

**ЗАДАНИЯ, РЕШЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ВТОРОГО ЭТАПА ОЛИМПИАДЫ
ПО ЭЛЕКТРОНИКЕ ДЛЯ ШКОЛЬНИКОВ**

11 КЛАСС.

1. При замыкании батареи элементов на сопротивление 9 Ом в цепи течет ток 1 А. Какую максимальную полезную мощность может дать батарея, если ток короткого замыкания равен 10 А?

Дано: $R = 9 \text{ Ом}$; $I_1 = 1 \text{ А}$; $I_2 = 10 \text{ А}$

Найти: P_{\max}

Решение и критерии оценки:

1) Из закона Ома для полной цепи:

$$I_1 = \frac{\varepsilon}{r + R} \text{ и ток короткого замыкания } (R=0) \text{ } I_2 = \frac{\varepsilon}{r}. \quad (2 \text{ балла})$$

2) Из двух уравнений находим ЭДС источника ε и его внутреннее сопротивление r

$$\varepsilon = \frac{I_1 I_2 R}{I_2 - I_1} = 10 \text{ В}, \quad r = \frac{I_1 R}{I_2 - I_1} = 1 \text{ Ом}. \quad (4 \text{ балла})$$

3) Мощность, выделяемая во внешней цепи, зависит от протекающего тока

$$P = \varepsilon I - I^2 r,$$

где: εI - полная мощность, а $I^2 r$ - теряемая мощность. (5 баллов)

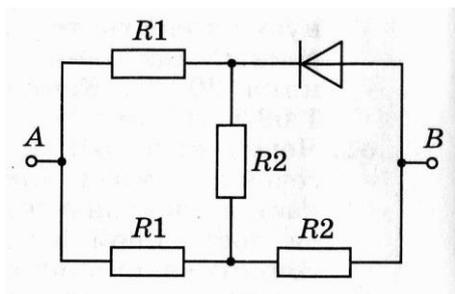
4) Максимальное значение $P = P_{\max}$ мощность имеет при токе $I_0 = \frac{\varepsilon}{2r}$,

$$P_{\max} = \frac{\varepsilon^2}{4r} = \frac{I_1 I_2^2 R}{4(I_2 - I_1)} = 25 \text{ Вт}. \quad (5 \text{ баллов})$$

Всего 16 баллов.

Ответ: $P_{\max} = \frac{I_1 I_2^2 R}{4(I_2 - I_1)} = 25 \text{ Вт}.$

2. Определите сопротивление электрической цепи, представленной на рисунке, для двух случаев: 1) $\varphi_A > \varphi_B$ (R_{AB}); 2) $\varphi_A < \varphi_B$ (R_{BA}). Сопротивления резисторов $R_1 = 30 \text{ Ом}$, $R_2 = 60 \text{ Ом}$. Полупроводниковый диод считать идеальным.

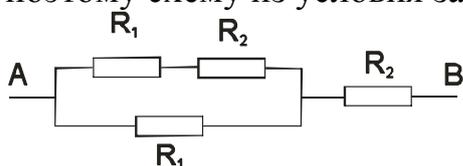


Дано: $R_1 = 30 \text{ Ом}$, $R_2 = 60 \text{ Ом}$

Найти: R_{AB} , R_{BA}

Решение и критерии оценки:

1) Для случая, когда $\varphi_A < \varphi_B$ полупроводниковый диод находится в запертом состоянии и в идеальном случае его сопротивление равно бесконечности, поэтому схему из условия задачи можно представить в следующем виде

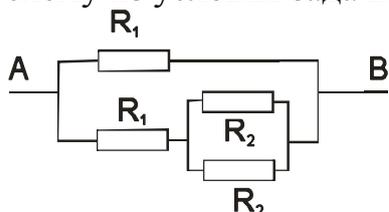


(4 балла)

2) Общее сопротивление этой цепи

$$R_{AB} = \frac{(R_1 + R_2)R_1}{2R_1 + R_2} + R_2 = 82,5 \text{ Ом.} \quad (4 \text{ балла})$$

3) Для случая, когда $\varphi_A > \varphi_B$ полупроводниковый диод находится в открытом состоянии и в идеальном случае его сопротивление равно нулю, поэтому схему из условия задачи можно представить в следующем виде



(4 балла)

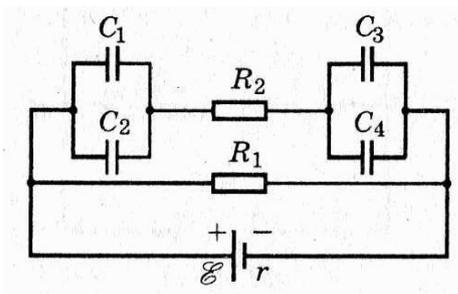
4) Общее сопротивление этой цепи

$$R_{BA} = \frac{R_1 \left(R_1 + \frac{R_2}{2} \right)}{2R_1 + \frac{R_2}{2}} = \frac{R_1(2R_1 + R_2)}{4R_1 + R_2} = 20 \text{ Ом.} \quad (4 \text{ балла})$$

