

ТЕМА 7: ПОСТОЯННЫЙ ТОК

Электрическим током называется упорядоченное движение заряженных частиц.

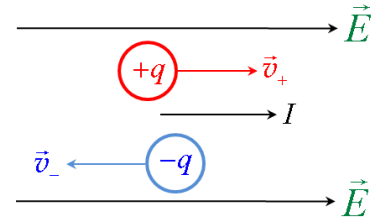
Постоянным называется ток, величина и направление которого с течением времени не изменяются.

Силой постоянного тока I называется скалярная величина, равная отношению заряда q , протекающего через поперечное сечение проводника за время t , к величине этого промежутка времени:

$$I = \frac{q}{t}$$

где I – сила тока, $[I] = A$, Ампер,

q – заряд, прошедший через поперечное сечение проводника за время t , Кл, Кулон
(за направление тока приняли направление движения положительных зарядов)

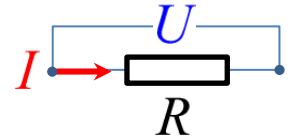


Закон Ома для участка электрической цепи

$$I = \frac{U}{R}$$

где I (и) – сила тока, $[I] = A$ – Ампер

U (у) – напряжение на участке цепи, $[U] = B$ – Вольт; R (эр) – сопротивление участка цепи, $[R] = Ом$



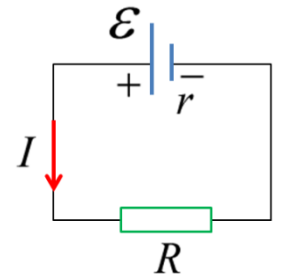
Закон Ома для замкнутой электрической цепи

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$$

где \mathcal{E} (е) – ЭДС (электродвижущая сила) источника тока, $[\mathcal{E}] = B$, Вольт;

R (эр) – внешнее сопротивление цепи, Ом.

r (эр) – внутреннее сопротивление цепи (сопротивление источника тока), Ом.



Ток во внешней цепи течёт от положительного полюса источника тока к отрицательному полюсу.

Зависимость сопротивления проводника от его геометрических размеров

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

где R (эр) – сопротивление участка цепи, Ом;

ρ (ро) – удельное сопротивление проводника, Ом · м

l (эль) – длина проводника, м, S (эс) – площадь поперечного сечения проводника, м²

Электродвижущей силой \mathcal{E} (ЭДС) на участке цепи называется скалярная величина, равная отношению работы сторонних сил $A_{\text{сторонних}}$ по перемещению заряда q на данном участке электрической цепи, к величине этого заряда:

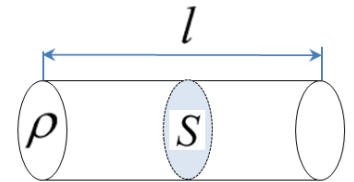
$$\mathcal{E} = \frac{A_{\text{сторонних}}}{q}$$

где $A_{\text{сторонних}}$ – работа сторонних сил по перемещению заряда q на данном участке электрической цепи, [Дж].

Напряжением U на участке электрической цепи называется скалярная величина, равная отношению суммарной работы сторонних и кулоновских сил $A_{\text{сторонних}} + A_{\text{кулоновских}}$ по перемещению заряда q на данном участке

электрической цепи, к величине этого заряда:
$$U = \frac{A_{\text{сторонних}} + A_{\text{кулоновских}}}{q},$$

где $A_{\text{сторонних}} + A_{\text{кулоновских}}$ – работа сторонних и кулоновских сил по перемещению заряда q на данном участке электрической цепи, [Дж].



Работа постоянного тока на участке электрической цепи.

$$A = qU = IUt = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t$$

где A – работа тока, Дж; U – напряжение на данном участке цепи, В; I – сила тока на данном участке цепи, А;

R – сопротивление данного участка цепи, Ом; t (тэ) – время протекания тока на данном участке цепи, с

Мощность постоянного тока на участке цепи

$$P = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

где P - мощность тока, $Вт$; U - напряжение на данном участке цепи, $В$; I - сила тока на данном участке цепи, $А$.

Закон Джоуля – Ленца

(позволяет определить количество теплоты, которое выделяется в проводнике при прохождении через него электрического тока)

$$Q = qU = IUt = I^2 Rt = \frac{U^2}{R} t$$

где Q (к $У$) - количество теплоты, выделившейся на участке цепи, $Дж$; U - напряжение на данном участке цепи, $В$; I - сила тока на данном участке цепи, $А$; t - время протекания тока на данном участке цепи, $с$

Полезная работа источника тока

$$A_{\text{полезная}} = qU_{\text{ист}} = IU_{\text{ист}}t$$

где $U_{\text{ист}} = \mathcal{E} - Ir = IR$ - напряжение на клеммах (или полюсах) источника тока, оно же равно падению напряжения во всей внешней цепи, $В$.

