www.opprib.ru
e-mail: info@opprib.ru

030101. Элементы электрических цепей постоянного тока.

Цель работы: Ознакомиться с основными элементами электрических цепей постоянного тока. Ознакомиться с составом модульного учебного комплекса МУК-ЭТ1. Освоить методы электрических измерений в цепях постоянного тока.

Требуемое оборудование: Модульный учебный комплекс МУК-ЭТ1

Приборы:

Блок генераторов напряжений ГН2	1 шт.
Амперметр-вольтметр АВ1	1 шт.
Стенд с объектами исследования С3-ЭМ01	1 шт.

Краткое теоретическое введение

Электрическая цепь, элементы цепи и их схемы замещения

Электрической цепью называется совокупность устройств, предназначенных для передачи, распределения и взаимного преобразования электромагнитной, тепловой, световой и др. видов энергии и информации, если процессы, протекающие в устройствах, могут быть описаны при помощи таких понятий, как ЭДС, напряжение и ток.

Основными *элементами* электрической цепи являются источники и приёмники электрической энергии и информации, которые соединяются между собой проводниками. В *источниках* электрической энергии (аккумуляторы, гальванические элементы, генераторы и т. п.) химическая, механическая, тепловая и др. виды энергии преобразуются в электрическую энергию. В *приёмниках* энергии таких, как нагреватели, электрические машины, осветительные приборы и т. п. электрическая энергия преобразуется в иные виды энергии.

Электрические цепи, в которых получение, передача и преобразование электрической энергии происходит при постоянных во времени токах и напряжениях, называются *цепями постоянного тока,* а при переменных во времени токах и напряжениях - *цепями переменного тока*.

Для расчета и исследования процессов, протекающих в электрической цепи, её заменяют расчетной *схемой замещения*, т. е. идеализированной цепью, которая служит расчетной моделью реальной цепи. При получении такой схемы, каждый реальный элемент цепи заменяется расчетной моделью – *элементом схемы*. Математическое описание каждого элемента (модель) должно отражать протекающие в нём главные физические процессы.

Резистивные элементы.

Одним из приёмников электрической цепи является резистивный элемент - *резистор*. В резистивном элементе электромагнитная энергия преобразуется в тепло. Параметром, характеризующим резистор, является активное сопротивление R, измеряемое в омах (Ом). Резистивные (или их ещё называют активные) сопротивления вводятся в схемы замещения элементов цепи для учета необратимого преобразования электромагнитной энергии в другие виды (например, тепловую, механическую, энергию излучения и т. п.).

Для расчета токов и напряжений в цепи необходимо задать положительные направления токов и напряжений в элементах цепи. За положительное направлением тока и напряжения выбрано их направление от узла с большим потенциалом к узлу с меньшим потенциалом (рис. 1.)

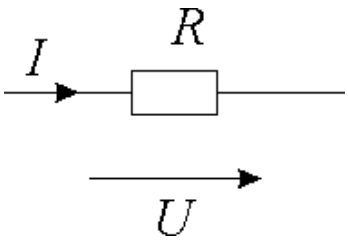


Рис. 1

В резистивном элементе напряжение связано с током законом Ома:

$$U = R \cdot I\,, \tag{1}$$

где R – электрическое сопротивление проводника;
U – падение напряжения на участке цепи;
I – ток в цепи.

Если значение сопротивления резистора не зависит от тока, протекающего через него, то такой резистор называется линейным, а электрическая цепь, состоящая только из таких резисторов, - линейной резистивной. Вольт амперная характеристика такого элемента (ВАХ) представляет собой линейную функцию, проходящую через начало координат.

Довольно часто при анализе линейных резистивных цепей приходится применять метод упрощения. Этот метод состоит в том, что участки электрической цепи заменяются более простыми по структуре, при этом токи и напряжения в непреобразованной части цепи не должны изменяться. В результате цепь “свертывается” до простейшего вида. При этом необходимо уметь преобразовывать последовательно и параллельно соединенные резистивные элементы.

Последовательное соединение резистивных элементов.

