

Закон Ома для участка цепи. Сопротивление

Что заставляет заряды двигаться вдоль проводника?

Как электрическое поле действует на заряды?

Вольт-амперная характеристика. В предыдущей теме говорилось, что для существования тока в проводнике необходимо создать разность потенциалов на его концах. Сила тока в проводнике определяется этой разностью потенциалов. Чем больше разность потенциалов, тем больше напряжённость электрического поля в проводнике и, следовательно, тем большую скорость направленного движения приобретают заряженные частицы. Согласно формуле (15.2) это означает увеличение силы тока.

Для каждого проводника — твёрдого, жидкого и газообразного — существует определённая зависимость силы тока от приложенной разности потенциалов на концах проводника.

Запомни

Зависимость силы тока в проводнике от напряжения, подаваемого на него, называют **вольт-амперной характеристикой** проводника.

Её находят, измеряя силу тока в проводнике при различных значениях напряжения. Знание вольт-амперной характеристики играет большую роль при изучении электрического тока.

Закон Ома. Наиболее простой вид имеет вольт-амперная характеристика металлических проводников и растворов электролитов. Впервые (для металлов) её установил немецкий учёный Георг Ом, поэтому зависимость силы тока от напряжения носит название *закона Ома*.



Г. Ом
(1787—1854)

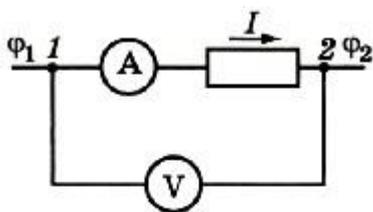


Рис. 15.3

На участке цепи, изображённой на рисунке 15.3, ток направлен от точки 1 к точке 2. Разность потенциалов (напряжение) на концах проводника равна $U = \varphi_1 - \varphi_2$. Так как ток направлен слева направо, то напряжённость электрического поля направлена в ту же сторону и $\varphi_1 > \varphi_2$.

Измеряя силу тока амперметром, а напряжение вольтметром, можно убедиться в том, что сила тока прямо пропорциональна напряжению.

Закон Ома для участка цепи

Сила тока на участке цепи прямо пропорциональна приложенному к нему напряжению U

и обратно пропорциональна сопротивлению этого участка R :

$$I = \frac{U}{R}. \quad (15.3)$$

Применение обычных приборов для измерения напряжения — вольтметров — основано на законе Ома. Принцип устройства вольтметра такой же, как и у амперметра. Угол поворота стрелки прибора пропорционален силе тока.

Сила тока, проходящего по вольтметру, определяется напряжением между точками цепи, к которой он подключён. Поэтому, зная сопротивление вольтметра, можно по силе тока определить напряжение. На практике прибор градуируют так, чтобы он сразу показывал напряжение в вольтах.

Сопротивление. Основная электрическая характеристика проводника — *сопротивление*. От этой величины зависит сила тока в проводнике при заданном напряжении.

Запомни

Свойство проводника ограничивать силу тока в цепи, т. е. противодействовать электрическому току, называют **электрическим сопротивлением проводника**.

С помощью закона Ома (15.3) можно определить сопротивление проводника: $R = \frac{U}{I}$.

Для этого нужно измерить напряжение на концах проводника и силу тока в нём.

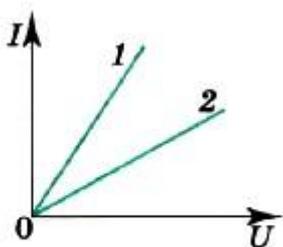


Рис. 15.4

На рисунке 15.4 приведены графики вольт-амперных характеристик двух проводников. Очевидно, что сопротивление проводника, которому соответствует график 2, больше, чем сопротивление проводника, которому соответствует график 1.

Важно

Сопротивление проводника не зависит от напряжения и силы тока.

