

Расчет электрической цепи

Задачи для решения по практике ТОЭ
Весенний семестр 2019-2020 учебного года
Заочная форма обучения

Цепи постоянного тока

Электрические цепи. Условия возникновения электрического тока.

Основные законы и формулы

1. Сила тока определяется как количество заряда, прошедшего через проводник в единицу времени: $J = \frac{dq}{dt}$. В случае постоянного тока $J = \frac{q}{t}$, где q – заряд, прошедший через поперечное сечение проводника за время t .

2. Плотность тока $j = \frac{J}{S}$, где S – площадь поперечного сечения проводника.

3. Закон Ома для участка цепи: $J = \frac{U}{R}$, где R – сопротивление участка; U – напряжение на концах участка.

4. Закон Ома для замкнутой цепи $J = \frac{\varepsilon}{R + r}$, где ε – ЭДС источника тока; R – внешнее сопротивление цепи; r – внутреннее сопротивление источника тока.

Цепи постоянного тока

Электрические цепи. Условия возникновения электрического тока.

Основные законы и

формулы

5. Сопротивление однородного проводника $R = \rho \frac{\ell}{S}$, где ρ – удельное

сопротивление; ℓ – длина проводника; S – площадь поперечного сечения.

|

6. При последовательно соединении проводников их сопротивления складываются:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

7. При параллельном соединении проводников складываются проводимости проводников:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

Цепи постоянного тока

Электрические цепи. Условия возникновения электрического тока.

Основные законы и формулы

8. Количество теплоты, выделяемой при прохождении тока в проводнике, определяется законом Джоуля – Ленца: $Q = JUt = J^2 Rt = \frac{U^2}{R} t$.

9. Мощность, выделяющаяся на внешнем сопротивлении $P_n = JU = J^2 R = \frac{U^2}{R}$.

10. Полная мощность, выделяющаяся в цепи: $P = J\varepsilon = \frac{\varepsilon^2}{R+r}$.

11. Коэффициент полезного действия источника тока $\eta = \frac{P_n}{P} = \frac{R}{R+r}$.

Цепи постоянного тока

Электрические цепи. Условия возникновения электрического тока.

Способы расчета электрических цепей

постоянного тока

3.1. При замкнутом ключе K вольтметр V_1 показывает 0.8ε , где ε – ЭДС батареи. Что покажут вольтметры V_1 и V_2 при разомкнутом ключе, если их сопротивления равны (рис. 2)?

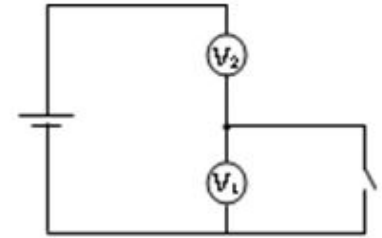


Рис. 2

3.2. Найдите связь между плотностью тока и напряженностью электрического поля внутри однородного проводника, удельное сопротивление которого равно ρ .

3.3. Для измерения больших токов в цепи A_0A (рис. 3) в качестве шунта используется резистор сопротивлением $r_{ш}$, параллельно которому через резисторы $r_1 = 2$ Ом и $r_2 = 91$ Ом подключается гальванометр G с внутренним сопротивлением $r = 8$ Ом. В положении B переключателя K вся шкала прибора соответствует силе тока в цепи A_0A $I_1 = 10$ А, а в положении B – силе тока $I_2 = 100$ А. Определить сопротивление шунта.

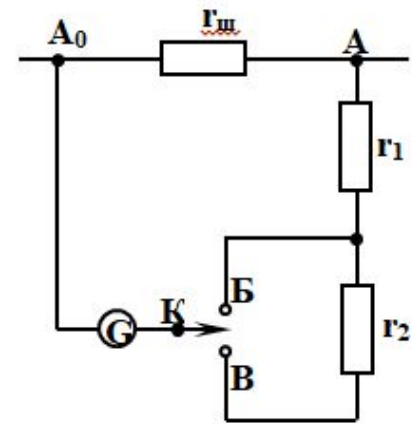


Рис. 3

Цепи постоянного тока

Электрические цепи. Условия возникновения электрического тока.

Способы расчета электрических цепей

3.4. Через два последовательно соединенных проводника с одной и той же площадью поперечного сечения, но с разными удельными сопротивлениями ($\rho_2 > \rho_1$) течет постоянный ток I . Определить поверхностную плотность зарядов, возникающую на границах раздела проводников.

3.5 Будет ли течь ток через идеальный диод D (рис. 4)? Если да, то чему он будет равен?