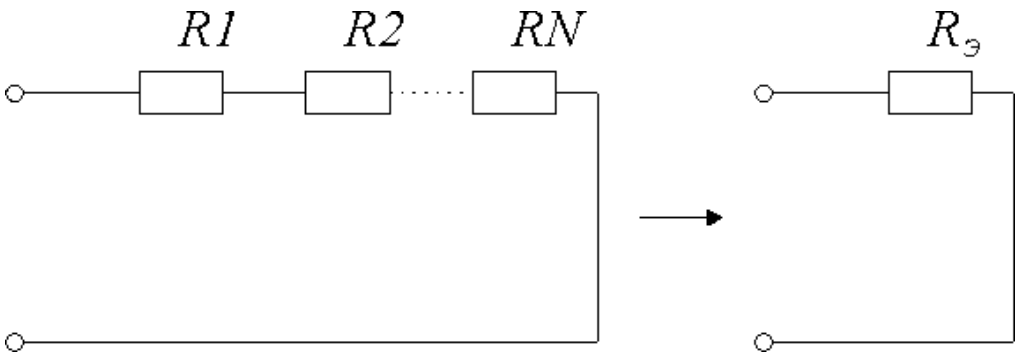


Рис. 2

Ток во всех последовательно соединенных элементах один и тот же. Для схемы на рис. 2 можно записать

$$U = (R1 + R2 + ... + RN)I = R_Э I, \tag{2}$$

где $R_Э$ – эквивалентное сопротивление.

Как видно из формулы, оно определяется как сумма всех последовательно включенных сопротивлений.

$$R_Э = R1 + R2 + ... + RN. \tag{3}$$

Параллельное соединение резистивных элементов.

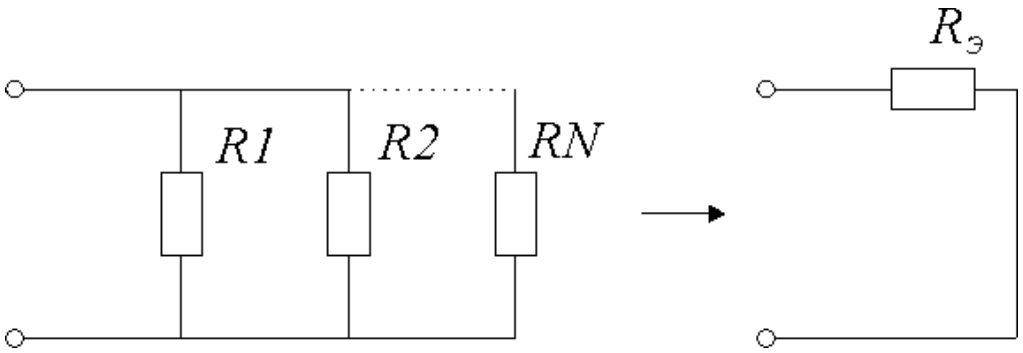


Рис. 3

В данной схеме (рис. 3) ко всем элементам приложено одно и то же напряжение U, а ток разветвляется ($I = I_1 + I_2 + ... + I_n$), поэтому можно записать:

$$I = U\left(\frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + ... + \frac{1}{RN}\right). \quad (4)$$

Вводя понятие проводимости $G=1/R$, получим:

$$I = U(G_1 + G_2 + ... + G_n) = UG_э. \quad (5)$$

Таким образом, эквивалентная проводимость $G_э$ параллельно включенных резистивных элементов равна сумме их проводимостей. В частном случае, если параллельно соединены два резистора, их эквивалентное сопротивление

$$R_э = \frac{R1 \cdot R2}{R1 + R2}, \quad (6)$$

Кроме резистивных элементов цепи постоянного тока содержат источники тока и напряжения.

