

Практикум по электротехнике

Методические рекомендации для обучающихся по программе подготовки квалифицированных рабочих по профессии 190631.01 Автомеханик

Автор разработки:
Гаськова Т.И., преподаватель БПромТ

Сборник описаний лабораторных и практических работ Электротехника

Лабораторная работа № 1 «Измерение сопротивлений, токов, напряжений и мощности в цепи постоянного тока»

Лабораторная работа № 2 «Проверка закона Ома при последовательном соединении приемников»

Лабораторная работа № 3 «Проверка 1-го закона Кирхгофа при параллельном соединении резисторов»

Практическая работа №4 «Расчет сопротивления проводников и выбор сечений проводов»

Практическая работа №5 «Расчет простой цепи постоянного тока при последовательном и параллельном соединении элементов»

Практическая работа №6 «Расчет простой цепи постоянного тока при смешанном соединении элементов»

Лабораторная работа № 7 «Исследование цепи переменного тока при последовательном соединении активного, индуктивного и емкостного сопротивлений и наблюдение резонанса напряжений»

Лабораторная работа № 8 «Исследование трехфазной цепи при соединении нагрузки в звезду»

Лабораторная работа № 9 «Исследование трехфазной цепи при соединении нагрузки в треугольник»

Практическая работа №10 «Расчет сопротивления заземляющих устройств»

Лабораторная работа № 11 «Снятие вольтамперных характеристик полупроводниковых диодов и стабилитронов»

Практическая работа №12 «Расчет выпрямителей»

Практическая работа №13 «Вычисление погрешностей измерительных приборов. Изучение характеристик электромеханических измерительных приборов»

Практическая работа № 14 «Расчет и выбор электроаппаратов»

Братск 2014

Электротехника. Сборник описаний лабораторных и практических работ / Братск: ГБПОУ СПО БПромТ. 2014. 34 стр

Составитель Т.И.Гаськова

Практикум содержит, теоретические материалы, инструктивные карты, формы отчета, необходимые для выполнения лабораторных работ по электротехнике

Практикум предназначен для обучающихся по программе подготовки квалифицированных рабочих по профессии 190631.01 Автомеханик

Настоящая разработка рассмотрена цикловой комиссией общеобразовательных дисциплин

Протокол № _____ от « ____ » _____ 2014 г.

Председатель ЦК Гаськова Т.И.

Рецензенты:

Доцент кафедры
электроэнергетики и электротехники
ФГБОУ ВПО «БрГУ» Карпова Н.А. _____

Согласовано:

Е. В. Тилькунова, зам. директора по УМР _____

© Гаськова Т.И.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Лабораторная работа № 1 «Измерение сопротивлений, токов, напряжений и мощности в цепи постоянного тока	6
Лабораторная работа № 2 «Проверка закона Ома при последовательном соединении приемников»	9
Лабораторная работа № 3 «Проверка 1-го закона Кирхгофа при параллельном соединении резисторов»	11
Практическая работа №4 «Расчет сопротивления проводников и выбор сечений проводов»	13
Практическая работа №5 «Расчет простой цепи постоянного тока при последовательном и параллельном соединении элементов»	15
Практическая работа №6 «Расчет простой цепи постоянного тока при смешанном соединении элементов»	19
Лабораторная работа № 7 «Исследование цепи переменного тока при последовательном соединении активного, индуктивного и емкостного сопротивлений и наблюдение резонанса напряжений»	21
Лабораторная работа № 8 «Исследование трехфазной цепи при соединении нагрузки в звезду»	24
Лабораторная работа № 9 «Исследование трехфазной цепи при соединении нагрузки в треугольник»	26
Практическая работа №10 «Расчет сопротивления заземляющих устройств»	29
Лабораторная работа № 11 «Снятие вольтамперных характеристик полупроводниковых диодов и стабилитронов»	32
Практическая работа №12 «Расчет выпрямителей»	35
Практическая работа №13 «Вычисление погрешностей измерительных приборов. Изучение характеристик электромеханических измерительных приборов»	37
Практическая работа № 14 «Расчет и выбор электроаппаратов»	41
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	43

ВВЕДЕНИЕ

В курсе «Электротехника» представлена система лабораторно-практических работ, в ходе выполнения которых учащиеся актуализируют имеющиеся у них знания. Эти знания приобретены в ходе изучения курса физики средней школы; предмета «Электротехника»; специальных дисциплин по профессии, связанных с устройством и принципом действия электрооборудования. В каждой работе представлены задания различной сложности. Количество заданий избыточно. Учащиеся самостоятельно, либо с помощью преподавателя, определяют, какие задания они должны выполнить для усвоения темы на необходимом для их дальнейшей деятельности уровне.

ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Целью лабораторных занятий является усвоение теоретических вопросов путем экспериментальной проверки основных положений курса, выработка навыков практического характера: сборка электрических схем, снятие показаний с приборов, оформление и анализ результатов.

Перед выполнением лабораторной работы каждый учащийся должен изучить правила техники безопасности, относящиеся к данной лаборатории и расписаться в журнале по технике безопасности.

Предварительная теоретическая подготовка к работе состоит в изучении описания работы по методическим указаниям и соответствующего теоретического материала по конспекту и учебным пособиям.

Протокол работы, содержащий электрические схемы и таблицы для записи результатов, должен быть подготовлен заранее.

Перед началом выполнения каждой работы проводится проверка готовности учащихся к данной работе.

Сборку электрической цепи следует начинать с последовательно соединенных элементов и приборов, а затем подключать параллельные ветви, как самой электрической цепи, так и приборов.

Каждая собранная электрическая цепь должна быть проверена преподавателем, и только с его разрешения может быть включена под напряжение, то же самое относится к цепям, когда в них произведены какие-либо изменения.

Во время выполнения лабораторных работ учащиеся должны строго выполнять правила техники безопасности и соблюдать учебную дисциплину. Лица, нарушающие правила безопасности, отстраняются от выполнения работы.

Проводя измерения, необходимо тщательно определять показания приборов, поскольку небрежность в отсчете показаний приборов и записи результатов приводит к неправильным выводам о свойствах исследуемой схемы.

При наличии грубых ошибок схема должна быть переделана.

После окончания работы необходимо разобрать электрическую цепь, приборы и оборудование поставить в том порядке, в котором они находились перед началом занятия.

Отчеты должны выполняться:

индивидуально каждым учащимся

на отдельных тетрадных двойных листах

аккуратно, с использованием чертежных инструментов и соблюдением стандартных обозначений для элементов электрических схем.

Отчет по выполненной работе должен быть защищен учащимся.

ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Исследование электрических цепей, установок и приборов неизбежно связано с применением повышенных напряжений. Поражение током при этих напряжениях может привести к тяжелым последствиям. В связи с этим необходимо точно выполнять соответствующие правила безопасности.

В лаборатории электротехники опасными являются напряжения 110, 127, 220 вольт. Опасными могут быть также ЭДС самоиндукции при размыкании цепей с большими индуктивностями и неразрядившиеся конденсаторы. Кроме того, при неправильных действиях с электрическим оборудованием возможны короткие замыкания и перегрузки в цепях, которые могут привести к перегреву и загоранию отдельных частей оборудования, к появлению расплавленных капель металла, что в свою очередь может привести к ожогам и поражению органов зрения.

В связи с этим:

Прежде, чем собирать схему, необходимо убедиться, что сетевой выключатель отключен.

При сборке электрической цепи соединения проводниками следует выполнять так, чтобы они не ложились на шкалы приборов, имели наименьшее число пересечений между собой и были надежно присоединены к клеммам.

Во время работы со схемой нужно быть внимательным и осторожным, находиться на рабочем месте и не допускать к нему посторонних. При включении цепи под напряжение необходимо предупредить об этом остальных членов бригады.

Включение схемы под напряжение разрешается только после ее проверки преподавателем.

При обнаружении каких-либо неисправностей (повышенный шум, искрение, перегрев обмоток и проводов) или при попадании кого-либо под напряжение нужно немедленно отключить выключатель и пригласить преподавателя.

Во время работы не касаться изолированных частей электроцепей, находящихся под напряжением, и открытых поверхностей реостатов во избежание ожогов.

Всякие изменения производятся при отключенном напряжении. После этого схему должен проверить преподаватель.

За порчу лабораторного имущества, вызванную небрежным обращением с ним или невыполнением требований данного руководства, учащиеся несут материальную ответственность.

1. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Измерение сопротивлений, токов, напряжений и мощности в цепи постоянного тока

1.1 Цель работы

Ознакомиться с измерениями токов, напряжений и сопротивлений с помощью мультиметра, с измерением мощности с помощью ваттметра, экспериментально убедиться в выполнении закона Ома и закона Джоуля-Ленца в электрической цепи постоянного тока.

1.2 Пояснения:

Для измерения силы тока через какой-либо элемент электрической цепи последовательно с этим элементом включают измеритель тока - амперметр.

Для измерения ЭДС и напряжения на каком-либо участке электрической цепи измеритель напряжения – вольтметр, включают параллельно этому участку.

Приборы для измерения тока и напряжения, амперметры и вольтметры, имеют одинаковые по устройству измерительные механизмы, но отличаются параметрами измерительных схем и различным способом включения в испытываемую цепь. Амперметр должен иметь малое сопротивление, чтобы не было влияния на ток цепи, и мощность потерь в приборе была минимальна. Сопротивление вольтметра должно быть большим, чтобы его включение не изменило режима работы цепи, и потери в приборе были минимальны.

Мощность в электрических цепях измеряют прямым и косвенным способами. При прямом измерении используют ваттметры, при косвенном - амперметры и вольтметры.

В цепях постоянного тока для измерения мощности ваттметр применяют относительно редко, в основном используют метод амперметра-вольтметра. Определив амперметром значение тока и вольтметром напряжение, вычисляют мощность по формуле $P=UI$.

При измерении мощности с помощью ваттметра токовую обмотку ваттметра включают в цепь последовательно с приемником, а обмотку напряжения - параллельно приемнику.

Электрические сопротивления электротехнических устройств (катушек, резисторов и т.д.) постоянному току условно можно разделить на малые (до 1 Ом), средние (от 1 до 10^5 Ом) и большие (свыше 10^5 Ом).

Для измерения малых и средних сопротивлений применяют метод амперметра – вольтметра, омметры, одинарные четырехплечие мосты, компенсационный метод. Для измерения больших сопротивлений применяют мегаомметры.

Метод амперметра – вольтметра является наиболее простым косвенным методом измерения малых и средних сопротивлений. Амперметр включают в цепь последовательно с потребителем, сопротивление которого надо определить, вольтметр – параллельно потребителю. Сопротивление будет равно частному от деления показаний вольтметра на показания амперметра $R= U_V/I_A$

1.3 Порядок выполнения эксперимента

1. Включите блок мультиметров, установите на одном из них переключатель в положение измерения сопротивлений (Ω), подключите к мультиметру с помощью соединительных проводов заданное в соответствии с вариантом (см. табл.1.1) сопротивление из набора миниблоков, выберите ближайший превышающий измеряемое сопротивление предел измерения и запишите показание мультиметра $R_{изм}$ и номинальное сопротивление, указанное на этикетке миниблока

$$R_{изм} = \dots\dots\dots\text{Ом}; R_{ном} = \dots\dots\dots\text{Ом}.$$

2. Соберите цепь в соответствии с принципиальной схемой (рис.1.1) и монтажной схемой (рис. 2), установив в наборную панель миниблок с заданным сопротивлением (табл.1.1). Запишите значение сопротивления в таблицу 1.2.

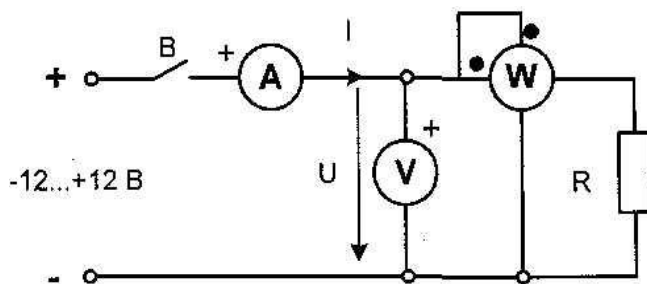


Рис.1.1 Принципиальная схема

3. Убедитесь, что при включении выключателя «В» в цепи появляется ток, а при выключении — исчезает.

4. Устанавливая регулятором напряжения указанные в табл. 1.1 значения, запишите в таблицу показания приборов.

Не забывайте следить за сигнальными светодиодами ваттметра. При включении светодиода $I >$ или $U >$ переводите соответствующий переключатель на больший предел. При включении светодиода $I <$ или $U <$ переключайте его на меньший предел.

Следите также за светодиодами, указывающими размерность измеряемой мощности: Вт или мВт.

5. Вычислите значения мощности $P = UI$ и сопротивления $R = U/I$ и запишите результаты в столбцы «Вычисленные значения» таблицы 2. Сравните результаты измерений и вычислений и сделайте выводы.