3.6. Присоединение к вольтметру некоторого добавочного сопротивления увеличивает предел измерения напряжения в n раз. Другое добавочное сопротивление увеличивает предел измерений в m раз. Во сколько раз увеличится предельно измеряемое вольтметром напряжение, если последовательно с вольтметром включить эти два сопротивления, соединенные между собой параллельно?

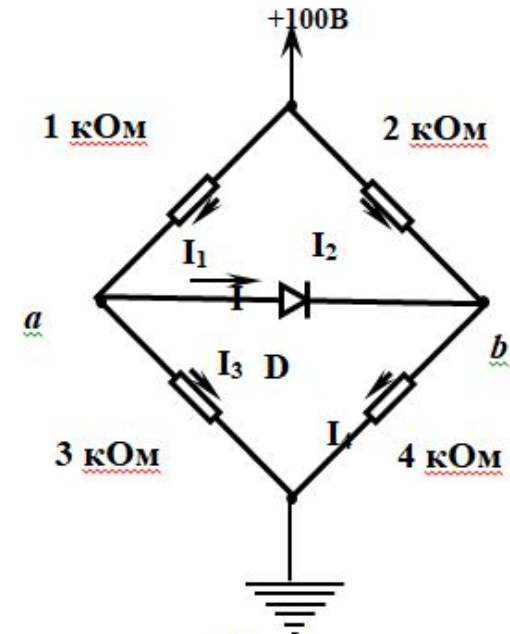


Рис.4

Цепи постоянного тока

Электрические цепи. Условия возникновения электрического тока.

Способы расчета электрических цепей

3.7. Резистор сопротивлением R подключен к параллельно соединенным батареям с ЭДС ε_1 и ε_2 и внутренними сопротивлениями соответственно r_1 и r_2 . Определить ток, текущий через нагрузку.

3.8. При разомкнутом ключе K вольтметр V_1 показывает 0.9ε , где ε – ЭДС батареи (рис. 5). Что покажут вольтметры при замкнутом ключе, если сопротивление вольтметра V_2 вдвое меньше сопротивления вольтметра V_1 ?

3.9. Определить, при каких условиях ток через резистор R_1 (рис. 6) равен 0. Внутренними сопротивлениями источников пренебречь.

3.10. Определите ток в перемычке АВ (рис. 7).

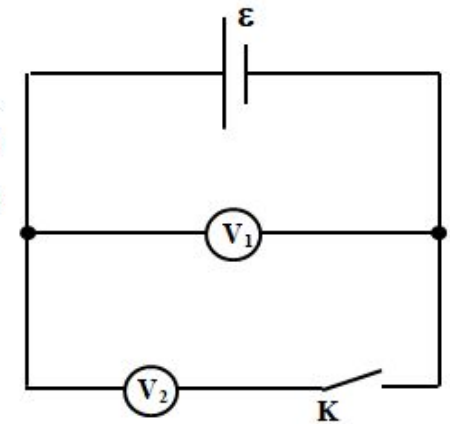


Рис.5

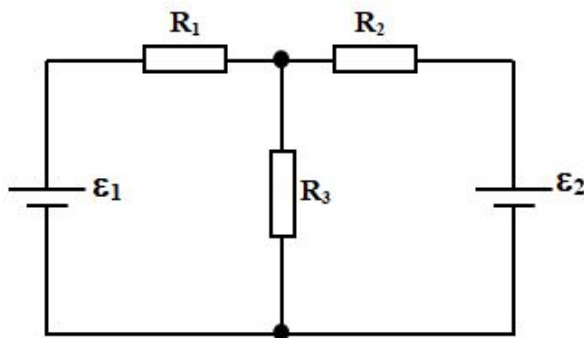


Рис.6

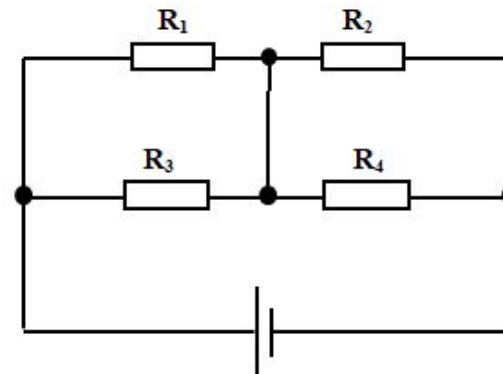


Рис.7

Цепи постоянного тока

Электрические цепи. Условия возникновения электрического тока.

Конденсаторы в цепи постоянного тока

4.5. В схеме, изображенной на рисунке 14, ключ первоначально разомкнут, а конденсаторы емкостями $C_1 = 20$ мкФ и $C_2 = 40$ мкФ заряжены одинаковыми зарядами $q = 10$ мКл (знаки зарядов обкладок показаны на рисунке). Сопротивление резистора $R = 5$ кОм, внутреннее сопротивление вольтметра $R_v = 20$ кОм. Определите показание вольтметра сразу после замыкания ключа и затем после установления равновесия зарядов в цепи.

