

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Г.Ф.МОРОЗОВА»

Кафедра электротехники, теплотехники и гидравлики

ОТЧЕТ
по лабораторной работе
Измерения электрических величин.
Электрические цепи постоянного тока

Работу выполнил:
студент группы № _____ **Петров П.С.**
Работу принял:
преподаватель доцент Панченко С.Л.

Воронеж- 2024

Лабораторная работа № 1

ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Цель работы:

- ознакомление с измерительными приборами непосредственного отсчета (амперметрами и вольтметрами);
- освоение методики измерения токов, напряжений и сопротивлений в электрических цепях и определение погрешности измерений;
- проверка соблюдения законов Ома и Кирхгофа, а также баланса мощностей в электрической цепи постоянного тока.

Основные теоретические положения

Закон Ома определяет связь между основными электрическими величинами. Ток в резисторе прямо пропорционален напряжению на его концах и обратно пропорционален сопротивлению. Для участка цепи между точками «а» и «b» (рис. 1) по закону Ома

$$I = U_{ab}/R, \quad R = U_{ab}/I, \quad U_{ab} = RI \quad (1)$$

где I — ток; U_{ab} — напряжение между точками «а» и «b».

Напряжение на пассивном участке $U_{ab}=RI$, называют падением напряжения. При этом предполагается, что условные направления напряжения и тока совпадают. Если направление напряжения противоположно току (от «b» к «а»), тогда в формуле (1) следует изменить знак: $I = - U_{ba}/R$. На выводах идеального источника напряжение равно ЭДС E и направлено в противоположную сторону:

$$U_{bc} = - E \text{ или } U_{cb} = E$$

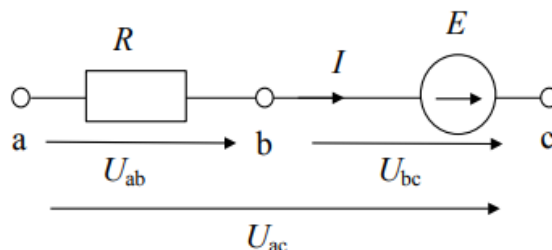


Рисунок 1- Электрическая цепь постоянного тока

Обобщенный закон Ома определяет связь между основными электрическими величинами на участке цепи, содержащем источники энергии. Для такого участка цепи (см. рис. 1) напряжение равно сумме напряжений элементов:

$$U_{ac} = U_{ab} + U_{bc}, \quad U_{ac} = IR - E$$

В общем случае на активном участке цепи

$$I = (\pm U \pm E) / R$$

где перед напряжением U и ЭДС E ставится знак "+", если их условные направления совпадают с током I , в противном случае ставится знак "-".

Первый закон Кирхгофа: алгебраическая сумма токов в узле электрической цепи равна нулю, т.е

$$\sum_{k=1}^n I_k = 0,$$

где I_k — ток k -й ветви, присоединенной к данному узлу; n — число ветвей, подключенных к узлу. (Токи, направленные к узлу, записываются со знаком «+», а направленные от узла — со знаком «-»).

Второй закон Кирхгофа: алгебраическая сумма э.д.с. во всех ветвях любого замкнутого контура цепи равна алгебраической сумме падений напряжений в ветвях этого контура.

$$\sum E_i = \sum R_i I_i$$

Мощность

Для пассивных участков цепи постоянного тока мощность, потребляемая приемником электрической энергии (Вт) определяется

$$P = U_i I_i = I_i^2 R_i = U^2 / R_i$$

Мощность, вырабатываемая источником ЭДС

$$P = EI$$

Если ЭДС E и ток I имеют разные знаки, то мощность источника отрицательна. Это означает, что источник не генерирует, а потребляет энергию.

Закон Джоуля - Ленца: для пассивных участков цепи постоянного тока

$$W = UIt,$$

где W - потребляемая энергия, Дж; U - напряжение на пассивном участке, В; I – ток, А; t – время, с.

Способы соединения элементов

Последовательным соединением (приемников энергии) называется такое соединение, при котором резисторы соединены один за другим без разветвлений (рис. 2, а) и при наличии источника питания по ним проходит один и тот же ток.