Всего 16 баллов

$$\text{Ответ: } R_{AB} = \frac{(R_1 + R_2)R_1}{2R_1 + R_2} + R_2 = 82,5 \text{ Ом}, \quad R_{BA} = \frac{R_1(2R_1 + R_2)}{4R_1 + R_2} = 20 \text{ Ом.}$$

3. Определите заряды на пластинах каждого конденсатора в электрической цепи, изображенной на рисунке. $\varepsilon = 4 \text{ В}$, $r = 1 \text{ Ом}$, $R_1 = 3 \text{ Ом}$, $R_2 = 2 \text{ Ом}$, $C_1 = 2 \text{ мкФ}$, $C_2 = 8 \text{ мкФ}$, $C_3 = 4 \text{ мкФ}$, $C_4 = 6 \text{ мкФ}$.



Дано: $\varepsilon = 4 \text{ В}$, $r = 1 \text{ Ом}$, $R_1 = 3 \text{ Ом}$, $R_2 = 2 \text{ Ом}$, $C_1 = 2 \text{ мкФ}$, $C_2 = 8 \text{ мкФ}$, $C_3 = 4 \text{ мкФ}$, $C_4 = 6 \text{ мкФ}$.

Найти: q_1, q_2, q_3, q_4

Решение и критерии оценки:

1) По цепи, в которой включен конденсатор, постоянный ток не течет, следовательно, ток не течет через сопротивление R_2 . Это означает, что на нем нет разности потенциалов. Напряжение на участке схемы с конденсаторами равно напряжению, создаваемому при протекании тока через сопротивление R_1

$IR_1 = U_{12} + U_{23}$, где U_{12} и U_{23} напряжение на параллельно соединенных конденсаторах C_1, C_2 и C_3, C_4 соответственно, причем

$$U_{12} = U_1 = U_2 \text{ и } U_{23} = U_3 + U_4. \quad (6 \text{ баллов})$$

2) Общие емкости параллельно соединенных конденсаторов

$$C_{12} = C_1 + C_2 = 10 \text{ нФ} \text{ и } C_{34} = C_3 + C_4 = 10 \text{ нФ} \quad (2 \text{ балла})$$

3) Так как общие емкости C_{12} и C_{34} оказались равными, напряжения U_{12} и

$$U_{34} \text{ тоже равны: } U_{12} = U_{34} = \frac{IR_1}{2}$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R_1 + r}. \quad (4 \text{ балла})$$

$$4) q_1 = U_1 C_1 = \frac{IR_1}{2} C_1 = 3 \text{ мкКл},$$

$$q_2 = U_2 C_2 = \frac{IR_1}{2} C_2 = 12 \text{ мкКл},$$

$$q_3 = U_3 C_3 = \frac{IR_1}{2} C_3 = 6 \text{ мкКл},$$

$$q_4 = U_4 C_4 = \frac{IR_1}{2} C_4 = 9 \text{ мкКл}. \quad (4 \text{ балла})$$

Всего 16 баллов

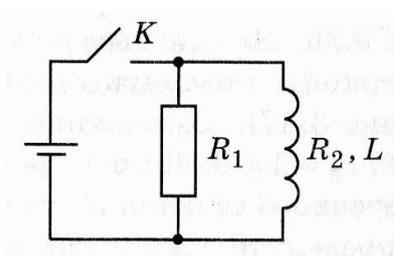
$$\text{Ответ: } q_1 = \frac{IR_1}{2} C_1 = 3 \text{ мкКл},$$

$$q_2 = \frac{IR_1}{2} C_2 = 12 \text{ мкКл},$$

$$q_3 = \frac{IR_1}{2} C_3 = 6 \text{ мкКл},$$

$$q_4 = \frac{IR_1}{2} C_4 = 9 \text{ мкКл}.$$

4. К источнику с ЭДС $\varepsilon = 6 \text{ В}$ и внутренним сопротивлением $r = 0,2 \text{ Ом}$ параллельно подключены резистор сопротивлением $R_1 = 8 \text{ Ом}$ и катушка индуктивностью $L = 0,4 \text{ Гн}$ и сопротивлением $R_2 = 2 \text{ Ом}$, как это показано на рисунке. Определите количество теплоты, выделяющееся в резисторе после отключения источника.



Дано: $\varepsilon = 6 \text{ В}$, $r = 0,2 \text{ Ом}$, $R_1 = 8 \text{ Ом}$, $L = 0,4 \text{ Гн}$, $R_2 = 2 \text{ Ом}$

Найти: Q_1

Решение и критерии оценки:

1) При замкнутом ключе по цепи протекает ток

$$I = \frac{\varepsilon}{r + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}} = I_1 + I_2, \quad (2 \text{ балла})$$

Где I_1 и I_2 - токи, протекающие по сопротивлению R_1 и катушке индуктивности соответственно.