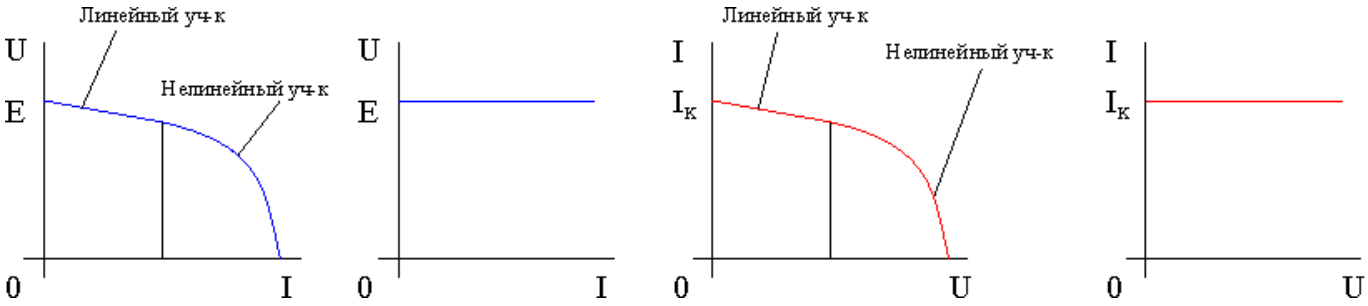
Источники энергии.

Источником напряжения (ЭДС, тока) называют источник, напряжение (ЭДС, ток) которого не зависит от сопротивления внешней цепи R_H. Схемы замещения реальных источников приведены на рис. 4,а – источник ЭДС (напряжения), а на рис. 4, в – источник тока. Величина ЭДС источника – E измеряется в режиме холостого хода (т. е. при токе в источнике I_E=0) и равна напряжению на его зажимах. В схемах замещения источников резистор $R_{ВН}=1/G_{ВН}$ учитывает тепловые потери энергии, выделяемые внутри источника. Если внутреннее сопротивление источников ЭДС (напряжения) - $R_{ВН}$ равно нулю, а источника тока – бесконечности, то такие источники называют идеальными (рис.4,б,г). В реальных источниках внутреннее сопротивление имеет конечное значение, поэтому на практике за источник ЭДС (напряжения) принимают источник, для которого выполняется условие $10R_{ВН} \le R_H \le \infty$, а при условии $0 \le R_H \le 0,1R_{ВН}$ - за источник тока, где R_H - внешнее сопротивление, на которое включен источник.

а) б) в) г)

Рис. 4

Источники напряжения, ЭДС и тока могут представляться внешними характеристиками: для источников напряжения и ЭДС - зависимостями напряжения или ЭДС от тока, протекающего через источник, а для источника тока - зависимостями тока от напряжения на его зажимах.



а) б) в) г)

Рис. 5

На рис. 5,а,в показаны внешние характеристики реальных источников ЭДС и тока, где имеются линейный (рабочий) и нелинейный участки характеристик, на которых источник может выйти из строя. На рис. 5,б,г изображены внешние характеристики идеальных источников ЭДС и тока. В данной работе рассматриваются источники, которые работают на линейном участке характеристики.

Линейный участок источника ЭДС описывается законом Ома для полной цепи:

$$I = \frac{E}{R_H + R_{BH}}. \tag{7}$$

Отсюда

$$U = E - R_{BH} I. \tag{8}$$

Внутреннее сопротивление R_{BH} источника ЭДС можно определить исходя из графика как тангенс угла наклона линейного участка:

$$R_{BH} = \frac{\Delta U}{\Delta I}, \tag{9}$$

где ΔI – изменение тока нагрузки;

ΔU – изменение выходного напряжения источника ЭДС, соответствующее значению ΔI.

Аналогичным образом можно найти внутреннюю проводимость генератора $G_{ВН}$:

$$G_{ВН} = \frac{\Delta I}{\Delta U}, \qquad (10)$$

Измерительные приборы.

Для измерения тока протекающего через участок цепи используется амперметр, который включается в цепь последовательно. Для измерения напряжения на участке цепи используются вольтметр, который включается параллельно.