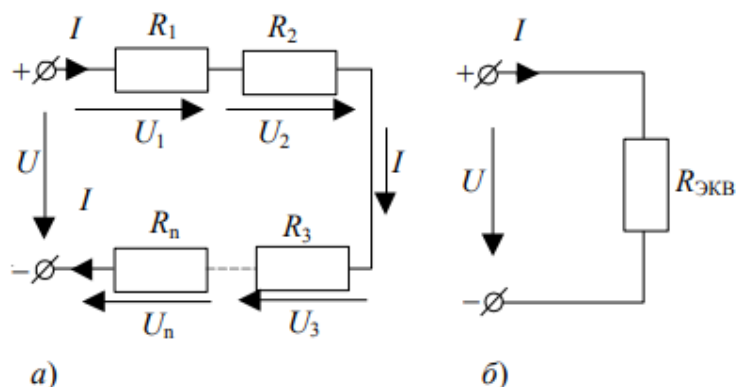


Рисунок 2- Последовательное соединение резисторов

При последовательном соединении n резисторов эквивалентное сопротивление цепи равно сумме сопротивлений этих элементов

$$R_{\text{ЭКВ}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

Ток в цепи рассчитывают по закону Ома: $I = U/R_{\text{ЭКВ}}$.

Параллельное соединение характеризуется тем, что все элементы присоединяются к одной и той же паре узлов (рис. 3, а). При этом ко всем элементам приложено одно и тоже напряжение U .

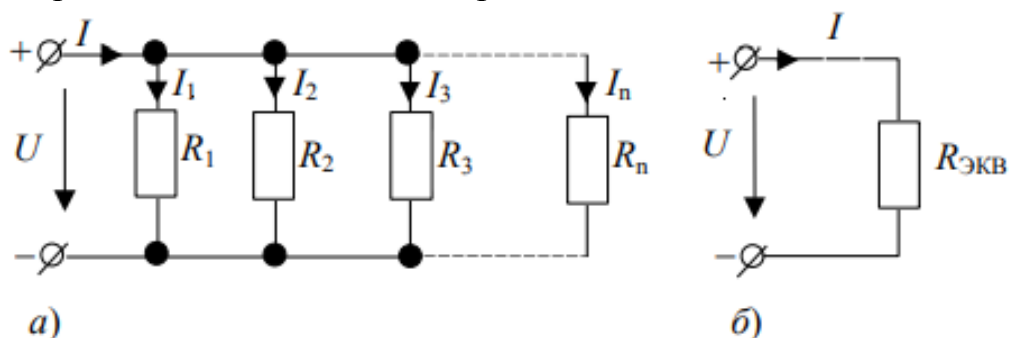


Рисунок 3- Параллельное соединение резисторов

Для схемы (см. рис. 3, а) на основании первого закона Кирхгофа можно записать:

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

Эквивалентное сопротивление

$$1/R_{\text{ЭКВ}} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \dots + 1/R_n.$$

Величина, обратная сопротивлению, называется проводимостью

$$G = 1/R : \\ G_{\text{ЭКВ}} = G_1 + G_2 + G_3 + \dots + G_n = \sum G_k ,$$

т.е. эквивалентная проводимость параллельно соединенных резистивных элементов равна сумме их проводимостей.

$$R_{\text{экв}} = 1/G_{\text{экв}},$$

Ток в неразветвленной части цепи с параллельным соединением резисторов может быть определен по закону Ома:

$$I = U/R_{\text{экв}} = G_{\text{экв}} U.$$

Смешанное соединение представляет собой сочетание последовательного и параллельного соединений. Эквивалентное сопротивление находится путем постепенного упрощения схемы и свертывания ее таким образом, чтобы получилось одно сопротивление. При расчете токов в отдельных ветвях схему — разворачивают в обратном порядке.

