

Семинар 12. Электрические цепи. Правила Кирхгофа. Переходные процессы

Краткая теория

I правило Кирхгофа. Сумма токов, входящих в узел цепи равна сумме токов, исходящих из него. Перед записью этого уравнения необходимо произвольным образом расставить силы токов и их направления на каждом участке цепи.

II правило Кирхгофа. Сумма падений напряжений в любом замкнутом контуре цепи равна нулю с учётом падений напряжений на ЭДС. Это правило имеет смысл записывать для всех *независимых* контуров цепи, то есть контуров, каждый из которых содержит хотя бы один элемент, не входящий в остальные контуры.

Падения напряжений на элементах цепи:

$$U_R = IR$$

$$U_c = q / c$$

$$U_L = L\dot{I}$$

$$U_e = e$$

Приведённые выражения во втором правиле Кирхгофа следует писать со знаком «плюс», если направление обхода контура совпадает с выбранным направлением силы тока (для R и L) или если элемент проходится от «плюса» к «минусу» (для c и e).

Типы задач

1. Цепи постоянного тока. 12.1-12
2. Переходные процессы. 12.13-30

Примеры из книжки

Обратите внимание на пример 12.4.

Задачи с решениями

12.10.

$$\begin{cases} e_1 - Ir_1 + e_2 - Ir_2 - IR = 0 \\ e - Ir - IR = 0 \end{cases} \Rightarrow e_1 + e_2 = \frac{e(r_1 + r_2 + R)}{r + R} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow [(e_1 + e_2)r - e(r_1 + r_2)] + [(e_1 + e_2 - e)]R = 0 \Rightarrow$$
$$\Rightarrow \begin{cases} (e_1 + e_2)r - e(r_1 + r_2) = 0 \\ e_1 + e_2 - e = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} r = r_1 + r_2 \\ e = e_1 + e_2 \end{cases}$$
$$\begin{cases} \frac{1}{r} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \\ e = \frac{e_1 r_2 + e_2 r_1}{r_1 + r_2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} r_{\text{экв}} = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2} + r_1 + r_2 \\ e_{\text{экв}} = \frac{e_1 r_2 + e_2 r_1}{r_1 + r_2} + e_1 + e_2 \end{cases}$$

12.11.

12.21.

$$\begin{cases} -e + IR - I_1 R = 0 \\ -e + I_1 R + L \frac{dI_1}{dt} = 0 \end{cases}$$

$$\frac{d(e - RI_1)}{e - I_1 R} = -\frac{Rdt}{L} \Rightarrow \ln(e - I_1 R) = -\frac{Rt}{L} + C_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow e - I_1 R = C_2 e^{-Rt/L}$$

$$e - I_{10} R = C_2$$

Задачи для самостоятельного решения

12.1-9, 12.12-20, 12.21-30

Литература

Н.В. Нетребко, И.П. Николаев, М.С. Полякова, В.И. Шмальгаузен. Электричество и магнетизм. Практические занятия по физике для студентов-математиков. Часть III. Москва: Макс Пресс, 2006 г.