Таблица 1.1

№ варианта	1	2	3	4	5	6
Значение сопротивления, Ом	100	150	220	330	470	1000

Таблица 1.2

Измеренные значения				Вычисленные значения	
$R_{ном}$ Ом	U , В	I , мА	P , Вт	P , Вт	R , Ом
	-5				
	4				
	6				
	8				
	12				

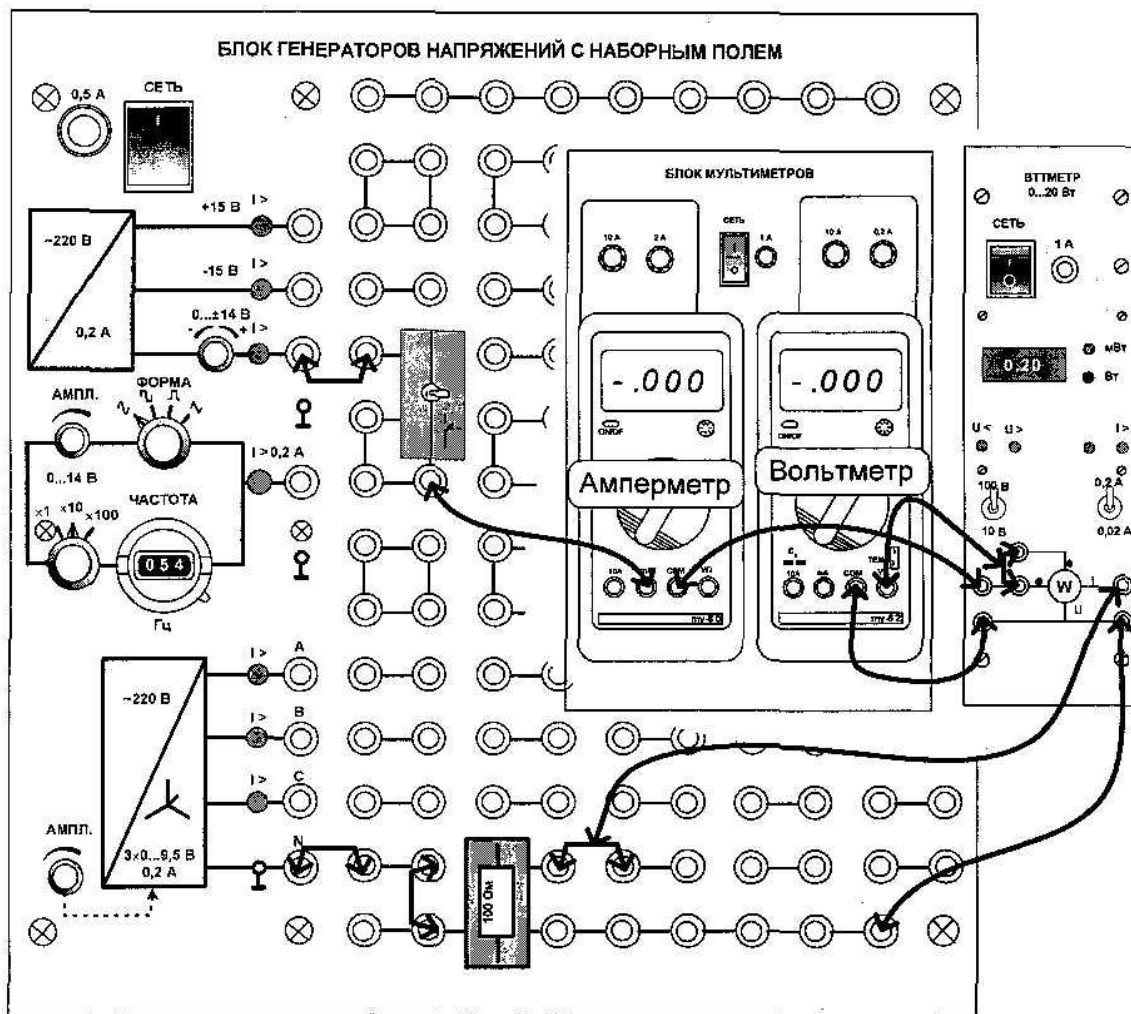


Рис.1.2 Монтажная схема

1.4 Содержание отчета:

1. Наименование работы.
2. Цель работы.
3. Электрическая схема.
4. Таблица с результатами измерений и вычислений
5. Расчеты
6. Вывод по результатам расчетов.

1.5 Контрольные вопросы:

- 1) В каких единицах измеряются сила тока, напряжение, мощность и сопротивление?
- 2) Какими приборами производятся прямые измерения этих величин?
- 3) На основании какого закона по показаниям амперметра и вольтметра определяют сопротивление электрической цепи?
- 4) Какими способами измеряют электрическое сопротивление?
- 5) Как производится косвенное измерение мощности?

2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Проверка закона Ома при последовательном соединении приемников

2.1 Цель работы

Измеряя токи и напряжения, убедиться, что ток одинаков в любой точке последовательной цепи и что сумма частичных напряжений равна напряжению, приложенному ко всей цепи. Сравнить результаты измерения с расчётом.

2.2 Пояснения к работе

Если резисторы или любые другие нагрузки соединены последовательно (рис. 3 1), по ним проходит один и тот же ток. Величина тока определяется приложенным напряжением U и эквивалентным сопротивлением $R_{э\kappa\text{в}}$.

$$I = U / R_{э\kappa\text{в}},$$

где $R_{э\kappa\text{в}} = R_1 + R_2 + R_3$.

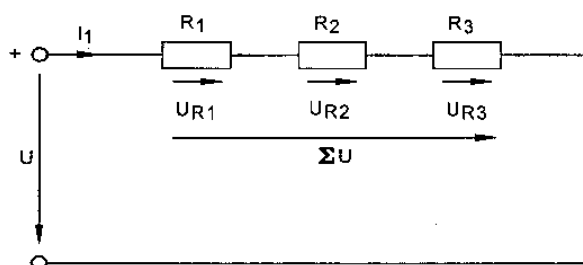


Рис. 2.1

На каждый отдельный резистор при этом приходится некоторое частичное напряжение.

$$U_1 = I R_1 \quad U_2 = I R_2 \quad U_3 = I R_3$$

Сумма частичных напряжений в соответствии со вторым законом Кирхгофа равна полному приложенному напряжению:

$$I R_1 + I R_2 + I R_3 = U$$

2.3 Порядок выполнения эксперимента

1. Соберите цепь согласно монтажной схеме (рис. 2.2). Последовательно с резисторами 47, 100 и 220 Ом включите специальные миниблоки для подключения амперметра.
2. С помощью двухжильного кабеля со штекером поочередно подключайте к этим миниблокам мультиметр в режиме измерения тока и измеряйте ток вдоль всей последовательной цепи. Убедитесь, что ток имеет одно и то же значение и запишите его в таблицу 1.
3. Затем измерьте напряжения на каждом резисторе, а также полное напряжение на входе цепи. Все измеренные величины занесите в таблицу 2.1.
4. Рассчитайте эквивалентное сопротивление цепи, ток и падение напряжения на каждом резисторе. Результаты занесите в таблицу 2.1 и сравните с измеренными значениями.
5. Проверьте выполнение второго закона Кирхгофа по экспериментальным и по расчётным значениям напряжений:

$$U_1 + U_2 + U_3 = U$$

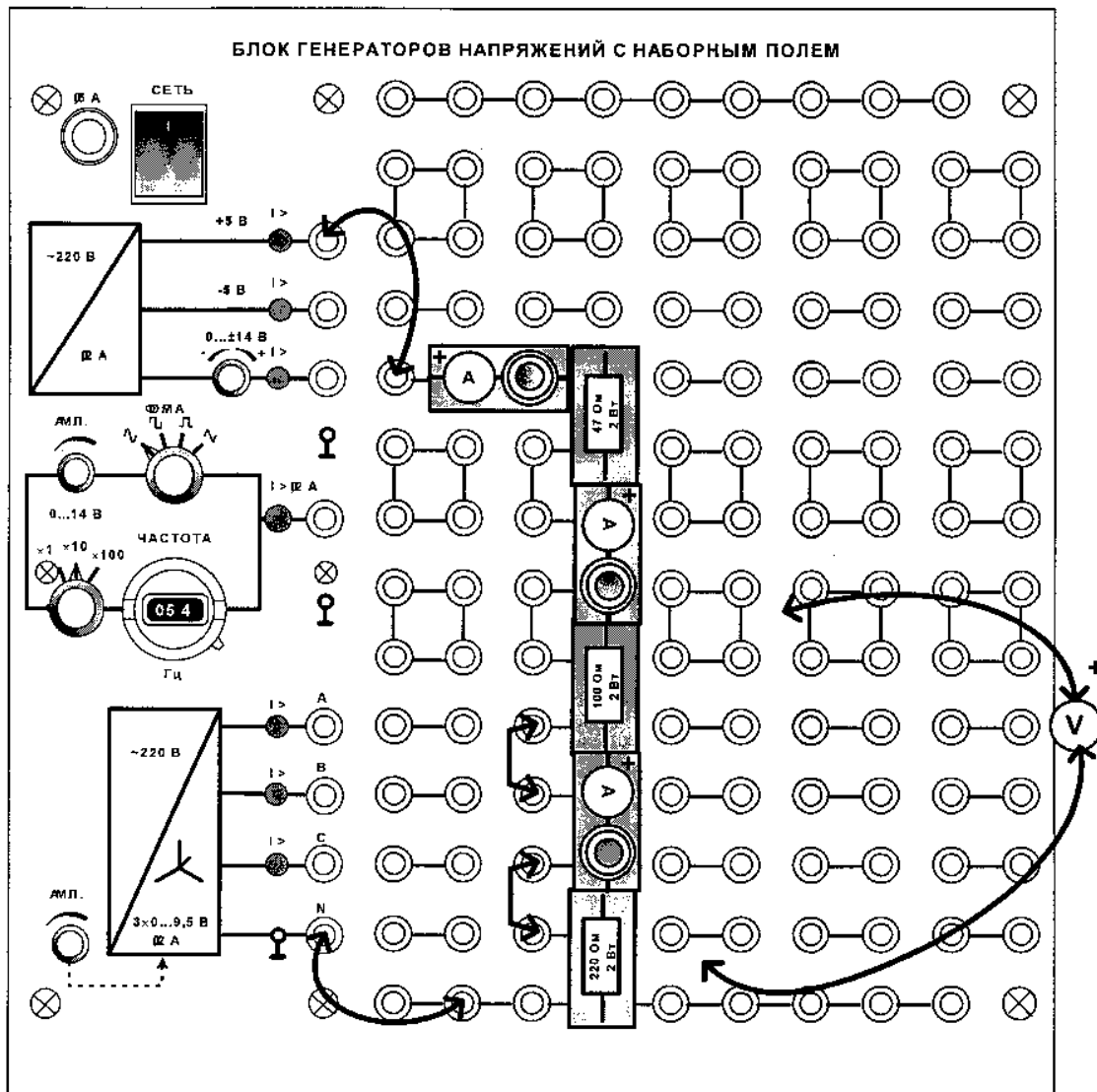


Рис. 2.2 Монтажная схема

Таблица 2.1

	Ток (I), мА	Падения напряжения на резисторах, В			Напряжение на входе цепи, В
		47 Ом (U_1)	100 Ом (U_2)	220 Ом (U_3)	$R_{\text{экв}} = \dots$ Ом (U)
Измеренные значения					
Рассчитанные значения					

2.4 Содержание отчета

1. Наименование работы.
2. Цель работы.
3. Электрическая схема.
4. Таблица с результатами измерений и вычислений
5. Расчеты
6. Вывод по результатам расчетов.

2.5 Контрольные вопросы

1. Что называется электрическим током?
2. Как читается и записывается закон Ома для участка цепи и для полной цепи?
3. Что называется электрическим сопротивлением?
4. Какими свойствами характеризуется последовательное соединение резисторов? Запишите формулы соотношений.

3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

«Проверка 1-го закона Кирхгофа при параллельном соединении резисторов»

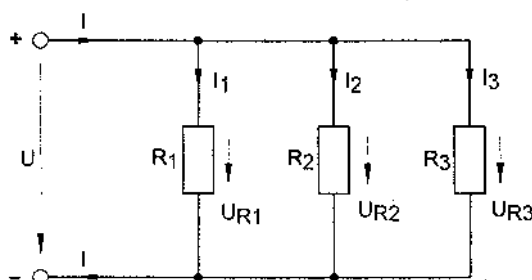
3.1 Цель работы

Измеряя напряжения и токи, убедиться, что напряжение, прикладываемое к каждому резистору, одинаково и что сумма токов ветвей равна полному току цепи. Проверить результаты измерения расчётом.

3.2 Пояснения к работе

Если резисторы или любые другие нагрузки соединены параллельно (рис.4.1), все они находятся под одинаковым напряжением:

$$U_1 = U_2 = U_3 = U$$



В каждой ветви цепи протекает свой ток. Сумма токов всех ветвей в соответствии с первым законом Кирхгофа равна полному току:

$$I_1 + I_2 + I_3 = I$$

Величина тока ветви зависит от приложенного напряжения и сопротивления данной ветви (закон Ома).

Ток в неразветвленной части цепи зависит от приложенного напряжения и эквивалентного сопротивления цепи.

для вычисления эквивалентного сопротивления и проводимости цепи служат формулы:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$g = g_1 + g_2 + g_3$$

3.3 Порядок выполнения эксперимента

1. Соберите цепь согласно монтажной схеме (рис. 3.2), вставив последовательно с каждым из резисторов (680, 220 и 470 Ом) специальные миниблоки для подключения амперметра.
2. Измерьте напряжение на каждом резисторе, а также напряжение на источнике. Убедитесь, что все они одинаковы и запишите значение напряжения в табл. 3.1
3. С помощью мультиметра, специального кабеля со штекером и миниблоков для подключения амперметра измерьте токи в каждом резисторе и на входе цепи. Результаты запишите в табл.3.1
4. Рассчитайте эквивалентное сопротивление цепи, ток в каждом резисторе и на входе цепи. Результаты занесите в табл. 3.1 и сравните с измеренными значениями.
5. Проверьте как по экспериментальным, так и по расчётным данным, выполняется ли первый закон Кирхгофа.

	Напряжение (U), В	Токи в ветвях, мА			Ток на входе цепи, мА
		680 Ом (I_1)	220 Ом (I_2)	470 Ом (I_3)	$R_{экв} = \dots$ Ом (I)
Измеренные значения					
Расчитанные значения					

3.4 Содержание отчета:

1. Наименование работы.
2. Цель работы.
3. Электрическая схема.
4. Таблица с результатами измерений и вычислений
5. Расчеты
6. Вывод по результатам расчетов.

