свойствами, влияющими на точность.

Основная погрешность средства измерений — погрешность средства измерений, используемого в нормальных условиях.

Дополнительная погрешность средства измерений - изменение погрешности средства измерений, вызванное отклонением одной или нескольких влияющих величин от нормального значения (выходом влияющих величина пределы области нормальных значений).

Область нормальных значений физических величин (ГОСТ 22261-82)

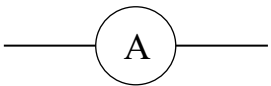
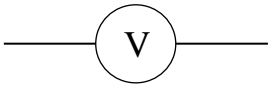

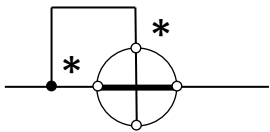

ВЛИЯЮЩАЯ ВЕЛИЧИНА	Область нормальных значений	Допускаемые отклонения
Температура, (°С)	20	±0,5; ±1; ±2; ±5; ±10
Относительная влажность воздуха, (%)	30-80	-
Атмосферное давление, (кПа) (мм рт.ст.)	84-106 630-795	- -
Частота питающей электросети, (Гц)	50 400	±0,5 ±10
Напряжение питания сети, (В)	220	±4,4
Форма кривой питающей	Синусоидальная	Коэффициент гармоник не более 5 или 2%

Физические величины, наиболее широко применяемые в электротехнике.


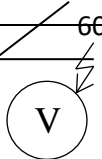
<u>НАИМЕНОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕЛИЧИНЫ</u>	<u>ОБОЗНАЧЕНИЕ</u>	<u>НАИМЕНОВАНИЕ ЕДИНИЦЫ</u>	<u>ОБОЗНАЧЕНИЕ ЕДИНИЦЫ</u>
Сила тока	I	Ампер	А
Напряжение	U	Вольт	В
Сопротивление активное	R	Ом	Ом
Емкость	C	Фарада	Ф
Индуктивность	L	Генри	Г
Частота	F	Герц	Гц
Частота угловая	ω	-	рад/с
Время	t	Секунда	с
Мощность активная	P	Ватт	Вт
Мощность реактивная	Q	Вольт-Ампер реактивный	вар

Мощность полная	S	Вольт-Ампер	В·А
-----------------	---	-------------	-----

Основные средства измерений, применяемых в лабораторных работах.

СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ		СХЕМА ВКЛЮЧЕНИЯ
	Графические	Буквенные	
Амперметр		РА	Последовательно в разрыв цепи
Вольтметр		PV	Параллельно участку цепи с определяемым напряжением
Омметр		PR	Последовательно с измеряемым сопротивлением
Ваттметр активной мощности	 <p>X – обозначение начала обмоток,  - токовая обмотка,  - обмотка напряжения.</p>	PW	Токовая обмотка – аналогично амперметру, обмотка напряжения – аналогично вольтметру

Некоторые условные обозначения на шкалах измерительных приборов
(ГОСТ 23 217 – 78).

НАИМЕНОВАНИЕ		УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ
Род электрического тока:	постоянный,	—
	переменный,	
	постоянный и переменный,	
	переменный трехфазный.	
Используемое положение прибора:	при вертикальном положении шкалы,	
	при горизонтальном положении шкалы,	
	при наклонном положении шкалы	
Прибор или его вспомогательная часть находится под высоким напряжением		
Класс точности:	при нормировании абсолютной погрешности,	Кл.2
	при нормировании относительной погрешности,	
	при нормировании приведенной погрешности	0,5 или 0,5 
Измерительный механизм:	магнитоэлектрический с подвижной рамкой,	
	электромагнитный,	
	электродинамический,	
	ферродинамический,	
	Зажим для заземления	
	Общий (генераторный) зажим	*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНЫ ДЕЛЕНИЯ ШКАЛЫ ПРИБОРА.

Для определения цены деления измерительного прибора следует разделить величину верхнего предела показаний прибора на полное число делений шкалы.

Для ваттметров верхний предел показаний находится как произведение верхних пределов показаний прибора по току и по напряжению.

Пример. Шкала ваттметра имеет 150 делений. Верхние пределы показаний прибора: по току – 5 А, по напряжению – 150 В.

В этом случае верхний предел показаний прибора по мощности равен $5 \times 150 = 750$ Вт. Следовательно, цена деления ваттметра равна:

$$Ц = \frac{750}{150} = 5 \text{ Вт.}$$

2 КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА «УРАЛОЧКА»

Кабинет-лаборатория ТОО «Уралочка» состоит из:

- 1) 15 столов (стендов);
- 2) 1 блока питания.

Для проведения лабораторных работ необходимо укомплектовать лабораторию:

- 1) Соединительные провода – 1 комплект;
- 2) Катушки индуктивности – 30 шт.;
- 3) Ваттметр Д504 – 15 шт.;
- 4) Милливеберметры или баллистический гальванометр – 15 шт.;
- 5) Реостаты РИШ-100 Ом; 2 А – 15 шт.;
- *6) Двигатель постоянного тока 27 В – 15шт.;
- *7) Секундомер СМ-60 – 15шт.

На каждом столе-стенде (см. лист 9 инструкции) установлен поворотный барабан, на котором размещено 6 блоков, оборудованными многопредельными приборами – вольтамперных и необходимым оборудованием. Приборы и оборудование электрически друг с другом не связаны и могут быть использованы в любой схеме.

На первом левом блоке стола установлено:

Перекидной ключ (тумблер); 4 резистора $R_1 = 100 \text{ Ом}$; $R_2 = 100 \text{ Ом}$; $R_3 = 200 \text{ Ом}$; $R_4 = 50 \text{ Ом}$, используемые в лабораторной работе №7 (опытная проверка тока в диагонали мостовой схемы по методу эквивалентного генератора), 2 резистора $R = 100 \text{ Ком}$, используемые в лабораторной работе №20 (разрядная цепь).