а) б) в) г)

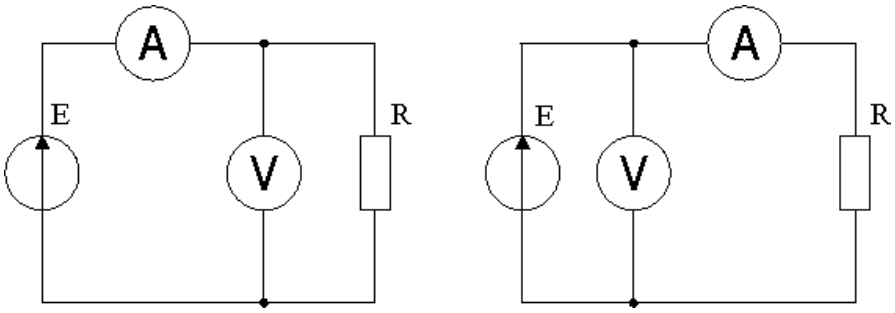
Рис. 6

Если внутреннее сопротивление амперметра $R_{ВН}$ и проводимость вольтметра $G_{ВН}$ равны нулю, такие измерительные приборы называют идеальными (рис 4 б,г).

Рассмотрим способы включения измерительных приборов на примере метода измерения сопротивления. Найти величину сопротивления можно, воспользовавшись законом Ома для участка цепи

$$R = \frac{U}{I}. \qquad (11)$$

Поскольку любые реальные измерительные приборы неидеальны, то в зависимости от величины измеряемого сопротивления возможны два варианта их включения.



а) б)

Рис. 7

Первый вариант включения измерительных приборов (рис. 7 а) возможен при следующем условии:

– внутреннее сопротивление вольтметра намного больше измеряемого сопротивления (вольтметр не шунтирует измеряемое сопротивление);

– сопротивление амперметра должно быть таким, чтобы падение напряжения на нем существенно не уменьшало падение напряжения на измеряемом сопротивлении. Измеряемое вольтметром напряжение должно при этом находиться в рабочем диапазоне.

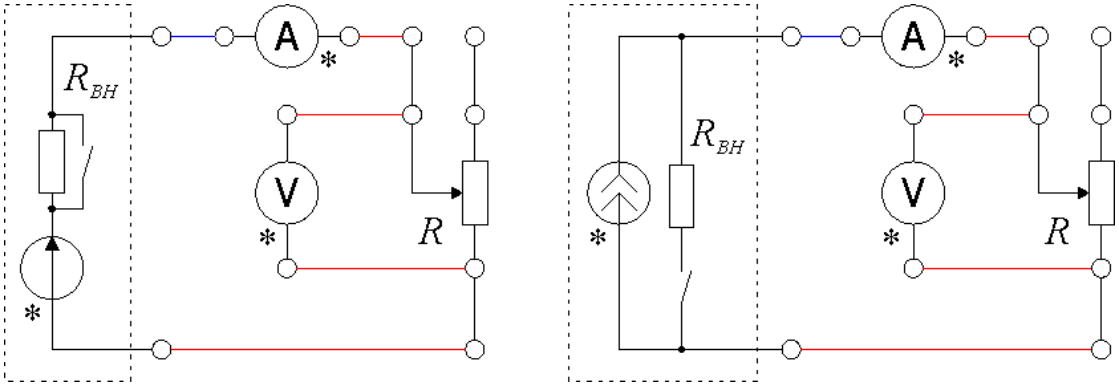
Второй вариант включения измерительных приборов (рис. 7 б) возможен при следующем условии:

– внутреннее сопротивление вольтметра соизмеримо с измеряемым сопротивлением;
– внутреннее сопротивление амперметра намного меньше измеряемого сопротивления.

Методика эксперимента

Измерять параметры источников можно с помощью схем, представленных на рис. 8. В качестве исследуемых источников используются генератор напряжения и генератор тока, расположенные в блоке ГН2. Внутренние сопротивления $R_{ВН}$ этих генераторов могут изменяться соответствующими переключателями.