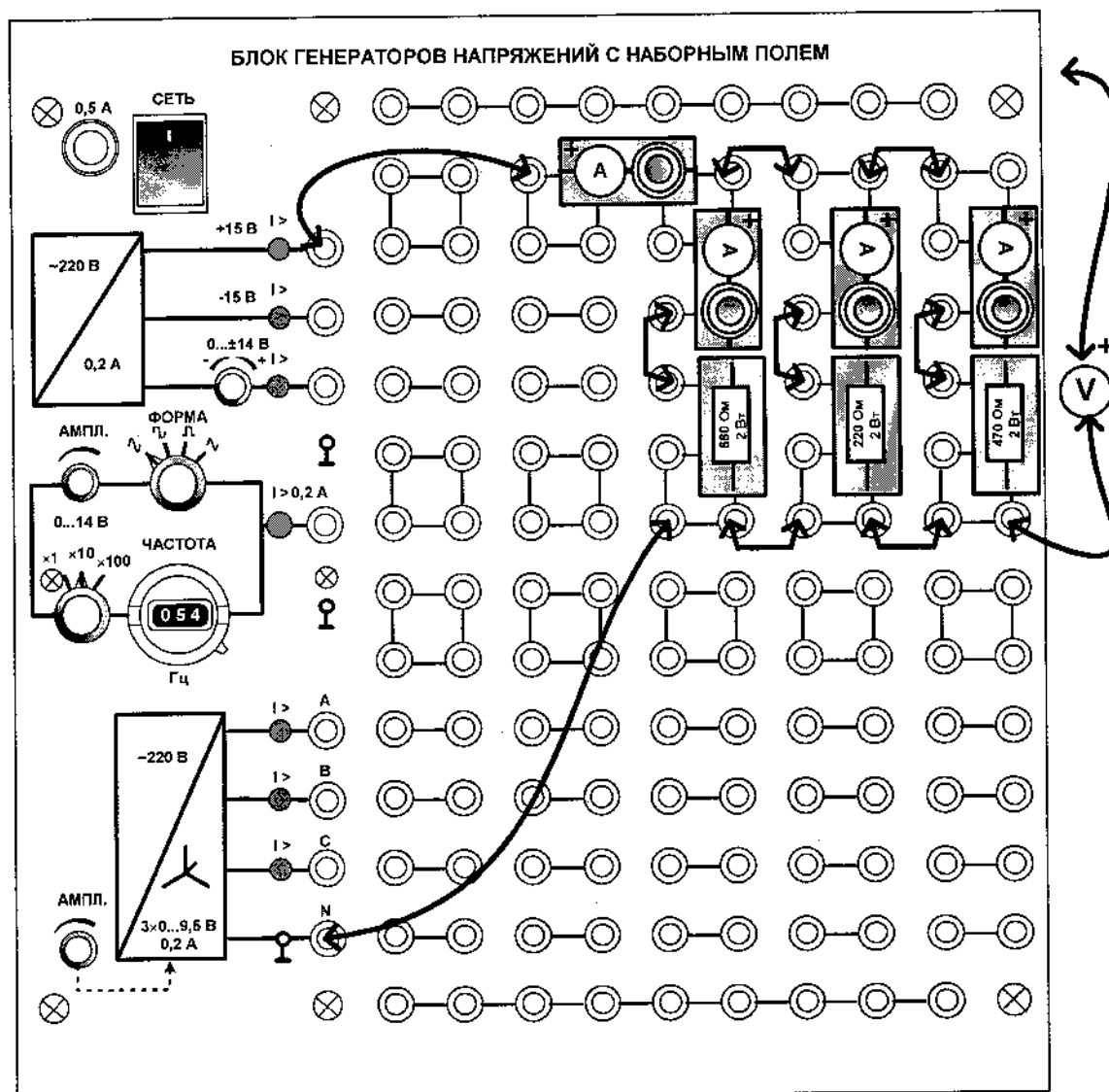


Рис. 3 2 Монтажная схема

3.5 Контрольные вопросы:

1. Что называется электрическим током?
2. Как читается и записывается закон Ома для участка цепи и для полной цепи?

3. Что называется электрическим сопротивлением?
4. Какими свойствами характеризуется параллельное соединение резисторов? Запишите формулы соотношений.

5. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4 «Расчет сопротивления проводников и выбор сечений проводов»

4.1 Цель работы

Научиться производить расчет сопротивления проводника по его параметрам; производить выбор сечений проводов по току

4.2 Пояснения к работе

Электрическое сопротивление R – это параметр элементов электрической цепи, который характеризует способность элемента поглощать электрическую энергию и преобразовывать ее в другие виды энергии.

За единицу сопротивления принят ом (Ом).

$$1 \text{ Ом} = 1\text{В}/1\text{А}.$$

Величина электрического сопротивления R зависит от геометрических размеров и свойств материала проводника

$$R = \rho \frac{l}{S},$$

где ρ - удельное сопротивление, Ом×м или Ом×мм²/м; l - длина, м; S - площадь поперечного сечения, м² или мм².

При прокладке силовых коммуникаций основной возникающий вопрос – выбор типа и сечения провода, который нужно использовать. При этом тип провода, определяющий материал и количество изоляционных оболочек (различные виды пластика и других материалов), а также материал (медь или алюминий) и тип (одно- и многожильный) проводника, выбирается исходя из условий, в которых будет проложен провод. Сечение же провода определяется исходя из максимального тока, который будет протекать по проводу продолжительное время. Помочь в выборе сечения провода вам помогут таблицы 4.1 и 4.2.

Таблица 4.1

Сечение провода для передачи переменного тока в сетях 220/380 Вольт

Ток, А		6	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80
Мощность, кВт	220 В	1,2	2,2	2,9	3,5	4,4	5,5	7,0	8,8	11,0	13,9	17,6
	380 В	2,3	3,8	4,9	6,0	7,6	9,5	12,2	15,2	19,0	23,9	30,4
Сечение, мм ²	Cu	0,5	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0	4,0	4,0	6,0	10,0	10,0
	Al	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	4,0	4,0	6,0	10,0	16,0	25,0

Таблица 4.2

Сечение медного провода для передачи постоянного тока при напряжении 12 Вольт

Ток, А	16,5	21,5	25,0	32,0	43,5	58,5	77,0	103,0	142,5
Мощность, кВт	0,20	0,26	0,30	0,38	0,52	0,70	0,92	1,24	1,71
Сечение, мм ²	0,5	0,75	1,0	1,5	2,5	4,0	6,0	10,0	16,0

4.3 Порядок выполнения работы

1. Проведите анализ формулы для расчета сопротивления [3], № 1.1 стр. 8
2. Выполните расчет по формуле сопротивления. Номер варианта соответствует последней цифре номера в списке группы по журналу. Удельное сопротивление определить по таблице Приложение 3, стр. 327 [3]

Таблица 4.3

Вариант	Данные для расчета
1.	Определите сопротивление алюминиевого провода, длина которого 1800 м и площадь поперечного сечения 10 мм ² .
2.	Площадь сечения медной проволоки равна 2мм ² , а длина 55м. Определить ее сопротивление.
3.	Никелиновая проволока имеет сопротивление 200 Ом и длину 100 м. Определить площадь поперечного сечения.
4.	Сколько метров медного провода сечением 2 мм ² необходимо, чтобы сопротивление было равно 1 Ом?
5.	Электрическая плитка имеет нагревательный элемент, изготовленный из константановой проволоки длиной 0,5м и сечением 0,2мм ² . Каково сопротивление спирали?
6.	Нужно изготовить реостат с сопротивлением 50 Ом. Имеется манганиновая проволока сечением 0,2 мм ² . Сколько метров проволоки потребуется?
7.	Каково сопротивление алюминиевого провода сечением 2,5мм ² и длиной 300м?
8.	Сопротивление нагревательной спирали 24Ом. Какой длины должен быть провод из нихрома, если сечение его 0,3мм ² ?
9.	Провод сечением 4мм ² и длиной 200м имеет сопротивление 6,5 Ом. Определить материал провода.
10.	Нужно изготовить реостат с сопротивлением 20 Ом из манганинового провода. Определить сечение провода, если его длина 5м.

3. Определить сечение провода по таблицам, исходя из данных, приведенных в таблице 4.4.

Таблица 4.4

№ варианта	Род тока	Напряжение, В	Материал провода	Мощность приемников, кВт
1	постоянный	12	медь	0,20
2	переменный	220	медь	1,2
3	переменный	220	алюминий	2,2
4	переменный	380	медь	2,3
5	переменный	380	алюминий	3,8
6	постоянный	12	медь	0,30
7	переменный	220	медь	2,9
8	переменный	220	алюминий	3,5
9	переменный	380	медь	4,9
10	переменный	380	алюминий	6,0
11	постоянный	12	медь	0,52

12	переменный	220	медь	4,4
13	переменный	220	алюминий	5,5
14	переменный	380	медь	7,6
15	переменный	380	алюминий	9,5
16	постоянный	12	медь	0,70
17	переменный	220	медь	7,0
18	переменный	220	алюминий	8,8
19	переменный	380	медь	12,2
20	переменный	380	алюминий	15,2
21	постоянный	12	медь	0,92
22	переменный	220	медь	11,0
23	переменный	220	алюминий	13,9
24	переменный	380	медь	19,0
25	переменный	380	алюминий	23,9
26	постоянный	12	медь	1,24
27	переменный	220	медь	17,6
28	переменный	220	алюминий	1,2
29	переменный	380	медь	30,4
30	переменный	380	алюминий	7,6

4.4 Содержание отчета:

1. Наименование работы.
2. Цель работы.
3. Формула сопротивления и анализ формулы
4. Расчеты по формуле сопротивления
5. Таблица с результатами определения сечения провода

Таблица 4.5

№ варианта	Род тока	Напряжение, В	Материал провода	Мощность приемников, кВт	Ток, А	Сечение провода, мм ²

6. Вывод.

4.5 Контрольные вопросы:

1. Как обозначается и в каких единицах измеряется электрическое сопротивление?
2. От каких величин зависит электрическое сопротивление?
3. По каким параметрам определяют сечение провода на практике,

5. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5

«Расчет простой цепи постоянного тока при последовательном и параллельном соединении элементов»

5.1 Цель работы

Научиться производить расчет простой цепи на основе соотношений для последовательного, параллельного и смешанного соединения резисторов.

5.2 Пояснения к работе

Простой цепью называют электрическую цепь, которая сводится к цепи с одним источником электрической энергии и эквивалентным резистором. Расчет простой цепи при заданном напряжении на зажимах и известных сопротивлениях участков заключается в нахождении токов и напряжений на всех участках цепи. При этом используется метод эквивалентных преобразований последовательного, параллельного и смешанного соединений элементов.

Соединение, при котором один и тот же ток проходит через все приемники электроэнергии, называется последовательным (рис. 1.6.). Эквивалентное сопротивление последовательной цепи равно сумме сопротивлений отдельных приемников

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_N$$

Сила тока во всех приемниках, включенных последовательно, одинакова:

$$I = I_1 = I_2 = I_3 = \dots$$

Падение напряжения на каждом участке электрической цепи постоянного тока согласно закону Ома пропорционально его сопротивлению

$$U_1 = I R_1; U_2 = I R_2; U_3 = I R_3$$

Общее напряжение, подключенное к последовательной цепи, равно сумме падений напряжения на отдельных приемниках

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_N.$$

Примером последовательного соединения может служить цепь, состоящая из проводов и

приемника энергии.

Соединение, при котором все участки цепи присоединяются к одной паре узлов, т.е. находятся под действием одного и того же напряжения, называют параллельным.

$$U = U_1 = U_2 = U_3 = \dots$$

Сила тока в неразветвленной части цепи равна сумме сил токов, текущих в разветвленных участках цепи

$$I = I_1 + I_2 + I_3.$$

Эквивалентная или общая проводимость параллельной цепи (разветвления) равна сумме проводимостей всех параллельных ветвей

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}.$$

$$g = g_1 + g_2 + g_3$$

Смешанным соединением называется последовательно-параллельное соединение сопротивлений или участков цепи.

Закон Ома – один из основных законов электротехники, широко применяемый для расчета цепей.

Закон Ома для участка цепи: сила тока I на участке цепи прямо пропорциональна напряжению U , приложенному к этому участку, и обратно пропорциональна сопротивлению R этого участка

$$I = \frac{U}{R}.$$

Закон Ома для полной цепи имеет выражение

$$I = \frac{E}{R + r},$$

где I - сила тока, А; E - ЭДС источника, В; R - сопротивление внешнего участка цепи, Ом; r - внутреннее сопротивление источника питания, Ом.

4.3 Задание для расчета

4.3.1 Выполните расчет простой цепи по закону Ома. Номер варианта соответствует последней цифре номера в списке группы по журналу.

Вариант 1

1. Лампочка карманного фонаря подключена к сухой батарее с напряжением 2,5В. Какой ток течет через лампочку, если ее сопротивление 8,3Ом.
2. ЭДС элемента Вольта 1В, его внутреннее сопротивление 0,5Ом. Какой ток потечет через лампочку с сопротивлением 5Ом, подключенную к элементу?

Вариант 2

1. К батарее с напряжением 4,5В подключена лампочка, спираль которой имеет сопротивление 15Ом. Какой ток течет через лампочку?
2. Внутреннее сопротивление аккумуляторной батареи 0,05Ом ЭДС 24В. Каково сопротивление нагрузки, если ток в цепи 10А?

Вариант 3

1. Через спираль кипятильника протекает ток 0,5А при напряжении 220В. Каково сопротивление спирали?
2. Кислотный аккумулятор с ЭДС 2,5В и внутренним сопротивлением 0,2Ом замкнут на нагрузку с сопротивлением 2,6Ом. Определить ток в цепи.

Вариант 4

1. Спираль электрической плитки имеет сопротивление 97Ом и подключена к сети с напряжением 220В. Какой ток проходит через спираль?
2. ЭДС элемента Вольта 1В, его внутреннее сопротивление 0,5Ом. Какой ток потечет через лампочку с сопротивлением 5Ом, подключенную к элементу?