*В комплект поставки не входят.

На втором блоке размещены магазины сопротивлений;

На третьем блоке установлено:

Автомат постоянного тока $U = 30$ В (выход – средние клеммы); два источника эл.энергии с ЭДС $E = 4,5$ В. (Гальванические элементы «Маро» устанавливаются в блоке внутри барабана); катушка на стальном сердечнике, используемая в лабораторной работе №19 (параметры которой указаны в описании лабораторной работе №19).

На четвертом блоке установлен автомат переменного трехфазного тока $U_{\phi} = 30$ В; $U_{л} = 52$ В.

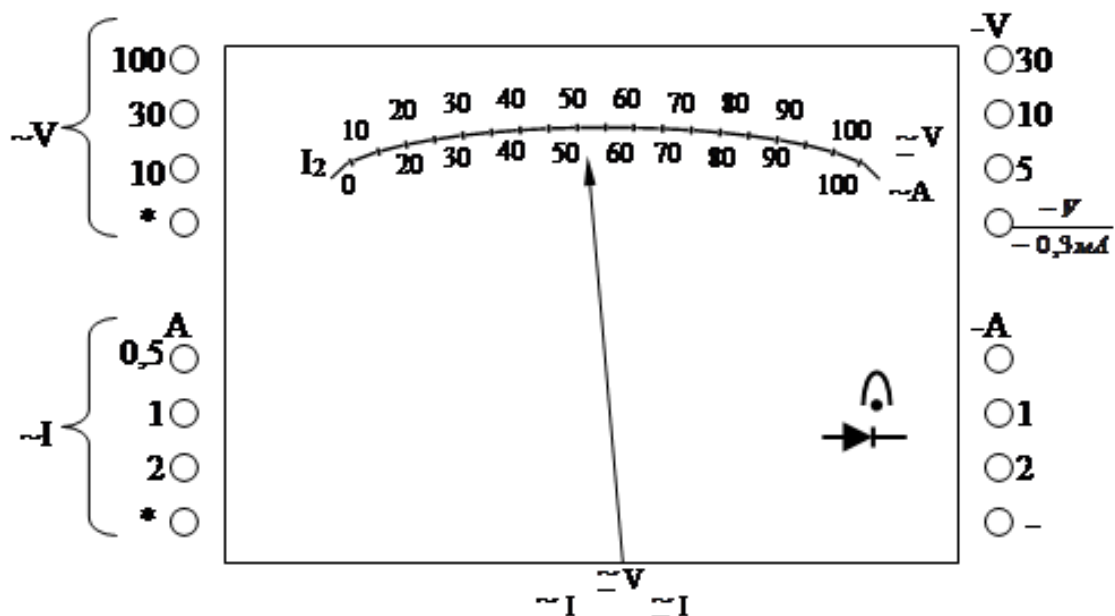
На пятом блоке установлено:

Магазин емкостей с $C_m = 121$ мкФ и ключ (тумблер).

На шестом блоке установлено:

Перекидной ключ (тумблер), схема для снятия петли магнитного Гистерезиса, в которую входит магазин сопротивлений и катушка индуктивности, параметры которой указаны в лабораторной работе №9.

Каждый блок содержит многопредельный вольтамперметр.



С левой стороны прибора размещены гнезда переменного, а справа – постоянного тока и напряжения.

Для использования прибора миллиамперметром штекеры вставляют в гнезда, отмеченные 0,3 мА (т.е. общее гнездо вольтметра и гнездо амперметра с пределом 0,1 А) постоянного тока.

Для определения цены деления прибора следует находить из установленного предела измерения. Установленный предел измерения следует разделить на 50 (вся шкала имеет 50 делений).

Например, для амперметра:

Установленный предел измерения 2 А, тогда цена одного деления (n) равна $n = \frac{2}{50} = 0,04 \text{ А}$

3 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

«Последовательное и параллельное соединение резисторов в схемах из резисторов»

Перечень приборов:

1. Источник эл.энергии постоянного тока – 30 В
2. Магазины сопротивлений – 3 шт.
3. Вольтметр – 2 шт. (0+30) В
4. Амперметр – 1 шт. (0+2) А
5. Реостат – 1 шт.

План работы:

1. Определить размещение прибора на столе (рисунок 1).

Опыт №1 (последовательное соединение)

2. Собрать эл. схему цепи (рисунок 1)
3. Определить цену деления приборов , исходя из установленных пределов измерения.
4. Установить заданное преподавателем параметры сопротивлений на магазинах.
5. Предъявить собранную схему для проверки преподавателю.
6. Включить автомат (постоянного тока), установить при помощи реостата заданное напряжение по вольтметру. Результаты записать в таблицу №3.
7. Переносным вольтметром измерить напряжение на клеммах резисторов R_1, R_2, R_3 , а также ток цепи. Результаты записать в таблицу №1.

8. Убедится, что:

$$U_{\text{ц}}=U_1+U_2+U_3; R_{\text{ц}}=R_1+R_2+R_3; P_{\text{ц}}=P_1+P_2+P_3;$$

$$P_1=U_1I =I^2R_1; P_2=U_2I =I^2R_2; P_3=U_3I =I^2R_3;$$

$$R_1=\frac{U_1}{I}; R_2=\frac{U_2}{I}; R_3=\frac{U_3}{I}; R_{\text{ц}}=\frac{U_{\text{ц}}}{I}$$

Опыт №2 (параллельное соединение).

1. Собрать эл. схему цепи (рисунок 2).
2. Определить цену деления приборов.
3. Установить заданные преподавателем параметры резисторов.
4. Предъявить собранную схему для проверки преподавателю.

5. Включить автомат постоянного тока, установить при помощи реостата заданное напряжение, записать его значение в таблицу №2.

