

Уважаемые студенты!

- Изучите теоретический материал;
- Написать краткий конспект;
- По вопросам обращаться 072-1098278 или hvastov@rambler.ru
- Фотоотчёт конспекта прислать в течение 3 дней со дня получения задания на hvastov@rambler.ru

Тема: Электрический ток. Закон Ома

Содержание:

1. Законы постоянного тока. Формулы
2. Электрический ток и его характеристики
3. Вольтметр и амперметр

При помещении изолированного проводника в электрическое поле $\rightarrow E \rightarrow$ на свободные заряды q в проводнике будет действовать сила $\rightarrow F = q \rightarrow E$. Это провоцирует возникновение кратковременных перемещений свободных зарядов. Процесс завершается, когда собственное поле электрических зарядов будет компенсировано внешним. Электростатическое поле внутри проводника станет равным нулю.

Определение 1

Существуют определенные условия, при которых возникает непрерывное упорядоченное движение свободных носителей заряда. Оно получило название **электрического тока**.

За направление электрического тока принято брать направление движения положительных свободных зарядов. При наличии электрического поля произойдет возникновение электрического тока в проводнике.

Определение 2

Силой тока называют скалярную физическую величину I , равняющуюся отношению заряда Δq , протекающего по сечению проводника за время Δt :

$$I = \Delta q / \Delta t$$

При неизменяемых силе тока и направлении за промежуток времени ток называют **постоянным**. Следует обращать внимание на его характеристики.

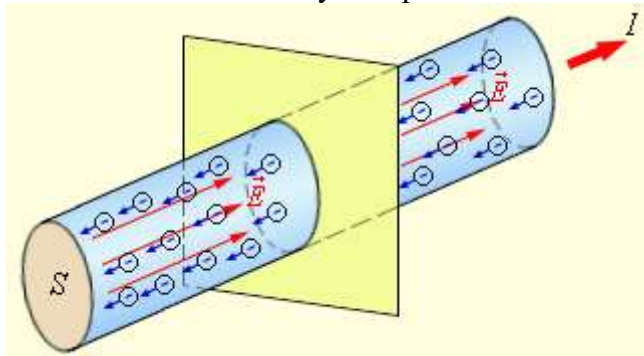


Рисунок 1. Упорядоченное движение электронов в металлическом проводнике и ток I . S – площадь поперечного сечения проводника, – электрическое поле.

Определение 3

В системе СИ I измеряется в амперах (A), а единица измерения $1 A$ устанавливается по магнитному взаимодействию двух параллельных проводников.

Законы постоянного тока. Формулы

Определение 4

Постоянный электрический ток создается в замкнутой цепи, где свободные носители заряда проходят по замкнутым траекториям.

Разные точки цепи обладают неизменным по времени электрическим полем, исходя из основных законов постоянного тока. То есть в такой цепи оно ассоциируется с замороженным электростатическим полем. Когда электрический заряд перемещается по замкнутой траектории, то работа сил равняется нулю.

Определение 5

Чтобы постоянный ток имел место на существование, нужно наличие такого устройства в цепи, которое будет создавать и поддерживать разности потенциалов разных участков цепи при помощи работы сил неэлектростатического происхождения. Их называют источниками постоянного тока. Такие силы, действующие на свободные носители заряда со стороны источников тока, получили название **сторонних сил**.

Их природа различна. Гальванические элементы или аккумуляторы обладают сторонними силами, возникающими по причине электрохимических процессов. В генераторах это обстоит по-другому: появление сторонних сил возможно при движении проводников в магнитном поле. Источник тока сравним с насосом, перекачивающим жидкость замкнутой гидравлической системы. Электрические заряды внутри источника под действием сторонних сил движутся против сил электростатического поля. Именно поэтому замкнутая цепь может обладать постоянным током.

Перемещаясь по цепи постоянного тока, электрические заряды сторонних сил действуют на источники тока, то есть совершают работу.