Вариант 5

1. Через спираль кипятильника протекает ток 0,5А при напряжении 220В. Каково сопротивление спирали?
2. Внутреннее сопротивление аккумуляторной батареи 0,05Ом, ЭДС 24В. Каково сопротивление нагрузки, если ток в цепи 10А?

Вариант 6

1. Какой ток протекает через электрическую плитку с сопротивлением 60Ом при включении ее в сеть с напряжением 127В.
2. Аккумулятор с внутренним сопротивлением 0,4Ом работает на лампочку с сопротивлением 12,5Ом; при этом ток в цепи равен 0,26А. Определить ЭДС аккумулятора.

Вариант 7

1. Какое падение напряжения получается на нити лампы с сопротивлением 15Ом при прохождении тока 0,3А.

2. Генератор постоянного тока с внутренним сопротивлением $0,5\text{Ом}$ и ЭДС 130В создает в цепи ток 24А . Определить сопротивление электроприемника.

Вариант 8

1. Нагревательный элемент включен в сеть напряжением 220В через амперметр, который показывает ток $2,47\text{А}$. Какое сопротивление имеет нагревательный элемент?

2. ЭДС элемента Вольта 1В , его внутреннее сопротивление $0,5\text{Ом}$. Какой ток потечет через лампочку с сопротивлением 5Ом , подключенную к элементу?

Вариант 9

1. Какое сопротивление имеет лампочка от мотоцикла, если при напряжении 6В она потребляет ток $3,5\text{А}$?

2. Внутреннее сопротивление аккумуляторной батареи $0,05\text{Ом}$ ЭДС 24В . Каково сопротивление нагрузки, если ток в цепи 10А ?

Вариант 10

1. Лампочка имеет сопротивление нити накала в нагретом состоянии 200Ом . Напряжение равно 36В . Определить ток, протекающий по нити.

2. Кислотный аккумулятор с ЭДС $2,5\text{В}$ и внутренним сопротивлением $0,2\text{Ом}$ замкнут на нагрузку с сопротивлением $2,6\text{Ом}$. Определить ток в цепи.

4.3.2 Задачи на последовательное соединение резисторов

Определить эквивалентное сопротивление цепи, силу тока и падение напряжения на каждом резисторе.

Известные величины	Номер задачи									
	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	5.10
$U, \text{В}$	120	125	150	160	180	200	225	240	270	220
$R_1, \text{Ом}$	16	120	110	140	120	25	28	100	40	25
$R_2, \text{Ом}$	20	60	100	60	180	35	20	140	20	35
$R_3, \text{Ом}$	16	120	15	50	60	40	24	60	30	40

4.3.3 Задачи на параллельное соединение резисторов

	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	6.10
$U, \text{В}$	90	130	156	180	210	234	240	260	360	260
$R_1, \text{Ом}$	36	100	30	24	300	24	60	40	40	20
$R_2, \text{Ом}$	18	25	45	12	60	36	40	60	120	30

Определить эквивалентное сопротивление, общий ток и токи в отдельных ветвях.

4.4 Содержание отчета

1. Наименование работы.
2. Цель работы.
3. Расчеты по п.4.3.1
4. Расчеты по п.4.3.2 и схема соединения
5. Расчеты по п.4.3.3 и схема соединения
6. Вывод.

4.5 Контрольные вопросы:

1. Что называется электрическим током?
2. Что называется мощностью электрического тока, в каких единицах она измеряется?
3. Как читается и записывается закон Ома для участка цепи и для полной цепи?
4. Какими свойствами характеризуется последовательное соединение резисторов?
5. Какими свойствами характеризуется параллельное соединение резисторов?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6

Расчет простой цепи постоянного тока при смешанном соединении элементов

6.1 Цель работы:

Расчитать токи, напряжения и мощность в цепи при смешанном соединении резисторов. Проверить выполнение первого и второго законов Кирхгофа и баланса мощностей.

6.2 Пояснения к работе

На рис. показан пример цепи со смешанным (т.е. последовательно-параллельным) соединением резисторов. Цепь состоит из последовательно (R_1 и R_2) и параллельно (R_3 и R_4) соединенных резисторов.

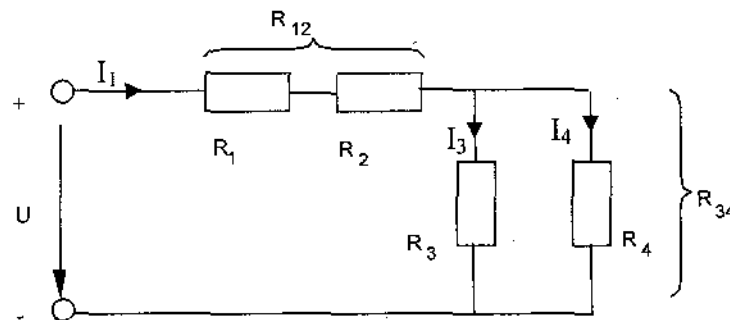


Рис. 6.1

Участки цепи с последовательным и параллельным соединением резисторов относительно друг друга соединены последовательно. Чтобы вычислить полное сопротивление цепи сначала определяют эквивалентное сопротивление параллельного участка:

$$R_{34} = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4}$$

Затем определяют эквивалентное сопротивление всей цепи, состоящей теперь из трёх последовательно соединённых сопротивлений:

$$R_3 = R_1 + R_2 + R_3$$

Для расчёта токов в этой цепи необходимо сначала определить по закону Ома ток в эквивалентном сопротивлении, он же в сопротивлениях R_1 и R_2 :

$$I_1 = \frac{U}{R_3}$$

После этого, опять же по закону Ома, определяются напряжение на участке с параллельным соединением и токи в параллельных ветвях:

$$U_1 = I_1 R_1 \quad U_2 = I_2 R_2 \quad U_{34} = I_1 R_{34}$$
$$I_3 = \frac{U_{34}}{R_3} \quad I_4 = \frac{U_{34}}{R_4}$$

Мощность, потребляемая на участке цепи, определяется по формулам:

$$P=U I;$$

$$P=I^2 R;$$

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

Баланс мощности:

Мощность, потребляемая цепью, равна сумме мощностей, потребляемых каждым из резисторов (участков):

$$P=P_1+P_2+P_3+\dots$$

6.3 Задание для расчета

В соответствии с заданием для четырех резисторов, входящих в схему цепи для вашего варианта (Табл.6.1), определить эквивалентное сопротивление цепи, ток I и мощность P , потребляемые цепью, а также токи, напряжение и мощности на каждом из резисторов. Произвести проверку по балансу мощностей и сделать вывод

Таблица 6.1

№ Варианта	U,В	R ₁ ,Ом	R ₂ ,Ом	R ₃ ,Ом	R ₄ ,Ом
1	15	100	22	33	47
2	14	22	330	47	10
3	12	33	100	22	47
4	11	470	33	10	22
5	10	47	150	33	22
6	9	220	33	47	100
7	8	33	47	100	220
8	15	47	100	33	22
9	14	100	33	47	22
10	12	100	22	47	33
11	11	100	150	33	47
12	10	33	150	47	22
13	9	22	100	150	33
14	8	220	150	22	47
15	15	150	220	47	33
16	14	22	33	100	150
17	12	33	100	150	220
18	11	220	47	33	22
19	10	10	22	100	150
20	9	220	10	47	33
21	8	47	100	150	220
22	15	100	150	33	47
23	14	220	150	22	47
24	13	33	47	100	220
25	12	150	47	470	330
26	11	33	200	150	100
27	10	100	470	330	22
28	9	470	100	220	150
29	8	330	22	47	100
30	15	10	47	330	220

6.4 Содержание отчета

1. Наименование работы.
2. Цель работы.
3. Схема соединения
4. Задание
5. Расчеты токов и напряжений
6. Расчеты мощности и проверка баланса мощности
7. Вывод.

6.5 Контрольные вопросы

1. Что называется электрическим током?
2. Что называется мощностью электрического тока, в каких единицах она измеряется?
3. Как читается и записывается закон Ома для участка цепи и для полной цепи?
4. Что называется электрическим сопротивлением?
5. Какими свойствами характеризуется последовательное соединение резисторов?
6. Какими свойствами характеризуется параллельное соединение резисторов?

7. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7

Исследование цепи переменного тока при последовательном соединении активного, индуктивного и емкостного сопротивлений и наблюдение резонанса напряжений

7.1 Цель работы

Определить экспериментально параметры цепи с последовательным соединением R , L и C для трёх случаев $X_L > X_C$, $X_L = X_C$ и $X_L < X_C$. Построить векторные диаграммы. Сделать расчёт цепи при резонансе и сравнить результаты расчёта с экспериментальными данными.

7.2 Пояснения к работе

В цепи переменного тока кроме активных сопротивлений используются также катушки индуктивности и конденсаторы. В связи с особенностями однофазных электрических цепей синусоидального тока рассмотрим основные соотношения между электрическими величинами для наиболее характерных цепей, например для цепи с последовательным соединением активного, индуктивного и емкостного сопротивлений (рис. 1).

Напряжения на активном, индуктивном и емкостном сопротивлениях могут быть определены по формулам:

$$U_R = I \cdot R, \quad U_L = I \cdot x_L, \quad U_C = I \cdot x_C.$$

При этом следует иметь в виду, что U_R - совпадает по фазе с током, U_L - опережает по фазе ток на 90° , U_C - отстает от тока на 90° .

Результирующее напряжение U представляет геометрическую сумму напряжений U_R , U_L , U_C . На рис. 2.1 представлена векторная диаграмма этих напряжений.

Результирующее напряжение U можно найти не только графически (в этом случае диаграмма должна быть построена в масштабе), но и математически, на основании теоремы Пифагора:

$$U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}.$$

Если каждое из напряжений на векторной диаграмме разделить на ток I , то получится фигура, подобная векторной диаграмме, которая будет называться треугольником сопротивлений (рис.2.1), т.к.

$$R = \frac{U_R}{I}, \quad x_L = \frac{U_L}{I}, \quad x_C = \frac{U_C}{I}.$$

Из треугольника сопротивлений следует, что

$$z = \sqrt{R^2 + (x_L - x_C)^2}.$$

Если каждое из напряжений на векторной диаграмме умножить на ток I , то получится фигура, подобная векторной диаграмме, которая будет называться треугольником мощностей, так как

$$P = U_R \cdot I, \quad Q_L = U_L \cdot I, \quad Q_C = U_C \cdot I, \quad S = U \cdot I,$$

где P – активная мощность, Вт; Q – реактивная мощность, вар; S – полная мощность, В

А.

Из треугольника мощностей следует, что

$$S = \sqrt{P^2 + (Q_L - Q_C)^2}.$$

$\cos \varphi = \frac{P}{S}$ - называется коэффициентом мощности.

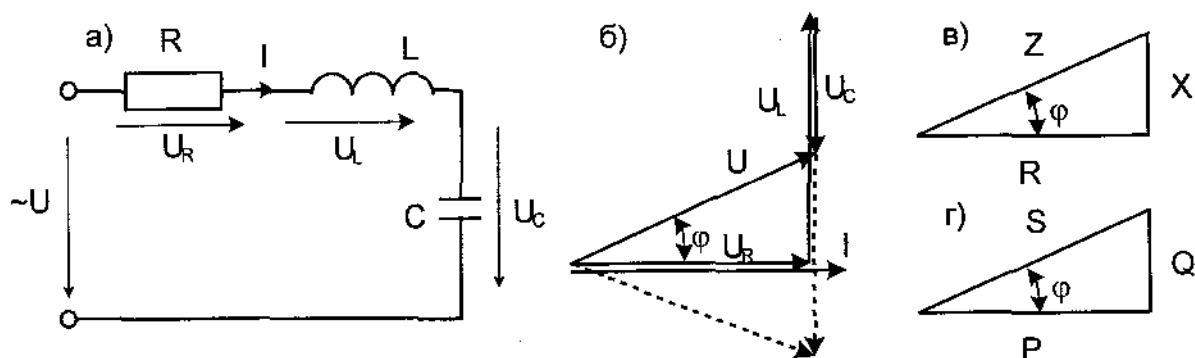


Рис 7.1

а) схема последовательного соединения R, L и C ; б) векторная диаграмма токов и напряжений; в) треугольник сопротивлений; г) треугольник мощностей

7.3 Порядок выполнения эксперимента:

1. Измерьте омметром и запишите активное сопротивление катушки индуктивности 900 витков. $R_k = \dots\dots\dots$ Ом.
2. Снимите с трансформатора катушку 900 витков, вставьте в неё **только одну** половинку разъёмного сердечника и соберите цепь, принципиальная схема которой показана на рис. 5.2, а монтажная — на рис. 5.3.

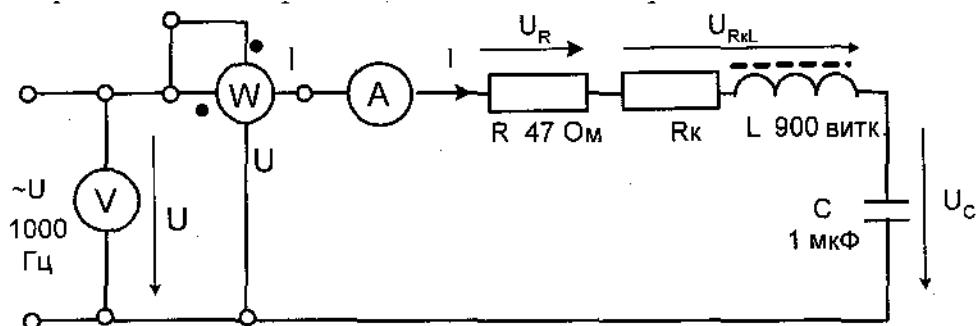


Рис.7.2 Принципиальная схема

3. Установите переключатель сигналов генератора напряжений в положение «~», регулятор частоты — в положение 1000 Гц и регулятор напряжения в крайнее правое положение (максимальная амплитуда).
4. Включите генератор и, регулируя частоту, добейтесь резонанса по максимуму тока.
5. Измерьте мощность, ток и напряжения на входе цепи, на резисторе, на катушке с активным внутренним сопротивлением и на конденсаторе. Запишите эти показания приборов в верхнюю строку табл. 5.1.
6. Включите параллельно конденсатору 1 мкФ конденсатор 0,47 мкФ и запишите показания приборов в строку $X_L > X_C$.
7. Оставьте в цепи один конденсатор 0,47 мкФ и запишите показания приборов в строку $X_L < X_C$.
8. По опытным данным рассчитайте напряжения на активном и индуктивном сопротивлениях катушки и занесите результаты также в табл. 7.1.

