

# Практикум по решению физических задач

Макаров П. А.

21.02, 24.02 и 28.02.2022

## Уроки 41-43. Законы Кирхгофа. Расчёт сложных электрических цепей

### Теория

Прочтите [раздел 3.12](#) из пособия Яковлева И. В.

### Закон Ома для полной цепи

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}. \quad (1)$$

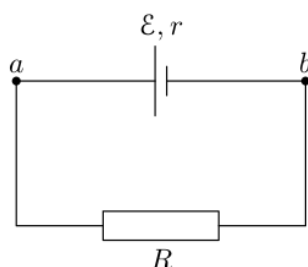


Рис. 1: Полная цепь

### Закон Ома для неоднородного участка цепи

$$\varphi_a - \varphi_b \pm \mathcal{E} = I(R + r). \quad (2)$$



Рис. 2: Неоднородный участок цепи

## Первое правило Кирхгофа (правило токов)

Алгебраическая сумма токов ветвей, сходящихся в каждом узле любой цепи, равна нулю:

$$\sum_{j=1}^N I_j = I_1 + \dots + I_N = 0. \quad (3)$$

Ток направленный к узлу принято считать положительным, а направленный от узла — отрицательным.

## Второе правило Кирхгофа (правило напряжений)

Алгебраическая сумма напряжений на резистивных элементах замкнутого контура равна алгебраической сумме ЭДС, входящих в этот контур:

$$\sum_{j=1}^N U_j = \sum_{k=1}^M \mathcal{E}_k. \quad (4)$$

При составлении уравнения напряжений для контура нужно выбрать положительное направление обхода контура. При этом падение напряжения на ветви считают положительным, если направление обхода данной ветви совпадает с ранее выбранным направлением тока ветви, и отрицательным — в противном случае.

## Задачи

1. При питании лампочки от элемента с ЭДС 1.5 В сила тока в цепи равна 0.2 А. Найти работу сторонних сил в элементе за 1 мин.
2. К источнику с ЭДС 12 В и внутренним сопротивлением 1 Ом подключён реостат, сопротивление которого 5 Ом. Найти силу тока в цепи, напряжение на зажимах источника и его КПД.
3. При подключении лампочки к батарее элементов с ЭДС 4.5 В вольтметр показал напряжение на лампочке 4 В, а амперметр — силу тока 0.25 А. Каково внутреннее сопротивление батареи?
4. При подключении электромагнита к источнику с ЭДС 30 В и внутренним сопротивлением 2 Ом напряжение на зажимах источника стало 28 В. Найти силу тока в цепи. Какую работу совершают сторонние силы источника за 5 мин? Какова работа тока во внешней и внутренней частях цепи за то же время?
5. В проводнике сопротивлением 2 Ом, подключённом к элементу с ЭДС 1.1 В, сила тока равна 0.5 А. Какова сила тока при коротком замыкании элемента?

6. Для определения ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока собрали цепь по схеме, приведённой на рис. 3. При некотором положении скользящего контакта реостата амперметр показал 0.5 А, а вольтметр 4 В. Когда контакт переместили немного влево, амперметр стал показывать 0.9 А, а вольтметр 3.6 В. Вычислить ЭДС и внутреннее сопротивление источника.