6. Записать показания амперметров А, А₁, А₂, А₃ в таблицу №2.

7. Убедится, что:

$$I_{\text{ц}} = I_1 + I_2 + I_3; \quad g_{\text{ц}} = g_1 + g_2 + g_3; \quad g_1 = \frac{1}{R_1}; \quad g_2 = \frac{1}{R_2}; \quad g_3 = \frac{1}{R_3};$$

$$g_{\text{ц}} = \frac{1}{R_{\text{ц}}}; \quad I_{\text{ц}} = \frac{U}{R_{\text{ц}}}; \quad I_1 = \frac{U}{R_1}; \quad I_2 = \frac{U}{R_2}; \quad I_3 = \frac{U}{R_3};$$

8. Сделать вывод.

К лабораторной работе №1

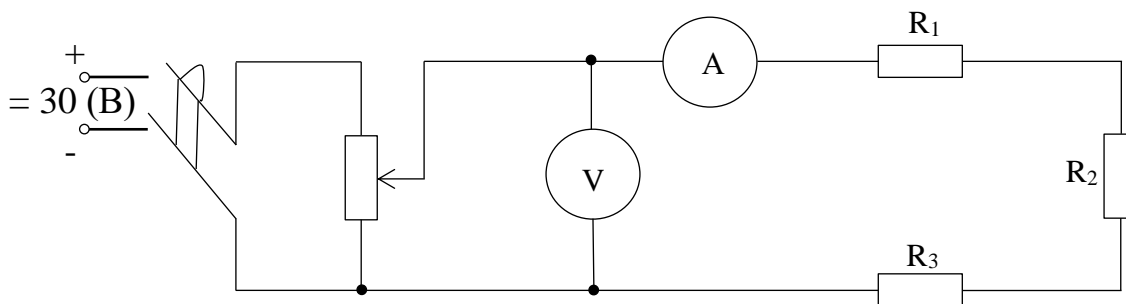


Рисунок 1-Последовательное соединение резисторов

Таблица 1 – Снятие показаний

п/п	Участок цепи	U	I	P	R
		В	А	Вт	Ом
1.	Резистор №1				
2.	Резистор №2				
3.	Резистор №3				
4.	Вся цепь:				

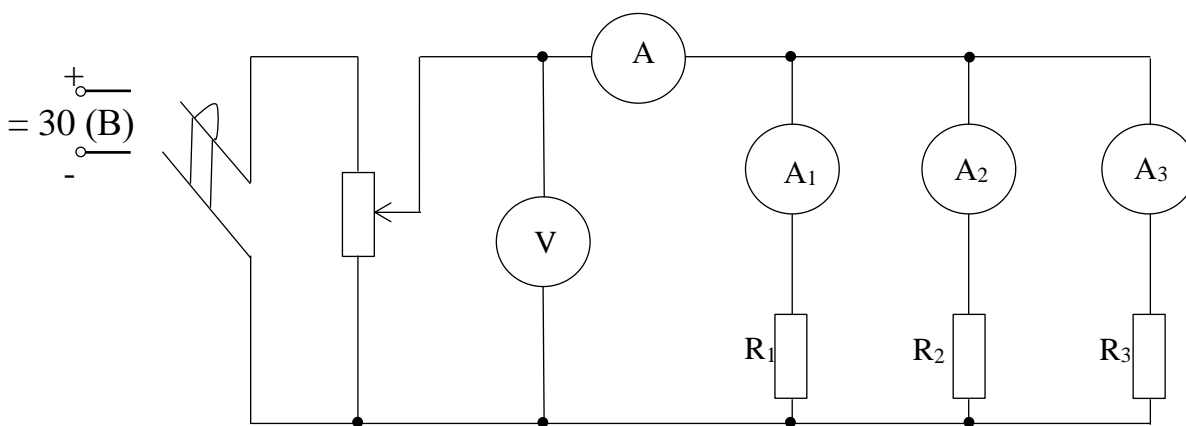


Рисунок 2-Параллельное соединение резисторов

п/п	Участок цепи	U	I	P	R	g
		В	А	Вт	Ом	См
1.	Резистор №1					
2.	Резистор №2					
3.	Резистор №3					

4.	Вся цепь:					
----	-----------	--	--	--	--	--

Таблица 2 – Снятие показаний

Контрольные вопросы:

1. Какое соединение резисторов называют последовательным и какое параллельным?
2. Как определить общее сопротивление резисторов при последовательном и параллельном соединении?
3. Что называется проводимостью и в каких единицах она измеряется?
4. Чему равен общий ток цепи и напряжение на участках при последовательном и параллельном соединении?
5. Как определяется мощность на участках цепи и всей цепи при последовательном и параллельном соединении?

4 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Изучение законов Кирхгофа в применении в многоконтурной цепи

Цель работы: приобрести практические навыки при сборе многоконтурной цепи и научиться применять для контура уравнения по законам Кирхгофа.

1 Контрольные вопросы

- 1.1 Что называется ветвью, узлом, контуром?
- 1.2 Как читается первый закон Кирхгофа?
- 1.3 К какому участку эл. цепи он применим?
- 1.4 Как читается второй закон Кирхгофа?
- 1.5 К какому участку эл. цепи он применим?

2 Приборы и оборудование

- 2.1 Два источника энергии - 4,5 В
- 2.2 Вольтметр - 1 шт от 0 до 30 В
- 2.3 Амперметр - 3 шт от 0 до 2 А
- 2.4 Три магазина сопротивлений.