Сопротивление зависит от материала проводника и его геометрических размеров. Сопротивление проводника длиной l с постоянной площадью поперечного сечения S равно:

$$R = \rho \frac{l}{S}, \quad (15.4)$$

где ρ — величина, зависящая от рода вещества и его состояния (от температуры в первую очередь).

Величину ρ называют *удельным сопротивлением проводника*.

Удельное сопротивление материала численно равно сопротивлению проводника из этого материала длиной 1 м и площадью поперечного сечения 1 м^2 .

Единицу сопротивления проводника устанавливают на основе закона Ома и называют её омом.

Важно

Проводник имеет сопротивление 1 Ом, если при разности потенциалов 1 В сила тока в нём 1 А.

Единицей удельного сопротивления является $1 \text{ Ом} \cdot \text{м}$. Удельное сопротивление металлов мало. А вот диэлектрики обладают очень большим удельным сопротивлением. Например, удельное сопротивление серебра $1,59 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$, а стекла порядка $10^{10} \text{ Ом} \cdot \text{м}$. В справочных таблицах приводятся значения удельного сопротивления некоторых веществ.

Значение закона Ома. Из закона Ома следует, что при заданном напряжении сила тока на участке цепи тем больше, чем меньше сопротивление этого участка. Если по какой-то причине (нарушение изоляции близко расположенных проводов, неосторожные действия при работе с электропроводкой и пр.) сопротивление между двумя точками, находящимися под напряжением, оказывается очень малым, то сила тока резко возрастает (возникает короткое замыкание), что может привести к выходу из строя электроприборов и даже возникновению пожара.

Именно из-за закона Ома нельзя говорить, что чем выше напряжение, тем оно опаснее для человека. Сопротивление человеческого тела может сильно изменяться в зависимости от условий (влажности, температуры окружающей среды, внутреннего состояния человека), поэтому даже напряжение 10—20 В может оказаться опасным для здоровья и жизни человека. Следовательно, всегда необходимо учитывать не только напряжение, но и силу электрического тока. При работе в физической лаборатории нужно строго соблюдать правила техники безопасности!

Закон Ома — основа расчётов электрических цепей в электротехнике.

ЗАДАНИЕ

1. Изучить тему, составить краткий конспект.

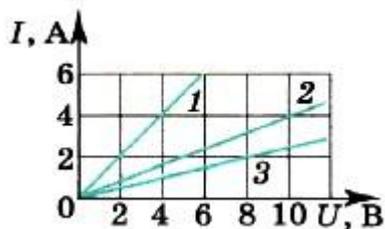
2. Вопросы (уметь отвечать устно)

1 Согласно закону Ома сопротивление участка цепи $R = \frac{U}{I}$. Означает ли это, что сопротивление зависит от силы тока или напряжения?

2. Что такое удельное сопротивление проводника?

3. Посмотреть видеофайл по ссылке: <https://youtu.be/txKaOPs9PCs>

4. Задание (для желающих)



Образцы заданий ЕГЭ

A1. При увеличении напряжения U на участке электрической цепи сила тока I в цепи изменяется в соответствии с графиком (см. рис.). Электрическое сопротивление на этом

участке цепи равно

- 1) 2 Ом 3) 2 мОм
2) 0,5 Ом 4) 500 Ом

A2. На рисунке изображены графики зависимости силы тока в трёх проводниках от напряжения на их концах. Сопротивление какого проводника равно 2,5 Ом?

- 1) 1 3) 3
2) 2 4) такого проводника нет

A3. Медная проволока имеет электрическое сопротивление 1,2 Ом. Какое электрическое сопротивление имеет медная проволока, у которой в 4 раза больше длина и в 6 раз больше площадь поперечного сечения?

- 1) 7,2 Ом 2) 1,8 Ом 3) 0,8 Ом 4) 0,2 Ом

A4. Если увеличить в 2 раза напряжение между концами проводника, а его длину уменьшить в 2 раза, то сила тока, проходящего через проводник,

- 1) не изменится 3) увеличится в 4 раза
2) уменьшится в 4 раза 4) увеличится в 2 раза

Электрические цепи.