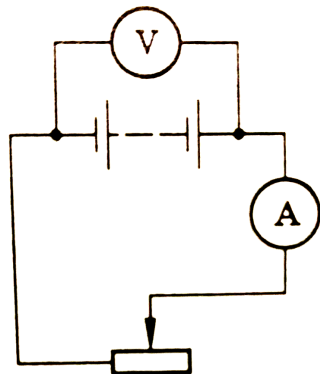


Рис. 3

7. Найти внутреннее сопротивление и ЭДС источника тока, если при силе тока 30 А мощность во внешней цепи равна 180 Вт, а при силе тока 10 А эта мощность равна 100 Вт.
8. Вольтметр, подключённый к зажимам источника тока показал 6 В. Когда к тем же зажимам подключили резистор, вольтметр стал показывать 3 В. Что покажет вольтметр, если вместо одного подключить два таких же резистора, соединённых последовательно? параллельно?
9. От генератора с ЭДС 40 В и внутренним сопротивлением 0.04 Ом ток поступает по медному кабелю площадью поперечного сечения  $170 \text{ мм}^2$  к месту электросварки, удалённому от генератора на 50 м. Найти напряжение на зажимах генератора и на сварочном аппарате, если сила тока в цепи равна 200 А. Какова мощность сварочной дуги?
10. От генератора с ЭДС 250 В и внутренним сопротивлением 0.1 Ом необходимо протянуть к потребителю двухпроводную линию длиной 100 м. Какая масса алюминия пойдёт на изготовление подводящих проводов, если максимальная мощность потребителя 22 кВт и он рассчитан на напряжение 220 В?
11. Лампочки, сопротивления которых 3 и 12 Ом, поочерёдно подключённые к некоторому источнику тока, потребляют одинаковую мощность. Найти внутреннее сопротивление источника и КПД цепи в каждом случае.
12. Источник тока с ЭДС 9 В и внутренним сопротивлением 1 Ом питает через реостат три параллельно соединённые лампочки, рассчитанные на напряжение 6.3 В и силу тока 0.3 А. Реостат поставлен в такое положение, что

лампочки работают в номинальном режиме. Одна из лампочек перегорела. Во сколько раз изменилась мощность каждой из двух оставшихся лампочек по сравнению с номинальной, если считать, что сопротивление каждой лампочки осталось прежним?

13. Для электрической цепи постоянного тока (рис. 4) определить токи  $I_1$ ,  $I_2$  и  $I_3$  во всех ветвях схемы. Известны ЭДС  $\mathcal{E}_1 = 1.8$  В,  $\mathcal{E}_2 = 1.2$  В и сопротивления резисторов  $R_1 = 0.2$  Ом,  $R_2 = 0.3$  Ом,  $R_3 = 0.8$  Ом;  $r_1 = 0.6$  Ом,  $r_2 = 0.4$  Ом.

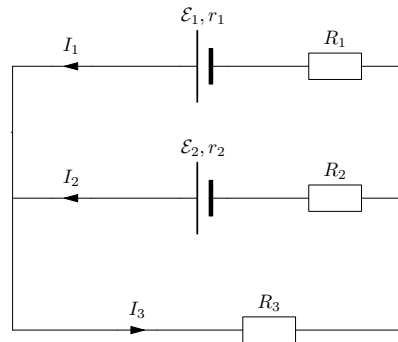


Рис. 4

14. В электрической цепи постоянного тока (рис. 5) показание амперметра  $A$ :  $I_5 = 5$  А. Определить токи  $I_1 \div I_4$  во всех ветвях цепи, пользуясь законами Кирхгофа. Сопротивления резисторов:  $R_1 = 1$  Ом,  $R_2 = 10$  Ом,  $R_3 = 10$  Ом,  $R_4 = 4$  Ом,  $R_5 = 3$  Ом,  $R_6 = 1$  Ом,  $R_7 = 1$  Ом,  $R_8 = 6$  Ом,  $R_9 = 7$  Ом; ЭДС  $\mathcal{E}_1 = 162$  В,  $\mathcal{E}_2 = 50$  В,  $\mathcal{E}_3 = 30$  В. Внутренним сопротивлением источников питания пренебречь.

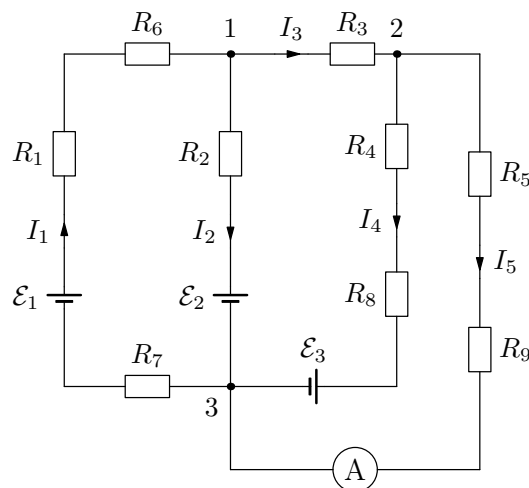


Рис. 5

15. Решить предыдущую задачу для случая, когда показание амперметра неизвестно.