3 Порядок выполнения работы

- 3.1 Определить размещение приборов на столе, ключи S_1 и S_2 установить в положение «отключено». Собрать Эл. схему цепи (рисунок 1)
- 3.2 Определить цену деления приборов, исходя из установленного предела измерения.
- 3.3 Установить на магазинах сопротивлений заданные преподавателем параметры сопротивлений и их данные записать в таблицу № 1
- 3.4 Предъявить собранную эл. схему для проверки преподавателю
- 3.5 Измерить переносным вольтметром ЭДС источников и записать в таблицу 1
- 3.6 Включить ключ S_1 , S_2 - отключен, проверить работу приборов (если требуется - изменить полярность)

- 3.7 Записать показания амперметров A_1 и A_3 в таблицу 1 (контур АБДЕА)
- 3.8 Для контура (АБДЕА) составить уравнение по второму закону Кирхгофа и определить внутреннее сопротивление источника E_1 . Результаты записать в таблицу 1
- 3.9 Отключить ключ S_1 , включить S_2 , проверить работу приборов.
- 3.10 Записать показания приборов A_2 и A_3 в таблицу 1 (контур БВГДБ)
- 3.11 Для контура (БВГДВ) составить уравнение по второму закону Кирхгофа. Пользуясь составленным уравнением, определить внутреннее сопротивление источника E_2 . результаты записать в таблицу 1
- 3.12 Включить ключи S_1 и S_2 проверить работу приборов.
- 3.13 Записать показания амперметров A_1 , A_2 и A_3 в таблицу 1 (контур АВГЕА)
- 3.14 Для контура (АВГЕА) составить уравнение по второму закону Кирхгофа, подставить числовые значения и убедиться, что $\Sigma E = \Sigma I \cdot R$
- 3.15 На основании опытных данных произвести проверку законов Кирхгофа. Результаты записать в таблицу 1

Расчетные формулы

$$\Sigma E = \Sigma I \cdot R$$

$$\Sigma I = 0$$

$$r_{01} = \frac{E_1 - I_1 \cdot R_1 - I_1 \cdot R_3}{I_1}$$

$$r_{02} = \frac{E_2 - I_2 \cdot R_2 - I_2 \cdot R_3}{I_2}$$

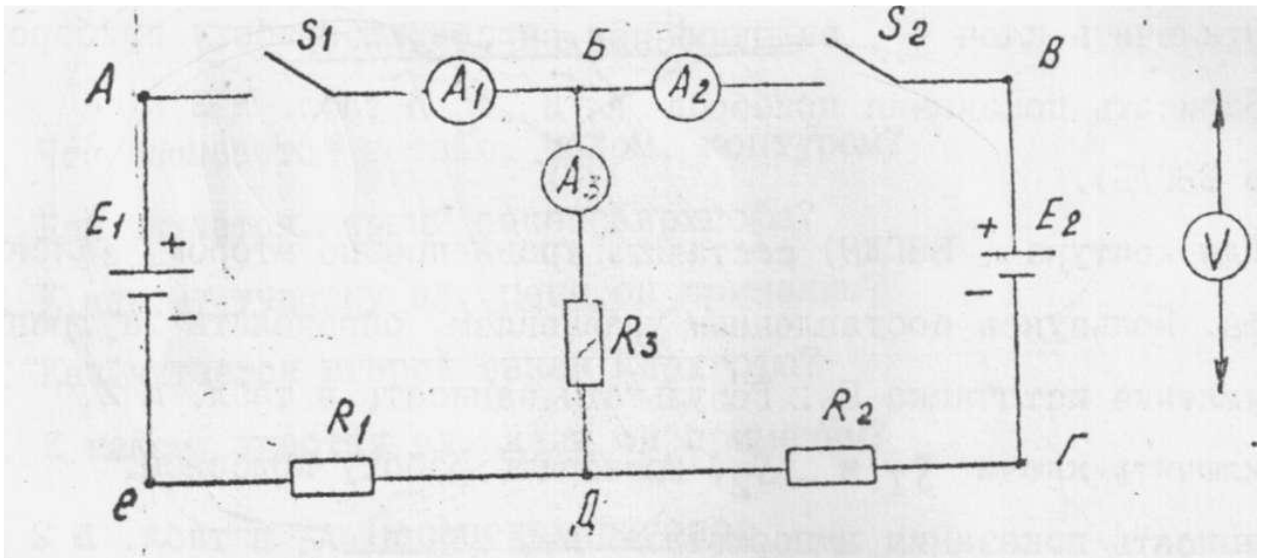


Рисунок 1 Электрическая схема цепи

Таблица 1

Контур	R_1 Ом	R_2 Ом	R_3 Ом	r_{01} Ом	r_{02} Ом	I_1 А	I_2 А	I_3 А	ΣI А	E_1 В	E_2 В	ΣE В	ΣIR В	$I_3 R_3$ В	$I_1(R_1+r_{01})$	$I_2(R_2+r_{02})$
АБДЕА																
БВГДБ																
АВГЕА																

5 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

Преобразование треугольника резисторов в эквивалентную звезду

Цель работы – приобрести практические навыки при сборке схемы при преобразовании треугольника резисторов в эквивалентную звезду, научиться эквивалентной замене сопротивлений звезды.

1 Контрольные вопросы

1.1 Какое соединение резисторов называется соединением звездой, какое треугольником?

1.2 Что называется эквивалентной заменой?

1.3 Напишите формулу для эквивалентной сопротивлений треугольника сопротивлениями звезды.

1.4 Напишите формулу для эквивалентной сопротивлений звезды сопротивлениями треугольника.

2 Приборы и оборудование

2.1 Источник электрической энергии постоянного тока - 30 В

2.2 Магазин сопротивлений - 3 шт.

2.3 Вольтметр - 1 шт. от 0 до 30 В

2.4 Амперметр - 1 шт. от 0 до 2 А

2.5 Реостат - 1 шт.