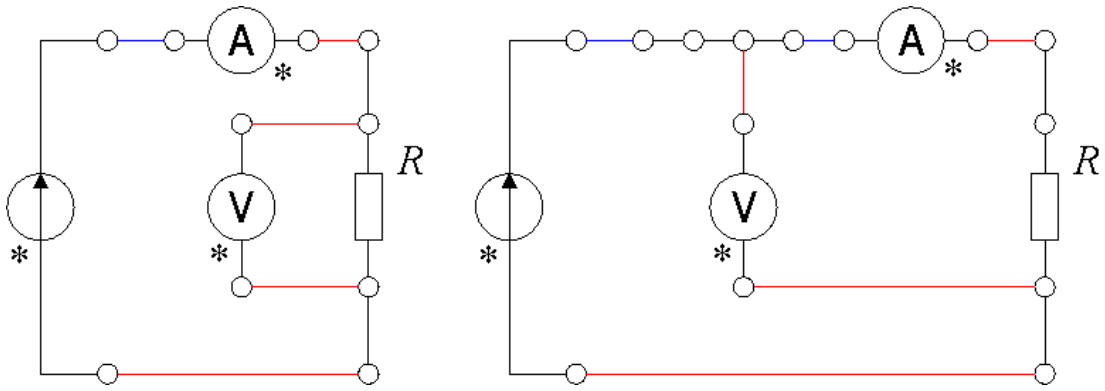
В качестве измерительных приборов используются амперметр и вольтметр, содержащиеся в блоке АВ1. Переменное сопротивление, изменяющее ток нагрузки находятся в стенде с объектами исследования С3-ЭМ01.



а) б)

Рис. 8

Для измерения сопротивления необходимо воспользоваться следующими схемами (Рис.9). Источник ЭДС используется с выключенным внутренним сопротивлением.



а) б)

Рис. 9

На приведенных выше схемах (рис. 8, рис.9) синим цветом обозначены проводники типа Ш4/Ш4, а красным – Ш4/Ш1,6.

Рекомендуемое задание к работе

1. Определение параметров источника ЭДС.

На стенде с объектами исследования С3-ЭМ01 собрать схему по рис. 8 а. В генераторе включить его внутреннее сопротивление. Установить произвольное значение напряжения на выходе источника ЭДС.

Изменяя сопротивление *R*, снимите зависимость *U=f(I)* и постройте график. Найдите внутреннее сопротивление по формуле (9). Экстраполируйте полученный график до пересечения с осью напряжения и найдите значение ЭДС.

Отключите внутреннее сопротивление. В этом случае источник ЭДС будет близок к идеальному ($R_{ВН} \rightarrow 0$). Аналогичным образом, изменяя сопротивление *R*, снимите зависимость *U=f(I)* и постройте график. Найдите внутреннее сопротивление по формуле (9) и ЭДС. Сравните полученный результат.

2. Определение параметров источника тока.

На стенде с объектами исследования С3-ЭМ01 собрать схему по рис. 8 б. В генераторе включить его внутреннее сопротивление. Установить произвольное значение тока генератора.

Изменяя сопротивление *R*, снимите зависимость *I=f(U)* и постройте график. Найдите внутреннее сопротивление по формуле (9). Экстраполируйте полученный график до пересечения с осью *I* и найдите значение тока генератора I_K.

Отключите внутреннее сопротивление. В этом случае источник ЭДС будет близок к идеальному ($R_{ВН} \rightarrow 0$). Аналогичным образом, изменяя сопротивление *R*, снимите зависимость *U=f(I)* и постройте график. Найдите внутреннюю проводимость по формуле (10) и значение тока генератора I_K. Сравните полученный результат.

3. Измерение сопротивлений.

Соберите схему. Внутреннее сопротивление генератора постоянного напряжения (блок ГН) следует выключить. Установите значения ЭДС генератора около 1В.

Проведите измерения сопротивлений резисторов 68 Ом и 470 кОм, используя разные схемы включения измерительных приборов (рис. 9). Сравните результаты и сделайте выводы.

Подберите схему включения измерительных приборов для определения R_{1X} или R_{2X}.

4. Изучение последовательного и параллельного включения сопротивлений.

Рассчитайте теоретическое значение эквивалентного сопротивления при последовательном и параллельном включенном резисторов 680 Ом и 820 Ом. Произведите измерения. Сравните полученный результат с результатом расчета.

5. ВАХ сопротивления.

Используя закон Ома, рассчитайте теоретическую зависимость *U=f(I)* для сопротивления 680 Ом или 820 Ом.

Проведите экспериментальное исследование зависимости *U=f(I)*. Сравните полученный результат с теоретическим расчетом. Убедитесь, что цепь, содержащая резистор линейная.