

Теоретическая справка к лекции 6

Электрический ток.

Электрическим током называют направленное движение заряженных частиц. За направление тока принимают направление движения положительных зарядов. Сила тока I определяется как отношение заряда Δq , прошедшего через поперечное сечение проводника за некоторый интервал времени Δt , к величине этого интервала

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

Плотность $j = I/S$ тока можно выразить через среднюю скорость упорядоченного движения зарядов v_{cp} : $j = q_0 n v_{cp}$, где S - сечение проводника, q_0 - заряд носителей тока, n - их концентрация.

Для однородного участка цепи (не содержащего источников тока) сила тока I пропорциональна разности потенциалов $U = \varphi_1 - \varphi_2$ на этом участке

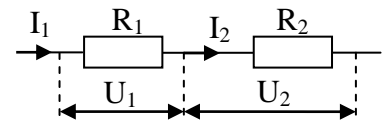
$$I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R} = \frac{U}{R},$$

где R - сопротивление проводника.

Сопротивление провода длиной l и постоянного поперечного сечения S определяется выражением

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

где ρ - удельное сопротивление материала провода. Зависимость сопротивления от температуры t выражают формулой: $R = R_0(1 + \alpha t)$, где R_0 - значение сопротивления при 0°C , α ($\alpha > 0$) - температурный коэффициент сопротивления. Сопротивление металлов при нагревании возрастает.



При последовательном соединении сопротивлений

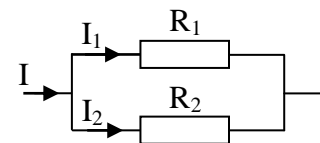
R_1, R_2

$$I_1 = I_2 = I, U = U_1 + U_2, R = R_1 + R_2.$$

При параллельном соединении сопротивлений

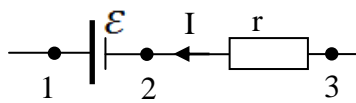
R_1, R_2

$$U_1 = U_2 = U, I = I_1 + I_2, \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}.$$



Источник тока характеризуется электродвижущей силой \mathcal{E} и внутренним сопротивлением r . На электрических схемах его удобно представлять в виде двух

последовательно соединенных элементов: идеального источника тока с равным нулю внутренним сопротивлением и активным сопротивлением. Закон Ома для неоднородного участка цепи (ток течет от 3 к 2)



$$\varphi_1 - \varphi_2 = E, \quad \varphi_3 - \varphi_2 = Ir, \quad \varphi_1 - \varphi_3 = E - Ir.$$

В разветвленных электрических цепях имеются узлы - точки, где сходятся более двух проводников.

Законы (правила) Кирхгофа: 1) сумма токов втекающих в узел, должна равняться сумме токов, вытекающих из него. 2) в любом замкнутом контуре алгебраическая сумма ЭДС в ветвях данного контура равна алгебраической сумме напряжений на отдельных элементах, входящих в данный контур.

Если через проводник с сопротивлением R в течение времени Δt протекает электрический ток силой I , то силы электрического поля совершат работу (работа электрического тока)

$$\Delta A = \Delta q U_R = IU \Delta t = I^2 R \Delta t = \frac{U^2}{R} \Delta t.$$

Мощность P электрического тока равна

$$P = \frac{\Delta A}{\Delta t} = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R}.$$

В цепи, где не совершается механическая работа и не происходят химические реакции, работа электрического поля переходит во внутреннюю энергию проводника: количество выделившейся в проводнике теплоты Q равно работе электрического поля (закон Джоуля-Ленца):

$$\Delta Q = \Delta A = IU \Delta t = I^2 R \Delta t = \frac{U^2}{R} \Delta t.$$

В электрических цепях при протекании по ним тока возможен переход энергии электрического поля не только в тепло, но и в другие виды энергии.

Если электрическая цепь содержит источники тока, резисторы, а также элементы, которые способны запасать энергию (конденсаторы, катушки индуктивности), то закон сохранения энергии для такой цепи может быть сформулирован в таком виде:

Суммарная работа A всех источников тока и внешних сил в электрической цепи идет на выделение теплоты Q в проводниках и изменение энергии ΔW тех элементов цепи, которые способны ее запастись:

$$A = A_E + A_{\text{ВНЕШ}} = Q + \Delta W.$$

Работой A_E источника с ЭДС E при прохождении через него в направлении действия сторонних сил заряда q_E называется работа сторонних сил над этим зарядом: $A_E = q_E E$ (если заряд q_E проходит в противоположном направлении, то работа источника определяется выражением $A_E = -q_E E$).

Энергия конденсатора. Электрическое поле обладает энергией. Энергия электрического поля конденсатора есть энергия конденсатора – одного из элементов цепи, способного запастись энергией. Если положительно заряженная обкладка конденсатора имеет заряд q , а разность потенциалов между ней и второй обкладкой $U = \varphi_+ - \varphi_- > 0$, то энергия конденсатора W может быть записана так:

$$W = \frac{qU}{2} = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2}.$$

Плотность энергии w электрического поля (энергия единицы объема) в некоторой точке однородного изотропного диэлектрика с диэлектрической проницаемостью ϵ зависит от напряженности E поля в этой точке и определяется выражением

$$w = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2}.$$

Для цепи, содержащей источник тока с ЭДС E и внутренним сопротивлением r , а также резистор с сопротивлением R *полная мощность, развиваемая источником*, равна

$$P_{\text{ПОЛН}} = IE = I^2(r + R) = \frac{E^2}{R + r}.$$

Мощность, выделяемая на внешнем сопротивлении R , называется *полезной мощностью*

$$P_{\text{ПОЛЕЗН}} = I^2 R = IU = \frac{E^2 R}{(R + r)^2}.$$

Мощность, выделяемая на внутреннем сопротивлении r , называется *теряемой мощностью*

$$P_{\text{ПОТЕРЬ}} = I^2 r = \frac{E^2 r}{(R + r)^2}.$$