ЭЛЕКТРОДВИЖУЩАЯ СИЛА

Любой источник тока характеризуется электродвижущей силой, или сокращённо ЭДС. Так, на круглой батарейке для карманного фонарика написано: 1,5 В. Что это значит?

Если соединить проводником два разноимённо заряженных шарика, то заряды быстро нейтрализуют друг друга, потенциалы шариков станут одинаковыми, и электрическое поле исчезнет (рис. а).

Сторонние силы. Для того чтобы ток был постоянным, надо поддерживать постоянное напряжение между шариками. Для этого необходимо устройство (источник тока), которое перемещало бы заряды от одного шарика к другому в направлении, противоположном направлению сил, действующих на эти заряды со стороны электрического поля шариков.

В таком устройстве на заряды, кроме электрических сил, должны действовать силы неэлектростатического происхождения (рис. б).

Одно лишь электрическое поле заряженных частиц (кулоновское поле) не способно поддерживать постоянный ток в цепи.

Любые силы, действующие на электрически заряженные частицы, за исключением сил электростатического происхождения (т. е. кулоновских), называют сторонними силами. Вывод о необходимости сторонних сил для поддержания постоянного тока в цепи станет ещё очевиднее, если обратиться к закону сохранения энергии.

Электростатическое поле потенциально. Работа этого поля при перемещении в нём заряженных частиц по замкнутой электрической цепи равна нулю. Прохождение же тока по проводникам сопровождается выделением энергии — проводник нагревается. Следовательно, в цепи должен быть какой-то источник энергии, поставляющий её в цепь. В нём, помимо кулоновских сил, обязательно должны действовать сторонние, непотенциальные силы.

Работа этих сил вдоль замкнутого контура должна быть отлична от нуля. Именно в процессе совершения работы этими силами заряженные частицы приобретают внутри источника тока энергию и отдают её затем проводникам электрической цепи. Сторонние силы приводят в движение заряженные частицы внутри всех источников тока: в генераторах на электростанциях, в гальванических элементах, аккумуляторах и т. д.

При замыкании цепи создаётся электрическое поле во всех проводниках цепи. Внутри источника тока заряды движутся под действием сторонних сил против кулоновских сил (электроны от положительно заряженного электрода к отрицательному), а во внешней цепи их приводит в движение электрическое поле (см. рис. б).

**Природа сторонних сил.**

Природа сторонних сил может быть разнообразной. В генераторах электростанций сторонние силы — это силы, действующие со стороны магнитного поля на электроны в движущемся проводнике.

В гальваническом элементе, например в элементе Вольта, действуют химические силы.

Элемент Вольта состоит из цинкового и медного электродов, помещённых в раствор серной кислоты. Химические силы вызывают растворение цинка в кислоте. В раствор переходят положительно заряженные ионы цинка, а сам цинковый электрод при этом заряжается отрицательно. (Медь очень мало растворяется в серной кислоте.) Между цинковым и медным электродами появляется разность потенциалов, которая и обусловливает ток во внешней электрической цепи.

**Электродвижущая сила.**

Действие сторонних сил характеризуется важной физической величиной, называемой электродвижущей силой (сокращённо ЭДС). Электродвижущая сила источника тока равна отношению работы сторонних сил при перемещении заряда по замкнутому контуру к абсолютной величине этого заряда:



Электродвижущую силу, как и напряжение, выражают в вольтах. Разность потенциалов на клеммах батареи при разомкнутой цепи равна электродвижущей силе. ЭДС одного элемента батареи обычно 1—2 В.

Можно говорить также об электродвижущей силе и на любом участке цепи. Это удельная работа сторонних сил (работа по перемещению единичного заряда) не во всём контуре, а только на данном участке. Электродвижущая сила гальванического элемента есть величина, численно равная работе сторонних сил при перемещении единичного положительного заряда внутри элемента от одного полюса к другому. Работа сторонних сил не может быть выражена через разность потенциалов, так как сторонние силы непотенциальны и их работа зависит от формы траектории перемещения зарядов.

ЗАКОН ОМА ДЛЯ ПОЛНОЙ ЦЕПИ

Сформулируйте закон Ома для участка цепи.

Из каких элементов состоит электрическая цепь?

Для чего служит источник тока?

Рассмотрим простейшую полную (т. е. замкнутую) цепь, состоящую из источника тока (гальванического элемента, аккумулятора или генератора) и резистора сопротивлением R (рис. 1).



Источник тока имеет ЭДС Ε и сопротивление r. В генераторе r — это сопротивление обмоток, а в гальваническом элементе сопротивление раствора электролита и электродов.

Сопротивление источника называют внутренним сопротивлением в отличие от внешнего сопротивления R цепи.

Закон Ома для замкнутой цепи связывает силу тока в цепи, ЭДС и полное сопротивление цепи R + r. Эта связь может быть установлена теоретически, если использовать закон сохранения энергии и закон Джоуля—Ленца (15.14).