Затраченная (или полная) работа источника тока

$$A_{\text{затраченная}} = q\mathcal{E} = I\mathcal{E}t$$

Затраченная (или полная) мощность источника тока

$$P_{\text{затраченная}} = \frac{A_{\text{затраченная}}}{t} = I\mathcal{E}$$

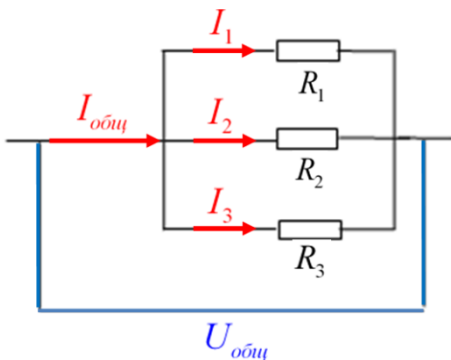
Полезная мощность источника тока

$$P_{\text{полезная}} = \frac{A_{\text{полезная}}}{t} = IU_{\text{ист}}$$

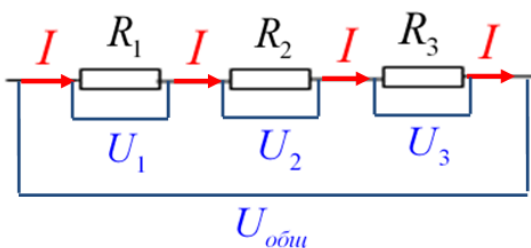
где $U_{\text{ист}} = \mathcal{E} - Ir = IR$ - напряжение на клеммах (или полюсах) источника тока, оно же равно падению напряжения во всей внешней цепи, $В$.

КПД источника тока

$$\eta = \frac{A_{\text{полезная}}}{A_{\text{затраченная}}} = \frac{P_{\text{полезная}}}{P_{\text{затраченная}}}$$

Виды соединения проводников**Параллельное соединение проводников**

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{R_{\text{общ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \\ U_{\text{общ}} = U_1 = U_2 = \dots = U_n \\ I_{\text{общ}} = I_1 + I_2 + \dots + I_n \\ I_i = \frac{U_i}{R_i} \quad I_{\text{общ}} = \frac{U_{\text{общ}}}{R_{\text{общ}}} \end{array} \right.$$

Последовательное соединение проводников

$$\left\{ \begin{array}{l} R_{\text{общ}} = R_1 + R_2 + \dots + R_n \\ U_{\text{общ}} = U_1 + U_2 + \dots + U_n \\ I_{\text{общ}} = I_1 = I_2 = \dots = I_n \\ I_i = \frac{U_i}{R_i} \quad I_{\text{общ}} = \frac{U_{\text{общ}}}{R_{\text{общ}}} \end{array} \right.$$

Правила Кирхгофа для расчёта разветвлённых цепей постоянного тока

Первое правило Кирхгофа

Алгебраическая сумма сил токов, сходящихся в узле, равна нулю, т.е.

$$\sum I_i = 0$$

Второе правило Кирхгофа

В любом замкнутом контуре, произвольно выбранном в разветвленной электрической цепи, алгебраическая сумма падений напряжений (произведений сил токов I_i на сопротивление R_i) на отдельных участках цепи этого контура, равна алгебраической сумме ЭДС \mathcal{E} , встречающихся в этом контуре:

$$\sum_{i=1}^n I_i R_i = \sum_{k=1}^m \mathcal{E}_k$$

Узлом называется место соединения трех и более проводников.

Ветвь – это участок цепи от узла до узла.

Контур – это любой замкнутый участок цепи.

Независимый контур – это контур, содержащий хотя бы одну новую ветвь, которая не была задействована ранее при составлении второго правила Кирхгофа.

Применяя законы Кирхгофа необходимо:

1. Определить число электрических узлов и независимых контуров в схеме
2. Перед составлением уравнений произвольно выбрать и указать стрелками на чертеже:
 - а) направление токов (если они не задана по условию задачи) во всех сопротивлениях, входящих в цепь, учитывая, что от узла до узла течёт один и тот же ток;
 - б) направление обхода контура.
3. При составлении уравнений по первому закону Кирхгофа считать токи, подходящие к узлу, положительными, а токи, отходящие от узла - отрицательными.

Число уравнений, составляемых по первому закону Кирхгофа, должно быть на единицу меньше числа узлов, содержащихся в цепи.

4. При составлении уравнений по второму правилу Кирхгофа следует считать:

а) падение напряжения на участке цепи (т.е. произведение $I_i R_i$) входит в уравнение со знаком плюс, если направление тока в данном участке совпадает с выбранным направлением обхода контура; в противном случае произведение $I_i R_i$ входит в уравнение со знаком минус;

б) ЭДС \mathcal{E} входит в уравнение со знаком плюс, если оно повышает потенциал в направлении обхода контура: т.е. если при обходе контура внутри источника тока приходится идти от минуса к плюсу, в противном случае ЭДС \mathcal{E} входит в уравнение со знаком минус.

Число независимых уравнений, которые могут быть составлены по второму закону Кирхгофа, равно числу независимых контуров, имеющих в цепи.

Для составления уравнений первый контур можно выбрать произвольно. Все следующие контуры следует выбирать таким образом, чтобы в каждый новый контур входила хотя бы одна ветвь цепи, не участвовавшая ни в одном из ранее использованных контуров. Произвольно выбранное направление обхода по контурам не изменяется до конца решения задачи.

Если при решении уравнений, составленных вышеуказанным способом, получены отрицательные значения силы тока или напряжения, то это означает, что ток через данное сопротивление в действительности течет в направлении, противоположном выбранному направлению.