3 Порядок выполнения работы

- 3.1 Определить размещение приборов на столе.
- 3.2 Собрать электрическую схему цепи (рис.1).
- 3.3 Установить заданные значения преподавателем сопротивления реостатов R_{12} , R_{23} , R_{31} на магазинах.
- 3.4 Определить цену деления приборов.
- 3.5 Предъявить собранную схему для проверки преподавателю.
- 3.6 Включить автомат постоянного тока и при 4х значениях заданных преподавателем «U» снять показания амперметров. Результат записать в таблицу 1.
- 3.7 Отключить автомат постоянного тока, вычислить по формулам сопротивления резисторов эквивалентной звезды R_1 , R_2 , R_3 , и записать в таблицу1.
- 3.8 Собрать электрическую схему (Рисунок 1-а) и установить на магазинах резисторов вычисленное значение сопротивления эквивалентной звезды R_1 , R_2 , R_3 .
- 3.9 Предъявить собранную схему для проверки преподавателю.
- 3.10 Включить автомат постоянного тока, установить поочередно заданные ранее преподавателем значения напряжений.
- 3.11 Убедиться, что показания амперметров (для каждого U) осталось прежним.
- 3.12 Измерить переносным вольтметром напряжение на R_1 , R_2 , R_3 . Результаты записать в таблицу 1.
- 3.13 По измеренным напряжениям U_1 , U_2 , U_3 и токам (для каждого случая) на основании закона Ома для участка цепи определить R_1 , R_2 , R_3 и записать в таблицу 1 в графу “опыт”.

3.14 Полученные результаты вычисления и опыта сравнить.

3.15 Сделать вывод

Расчётные формулы:

$$R_1 = \frac{R_{12}R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}; R_2 = \frac{R_{12}R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}; R_3 = \frac{R_{23}R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}};$$

$$R_1 = \frac{U_1}{I_1}; R_2 = \frac{U_2}{I_2}; R_3 = \frac{U_3}{I_3}.$$

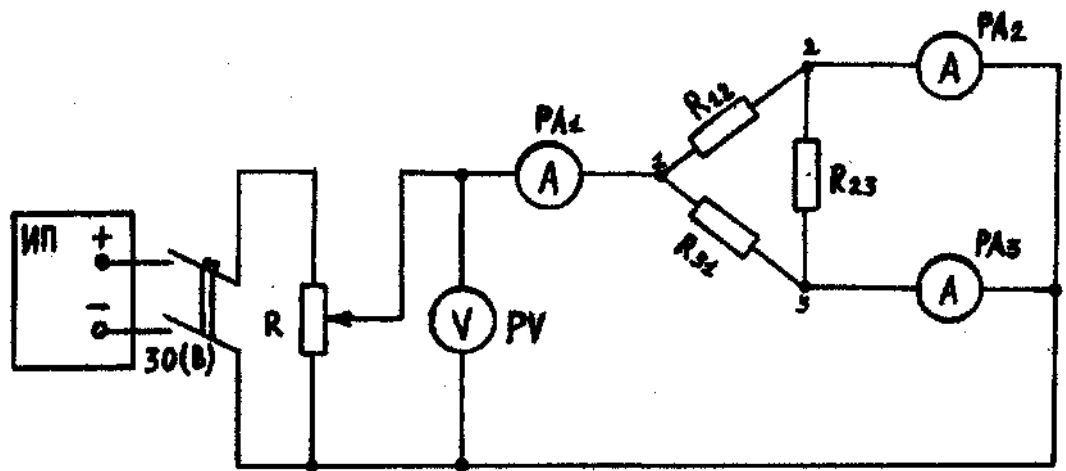


Рисунок 1 - Принципиальная схема соединения резисторов в треугольник

Таблица 1 - Снятие показаний при соединении сопротивлений в треугольник и звезду

№	Уста н	Измерить						Опыт			Вычислить			Установить			
		U	I	I	I	U	U	U	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
		В	А	В	А	В	В	В	О м	О м	О м	О м	О м	О м	Ом	Ом	Ом
1																	
2																	
3																	
4																	

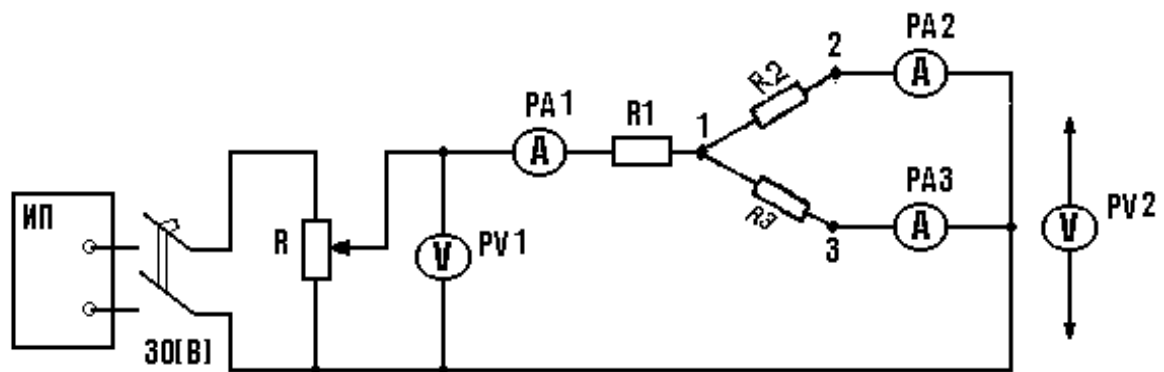


Рисунок 1 –а - Принципиальная схема соединения резисторов в звезду

6 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

Изучение принципа наложения токов

Цель работы: изучить принцип наложения токов, научиться аналитическим способом определять частичные и полные токи и сравнить с опытными значениями.

1 Контрольные вопросы

1.1 Какой ток называют частичным током?

1.2 Что требуется сделать в данной схеме, чтобы определить один из частичных токов?

1.3 Чему равен ток ветви?