Пусть за время Δt через поперечное сечение проводника проходит электрический заряд Δq. Тогда работу сторонних сил при перемещении заряда Δq можно записать так: Аст= ΕΔq. Согласно определению силы тока Δq = IΔt. Поэтому

**Аст = ΕIΔt**

При совершении этой работы на внутреннем и внешнем участках цепи, сопротивления которых г и Я, выделяется некоторое количество теплоты. По закону Джоуля—Ленца оно равно:

**Q = I2 RΔt + I2 rΔt.**

По закону сохранения энергии Аст = Q, откуда получаем

**Ε = IR + 1r.**

Произведение силы тока и сопротивления участка цепи называют падением напряжения на этом участке.

Таким образом, ЭДС равна сумме падений напряжения на внутреннем и внешнем участках замкнутой цепи.

Закон Ома для замкнутой цепи:

Сила тока в замкнутой цепи равна отношению ЭДС источника тока к полному сопротивлению цепи.



Согласно этому закону сила тока в цепи зависит от трёх величин: ЭДС Ε сопротивлений R внешнего и г внутреннего участков цепи. Внутреннее сопротивление источника тока не оказывает заметного влияния на силу тока, если оно мало по сравнению с сопротивлением внешней части цепи (R >> r). При этом напряжение на зажимах источника примерно равно ЭДС: U = IR = Ε - Ir ≈ Ε

При коротком замыкании, когда R ≈ 0, сила тока в цепи и определяется именно внутренним сопротивлением источника и при электродвижущей силе в несколько вольт может оказаться очень большой, если r мало (например, у аккумулятора r ≈ 0,1 — 0,001 Ом). Провода могут расплавиться, а сам источник выйти из строя. Если цепь содержит несколько последовательно соединённых элементов с ЭДС Ε1, Ε2, Ε3 и т. д., то полная ЭДС цепи равна алгебраической сумме ЭДС отдельных элементов.

Для определения знака ЭДС любого источника нужно вначале условиться относительно выбора положительного направления обхода контура. На рисунке (2) положительным (произвольно) считают направление обхода против часовой стрелки. Если при обходе цепи данный источник стремится вызвать ток в направлении обхода, то его ЭДС считается положительной: Ε > 0. Сторонние силы внутри источника совершают при этом положительную работу.

Если же при обходе цепи данный источник вызывает ток против направления обхода цепи, то его ЭДС будет отрицательной: Ε < 0. Сторонние силы внутри источника совершают отрицательную работу. Так, для цепи, изображённой на рисунке 2, при обходе контура против часовой стрелки получаем следующее уравнение:

 Εп = Ε1 + Ε2 + Ε3 = |Ε1| - |Ε2| + |Ε3| Если Εп > 0, то согласно формуле сила тока I > 0, т. е. направление тока совпадает с выбранным направлением обхода контура.

При Εп < 0, наоборот, направление тока противоположно выбранному направлению обхода контура. Полное сопротивление цепи Rп равно сумме всех сопротивлений (см. рис. 2):

Rп = R + r1 + r2 + r3.

Для любого замкнутого участка цепи, содержащего несколько источников токов, справедливо следующее правило: алгебраическая сумма падений напряжения равна алгебраической сумме ЭДС на этом участке (второе правило Кирхгофа):

**I1 R1+ I2 R2 + ... + Iп Rп = Ε1 + Ε2 + ... + Εm**

**РЕШИТЕЗАДАЧИ ПО ТЕМЕ «РАБОТА И МОЩНОСТЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА. ЗАКОН ОМА ДЛЯ ПОЛНОЙ ЦЕПИ**

1. Аккумулятор с ЭДС Ε = 6,0 В и внутренним сопротивлением r — 0,1 Ом питает внешнюю цепь с сопротивлением R = 12,4 Ом. Какое количество теплоты Q выделится во всей цепи за время t = 10 мин?
2. Разность потенциалов в сети зарядной станции равна 20 В. Внутреннее сопротивление аккумулятора, поставленного на зарядку, равно 0,8 Ом; в начальный момент времени его остаточная ЭДС равна 12 В. Какая мощность будет расходоваться станцией на зарядку аккумулятора при этих условиях? Какая часть этой мощности будет расходоваться на нагревание аккумулятора?
3. При подключении вольтметра сопротивлением RV = 200 Ом непосредственно к зажимам источника он показывает U = 20 В. Если же этот источник замкнуть на резистор сопротивлением R = 8 Ом, то сила тока в цепи I2 = 0,5 А. Определите ЭДС и внутреннее сопротивление источника.
4. Определите силу тока короткого замыкания для источника, который при силе тока в цепи I1 = 10 А имеет полезную мощность Р1 = 500 Вт, а при силе тока I2 = 5 А — мощность Р2 = 375 Вт.
5. Конденсатор ёмкостью 2 мкФ включён в цепь (рис. 3), содержащую три резистора и источник постоянного тока с ЭДС 3,6 В и внутренним сопротивлением 1 Ом. Сопротивления резисторов R1 = 4 Ом, R2 = 7 Ом, R3 = 3 Ом. Чему равен заряд на правой обкладке конденсатора?

Источник: «Физика - 10 класс», 2014, учебник Мякишев, Буховцев, Сотский

Активная ссылка на источник «Класс!ная физика» обязательна: <http://class-fizika.ru/10_a164.html>