2) При протекании тока I_2 по катушке индуктивности в ней накапливается энергия магнитного поля

$$W = \frac{LI_2^2}{2}. \quad (4 \text{ балла})$$

3) Ток I_2 можно посчитать, исходя из того, что R_1 и R_2 соединены параллельно и поэтому напряжения на них равны

$$U_1 = U_2 = U_1 = U_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \cdot \frac{\varepsilon}{r + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}} = \frac{R_1 R_2 \varepsilon}{r(R_1 + R_2) + R_1 R_2},$$

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{R_1 \varepsilon}{r(R_1 + R_2) + R_1 R_2}. \quad (2 \text{ балла})$$

4) После размыкания ключа вследствие явления самоиндукции ток продолжает протекать по контуру через резистор R_1 и катушку

индуктивности, обладающую активным сопротивлением R_2 . Энергия магнитного поля при этом выделяется на этих резисторах в виде Джоулевой теплоты:

$$W = Q_1 + Q_2 \quad (4 \text{ балла})$$

5) По резисторам R_1 и R_2 протекает один и тот же ток, поэтому количество теплоты пропорционально сопротивлению из чего следует, что

$$Q_1 = \frac{WR_1}{R_1 + R_2} = \frac{L(R_1\varepsilon)^2 R_1}{2[r(R_1 + R_2) + R_1R_2]^2 (R_1 + R_2)} = 1,14 \text{ Дж.} \quad (4 \text{ балла})$$

Всего 16 баллов

$$\text{Ответ: } Q_1 = \frac{L(R_1\varepsilon)^2 R_1}{2[r(R_1 + R_2) + R_1R_2]^2 (R_1 + R_2)} = 1,14 \text{ Дж.}$$

5. Колебательный контур генератора, состоящий из соленоида и конденсатора емкостью C_1 , излучает электромагнитные волны длиной волны $\lambda_1 = 30 \text{ см}$. Если параллельно конденсатору емкостью C_1 , подключить конденсатор емкостью $C_2 = 3 \cdot 10^3 \text{ нФ}$, то длина волны, излучаемая контуром, будет $\lambda_2 = 60 \text{ см}$. Определите емкость C_1 .

Дано: $\lambda_1 = 30 \text{ см}$, $\lambda_2 = 60 \text{ см}$, $C_2 = 3 \cdot 10^3 \text{ нФ}$

Найти: C_1

Решение и критерии оценки:

1) Длины волн можно определить из выражений:

$$\lambda_1 = c2\pi\sqrt{LC_1}; \lambda_2 = c2\pi\sqrt{L(C_1 + C_2)}. \quad (8 \text{ баллов})$$

2) Отношение длин волн $\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \sqrt{\frac{C_1}{C_1 + C_2}}$, отсюда $\frac{C_1}{C_1 + C_2} = \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2}\right)^2$,

$$\text{Окончательно } C_1 = \frac{C_2 \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2}\right)^2}{1 - \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2}\right)^2} = 10^3 \text{ нФ.} \quad (8 \text{ баллов})$$

Всего 16 баллов

$$\text{Ответ: } C_1 = \frac{C_2 \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2} \right)^2}{1 - \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2} \right)^2} = 10^3 \text{ нФ}$$

6. Перечислить основные области применения искусственных спутников Земли.

Решение

- системы телевидения
- системы связи (интернет)
- зондирование земной поверхности (геологоразведка)
- радиоастрономия
- системы навигации

Критерии оценки

1. Полнота ответа

Тут нужно вспомнить основные области использования спутников, такие как:

- системы телевидения (спутниковое телевидение)
- системы связи (спутниковый телефон, интернет)
- зондирование земной поверхности (геологоразведка, фотосъемка)
- радиоастрономия (изучение космоса, астероидный контроль)
- системы навигации (системы GPS, ГЛОНАС)

2. Наличие вариантов решения

Оценивается наличие и количество вариантов.

3. Оригинальность решения

Оценивается оригинальность решения.

7. В больших городах наряду с эфирным, используется кабельное телевидение. Перечислить основные причины этого.

Решение.

- в условиях высотных застроек затруднено распространение радиосигнала.
- качество изображения падает (появляются тени и контуры) вследствие переотражения радиосигнала от стен многочисленных зданий.
- необходимо наличие достаточно громоздких антенн для каждого телевизионного приемника (или группы приемников)

Критерии оценки

1. Полнота ответа

Необходимо отметить основные причины:

- в условиях высотных застроек затруднено распространение радиосигнала – высотные здания создают радиотень, а также многочисленные переотражения радиосигнала, что приводит к потере качества изображения и помехам на нем (тени и контуры).

- для эфирного телевидения необходимо наличие достаточно громоздких телевизионных антенн для каждого телевизионного приемника (или группы приемников), что в условиях современных городов почти нереализуемо.

2. Наличие вариантов решения

Оценивается наличие и количество вариантов.

3. Оригинальность решения

Оценивается оригинальность решения.