2 Приборы и оборудование

2.1 Два источника электрической энергии – 4,5 В

2.2 Магазины сопротивлений – 3 шт.

2.3 Амперметры – 3 шт. (от 0 до 2 А)

2.4 Перекидные ключи – 2 шт.

3 Порядок выполнения работы

3.1 Определить размещение приборов на столе.

3.2 Собрать электрическую схему цепи (Рисунок 3).

3.3 Определить цену деления приборов.

3.4 Установить заданные преподавателем параметры сопротивлений на магазинах.

3.5 Предъявить собранную схему для проверки преподавателю.

3.6 При нейтральном, отключённом положении ключей S1 и S2 переносным вольтметром измерить ЭДС источников и записать результаты в таблицу 1.

3.7 Включить ключи S1 и S2 в положение (2) (проверить правильность работы приборов). Записать в таблицу 1 величину токов I1, I2, I3 из опыта, при этом проверить баланс токов $I_3 = I_1 + I_2$.

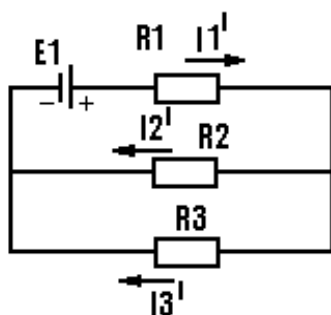
3.8 Ключ S1 оставить в положении (2), а ключ S2 перевести в положение (1) по схеме, проверить правильность работы амперметров после чего записать их показания в таблицу 1. I'1, I'2, I'3 из опыта.

3.9 Ключ S1 перевести в положение (1), а ключ S2 в положение (2) по схеме, проверить правильность работы приборов, после чего записать их показания в таблицу 1. I''1, I''2, I''3 из опыта.

3.10 По замеренным частичным токам определить методом наложения токи I1, I2, I3 и записать их во вторую строку таблицы (наложение измеренных токов).

3.11 Третья графа заполняется на основании аналитического расчёта. Определяем частичные и полные токи по формулам.

3.12 Результаты аналитического расчёта сравниваются с опытными.



3.13 Определить частичные токи от E1

Рисунок 1 - Схема определения частных токов от E1

Расчётные формулы:

$$R_{o61} = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}; \quad I_1' = \frac{E}{R_{o61}}; \quad I_2' = I_1' \cdot \frac{R_3}{R_3 + R_2}; \quad I_3' = I_1' - I_2'$$

3.14 Определить частичные токи от E2

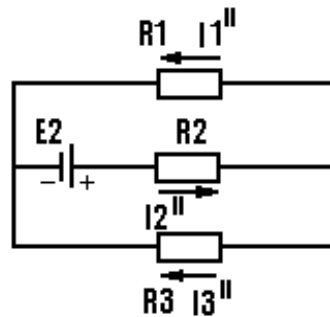


Рисунок 2 – Схема определения частных токов от E2

Расчётные формулы:

$$R_{o62} = R_2 + \frac{R_1 \cdot R_3}{R_1 + R_3}; \quad I_2'' = \frac{E_2}{R_{o62}}; \quad I_1'' = I_2'' \cdot \frac{R_3}{R_3 + R_1}; \quad I_3'' = I_2'' - I_1''$$

5.11 Определить токи ветвей

$$I_1 = I_1' - I_1''; \quad I_2 = I_2'' - I_2'; \quad I_3 = I_{31}' + I_3'';$$

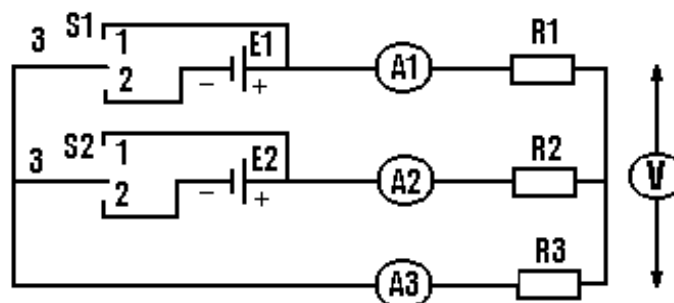


Рисунок 3 – Электрическая схема

Таблица 1 – Снятие показаний для определения частичных и полных токов

№ п/п	Способы определения величин	E1	E2	I1	I2	I3	I'' 1	I'' 2	I'' 3	I1	I2	I3
1	Из опыта											
2	Наложение токов											
3	Расчётом											

7 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

Последовательное соединение активного и реактивного элементов

(исследование неразветвлённой цепи переменного тока)

Цель работы: исследование неразветвлённой цепи переменного тока при последовательном соединении активного и реактивного элемента.

1 Теоретическая часть

Цепь с активным сопротивлением и индуктивностью

а) Напряжение и ток

Если в катушке с активным сопротивлением r и индуктивностью L (рисунок 1) проходит переменный ток (рисунки 39 и 40)

$$i = I_M \sin \omega t \quad (1)$$

то по второму закону Кирхгофа

$$u + e_L = ir \quad (2)$$

откуда напряжение на зажимах катушки (цепи)

$$u = ir - e_L = ir + L \frac{di}{dt} = u_a + u_L \quad (3)$$

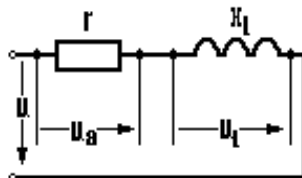


Рисунок 1 - Цепь с активным сопротивлением

и индуктивностью.

Первая слагающая напряжения $u_a = ir$ называется активным

напряжением, а вторая $u_L = -e_L = L \frac{di}{dt}$ реактивным напряжением.

Активное напряжение (рисунки 2 и 3)

$$u_a = ir = I_M r \sin \omega t = U_{a,m} \sin \omega t \quad (4)$$

изменяется синусоидально, совпадая по фазе с током.

