

### 3.11. Работа и мощность тока. Тепловое действие тока

Закон Джоуля – Ленца: в проводнике с постоянным током за интервал времени  $\Delta t$  выделяется количество теплоты  $\Delta Q$ , пропорциональное квадрату силы тока  $I$ , сопротивлению проводника  $R$  и длительности интервала  $\Delta t$ :

$$\Delta Q = I^2 R \Delta t.$$

Мощность  $P$  тока, текущего в проводнике на участке 1 – 2, пропорциональна силе тока  $I$  и напряжению  $U_{12}$  между его концами:

$$P = U_{12} I = (\varphi_1 - \varphi_2 + \mathcal{E}_{12}) I.$$

3.173<sup>2</sup>. Источник тока с ЭДС  $\mathcal{E}$  и внутренним сопротивлением  $r$  замкнут на реостат. Как зависит от силы тока  $I$  в цепи мощность  $P_{ист}$ , выделяемая источником; мощность  $P_{вн}$ , выделяемая во внешней цепи, и коэффициент полезного действия  $\eta$  источника тока? Постройте графики зависимостей  $P_{ист}(I)$ ,  $P_{вн}(I)$ ,  $\eta(I)$ . При какой силе тока  $I = I_0$  мощность, выделяемая во внешней цепи, будет наибольшей? Чему равна эта наибольшая мощность  $P_{max}$ ?

3.174<sup>2</sup>. Источник тока с ЭДС  $\mathcal{E}$  и внутренним сопротивлением  $r$  замкнут на реостат. Как зависит от сопротивления  $R$  реостата мощность  $P_{вн}$ , выделяемая во внешней цепи; мощность  $P_{ист}$ , выделяемая источником тока; мощность  $P_{внутр}$ , выделяющаяся внутри источника, и коэффициент полезного действия  $\eta$  источника? Постройте графики зависимостей  $P_{вн}(R)$ ,  $P_{ист}(R)$ ,  $P_{внутр}(R)$  и  $\eta(R)$ . При каком сопротивлении  $R = R_0$  реостата во внешней цепи выделяется максимальная мощность? Чему равен при этом КПД  $\eta(R_0) = \eta_0$ ?

3.175<sup>2</sup>. Плитка при номинальном напряжении  $U_0 = 220$  В имеет мощность  $P_0 = 800$  Вт. При включении плитки в сеть напряжение на розетке изменяется с  $U_1 = 200$  В до  $U_2 = 180$  В. Определите сопротивление  $R_{пр}$  подводящих проводов.

3.176<sup>2</sup>. Разность потенциалов в сети зарядной станции  $U = 20$  В. Внутреннее сопротивление аккумулятора, поставленного на зарядку,  $r = 0,8$  Ом. В начальный момент времени его остаточная ЭДС  $\mathcal{E} = 12$  В. Какая мощность  $P_2$  расходуется станцией на зарядку аккумулятора при этих условиях? Какая мощность  $P_2$  при этом тратится на нагревание аккумулятора?

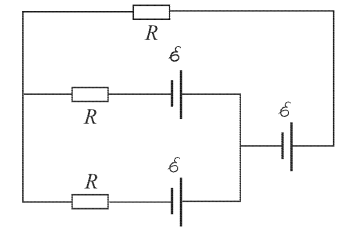
3.177<sup>2</sup>. Имеются два резистора с сопротивлениями  $R_1 = 2$  Ом и  $R_2 = 4,5$  Ом. Их подключают к источнику тока сначала параллельно, а затем последовательно. При каком значении внутреннего сопротивления  $r$  источника тока в обоих случаях во внешней цепи выделяется одинаковая мощность?

3.178<sup>2</sup>. При поочередном подключении к источнику тока двух электрических нагревателей с сопротивлениями  $R_1 = 3$  Ом и  $R_2 = 48$  Ом в них выделяется одинаковая мощность  $P = 1,2$  кВт. Определите силу тока  $I_{к.з.}$  при коротком замыкании источника.

3.179<sup>2</sup>. При подключении к источнику тока с ЭДС  $\mathcal{E} = 15$  В и сопротивлением  $R = 15$  Ом КПД источника  $\eta = 75$  %. Какую максимальную мощность  $P_{max}$  во внешней цепи может выделять данный источник?

3.180<sup>3</sup>. Когда во внешней цепи выделяется мощность  $P_1 = 18$  Вт, КПД источника тока  $\eta_1 = 64$  %. При изменении внешнего сопротивления КПД источника  $\eta_2 = 36$  %. Какая мощность  $P_{внут}$  выделяется при этом внутри источника тока?