Таблица 7.1

f =Гц	Измерения						Вычисления	
	P, мВт	I, мА	U, В	U _R , В	U _{RkL} , В	U _C , В	U _{Rk} =R _k I, В	U _L = √(U _{RkL} ² - U _{Rk} ²), В
C = 1 мкФ (X _L =X _C)								
C = 1,47 мкФ (X _L >X _C)								
C = 0,47 мкФ (X _L <X _C)								

7.4 Содержание отчета

1. Наименование работы.
2. Цель работы.
3. Электрическая схема.
4. Таблица с результатами измерений и вычислений
5. Расчеты
6. Вывод по результатам расчетов.

7.5 Контрольные вопросы

1. Какие сопротивления в цепи переменного тока Вам известны?
2. От чего зависит индуктивное сопротивление?
3. От каких величин зависит емкостное сопротивление?
4. Что такое полное сопротивление неразветвленной цепи переменного тока?

5. При каких условиях в цепи возникает резонанс напряжений?

8. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6 Исследование трёхфазной цепи при соединении нагрузки в звезду

8.1 Цель работы

В трехфазной цепи при соединении нагрузки в звезду измерить действующие значения токов и напряжений, мощность для следующих случаев:

- Симметричная активная нагрузка с нейтральным проводом и без него.
- Несимметричная активная нагрузка с нейтральным проводом и без него.

8.2 Пояснения к работе

Если нагрузки (приемники) соединены в трехфазную цепь по схеме «звезда» (рис. 6.1), то к сопротивлениям нагрузки приложены фазные напряжения. Линейные напряжения ($U_{л}$) в $\sqrt{3}$ раз больше фазных ($U_{ф}$), а линейные токи ($I_{л}$) равны фазным ($I_{ф}$).

Ток нейтрали (I_N) равен векторной сумме этих токов: $I_N = I_A + I_B + I_C$

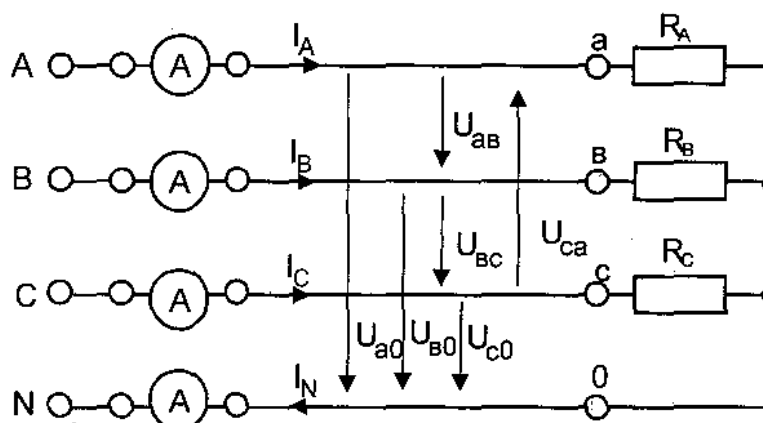


Рисунок 8.1.

При симметричных напряжениях и одинаковых сопротивлениях токи также симметричны и их векторная сумма (I_N) равна нулю. Если же сопротивления фаз нагрузки неодинаковы, то через нулевой провод протекает некоторый ток $I_N \neq 0$.

Мощность складывается из мощностей трёх фаз: $\Sigma P = P_A + P_B + P_C$.

Активная мощность в четырёхпроводной трёхфазной цепи измеряется с помощью трёх ваттметров (рис. 9-3а), а в трёхпроводной - с помощью двух ваттметров

8.3 Порядок выполнения эксперимента

1. Соберите цепь с симметричной активной нагрузкой ($R_A = R_B = R_C = 1 \text{ кОм}$) согласно принципиальной схеме (рис. 8.1) и монтажной схеме (рис. 8.2).
2. Измерьте напряжения и токи на нагрузке в схеме с нейтральным проводом и вычислите мощности. Результаты измерений и вычислений занесите в табл. 8.1
3. Подключая ваттметр сначала в фазу А, затем в фазу В и, наконец, в фазу С измерьте мощности трёх фаз и вычислите суммарную мощность. Результаты запишите в также в табл. 8.1 Проверьте

баланс мощностей, т.е. сравните суммарную измеренную мощность с суммой рассчитанных фазных мощностей.

4. Уберите из схемы нейтральный провод (перемычку между точками N и O) и снова измерьте токи и напряжения.

5. Подключая токовую цепь ваттметра сначала в фазу A, а цепь напряжения — на напряжение U_{AB} , затем токовую цепь в фазу C, а цепь напряжения — на напряжение U_{CB} , измерьте две мощности и вычислите суммарную мощность. Проверьте баланс мощностей.

6. Повторите измерения и вычисления для несимметричной нагрузки с нейтральным и без нейтрального провода ($R_A = 1 \text{ кОм}$, $R_B = 330 \text{ Ом}$, $R_C = 470 \text{ Ом}$).

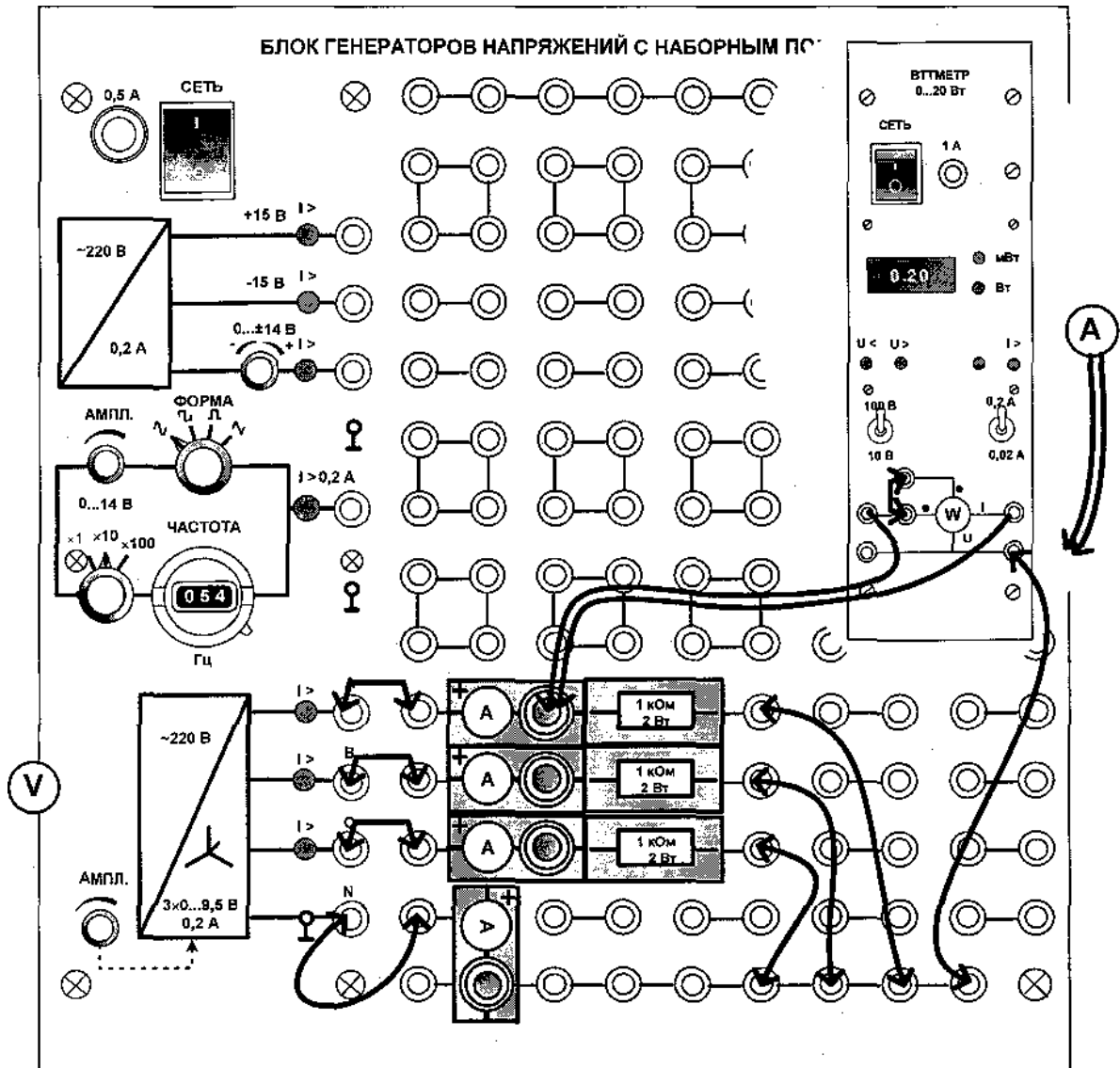


Рис. 8.2 Монтажная схема

8.4 Содержание отчета

1. Наименование работы.
2. Цель работы.
3. Электрическая схема.
4. Таблица с результатами измерений и вычислений
5. Расчеты
6. Вывод по результатам расчетов.

Схема «звезда»		Симметричная активная нагрузка		Несимметричная активная нагрузка	
		с нейтралью	без нейтрали	с нейтралью	без нейтрали
Фазные токи, ток нейтрали мА	I_A				
	I_B				
	I_C				
	I_N				
Линейные напряжения, В	U_{AB}				
	U_{BC}				
	U_{CA}				
Фазные напряжения, В	U_A				
	U_B				
	U_C				
Рассчитанные мощности, мВт	P_A				
	P_B				
	P_C				
	ΣP				
Измеренные мощности, мВт	P_1				
	P_2				
	P_3		-		-
	ΣP				

8.5 Контрольные вопросы

1. Что называется трехфазной системой переменного тока?
2. Начертите схему соединения обмоток генератора звездой.
3. Какие существуют соотношения между линейными и фазными напряжениями и токами при соединении в звезду?
4. Напишите формулы для определения активной, реактивной и полной мощностей трехфазного тока.

9. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9

Исследование трёхфазной цепи при соединении нагрузки в треугольник

9.1 Цель работы

В трехфазной цепи при соединении нагрузки в треугольник измерить действующие значения токов и напряжений, мощность для следующих случаев:

- Симметричная активная нагрузка.
- Несимметричная активная нагрузка.

9.2 Пояснения к работе

В схеме «треугольник» нагрузка каждой фазы включается на линейное напряжение, которое в данном случае равно фазному напряжению

$$U_{л} = U_{ф}$$

Линейные токи ($I_{л}$) в $\sqrt{3}$ раз больше фазных ($I_{ф}$)

$$I_{л} = \sqrt{3} I_{ф}$$

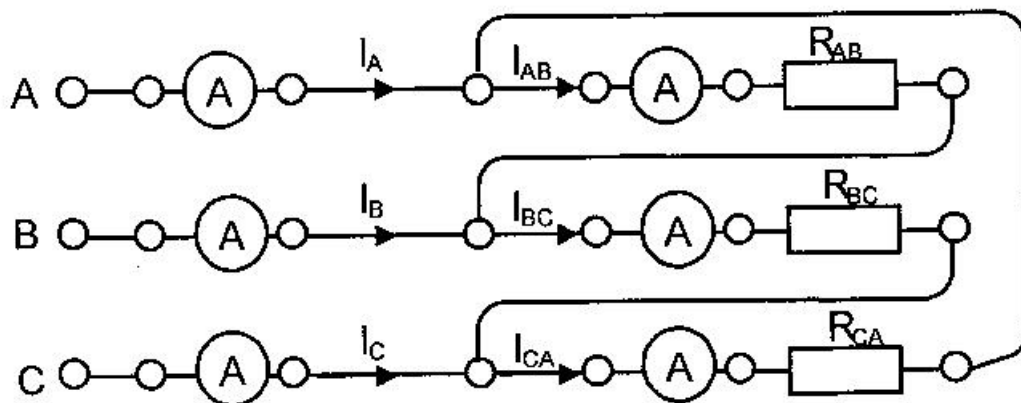


Рисунок 9.1.

Мощность складывается из мощностей трёх фаз: $\Sigma P = P_{AB} + P_{BC} + P_{CA}$.

Активная мощность в трёхфазной цепи при соединении нагрузки в треугольник измеряется с помощью двух ваттметров.

9.3 Порядок выполнения эксперимента

1. Соберите цепь с симметричной активной нагрузкой ($R_{AB} = R_{BC} = R_{CA} = 1 \text{ кОм}$) согласно принципиальной схеме (рис. 9.1) и монтажной схеме (рис. 9.2).
2. Измерьте напряжения и токи на нагрузке и вычислите мощности. Результаты измерений и вычислений занесите в табл. 9.1
3. Подключая токовую цепь ваттметра сначала в фазу А, а цепь напряжения — на напряжение U_{AB} , затем токовую цепь в фазу С, а цепь напряжения — на напряжение U_{CA} , измерьте две мощности и вычислите суммарную мощность. Проверьте баланс мощностей.
4. Повторите измерения и вычисления для несимметричной нагрузки с нейтральным и без нейтрального провода ($R_A = 1 \text{ кОм}$, $R_B = 330 \text{ Ом}$, $R_C = 470 \text{ Ом}$).