Последовательное и параллельное соединения проводников

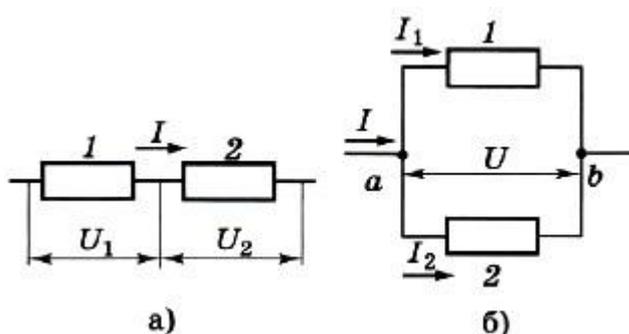
Сформулируйте закон Ома для участка цепи.

Как выглядит зависимость силы тока в проводнике от напряжения на нём? от его сопротивления?

От источника тока энергия может быть передана по проводам к устройствам, потребляющим энергию: электрической лампе, радиоприёмнику и др. Для этого составляют *электрические цепи* различной сложности.

К наиболее простым и часто встречающимся соединениям проводников относятся последовательное и параллельное соединения.

Последовательное соединение проводников. При последовательном



соединении электрическая цепь не имеет разветвлений. Все проводники включают в цепь поочередно друг за другом. На рисунке (15.5, а) показано последовательное соединение двух проводников 1 и 2, имеющих сопротивления R_1 и R_2 . Это могут быть две лампы, две обмотки

электродвигателя и др.

Важно

Сила тока в обоих проводниках одинакова, т. е.

$$I_1 = I_2 = I. \quad (15.5)$$

В проводниках электрический заряд в случае постоянного тока не накапливается, и через любое поперечное сечение проводника за определённое время проходит один и тот же заряд.

Напряжение на концах рассматриваемого участка цепи складывается из напряжений на первом и втором проводниках:

$$U = U_1 + U_2.$$

Применяя закон Ома для всего участка в целом и для участков с сопротивлениями проводников R_1 и R_2 , можно доказать, что полное сопротивление всего участка цепи при последовательном соединении равно:

$$R = R_1 + R_2. \quad (15.6)$$

Это правило можно применить для любого числа последовательно соединённых проводников.

Напряжения на проводниках и их сопротивления при последовательном соединении связаны соотношением

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}. \quad (15.7)$$



Докажите справедливость соотношения (15.7) самостоятельно.

Параллельное соединение проводников. На рисунке (15.5, б) показано параллельное соединение двух проводников 1 и 2 сопротивлениями R_1 и R_2 . В этом случае электрический ток I разветвляется на две части. Силу тока в первом и втором проводниках обозначим через I_1 и I_2 .

Так как в точке а — разветвлении проводников (такую точку называют узлом) — электрический заряд не накапливается, то заряд, поступающий в единицу времени в узел, равен заряду, уходящему из узла за это же время. Следовательно,

$$I = I_1 + I_2. \quad (15.8)$$

Важно

Напряжение U на концах проводников, соединённых параллельно, одинаково, так как они присоединены к одним и тем же точкам цепи.

В осветительной сети обычно поддерживается напряжение 220 В. На это напряжение рассчитаны приборы, потребляющие электрическую энергию. Поэтому параллельное соединение — самый распространённый способ соединения различных потребителей. В этом случае выход из строя одного прибора не отражается на работе остальных, тогда как при последовательном соединении выход из строя одного прибора размыкает цепь. Применяя закон Ома для всего участка в целом и для участков проводников сопротивлениями R_1 и R_2 , можно доказать, что величина, обратная полному сопротивлению участка ab , равна сумме величин, обратных сопротивлениям отдельных проводников:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}. \quad (15.9)$$

Отсюда следует, что для двух проводников

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}. \quad (15.10)$$

Напряжения на параллельно соединённых проводниках равны: $I_1 R_1 = I_2 R_2$. Следовательно,

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}. \quad (15.11)$$



Выведите формулу (15.9) самостоятельно.