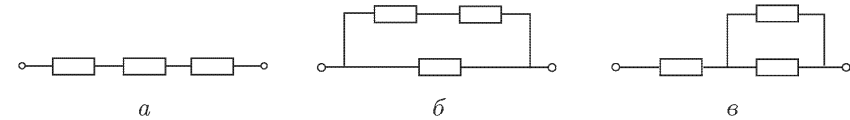
3.181<sup>3</sup>. Три одинаковых элемента с ЭДС  $\mathcal{E}$  и резисторы с сопротивлением  $R$  каждый включены в цепь, изображенную на рисунке. Найдите мощность  $P$ , выделяющуюся на всех сопротивлениях схемы. Внутренними сопротивлениями элементов пренебречь.



3.182<sup>3</sup>. Напряжение в сети без нагрузки  $U = 120$  В. При включении в сеть плитки номинальной мощности  $P_{ном} = 300$  Вт фактически выделяющаяся мощность равна  $P = 250$  Вт. Какая мощность будет выделяться в двух таких плитках, одновременно включенных параллельно в эту сеть? Плитки рассчитаны на напряжение  $U_{ном} = 120$  В. Изменения сопротивления плиток при их нагревании не учитывать.

3.183<sup>2</sup>. Нагреватель самовара состоит из двух элементов. При подключении к сети первого элемента вода в самоваре закипает через  $t_1 = 15$  мин, при подключении только второго элемента – через  $t_2 = 20$  мин. Через какое время вода в самоваре закипит, если элементы подключить к сети: а) последовательно; б) параллельно.

3.184<sup>2</sup>. Электроплитка имеет три секции с одинаковыми сопротивлениями. При параллельном их соединении вода в чайнике закипает через  $t = 6$  мин. Через какое время закипит вода той же массы и той же начальной температуры при соединении секций, показанном на рисунке.

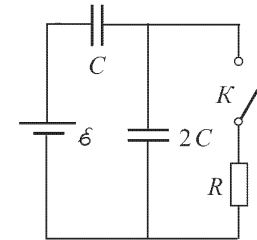


К задаче 3.184

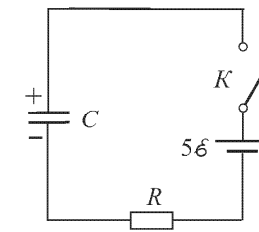
3.185<sup>2</sup>. Конденсатор емкости  $C_1$ , имеющий заряд  $q_1$ , соединяют противоположно заряженными обкладками через резистор с конденсатором емкости  $C_2$ , имеющим заряд  $q_2$ . Какое количество теплоты  $Q$  выделяется на резисторе?

3.186<sup>3</sup>. Какое количество теплоты  $Q$  выделится на резисторе сопротивления  $R$  после замыкания ключа  $K$  (см. рисунок)? Внутренним сопротивлением источника пренебречь.

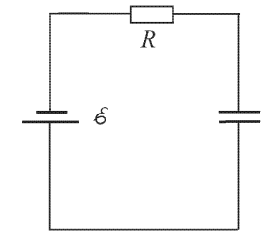
3.187<sup>3</sup>. Конденсатор емкости  $C$ , заряженный до напряжения  $\mathcal{E}$  подключается через резистор с большим сопротивлением к батарее с ЭДС  $5\mathcal{E}$  (см. рисунок). Определите количество теплоты  $Q$ , которое выделяется в цепи при зарядке конденсатора до напряжения  $5\mathcal{E}$ .



К задаче 3.186



К задаче 3.187



К задаче 3.188

3.188<sup>3</sup>. Между обкладками плоского конденсатора расположена диэлектрическая пластинка ( $\epsilon = 3$ ), заполняющая весь объем конденсатора. Конденсатор через

резистор подключен к батарее с ЭДС  $\mathcal{E} = 100$  В (см. рисунок). Пластины быстро удаляют так, что заряд на конденсаторе не успевает измениться. Какая энергия  $Q$  выделится после этого в цепи в виде теплоты? Емкость незаполненного конденсатора  $C_0 = 100$  мкФ.

3.189<sup>3</sup>. Определить сопротивление  $R$  подводящих проводов от источника  $U = 120$  В, если при коротком замыкании предохранителя из свинцовой проволоки площадью сечения  $S = 1$  мм<sup>2</sup> и длины  $L = 2$  см плавятся за время  $\tau = 0,03$  с. Начальная температура предохранителя  $T = 300$  К, температура плавления свинца  $T_{пл} = 600$  К, плотность свинца  $D = 11,3 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, удельное сопротивление свинца  $\rho = 2,1 \cdot 10^{-7}$  Ом·м, удельная теплоемкость свинца  $c = 0,13$  кДж/(кг·К), удельная теплота плавления  $\lambda = 25$  кДж/кг.