Амплитуда активного напряжения

$$U_{a,m} = I_m r \quad (5)$$

а действующее значение его

$$U_{a,m} = I_m r. \quad (6)$$

Реактивное напряжение (рисунки 2 и 3)

$$u_L = L \frac{di}{dt} = \omega L I_M \cos \omega t = U_{L,M} \sin(\omega t + \pi/2) \quad (7)$$

изменяется синусоидально, опережая по фазе ток на 90° .

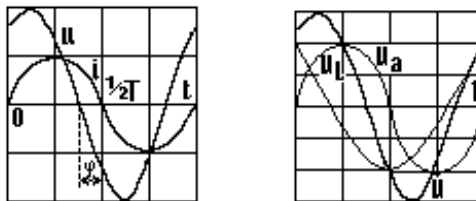


Рисунок 2 - Графики тока и напряжения в цепи с активным сопротивлением и индуктивностью.

Векторы напряжений U_a , U_L и U (риунок 3) образуют прямоугольный треугольник напряжений, из

$$U = \sqrt{U_a^2 + U_L^2}$$

Такой же зависимостью связаны и амплитуды соответствующих

напряжений:

$$U_M = \sqrt{U_{a.m}^2 + U_{Lm}^2}$$

Угол сдвига фаз между напряжением и током в цепи определяется из треугольника напряжений (рисунок 3) через $\cos \varphi = U_a / U$ или $\operatorname{tg} \varphi = U_L / U_a$

б) Полное сопротивление цепи

Выразив в уравнении (7) составляющие напряжения через произведения тока и сопротивлений, получим:

$$U = \sqrt{(Ir)^2 + (Ix_L)^2} = I\sqrt{r^2 + x_L^2} = Iz \quad (9)$$

откуда ток в цепи

$$I = U / z = U / \sqrt{r^2 + x_L^2} \quad (10)$$

Полученные формулы выражают закон Ома для действующих значений цепи с сопротивлением r и индуктивностью L .

Величина

$$z = \sqrt{r^2 + x_L^2} = \sqrt{r^2 + (\omega L)^2} \quad (11)$$

называется полным сопротивлением цепи.

Графически сопротивления r , x_L и z изображают сторонами прямоугольного треугольника сопротивлений (рисунок 4). Этот треугольник можно получить, уменьшив в I раз стороны треугольника напряжений.

Угол между сторонами треугольника z и r равен углу φ сдвига фаз между напряжением и током, так как

$$\cos \varphi = \frac{U_a}{U} = \frac{I_r}{I_z} = \frac{r}{z}, \text{ а } \operatorname{tg} \varphi = \frac{U_L}{U_a} \quad (12), (13)$$

Чем больше реактивное напряжение по сравнению с активным или чем больше реактивное сопротивление по сравнению с активным, тем на больший угол ток отстает по фазе от напряжения цепи.

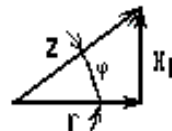
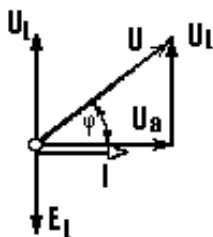


Рисунок 3 - Векторная диаграмма цепи с активным сопротивлением и индуктивностью
 Рисунок 4 - Треугольник сопротивлений цепи с активным сопротивлением и индуктивностью

в) Мощность

В цепи с r и L мгновенная мощность

$$p = ui = U_m \sin(\omega t + \varphi) I_m \sin \omega t = \frac{U_m I_m}{2} \cos \varphi - \frac{U_m I_m}{2} \cos(2\omega t + \varphi) = UI \cos \varphi - UI \cos(2\omega t + \varphi) \quad (14)$$

Из уравнения (14) следует, что мгновенная мощность состоит из постоянной слагающей мощности $UI \cos \varphi$ и переменной слагающей $-UI \cos(2\omega t + \varphi)$, изменяющейся синусоидально с двойной частотой. Средняя за период мощность, применяемая обычно при расчетах, равна постоянной мощности $UI \cos \varphi$, так как среднее за период значение гармонической функции равно нулю.

Следовательно, средняя мощность цепи равна произведению действующих значений напряжения и тока, умноженному на $\cos \varphi$, т. е.

$$P = UI \cos \varphi \quad (15)$$

Приняв во внимание, что $U \cos \varphi = U_a = Ir$, получим:

$$P = UI \cos \varphi = U_a I = I^2 r \quad (16)$$

$$P = I^2 r = I I r = I U \quad (17)$$

Таким образом, средняя мощность в активном сопротивлении (17) $P = U_a I$ в то же время представляет собой среднюю или активную мощность цепи с r и L , т. е. $P = UI \cos \varphi$.

$$Q = U_m I_m / 2 = U I = I^2 \omega L = \omega W_m \quad (18)$$

Реактивная мощность цепи (18), характеризующая обмен энергией между генератором и цепью,

$$Q = U_L I = I^2 x_L = I^2 x_L = I_2 z \sin \varphi = U I \sin \varphi \quad (19)$$

Произведению действующих значений напряжения умноженному на $\sin \varphi$,

Произведение действующих значений напряжений и тока, т. е.

$$S = U I \quad (20)$$

называется полной мощностью цепи.

Единица полной мощности называется вольт-ампер ($B \cdot A$).

Активная, реактивная и полная мощности графически изображаются сторонами прямоугольного треугольника мощностей (рисунок 5), так как они

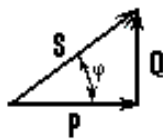


Рисунок 5 - Треугольник мощностей

связаны соотношением

$$P^2 + Q^2 = S^2 \quad (21)$$

или

$$(UI \cos \varphi)^2 + (UI \sin \varphi)^2 = (UI)^2 \quad (22)$$

Треугольник мощностей можно получить, умножив на ток стороны

треугольника напряжений. Отношение активной мощности к полной

$$P/S = \cos \varphi \quad (23)$$

называется коэффициентом мощности.