Важно

Обратим внимание на то, что если в какой-то из участков цепи, по которой идёт постоянный ток, параллельно к одному из резисторов подключить конденсатор, то ток через конденсатор не будет идти, цепь на участке с конденсатором будет разомкнута. Однако между обкладками конденсатора будет напряжение, равное напряжению на резисторе, и на обкладках накопится заряд $q = CU$.

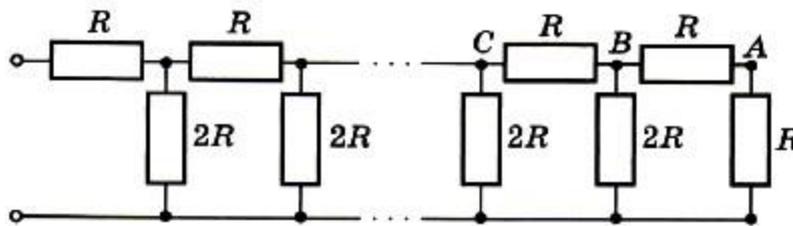


Рис. 15.6

Рассмотрим цепочку сопротивлений $R - 2R$, называемую матрицей (рис. 15.6).

На последнем (правом) звене матрицы напряжение делится пополам из-за равенства сопротивлений, на предыдущем звене напряжение тоже делится пополам, поскольку оно распределяется между резистором сопротивлением R и двумя параллельными резисторами сопротивлениями $2R$ и т. д. Эта идея — деления напряжения — лежит в основе преобразования двоичного кода в постоянное напряжение, что необходимо для работы компьютеров.

ЗАДАНИЕ

1. Изучить тему, составить краткий конспект.

2. Вопросы (ответить письменно)

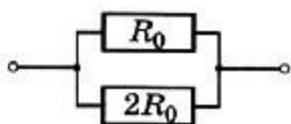
1. Почему лампы в квартире соединяют параллельно, а лампочки в ёлочных гирляндах — последовательно?

2. Сопротивление каждого проводника равно 1 Ом. Чему равно сопротивление двух таких проводников, соединённых: 1) последовательно; 2) параллельно?

3. Посмотреть видеочайл по ссылке: <https://youtu.be/g3ZGCI1Fpbs>

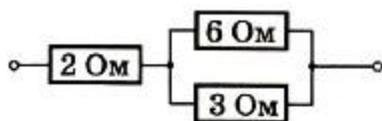
4. Задание (для желающих)

Образцы заданий ЕГЭ



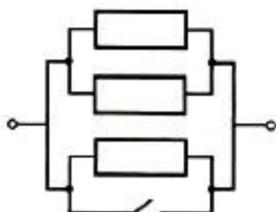
A1. Сопротивление участка цепи, изображённого на рисунке, равно

- 1) $2R_0/3$ 2) $3R_0$ 3) $1,5R_0$ 4) $R_0/3$



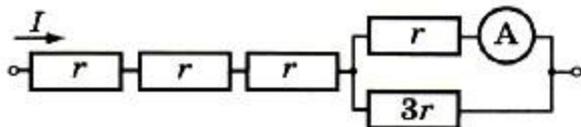
A2. Сопротивление участка цепи, изображённого на рисунке, равно

- 1) 11 Ом 2) 6 Ом 3) 4 Ом
4) 1 Ом



A3. Каким будет сопротивление участка цепи, изображённого на рисунке, при замыкании ключа? Каждый из резисторов имеет сопротивление R .

- 1) R 2) $R/2$ 3) $R/3$ 4) 0



A4. Через участок цепи (см. рис.) идёт постоянный ток. Сила тока $I = 8$ А. Какую силу тока показывает амперметр? Сопротивление амперметра не учитывайте.

- 1) 2 А 2) 3 А 3) 6 А 4) 12 А

Сфотографировать конспект, подписать Ф.И. и выслать его на почту преподавателя до 26 марта.