3.190<sup>3</sup>. Под каким напряжением  $U$  нужно передавать электроэнергию на расстояние  $L = 5$  км, чтобы при плотности тока  $j = 0,25$  А/мм<sup>2</sup> в медных проводах двухпроводной линии электропередачи потери в линии составляли  $\eta = 1\%$  от передаваемой мощности? Удельное сопротивление меди  $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом·м.

3.191<sup>3</sup>. От источника тока необходимо передать потребителю мощность  $P_0 = 4$  кВт. Сопротивление подводящих проводов  $R = 0,4$  Ом. Какое напряжение  $U$  должно быть на зажимах источника, чтобы потери мощности в проводах составляли  $\eta = 4\%$  от потребляемой мощности?

3.192<sup>3</sup>. Трамвай массы  $m = 22,5$  т идет сначала по горизонтальному участку, а затем в гору с уклоном  $k = 0,03$ . В первом случае ток в двигателе  $I_1 = 60$  А, а во втором  $I_2 = 118$  А. Найдите скорости  $v_1$  и  $v_2$  трамвая, если коэффициент трения в обоих случаях  $\mu = 0,01$ , напряжение в линии  $U = 500$  В, КПД двигателя и передачи  $\eta = 75\%$ .

**Ответы:**

$$3.173. P_{исч} = \mathcal{E}I, P_{вн} = \mathcal{E}I - I^2r, \eta = 1 - \frac{Ir}{\mathcal{E}}, I_0 = \frac{\mathcal{E}}{2r}, P_{max} = \frac{\mathcal{E}^2}{4r}.$$

3.174.

$$P_{вн} = \frac{\mathcal{E}^2 R}{(R+r)^2}, P_{выт} = \frac{\mathcal{E}^2 r}{(R+r)^2}, P_{исч} = \frac{\mathcal{E}^2 R}{R+r},$$

$$\eta = \frac{R}{R+r}, R_0 = r, \eta(R_0) = \eta_0 = 0,5.$$

$$3.175. R_{np} = \frac{(U_1 - U_2)U_0^2}{U_2 P_0} = 6,7 \text{ Ом}.$$

$$3.176. P_1 = \frac{(U - \mathcal{E})U}{r} = 200 \text{ Вт}; P_2 = \frac{(U - \mathcal{E})^2}{r} = 80 \text{ Вт}.$$

$$3.177. r = \sqrt{R_1 R_2} = 3 \text{ Ом}.$$

$$3.178. I_{к.з.} = \sqrt{P} \left( \frac{1}{\sqrt{R_1}} + \frac{1}{\sqrt{R_2}} \right) = 25 \text{ А}.$$

$$3.179. P_{max} = \mathcal{E}^2 \frac{\eta}{4R(1-\eta)} = 11 \text{ Вт}.$$

$$3.180. P_{выт} = P_1 \frac{(1-\eta_2)^2}{\eta_1(1-\eta_1)} = 32 \text{ Вт}.$$

$$3.181. P = \frac{8\mathcal{E}^2}{3R}.$$

$$3.182. P_1 = \frac{2P_{ном}}{(2\sqrt{P_{ном}/P-1})^2} = 420 \text{ Вт}.$$

$$3.183. t_{пол} = t_1 + t_2 = 35 \text{ мин}; t_{нар} = \frac{t_1 t_2}{t_1 + t_2} = 8,6 \text{ мин}.$$

$$3.184. t_a = 9t = 54 \text{ мин}; t_0 = 2t = 12 \text{ мин}; t_0 = 4,5t = 27 \text{ мин}.$$

$$3.185. Q = \frac{(q_1 C_2 + q_2 C_1)^2}{2C_1 C_2 (C_1 + C_2)}.$$

$$3.186. Q = \frac{1}{6} C \mathcal{E}^2.$$

$$3.187. Q = 8C \mathcal{E}^2.$$

$$3.188. Q = \frac{1}{2} (\mathcal{E} - 1)^2 C_0 \mathcal{E} = 2 \text{ Дж}.$$

$$3.189. R = \frac{1}{S} \left( U \sqrt{\frac{\rho \tau}{D[c(T_{пл} - T) + \lambda]}} - \rho L \right) = 0,35 \text{ Ом}.$$

$$3.190. U = \frac{2j\rho L}{\eta} = 4250 \text{ В}.$$

$$3.191. U = (1 + \eta) \sqrt{\frac{RP_o}{\eta}} = 208 \text{ В.}$$

$$3.192. v_1 = \frac{UI_1\eta}{\mu mg} = 10,2 \text{ м/с}; v_2 = \frac{UI_2\eta}{mg(\mu + k)} = 5 \text{ м/с.}$$