Определение 6

Физическую величину, равную отношению сторонних сил $A_{ст}$ при перемещении заряда qq от отрицательного полюса источника к положительной величине этого заряда, называют **электродвижущей силой источника (ЭДС)**:

$$\mathcal{E} = \delta = A_{ст}q.$$

Отсюда следует, что ЭДС определяется совершаемой сторонними силами работой при перемещении единичного положительного заряда. ЭДС измеряется в вольтах (B).

Если по замкнутой цепи движется единично положительный заряд, то работа сторонних сил равняется сумме ЭДС, которая действует в данной цепи с работой электростатического поля, имеющего значение 0.

Определение 7

Цепь с постоянной величиной тока следует разбивать на участки. Если на них отсутствует действие сторонних сил, тогда участки называют **однородными**, если присутствуют, то **неоднородными**.

Когда единичный положительный заряд перемещается по определенному участку цепи, то работу совершают кулоновские и сторонние силы. Запись работы электростатических сил равняется разности потенциалов $\Delta\varphi_{12} = \varphi_1 - \varphi_2$ начальной и конечной точек неоднородного участка. Работу сторонних сил приравнивают к электродвижущей данного участка по закону Ома. Тогда полная работа запишется как:

$$U_{12} = \varphi_1 - \varphi_2 + \delta_{12}.$$

Величина U_{12} называется напряжением участка цепи 1–2. Если данный участок однородный, тогда напряжение фиксируется как разность потенциалов:

$$U_{12} = \varphi_1 - \varphi_2 \quad U_{12} = \varphi_1 - \varphi_2.$$

В 1826 году Г. Ом с помощью эксперимента установил, что сила тока I , текущая по однородному металлическому проводнику (отсутствие действия сторонних сил), пропорциональна напряжению на U концах проводника.

$$I = 1RU \text{ или } RI = U, \text{ где } R = \text{const.}$$

Определение 8

R называют **электрическим сопротивлением**.

Проводник, имеющий электрическое сопротивление, получил название **резистора**. Связь между R и I говорит о формулировке закона Ома для однородного участка цепи: сила тока в проводнике прямо пропорциональна приложенному напряжению и обратно пропорциональна сопротивлению.

Обозначение сопротивления по системе $СИ$ выражается омами (Om).

Если на участке цепи имеется сопротивление в $1 Om$, тогда при напряжении $1 B$ во время измерения возникает ток силой $1 A$.

Электрический ток и его характеристики

Определение 9

Проводники, которые подчинены закону Ома, получили название **линейных**.

Для изображения графической зависимости силы тока I от U (графики называют **вольт-амперными характеристиками, ВАХ**) используется прямая линия, проходящая через начало координат.

Существуют устройства, не подчиняющиеся закону Ома. К ним относят полупроводниковый диод или газоразрядную лампу. Металлические проводники имеют отклонения от закона Ома при токах большой силы. Это связано с ростом температуры.

Определение 10

Участок цепи, содержащий ЭДС, позволяет записывать закон Ома таким образом:

$$IR = U_{12} = \varphi_1 - \varphi_2 + \delta = \Delta\varphi_{12} + \delta.$$

Формула получила название **обобщенного закона Ома** или **закон Ома для неоднородного участка цепи**.

Рисунок 2 показывает замкнутую цепь с постоянным током, причем ток цепи (cd) считается однородным.

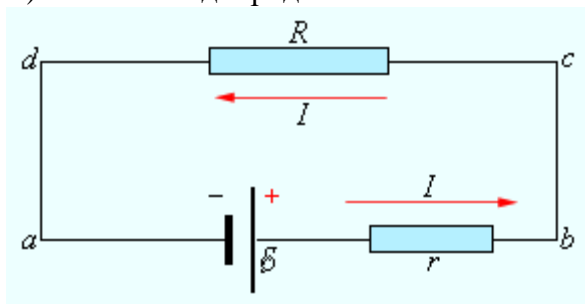


Рисунок 2. Цепь постоянного тока.