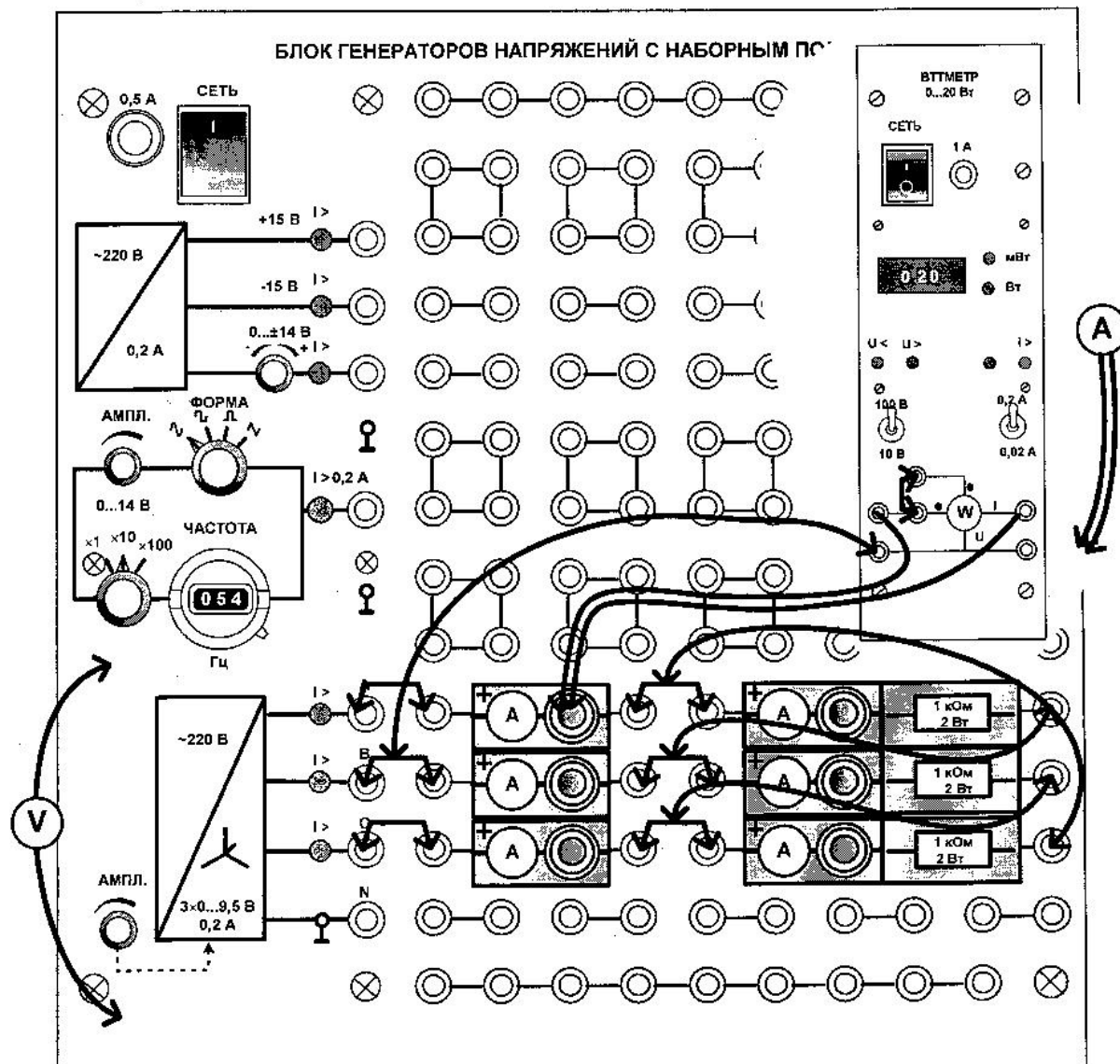


Рис. 9 2 Монтажная схема

9.4 Содержание отчета

1. Наименование работы.
2. Цель работы.
3. Электрическая схема.
4. Таблица с результатами измерений и вычислений
5. Расчеты
6. Вывод по результатам расчетов.

Соединение «треугольник»		Симметричная активная нагрузка	Несимметричная активная нагрузка	Несимметричная смешанная нагрузка
Фазные токи, мА	I_{AB}			
	I_{BC}			
	I_{CA}			
Линейные токи, мА	I_A			
	I_B			
	I_C			
Линейные напряжения, В	U_{AB}			
	U_{BC}			
	U_{CA}			
Рассчитанные мощности, мВт	P_{AB}			
	P_{BC}			
	P_{CA}			
	ΣP			
Измеренные мощности, мВт	P_1			
	P_2			
	ΣP			

9.5 Контрольные вопросы

1. Что называется трехфазной системой переменного тока?
2. Начертите схему соединения обмоток генератора треугольником.
3. Какие существуют соотношения между линейными и фазными напряжениями и токами при соединении в треугольник?
4. Напишите формулы для определения активной, реактивной и полной мощностей трехфазного тока.

10. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №10 Расчет сопротивления заземляющих устройств

10.1 Цель работы

Научиться производить расчет сопротивления заземляющих устройств.

10.2 Пояснения к работе

Защитным заземлением называется преднамеренное электрическое соединение с землей металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Назначение защитного заземления - снизить до безопасного значения напряжение относительно земли на металлических частях электрооборудования, оказавшегося под напряжением из-за нарушения изоляции, и предотвратить поражение людей электрическим током при прикосновении их к электрооборудованию.

Заземляющее устройство - устройство для электрического соединения с землёй электрических приборов, машин и аппаратов. Заземление состоит из зарытых в землю металлических электродов (заземлителей) и проводников, соединяющих их с заземляемыми частями установок. Заемлители представляют забитые вертикально в землю стальные трубы, рельсы или горизонтально уложенные стальные полосы и провода. В качестве заземлителя могут использоваться стальной трос или цепь.

Заземлению подлежат корпуса насосов, конвейеров, трансформаторов, выключателей и другого электрооборудования; приводы коммутационной аппаратуры; вторичные обмотки измерительных трансформаторов; каркасы распределительных щитов, корпуса трансформаторных подстанций; корпуса кабельных муфт, оболочки бронированных кабелей; опоры линий электропередачи, осветительные устройства и т.д.

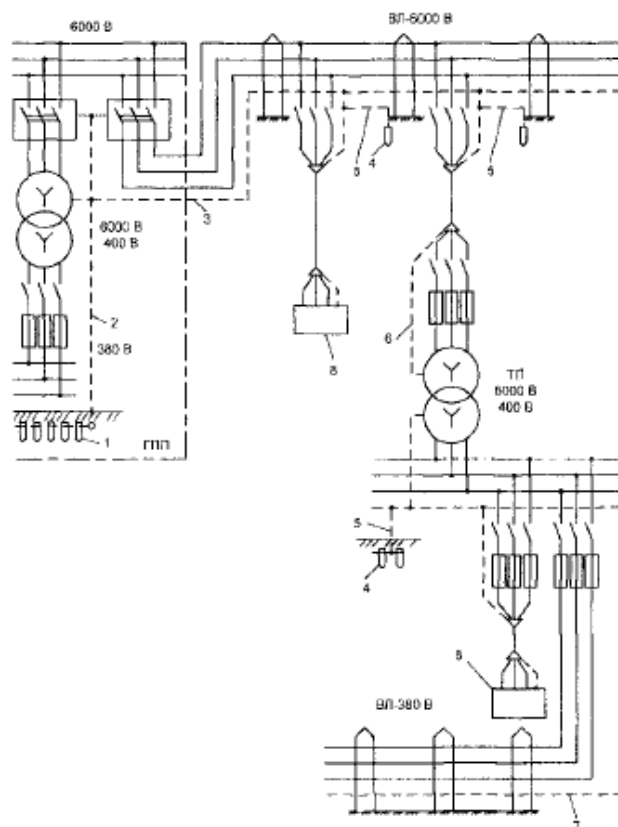


Рис. 1. Примерная схема защитного заземления:

1 - главный заземлитель, 2 - заземляющие шины ГПП, 3 - заземляющий провод, 4 - местные заземлители, 5 - отводы от местных заземлителей, 6 - заземляющие жилы ТП (трансформаторная подстанция), 7 - заземляющий провод, 8 – электроустановка

Основную роль при расчёте заземляющих устройств играют токи замыкания на землю или на корпус в сетях напряжением 6-10 кВ. В сетях напряжением 0,4 кВ токи замыкания на землю малы и при расчёте заземляющих устройств не учитываются.

Расчёт токов однофазного замыкания на землю в сетях напряжением 6-10 кВ производится с целью выбора и настройки релейной защиты от однофазных замыканий, а также для определения величины допустимого сопротивления защитного заземления.

Расчётный ток однофазного замыкания на землю, А,

$$I_{\zeta} = \frac{U_{\text{л}}(35L_{\text{в}} - L_{\text{а}})}{350}$$

где $U_{\text{л}}$ - линейное напряжение сети, кВ; $L_{\text{к}}$, $L_{\text{в}}$ - суммарная длина электрически связанных между собой соответственно кабельных и воздушных линий, км.

Расчёт заземляющих устройств ведётся исходя из нормированной допустимой величины сопротивления заземления, которая у наиболее удалённой электроустановки должна быть не более 4 Ом.

$$R_a \leq \frac{4\rho}{500},$$

где ρ - удельное сопротивление грунта, Ом м (табл. 1).

Таблица 1

Грунт	Удельное сопротивление ρ Ом-см	Грунт	Удельное сопротивление ρ Ом-см
Песок	$(4-7) \cdot 10^4$	Песчаник	$(2-3,5) \cdot 10^6$
Супесок речной	$3 \cdot 10^4$	Уголь бурый	$(4,5-5) \cdot 10^6$
Каменистая глина	$(1-2) \cdot 10^4$	Углистый сланец	$(1-1,5) \cdot 10^6$
Глина	$(0,40,6) \cdot 10^4$	Суглинок	$(0,8-1,0) \cdot 10^4$
Чернозём	$(0,5-2) \cdot 10^4$	Торф	$0,2 \cdot 10^4$

Величина допустимого сопротивления, Ом, заземляющего устройства проверяется по току однофазного замыкания на землю:

$$R_a \leq \frac{U_{\text{доп}}}{K_{\text{пр}} \cdot I_{\text{з}}}$$

где $U_{\text{доп}} = 40$ В - допустимое напряжение прикосновения; $K_{\text{пр}}$ - коэффициент прикосновения (принимается $K_{\text{пр}} = 1,0$); $I_{\text{з}}$ - расчётный ток однофазного замыкания на землю, А.

В качестве допустимой величины сопротивления заземляющего устройства принимается наименьшее значение из расчётных по удельному сопротивлению земли и по току однофазного замыкания на землю, но не более 40 Ом.

10.3 Задание для расчета

1. Изобразить схему защитного заземления

2. Рассчитать допустимую величину сопротивления заземления с центральным заземляющим контуром на ГПП 35/6 кВ. Суммарная длина воздушных и кабельных линий 6 кВ соответственно $L_{\text{в}}$ и $L_{\text{к}}$. В качестве заземляющего магистрального провода ВЛ-6 кВ используется провод АС-35. Исходные данные для расчёта по вариантам приведены в таблице.

Таблица Данные для расчета

№ варианта	Тип грунта	$L_{\text{в}}$ км	$L_{\text{к}}$ км	№ варианта	Тип грунта	$L_{\text{в}}$ км	$L_{\text{к}}$ км
1	Чернозем	4,0	4,0	16	Каменистая глина	2,5	1,8
2	Глина	4,6	3,4	17	Песок	2,7	1,6
3	Суглинок	4,5	3,6	18	Торф	2,9	2,1
4	Каменистая глина	4,9	3,5	19	Глина	4,0	3,0
5	Песок	4,3	1,8	20	Суглинок	3,8	2,1
6	Торф	4,2	2,0	21	Каменистая глина	3,5	2,4
7	Чернозем	4,7	2,3	22	Песок	3,7	2,3
8	Глина	4,4	2,7	23	Торф	3,3	1,5
9	Суглинок	4,8	3,0	24	Чернозем	3,1	2,9
10	Каменистая глина	3,9	2,1	25	Суглинок	3,4	2,7

11	Песок	4,6	2,0	26	Каменистая глина	3,2	2,1
12	Торф	4,1	1,9	27	Песок	2,7	2,5
13	Чернозем	3,6	2,5	28	Торф	2,8	1,9
14	Глина	3,0	2,2	29	Чернозем	2,6	2,4
15	Суглинок	2,4	2,0	30	Глина	2,2	1,9

10.4 Содержание отчета

1. Наименование работы.
2. Цель работы.
3. Электрическая схема.
4. Задание
5. Расчеты
6. Вывод по результатам расчетов.

10.5 Контрольные вопросы

1. В каких случаях применяется защитное заземление и зануление?
2. Какими нормативными документами руководствоваться при расчете заземления?

11. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №11

Снятие вольтамперных характеристик полупроводниковых диодов и стабилитронов

11.1 Цель работы

Снять экспериментально и построить графики вольтамперных характеристик полупроводникового диода и стабилитрона.

11.2 Пояснения к работе

Вольтамперная характеристика представляет собой график зависимости напряжения от тока $U(I)$ (или наоборот $I(U)$) на данном элементе электрической цепи.

У линейных резисторов вольтамперная характеристика представляет собой прямую линию $U=RI$ (рис.). У нелинейных элементов (лампы накаливания, электрическая дуга, диоды, транзисторы и другие электронные приборы) эта зависимость более сложная и часто неоднозначная.



Рис. 11.1

Две принципиальные схемы для снятия вольтамперных характеристик на постоянном токе изображены на рис. 11.2а и 11.2б. В них используется регулируемый источник постоянного напряжения, а резистор в этих схемах служит для ограничения тока в цепи при малых сопротивлениях исследуемых элементов.