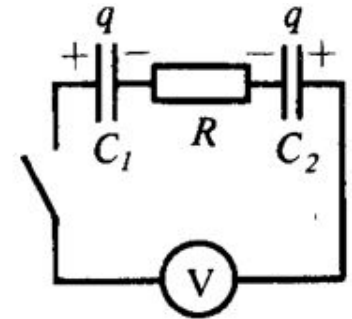


Рис. 14

4.6. Две батареи (рис.15) с одинаковыми значениями ЭДС $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon$, но разными внутренними сопротивлениями ($r_1 = 0,1$ Ом, $r_2 = 1,1$ Ом) включены последовательно в цепь, содержащую емкость C и сопротивления $R_1 = 2,8$ Ом и $R_2 = 1,12$ Ом. Когда цепь разомкнута, идеальный вольтметр, подсоединенный к клеммам батареи с ЭДС ε_1 показывает напряжение $U_0 = 8$ В. Потом вольтметр подсоединяют к клеммам батареи с ЭДС ε_2 и замыкают ключ K . Найти показания вольтметра: 1) непосредственно после замыкания ключа; 2) после того, как токи в цепи установятся.

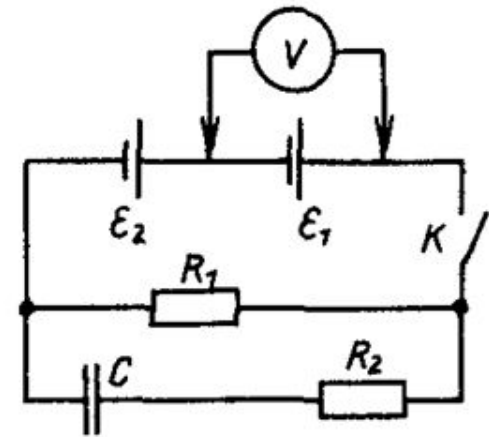


Рис. 15

(Получив отрицательное напряжение, объясните этот факт)

Ответы на задачи 3.1. – 3.10.

Задача 3.1.	Ответ: $U = 4\varepsilon / 9$
Задача 3.2.	Ответ: $j = E/\rho$.
Задача 3.3.	Ответ: 1/9 Ом
Задача 3.4.	Ответ: $\sigma = \varepsilon_0(\rho_2 - \rho_1)I / S$.
Задача 3.5.	Ответ: да, 4 мА
Задача 3.6.	Ответ: $k = (m - 1)(m + n - 2)$.
Задача 3.7.	Ответ: $I = \frac{\varepsilon_{\text{экв}}}{r_{\text{экв}} + R}$; $\varepsilon_{\text{экв}} = \frac{\varepsilon_2 r_1 + \varepsilon_1 r_2}{r_1 + r_2}$; $r_{\text{экв}} = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}$.
Задача 3.8.	Ответ: $U_1 = U_2 = 3\varepsilon / 4$.
Задача 3.9.	Ответ: $\varepsilon_2 / \varepsilon_1 = (R_2 + R_3) / R_3$.
Задача 3.10.	Ответ: $I_{AB} = \frac{U(R_2 R_3 - R_1 R_4)}{R_1 R_3 (R_2 + R_4) + R_2 R_4 (R_1 + R_3)}$

Задача 4.1	$q_1 = UC_1(C_2 + C_3)/(C_1 + C_2 + C_3);$ $q_2 = UC_1C_2/(C_1 + C_2 + C_3);$ $q_3 = UC_1C_3/(C_1 + C_2 + C_3).$
Задача 4.2	$I = \alpha\varphi^2$
Задача 4.3	$q = \frac{CU_0}{30}$
Задача 4.4	$q = \frac{4C(2U_0 - U_1)}{11}$
Задача 4.5	<p>Ответ: Сразу после замыкания ключа в цепи возникает ток</p> $I = \frac{U_1 - U_2}{R + R_v} = \frac{\frac{q}{C_1} - \frac{q}{C_2}}{R + R_v}$ <p>и вольтметр покажет напряжение $U_v = IR_v = 200$ В. После установления равновесия ток прекратится и напряжение на вольтметре будет равно нулю.</p>
Задача 4.6	<p>Ответ: $U_1 = U_0 \frac{r_1 - r_2 + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}}{r_1 + r_2 + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}} = -0,8$ В; $U_2 = U_0 \frac{r_1 - r_2 + R_1}{r_1 + r_2 + R_1} = 3,6$ В.</p>