Исходя из закона Ома $IR = \Delta\varphi_{cd}$, участок (ab) содержит источник тока с ЭДС, равной δ . Тогда для неоднородного участка формула примет вид $Ir = \Delta\varphi_{ab} + \delta$. Сумма обоих равенств дает в результате выражение $I(R+r) = \Delta\varphi_{cd} + \Delta\varphi_{ab} + \delta$. Но $\Delta\varphi_{cd} = \Delta\varphi_{ba} = -\Delta\varphi_{ab}$, тогда $I = \delta R + r$.

Определение 11

Формула $I = \delta R + r$ выражает **закон Ома для полной цепи**. Запишем ее, как определение: сила тока в полной цепи равняется электродвижущей силе источника, деленной на сумму сопротивлений однородного и неоднородного участков цепи.

Рисунок 2 говорит о том, что R неоднородного тела может быть рассмотрено как внутреннее сопротивление источника тока. Тогда (ab) участок будет являться внутренним участком источника.

Определение 12

При замыкании aa и b с помощью проводника с малым по сравнению с внутренним сопротивлением источника получим, что в цепи имеется ток короткого замыкания $I_{кз} = \delta r$.

Сила тока короткого замыкания является максимальной, получаемой от источника с ЭДС и внутренним сопротивлением r . Если внутренне сопротивление мало, тогда ток короткого замыкания может вызвать разрушение электрической цепи или источника.

Пример 1

Свинцовые аккумуляторы автомобилей имеют силу тока короткого замыкания в несколько сотен ампер. Особую опасность представляют замыкания в осветительных сетях, которые имеют подпитку от подстанций. Во избежание разрушительных действий предусмотрены предохранители или автоматы для защиты сетей.

Чтобы при превышении допустимых значений силы тока не произошло короткого замыкания, используют внешнее сопротивление. Если сопротивление r равняется сумме внутреннего и внешнего сопротивления источника, сила тока не будет превышать норму.

При наличии разомкнутой цепи разность потенциалов на полюсах разомкнутой батареи равняется ее ЭДС. Когда внешнее RR включено и ток I подается через батарею, то разность потенциалов на полюсах запишется, как $\Delta\varphi_{ba} = \delta - Ir$.

Рисунок 3 дает точное схематическое изображение источника постоянного тока с ЭДС, равной δ , внутренним r в трех режимах: «холостой ход», работа на нагрузку, режим короткого замыкания. $\rightarrow E$ является напряженностью внутри электрического поля внутри батареи, а $\leftarrow F_{ст} \rightarrow$ — силами, действующими на положительные заряды, $\leftarrow F_{ст} \rightarrow$ — сторонней силой. Исчезновение электрического поля возникает при коротком замыкании.