Габариты, масса, стоимость и конструкция электрической машины или аппарата определяются их номинальной полной мощностью $S_N = U_N I_N$, а полная мощность S при том или ином режиме работы определяет степень их использования.

2 Приборы и оборудование

- 2.1 Источник энергии переменного тока - 30 В;
- 2.2 Реостат - 1 шт.;
- 2.3 Вольтметр - 1 шт. от 0 до 100 В;
- 2.4 Ваттметр - 1 шт. от 0 до 120 Вт;
- 2.5 Амперметр - 1 шт. от 0 до 2 А;
- 2.6 Катушка индуктивности - 1 шт.;
- 2.7 Магазин сопротивлений - 1 шт.;
- 2.8 Магазин ёмкостей - 1 шт. 121 мкФ.

3 Задание

- 3.1 Определить размещение приборов на столе;
- 3.2 Собрать электрическую схему цепи (Рисунок 6);
- 3.3 Определить цену деления приборов, установить заданное преподавателем значением R .

4 Порядок выполнения работы

4.1 Включить автомат переменного тока, установить с помощью реостата заданное значение напряжения и удерживать его в течении опыта постоянным.

4.2 С помощью магазина ёмкостей установить C (режим $\varphi > 0$), снять показания приборов, измерить переносным вольтметром и ваттметром падение напряжений и мощности на катушке, резисторе, конденсаторе.

4.3 Записать показания приборов в таблицу 1.

4.4 Подбором ёмкостей установить в цепи режим $\varphi = 0$. Измерения производить переносным вольтметром. Данные записать в таблицу 1.

4.5 Записать показания амперметра, вольтметра, ваттметра в таблицу 1.

4.6 Установить режим ($\varphi < 0$) ёмкостью C , снять показания приборов переносным вольтметром, измерить напряжение на катушке, резисторе, конденсаторе. Записать показания приборов в таблицу 1.

4.7 По измеренным и вычисленным данным для трёх режимов построить векторные диаграммы напряжений.

Диаграммы строить на миллиметровой бумаге в масштабе.

Масштаб напряжения $M_u = \text{В/см}$

Масштаб тока $M_i = \text{А/см}$

Расчётные формулы:

$$P = I^2 R;$$

$$R = \frac{P}{I^2};$$

$$Z = \frac{U}{I};$$

$$Z_K = \frac{U_K}{I};$$

$$\operatorname{tg}\varphi_{\text{н}} = \left(\frac{X_K - X_C}{R} \right);$$

$$U_a = IR;$$

$$S = UI;$$

$$U_p = Ix.$$

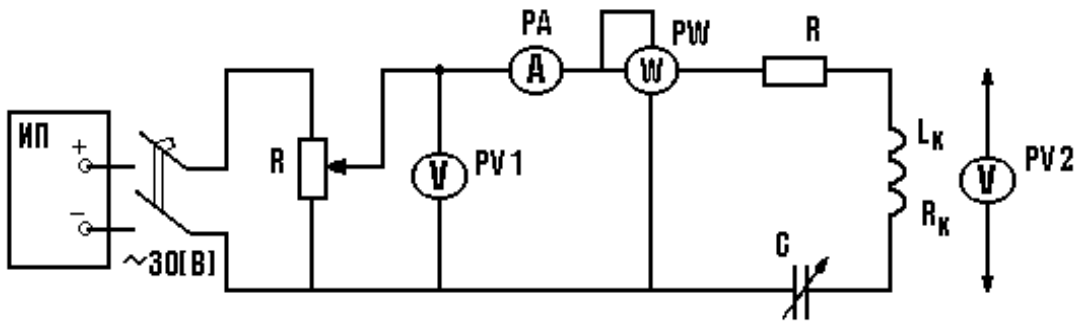


Рисунок 6 - Последовательное соединение активного и реактивного элементов.

Таблица 1 - Снятие показаний при последовательном соединении активного и реактивного элементов

№	Угол	Участок цепи	U	I	P	R	Z	X	U _a	U _p	S	Q	tgφ	φ	C
			B	A	Вт	Ом	Ом	Ом	B	B	ВА	Вар	---	град	мкФ
1	φ > 0	R													
		L													
		C													
		Вся цепь													
2	φ = 0	R													
		L													
		C													
		Вся цепь													
3	φ < 0	R													
		L													
		C													
		Вся цепь													

6 Отчёт должен содержать

- наименование и цель работы;
- принципиальные схемы последовательного соединения активного и реактивного элемента;
- таблицы полученных результатов;
- расчёты;
- ВЫВОД.

7 Контрольные вопросы

- 7.1 Дать определение активного сопротивления электрической цепи.
- 7.2 Объяснить, почему ток в цепи с индуктивностью отстаёт по фазе от напряжения на угол 90° .
- 7.3 Дать определение реактивной энергии в цепи с индуктивностью.
- 7.4 Дать определение индуктивного сопротивления и как оно определяется.
- 7.5 Объяснить, что означает $\varphi > 0$; $\varphi = 0$; $\varphi < 0$.
- 7.6 Объяснить, почему $\varphi > 0$; $\varphi = 0$; $\varphi < 0$.

Литература

- 1 Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника – М: Высшая школа, 2000. – 542 с.
- 2 Шихин А.Я. Электротехника – М: Высшая школа, 1998. - 336 с.
- 3 Данилов И.А., Иванов П.М. Общая электротехника с основами электроники – М: Высшая школа, 1998. – 750 с.
- 4 Евдокимов Ф.Е. Общая электротехника – М: Высшая школа, 1990. – 352 с.