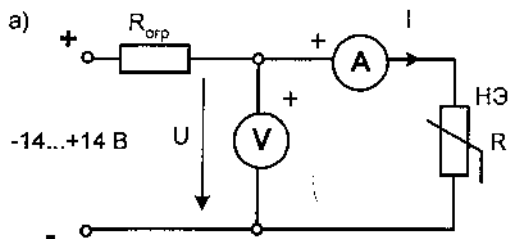


Рис.11.2а

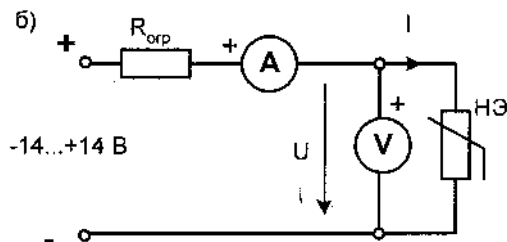


Рис 11.2б

Схема (а) называется схемой измерения с погрешностью по напряжению. Она используется в том случае, когда сопротивление испытуемого элемента велико по сравнению с сопротивлением амперметра. Тогда показание вольтметра близко к напряжению на элементе, хотя фактически он измеряет сумму напряжений на данном элементе и амперметре.

Вторая схема (б) называется схемой измерения с погрешностью по току. Здесь амперметр фактически измеряет сумму токов в данном элементе и вольтметре. Эта схема используется, если сопротивление испытуемого элемента мало по сравнению с сопротивлением вольтметра. Тогда ток вольтметра гораздо меньше тока в испытуемом элементе и им можно пренебречь.

11.3 Порядок выполнения работы

1. Соберите цепь (рис.11.2.а) для снятия вольтамперной характеристики диода и стабилитрона. Монтажная схема изображена на рис. 11.3. Обратите внимание, что вольтметр и амперметр в этой схеме своими положительными клеммами могут быть подключены к точке «А» либо к точке «Б».
2. Установите диод и, изменяя ток или напряжение в цепи, как показано в табл. 11.1, запишите в табл. 11.1 соответствующие значения напряжения на диоде и на рис. 11.4 постройте график вольтамперной характеристики диода. **В этом опыте при отрицательных напряжениях и токах вольтметр должен быть подключен к точке «А», а при положительных — к точке «В».**
3. Замените диод стабилитроном и, устанавливая токи или напряжения, указанные в табл. 8.2, снимите его вольтамперную характеристику. **В этом опыте, наоборот, при отрицательных напряжениях и токах вольтметр должен быть подключен к точке «В», а при положительных — к точке «А».** График вольтамперной характеристики стабилитрона постройте на том же рис. 11.4.

Таблица 11.1

I, mA						2	10	20	30	40
U, V	-8	-6	-4	-2	0					

Таблица 11.2

I, mA	-40	-20	0					4	10	20	40
U, V				1	2	3	4				

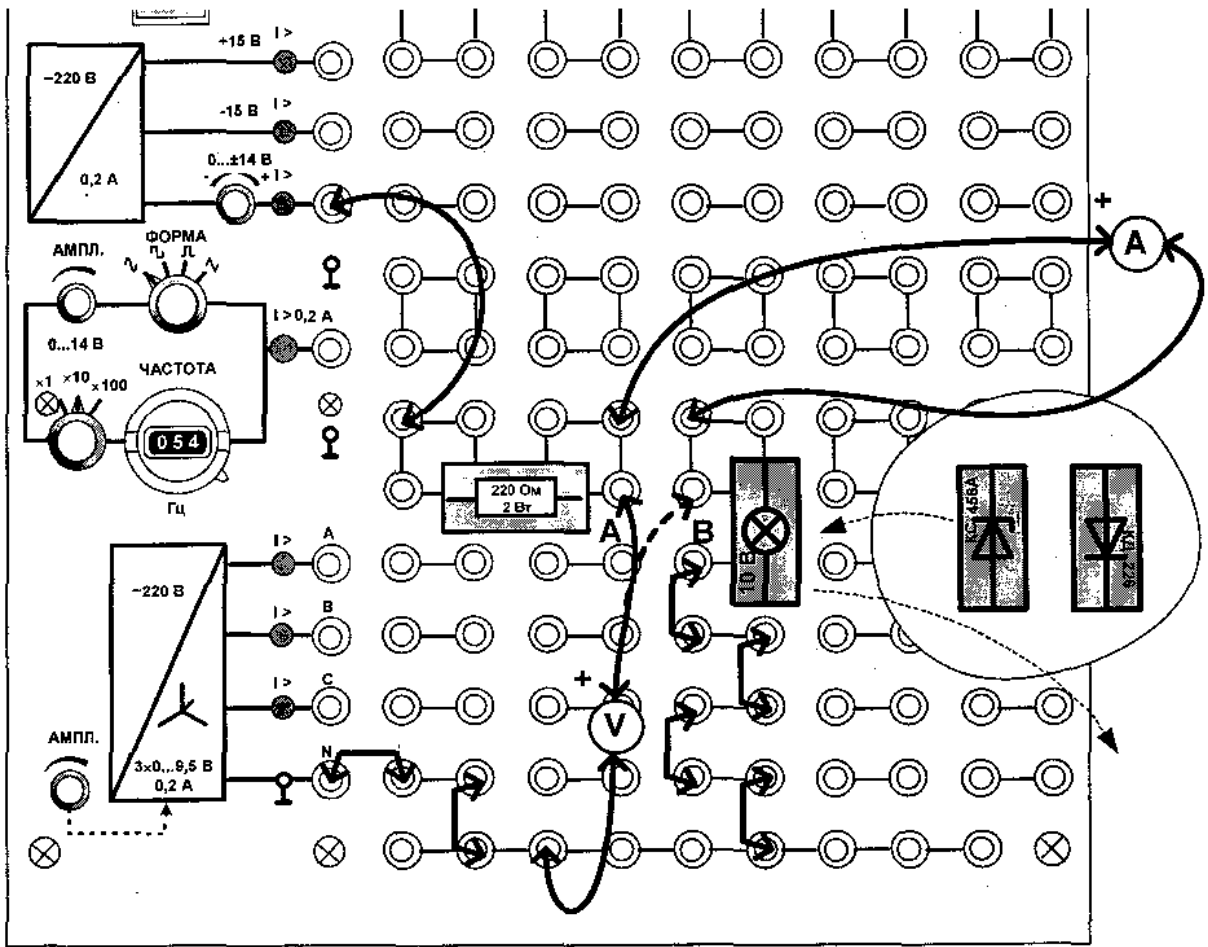


Рис. 11.3 Монтажная схема

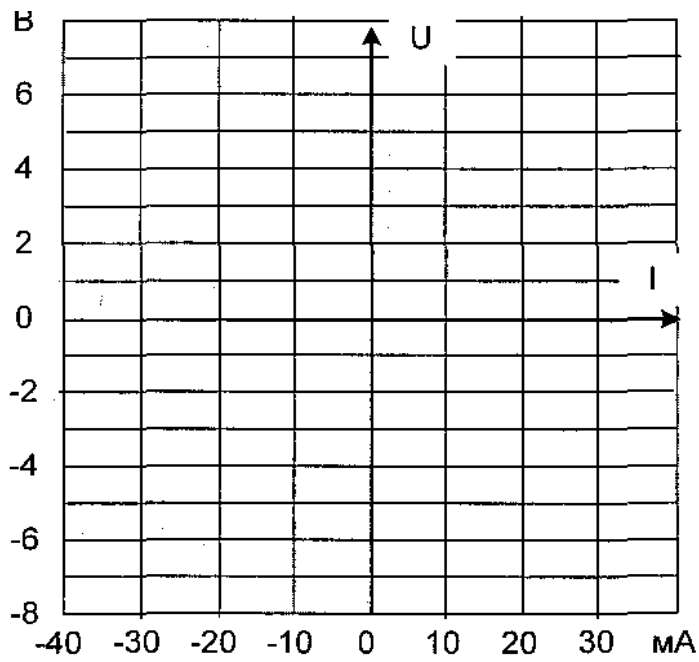


Рис. 11.4

11.4 Содержание отчета

1. Наименование работы.
2. Цель работы.
3. Электрическая схема.
4. Таблица с результатами измерений
5. Графики вольтамперных характеристик
6. Вывод по результатам работы.

11.5 Контрольные вопросы:

1. Какой полупроводниковый прибор называется диодом?
2. Изобразите и поясните вольтамперную характеристику диода.
3. Для чего служит стабилитрон?
4. Изобразите и поясните вольтамперную характеристику стабилитрона.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №12 Расчет выпрямителей

12.1 Цель работы:

Освоить методику расчета схем выпрямления, закрепить умение работать по алгоритму.

12.2 Пояснения к работе:

Выпрямители – это устройства, которые служат для преобразования переменного тока в постоянный ток. Они применяются в качестве источников питания электронной аппаратуры.

В состав выпрямителя входят: силовой трансформатор, служащий для преобразования переменного питающего напряжения; вентиль, обладающий односторонней проводимостью и обеспечивающий преобразование переменного тока в выпрямленный (ток одного направления); сглаживающий фильтр, который служит для преобразования выпрямленного тока в ток, близкий по форме к постоянному току.

Наиболее распространенные схемы выпрямления следующие:

- однофазная однополупериодная
- однофазная двухполупериодная
- однофазная мостовая для двухполупериодного выпрямления
- трехфазная однополупериодная
- трехфазная мостовая.

Для питания ряда узлов электронной аппаратуры обычно требуется постоянное напряжение. Для того чтобы выпрямленное напряжение имело требуемую форму, применяют сглаживающие фильтры. Фильтры могут быть емкостные, индуктивные, индуктивно-емкостные и резисторно-емкостные.

Данная работа относится к расчету выпрямителей переменного тока, собранных на полупроводниковых диодах. Подобные схемы широко применяются в различных электронных устройствах и приборах. При решении задач следует помнить, что основным параметрами полупроводниковых диодов является допустимый ток $I_{\text{доп}}$, на который рассчитан данный диод, и обратное напряжение $U_{\text{обр}}$ выдерживаемое диодом без пробоя в непроводящий период.

Обычно при составлении схемы выпрямителя, и выпрямительным напряжением U_0 , в котором работает потребитель постоянного тока. Отсюда не трудно определить ток потребителя

$$I_0 = P_0 / U_0.$$

Сравнивая ток потребителя, следует учесть, что для *однополупериодного* выпрямителя ток через диод равен току потребителя, т.е. надо соблюдать условие

$$I_{\text{доп}} > I_0.$$

Для *двухполупериодной и мостовой* схемы выпрямления ток через диод равен половине тока потребителя, т.е. следует соблюдать условие

$$I_{\text{доп}} \geq 0,5 I_0.$$

Для *трехфазного* выпрямителя, следовательно, необходимо, чтобы

$$I_{\text{доп}} \geq I/3 I_0.$$

Напряжение, действующее на диод в непроводящий период, U_v , также зависит от той схемы выпрямителя, которая применяется в конкретном случае. Так, для *однополупериодного и двухполупериодного* выпрямителей $U_v = \pi U_0 = 3,14 U_0$:

для *мостового* выпрямителя

$$U_v = \pi U_0 / 2 = 1,57 U_0,$$

а для *трехфазного* выпрямителя

$$U_v = 2,1 U_0.$$

При выборе диода, следовательно, должно соблюдаться условие

$$U_{\text{обр}} \geq U_v.$$

12.3 Задание для расчета

Произвести расчет выпрямителя, предназначенного для питания энергией постоянного тока потребителя мощностью P_0 при напряжении U_0 , используя стандартные диоды. Вычертить схему выпрямителя. Значения мощности и напряжения потребителя, параметры диода и вид схемы выпрямления приведены в таблице 12.1

Таблица 12.1

Вариант	P_0 , Вт	U_0 , В	Схема выпрямителя	Тип диода	Параметры диода	
					$I_{\text{доп}}$, А	$U_{\text{обр}}$, В
1	150	50	однополупериодная	Д215Б	2	200
2	600	40	однополупериодная	Д 242	10	100
3	100	50	однополупериодная	Д 304	3	100
4	40	10	однополупериодная	Д 205	0,4	400
5	150	1500	однополупериодная	Д 210	0,1	500
6	2800	400	двухполупериодная	Д 224	10	50
7	600	200	двухполупериодная	Д 302	1	200
8	80	400	двухполупериодная	Д 211	0,1	600
9	600	100	двухполупериодная	Д242Б	2	100
10	144	120	двухполупериодная	Д 226	0,3	400
11	160	400	двухполупериодная	Д 217	0,1	800
12	2000	100	мостовая	Д 244	5	50
13	1000	50	мостовая	Д 304	3	100
14	800	200	мостовая	Д 221	0,4	400
15	2000	60	мостовая	Д 224	10	50
16	1500	80	трехфазная	Д 304	3	100
17	1000	100	трехфазная	Д214Б	2	100
18	400	200	трехфазная	Д 222	0,4	600
19	5000	200	трехфазная	Д 244	5	50
20	840	120	трехфазная	Д 303	3	150

12.4 Алгоритм расчета

1. Определяем ток потребителя

$$I_0 = P_0 / U_0$$

2. Находим напряжение, действующее на диод в непроводящий период для заданной схемы выпрямителя:

для однополупериодного и двухполупериодного выпрямителей

$$U_B = \pi * U_o = 3.14 * U_o$$

для мостового выпрямителя

$$U_B = \pi * U_o / 2 = 1.57 * U_o,$$

а для трехфазного выпрямителя

$$U_B = 2.1 * U_o.$$

3. Проверяем диод по параметрам $U_{обр}$ и $I_{доп}$. Диод должен удовлетворять условиям

$$U_{обр} \geq U_B$$

Для однополупериодного выпрямителя

$$I_{доп} > I_o.$$

Для двухполупериодной и мостовой схемы выпрямления

$$I_{доп} \geq 0.5 I_o.$$

Для трехфазного выпрямителя

$$I_{доп} \geq 1/3 I_o.$$

4. Составляем схему выпрямителя. Чтобы выполнить условие $U_{обр} \geq U_B$ надо диоды соединить последовательно, а для выполнения условия по току надо диоды соединять параллельно.