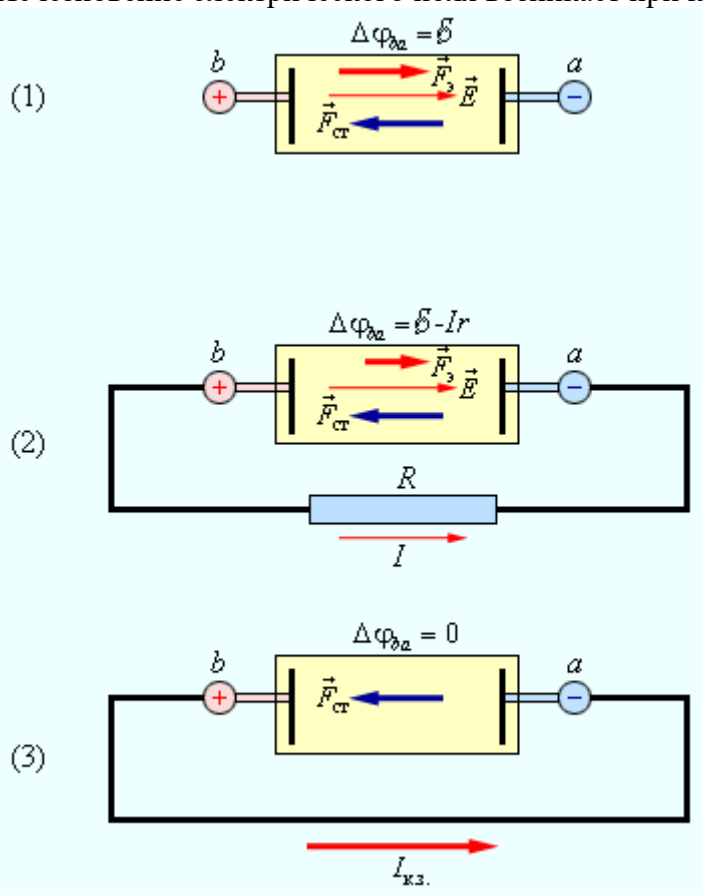


Рисунок 3. Схематическое изображение источника постоянного тока: 1 – батарея разомкнута; 2 – батарея замкнута на внешнее сопротивление R ; 3 – режим короткого замыкания.

Вольтметр и амперметр

Определение 13

Применяются измерительные приборы для напряжения тока в электрических цепях, называемые **вольтметрами и амперметрами**.

Определение 14

Вольтметр измеряет разности потенциалов, приложенные к его клеммам.

Подключение к цепи производится параллельно. Каждый из приборов такого типа имеет внутреннее сопротивление $RВ$. Чтобы перераспределение токов не было заметно, нужно проследить за тем, чтобы внутреннее сопротивление было больше, чем на участках подключаемой цепи. На рисунке 4 изображена такая цепь, тогда данное условие можно записать как $RВ \gg R1$.

Это означает, что ток $IВ = \Delta\varphi_{cd} RВ$, протекающий через вольтметр, меньше тока $I = \Delta\varphi_{cd} R1$, проходящего по заданному участку цепи.

Внутри прибора также не действуют сторонние силы, поэтому разность потенциалов его клемм совпадет со значением напряжения. Отсюда следует, что вольтметр измеряет напряжение.

Определение 15

Амперметр предназначается для измерения силы тока в цепи.

Его подключение к цепи производится последовательно для прохождения всего измеряемого тока. Внутреннее сопротивление прибора обозначается как R_A . В отличие от вольтметра должно иметь малые значения относительно полного сопротивления цепи. На рисунке показано, что сопротивление амперметра подходит к условию $R_A \ll (r + R_1 + R_2)$. При включении прибора ток в цепи не должен изменяться.

Измерительные приборы подразделяют на стрелочные и цифровые, последние из которых являются сложными электронными устройствами и способны давать максимально точные значения при измерении.

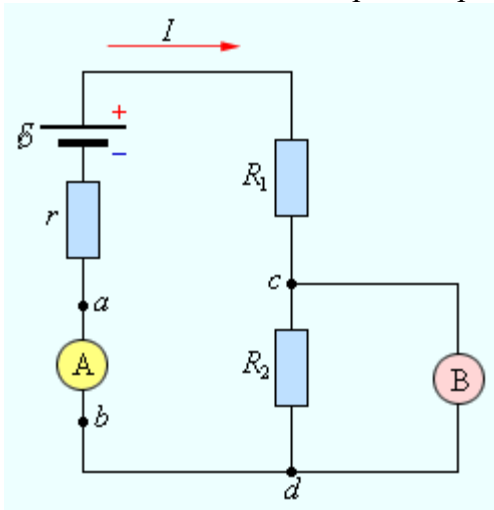


Рисунок 4. Включение амперметра (A) и вольтметра (B) в электрическую цепь.