Измерение токов, напряжений и сопротивлений

Измерение тока, потребляемого электрическими цепями, производится амперметрами — электроизмерительными приборами, включенными последовательно в цепь, в которой измеряется ток. Обмотку амперметра выполняют из небольшого числа витков толстого провода, поэтому она характеризуется очень малым сопротивлением. Малое сопротивление необходимо для того, чтобы сопротивление цепи, в которой производится измерение тока, при включении амперметра практически не изменялось. При этом мощность, потребляемая прибором, также оказывается небольшой. Включенные таким образом амперметры используются как приборы непосредственной оценки — они показывают непосредственно числовое значение измеряемого тока. В цепях постоянного тока в основном используются амперметры магнитоэлектрической, реже — электромагнитной систем.

Измерение напряжения в электрических цепях осуществляется с помощью вольтметров — электроизмерительных приборов, включенных параллельно участку цепи, на котором измеряется напряжение. Обмотку вольтметра выполняют из большого числа витков тонкого провода, поэтому она характеризуется очень большим сопротивлением. Большое сопротивление необходимо для того, чтобы сопротивление участка цепи, на котором производится измерение напряжения, при включении вольтметра практически не изменялось. При этом мощность, потребляемая прибором, оказывается небольшой. Включенные таким образом вольтметры используются как приборы непосредственной оценки — они показывают непосредственно числовое значение измеряемого напряжения. В цепях постоянного тока обычно используются вольтметры магнитоэлектрической и электромагнитной систем.

Измерение электрических сопротивлений осуществляется разными методами. Широко используется метод амперметра и вольтметра, основанный на применении закона Ома к участку электрической цепи, который содержит измеряемое сопротивление. По падению напряжения на участке цепи и току представляется возможным определить его сопротивление R_x :

$$R_x = U/I,$$

где U — напряжение, подводимое к измеряемому сопротивлению; I — ток в цепи измеряемого сопротивления.

Определение погрешности

Всякий процесс измерений сопряжен с погрешностями, которые искажают представление о действительном значении измеряемой величины. Погрешностью средств измерений называется отклонение его показания от истинного (действительного) значения.

Абсолютная погрешность измерения Δ , выражается в единицах измеряемой величины и определяется по уравнению

$$\Delta = X - X_d$$

где: X - измеренное значение величины,

X_d - действительное значение величины. За действительное значение принимают значение, измеренное более точным прибором (прибором с более высоким классом точности). При многократных измерениях за действительное принимают среднее значение измеренной величины.

Относительная погрешность δ , выражается в единицах или в процентах и определяется по уравнению

$$\begin{aligned}\delta &= \Delta/X_d, \\ \delta &= (\Delta/X_d)100\%\end{aligned}$$

Класс точности средств измерений - это обобщенная характеристика средств измерений, определяемая пределами допускаемых основных и дополнительных погрешностей, а также другими свойствами средств измерений, влияющими на точность. Обычно класс точности обозначается числом (например: 0,5;1;1,5;2;4). Чем меньше число, тем выше класс точности.

Условные обозначения основных электрических элементов

На электрических схемах каждый элемент имеет свое обозначение. В таблице 1 приведены обозначения основных электрических элементов.

На шкалах электроизмерительных приборов нанесены различные обозначения, которые сообщают необходимые данные о средстве измерения. В таблице 2 приведены основные условные обозначения на шкалах приборов.

Таблица 1

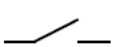
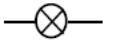
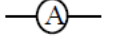
Обозначение на схеме	Название	Описание
	провод	идеальный проводник, имеющий нулевое сопротивление
	узел	точка соединения трёх или более проводов
	ключ	устройство для соединения и разъединения проводов
	резистор	проводник или элемент цепи, подчиняющийся закону Ома
	лампа накаливания	проводник, который сильно разогревается под действием тока и из-за этого светится
	источник	источник постоянного тока; длинная тонкая палочка – плюс, короткая толстая – минус
	диод	устройство, пропускающее ток только в одну сторону (в которую «указывает» треугольник)
	конденсатор	устройство, накапливающее заряд, разделённый на положительный и отрицательный
	амперметр	прибор для измерения силы тока
	вольтметр	прибор для измерения напряжения
	омметр	прибор для измерения сопротивления