12.5 Контрольные вопросы:

1. Назовите элементы выпрямителя и их назначение.
2. Перечислите известные Вам схемы выпрямления.
3. Какие условия должны выполняться в целях нормальной эксплуатации диодов в выпрямителе?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 13

«Вычисление погрешностей измерительных приборов. Изучение характеристик электромеханических измерительных приборов»

13.1 Цель работы



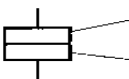
Изучить устройство, принцип действия и характеристики электромеханических приборов.

13.2 Пояснения к работе

Большую группу измерительных приборов составляют электромеханические показывающие приборы. Их основными частями являются измерительная цепь, измерительный механизм и отчетное устройство.

В зависимости от физических явлений, положенных в основу создания вращающего момента, различают магнитоэлектрические, электромагнитные, электродинамические, индукционные и электростатические измерительные механизмы. Аналогичное название в зависимости от этого имеют электромеханические приборы.

Принцип действия прибора, возможность его работы в тех или иных условиях, возможные предельные погрешности прибора могут быть установлены по условным обозначениям, нанесенными на циферблат прибора. Основные условные обозначения приведены в табл. 13.1.

Система	Обозначение
Магнитоэлектрическая	 Постоянный магнит Подвижная катушка с током
Электромагнитная	 Катушка с током Подвижный стальной сердечник
Электродинамическая	 Неподвижная катушка Подвижная катушка

На рис. 13.1 приведена шкала измерительного прибора.

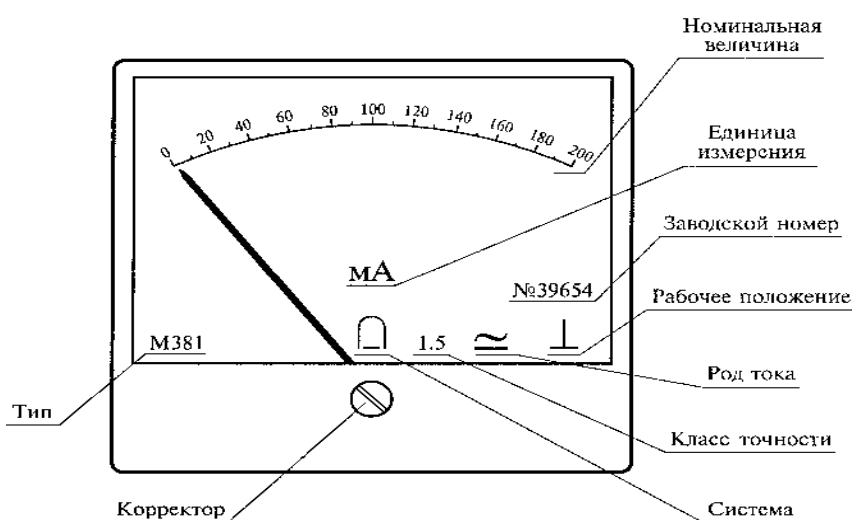


Рисунок 13.1

Общими элементами электромеханических приборов являются: отсчетное устройство, подвижная часть измерительного механизма, устройства для создания вращающего, противодействующего, и успокаивающего моментов. Чтобы подвижная часть быстрее устанавливалась, механизм снабжают успокоителями или демпферами. Широко применяются воздушный и магнитоиндукционный демпферы.

Магнитоэлектрический механизм (рис 13.2 а) состоит из постоянного магнита 1, магнитопровода 2, полюсных наконечников 3 и цилиндрического сердечника 4. В рабочем зазоре между сердечником и полюсными наконечниками создается однородное магнитное поле. Подвижная катушка 5, выполненная из тонкого изолированного провода, намотанного на алюминиевый каркас, помещена в рабочий зазор и укреплена на осях. Концы обмотки электрически соединены со спиральными пружинами 6, по которым измеряемый ток поступает в катушку.

На каждый из проводков катушки действует сила, определяемая по закону Ампера, причем силы, действующие на обе активные стороны катушки, будут направлены в противоположные стороны. Под действием пары таких сил создается вращающий момент.

Противодействующий момент создается кручением растяжек или пружин, которые служат также для подвода тока в подвижную часть. При установившемся отклонении вращающий момент равен противодействующему, и тогда угол отклонения стрелки пропорционален току.

Магнитоэлектрические приборы применяют для измерения постоянных токов (амперметры), напряжений (вольтметры), сопротивлений (омметры).

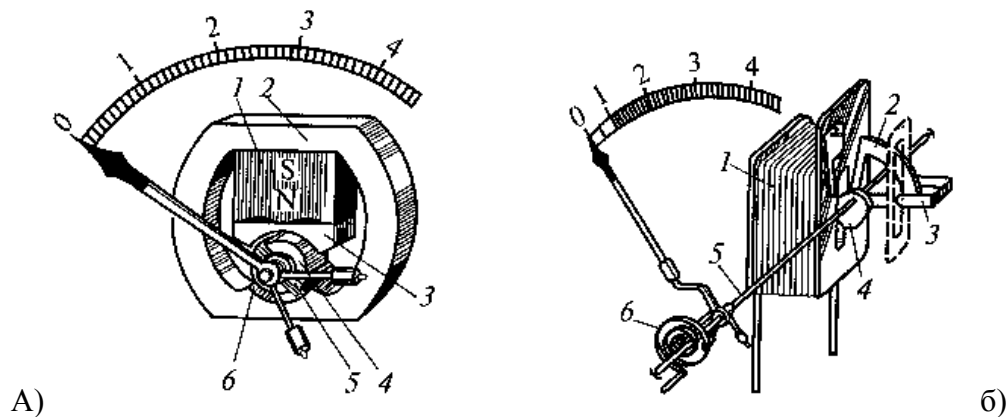


Рисунок 13.2

Электромагнитный механизм (Рис.13.2 б) состоит из неподвижной катушки 1 и укрепленной на оси 5 подвижной пластинки 2 из магнитномягкого материала.

Когда через катушку проходит ток, создается магнитное поле, которое намагничивает пластинку и она втягивается внутрь катушки. Возникающий при этом вращающий момент пропорционален квадратной силе тока. Противодействующий момент создается спиральной пружиной 6. С учетом равенства моментов получаем, что угол отклонения стрелки пропорционален квадрату силы тока.

Электромагнитные приборы применяют для измерения в цепях переменного тока в качестве амперметров, вольтметров, фазометров.

Электродинамический механизм (рис.13.3) состоит из неподвижной 1 и подвижной 2 катушек. Подвижная катушка укреплена на растяжках и может поворачиваться вокруг оси внутри двух секций неподвижной катушки.

При включении прибора в цепь постоянного тока вращающий момент пропорционален произведению токов, проходящих через катушки. При включении прибора в цепь переменного тока средний за период вращающий момент и угол поворота подвижной части прибора зависят не только от действующих значений токов, но и от угла сдвига их фаз.

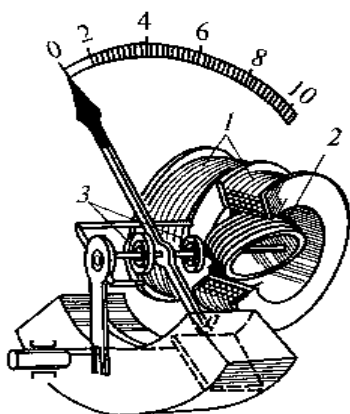


Рис. 13.3

Электродинамические приборы применяют в цепях постоянного и переменного тока для измерения тока, напряжения и мощности, причём шкала амперметров и вольтметров квадратичная, а шкала ваттметров - равномерная.

13.3 Порядок выполнения работы

I. Для выданного прибора в соответствии с таблицей определить:

1. Название
2. Измеряемую этим прибором величину
3. Цену деления прибора
4. Верхний предел измерения
5. Систему
6. Род тока
7. Класс точности
8. Абсолютную погрешность, получаемую при измерении этим прибором
9. Приняв сопротивление амперметра 0,05 Ом (вольтметра 5 кОм) определить сопротивление шунта (добавочного резистора), позволяющего расширить предел измерения в 10 раз.

II. Изучив на натуральных образцах устройство электромеханических приборов, заполнить таблицы 13.1, 13.2.

Таблица 13.1

Название системы прибора	Обозначение на шкале	Элементы устройства

Таблица 13.2

Название системы прибора	Принцип действия	Применение

13.4 Содержание отчета

1. Наименование работы.
2. Цель работы.
3. Описание электромеханического прибора
4. Таблицы
5. Вывод.

13.5 Контрольные вопросы

1. Назовите основные элементы электромеханических приборов
2. Какие системы электроизмерительных механизмов широко применяют в настоящее время?
3. Для какого рода тока предназначены магнитоэлектрические измерительные механизмы? Электромагнитные механизмы?
4. Для измерений какой величины применяют электродинамические механизмы?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 14
«Расчет и выбор электроаппаратов»

14.1 Цель работы

Изучить устройство, принцип действия и применение электрических аппаратов, научиться производить расчеты для выбора электроаппаратов

14.2 Пояснения к работе

Электрические аппараты - это электротехнические устройства, предназначенные для управления электрическими и неэлектрическими объектами, а также для защиты этих объектов при режимах работы, отличных от нормы.

Выбор электрического аппарата осуществляется по его функциональному назначению, по роду напряжения и тока, по величине мощности.

Следует иметь в виду современную тенденцию, заключающуюся в том, что, при выборе между предохранителями и автоматическими выключателями, предпочтение отдается последним в силу их большей надежности, лучшей защиты от неполнофазных режимов, универсальности и т.д.

Выбор аппаратов по напряжению заключается в соответствии номинального напряжения, указанного в паспорте аппарата, и рода (переменное, постоянное) номинальному напряжению питающей сети. При выборе аппарата по току следует учесть, что его номинальный ток должен быть не меньше рабочего тока установки.

Выбор автоматических выключателей. Автоматические выключатели выбираются прежде всего по номинальным значениям напряжения и тока. Затем определяются токи установки теплового и электромагнитного расцепителей

Тепловой расширитель автомата защищает электроустановку от длительной перегрузки по току. Ток установки теплового расширителя принимается равным на 15-20% больше рабочего тока:

$$I_{T.P.} = (1,15-1,2) I_P,$$

Где

I_P - рабочий ток электроустановки, А.

Электромагнитный расцепитель автомата защищает электроустановку от коротких замыканий. Ток установки электромагнитного распределителя определяется из следующих соображений: автомат не должен срабатывать от пусковых токов двигателя электроустановки теплового $I_{ПУСК ДВ.}$, а ток срабатывания электромагнитного $I_{ЭМР}$ выбирается кратным току срабатывания теплового расцепителя:

$$I_{ЭМР} = K I_{T.P.},$$

Где

$K=4,5$ 10-коэффициент кратности тока срабатывания электромагнитного расцепителя.

Выбранный автоматический выключатель проверяется по чувствительности и по отключающей способности. Автоматы с номинальным током до 100 А должны срабатывать при условии, что:

$$I_{ЭМР} = 1,4 I_{О.К.З.},$$

Где $I_{О.К.З.}$ - ток однофазного короткого замыкания.

Автоматы с номинальным током более 100А должны срабатывать при:

$$I_{ЭМР} = 1,26 I_{О.К.З.}$$

$$I_{Окз} = I_{n max} + I_{НОМ},$$

Где $I_{n max}$ - пусковой ток наиболее мощного двигателя; $I_{НОМ}$ - сумма номинальных токов остальных двигателей.

Выбор предохранителей. Ток плавкой вставки предохранителя выбирается в соответствии с выражением:

$$I_{ПЛ.} = 3 I_{О.К.З.}$$

Ток плавкой вставки предохранителей, используемых для защиты асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором:

$$I_{ПЛ.} = I_{ПУСК} / \alpha_1$$

Где $I_{ПУСК}$ - пусковой ток двигателя, А,

α_I - коэффициент, зависящий от условий пуска, при средних условиях пуска $\alpha_I = 2,5$, при более длительных пусках $\alpha_I = 1,6-2,0$.

14.3 Порядок выполнения работы

1. Заполнить таблицу

Таблица 1 - Электрические аппараты

Группа	Основные элементы устройства	Принцип действия	Виды	Применение

2. Произвести расчет предохранителя и автоматического выключателя по задачку [3] №10.14,.10.17

3. Для выданного аппарата в соответствии с приложением определить:

1. Название
2. Элементы устройства
3. Принцип действия
4. Применение

14.4 Содержание отчета

1. Наименование работы.
2. Цель работы.
3. Таблица
4. Расчет
5. Описание электроаппарата
6. Вывод.

14.5 Контрольные вопросы

1. Перечислите известные вам виды коммутационных аппаратов
2. Перечислите известные вам аппараты защиты и управления
3. Укажите назначение кнопочной станции
4. Укажите назначение автоматического выключателя
5. Укажите назначение пакетного переключателя
6. Укажите назначение плавкого предохранителя
7. Укажите, из чего состоит магнитный пускатель
8. Укажите, из чего состоит кулачковый контроллер
9. Поясните принцип действия контактора
10. Поясните принцип действия реле

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прошин В.М. Лабораторно-практические работы по электротехнике. –М.: Изд. Центр «Академия», 2004
2. Беглецов Н.Н., Галишников Ю.П., Сенигов П.Н. Электрические цепи и основы электроники. Руководство по выполнению базовых экспериментов. – Челябинск: ООО «Учебная техника», 2006.
3. Задачник по электротехнике: Учеб. пособие/П.Н. Новиков, В.Я. Кауфман, О.В. Толчеев и др. - М.: ИРПО; Изд. центр «Академия», 2006