Таблица 2

1,5	Класс точности 1,5
	Постоянный ток
	Переменный (однофазный) ток
	Постоянный и переменный токи
	Трёхфазный ток
	Прибор магнитоэлектрической системы.
	Прибор электромагнитной системы.
	Прибор электродинамической системы.
	Прибор индукционной системы.
	Прибор устанавливается: - горизонтально; - вертикально; - под углом 60°
	Изоляция прибора испытана при напряжении 2 кВ.
A	Для закрытых отапливаемых помещений.
Б	Для закрытых неотапливаемых помещений.
В	Для полевых и морских условий.

Методические указания по выполнению работы

1. Ознакомиться с основными теоретическими положениями и законами цепей постоянного тока и ответить на контрольные вопросы.
2. Собрать электрическую цепь по монтажной схеме (см. рис. 4). Соединение резисторов и измерительных приборов при сборке схемы производить с помощью соединительных штекерных проводов, входящих в комплект стенда. Далее подключить данную электрическую цепь к клеммам источника постоянного тока.

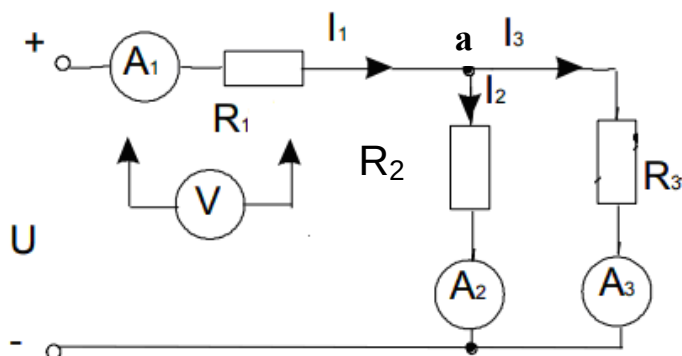


Рисунок 4- Электрическая цепь постоянного тока

3. Представить для проверки собранную цепь преподавателю.
4. Провести измерение токов и напряжений в электрической цепи.

Записать показания всех приборов в табл. 3 (измерения).

Таблица 3

Измерения						Вычисления									
U, В	U ₁ , В	U ₂ , В	I ₁ , А	I ₂ , А	I ₃ , А	U ₃ , В	R ₁ , Ом	R ₂ , Ом	R ₃ , Ом	R ₂₃ , Ом	R _{экв} , Ом	P ₁ , Вт	P ₂ , Вт	P ₃ , Вт	P _{ист} , Вт
110	60	50	0,5	0,2	0,3										

5. Отключить подачу напряжения от источника питания и разобрать цепь.
6. По измеренным значениям токов и напряжений, учитывая соединение резисторов R₂ и R₃ определить величину напряжения U₃. Также необходимо вычислить величины сопротивлений R₁, R₂, R₃, R₂₃, и эквивалентного сопротивления цепи R_{экв}.

$$R_1 = U_1 / I_1 ,$$

$$R_2 = U_2 / I_2 ,$$

$$R_3 = U_3 / I_3$$

$$R_{23} = (R_2 R_3) / (R_2 + R_3)$$

$$R_{\text{экв}} = R_{23} + R_1$$

7. Определить мощности P_1 , P_2 и P_3 , потребляемые резисторами R_1 , R_2 и R_3 , а также мощность источника тока $P_{\text{ист}}$:

$$P_1 = U_1 I_1; \quad P_2 = U_2 I_2; \quad P_3 = U_3 I_3; \quad P_{\text{ист}} = U^2/R_{\text{экв}}.$$

8. Проверить баланс мощностей: **сумма мощностей, потребляемых резисторами, равна мощности источника тока.** Для данной цепи:

$$P_1 + P_2 + P_3 = P_{\text{ист}}.$$

Только при соблюдении данного равенства вычисления произведены правильно! После этого заполняем табл. 3 (вычисления).

9. Записать выражения первого закона Кирхгофа для узла (а) и второго закона Кирхгофа для данной схемы.

10. Сформулировать вывод по работе.