

Моделирование работы электрической цепи постоянного тока

Приборы и принадлежности:



источник ВС 4-12



переключатель
однополюсный (ключ)



соединительные
провода



вольтметр М2004
сопротивление
неизвестно



амперметр М2015
сопротивление
неизвестно



реостат РПШ-2
100 Ом 2А



амперметр Э514
 $I_{\max}=2,5 \text{ A}$, $R_A=0,012 \text{ Ом}$
 $I_{\max}=5,0 \text{ A}$, $R_A=0,005 \text{ Ом}$



вольтметр Э515
 $U_{\max}=1,5 \text{ В}$, $R_V=7,5 \text{ Ом}$
 $U_{\max}=3,0 \text{ В}$, $R_V=15,0 \text{ Ом}$
 $U_{\max}=7,5 \text{ В}$, $R_V=37,5 \text{ Ом}$
 $U_{\max}=15 \text{ В}$, $R_V=75,0 \text{ Ом}$

Упрощённая схема

Источник ЭДС характеризуется двумя основными величинами – ЭДС ε и внутренним сопротивлением r .

Будем рассматривать идеальные измерительные приборы: вольтметр с сопротивлением $R_V \rightarrow \infty$, амперметр с сопротивлением $R_V \rightarrow 0$ и реостат, сопротивление которого $0 < R < \infty$.

При подключении к источнику ЭДС внешнего сопротивления R ток I в цепи определяется законом Ома для полной цепи

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

При этом источник за интервал времени Δt совершает работу

$$A_0 = I \varepsilon \Delta t.$$

Выделяемая источником мощность (полная мощность)

$$P_0 = \frac{A_0}{\Delta t} = I \varepsilon = \frac{\varepsilon^2}{R + r}. \quad (3)$$

Часть работы источника, а, следовательно, и его мощности выделяется на внешнем участке цепи (полезная мощность)

$$P_B = UI = I^2 R = \frac{\varepsilon^2 R}{(R + r)^2}, \quad (4)$$

где U – напряжение на внешнем участке цепи.

Оставшаяся часть мощности выделяется внутри источника. При этом энергия электрического тока переходит во внутреннюю энергию источника (происходит нагрев). Коэффициент полезного действия источника

$$\eta = \frac{P_B}{P_0} = \frac{UI}{I \varepsilon} = \frac{U}{\varepsilon}, \quad (5)$$

с другой стороны, с учётом (4) и (3)

$$\eta = \frac{R}{R + r}. \quad (6)$$

Как следует из выражений (3), (4) и (6), все три величины зависят от внешнего и внутреннего сопротивлений цепи и, следовательно, от величины тока.

Полная мощность в электрической цепи линейно растёт с увеличением тока.

Мощность, выделяемая на внешнем участке цепи, при определённых условиях принимает максимальное значение. Эти условия для цепи с заданной ЭДС и внутренним сопротивлением можно определить, исследуя (4) на экстремум

$$\frac{dP_B}{dR} = \varepsilon^2 \frac{r - R}{(r + R)^3} = 0,$$

откуда $R = r$. Таким образом, максимальная мощность во внешней цепи выделяется при равенстве сопротивлений внешней и внутренней части цепи.

Зависимость мощности на внешнем участке цепи от силы тока можно получить из (4), выразив внешнее сопротивление из (1)

$$P_B = I^2 \left(\frac{\mathcal{E}}{I} - r \right) = \mathcal{E}I - I^2 r = I(\mathcal{E} - Ir).$$

Следовательно, мощность на внешнем сопротивлении цепи меняется в зависимости от тока по параболическому закону. Она обращается в нуль при токах $I_1 = 0$ и $I_2 = \frac{\mathcal{E}}{r}$. Первому току соответствует разомкнутая цепь ($R = \infty$), а второму – режим короткого замыкания $R = 0$. Вершина параболы соответствует условию $R = r$, или величине тока $I = \frac{\mathcal{E}}{2r}$, что составляет половину тока короткого замыкания. Она равна $P_{B_max} = \frac{\mathcal{E}^2}{4r}$.

Зависимость КПД от силы тока из (5) имеет вид

$$\eta = \frac{IR}{\mathcal{E}} = \frac{I}{\mathcal{E}} \left(\frac{\mathcal{E}}{I} - r \right) = 1 - \frac{r}{\mathcal{E}} I, \quad (9)$$

то есть от 1 при разомкнутой цепи до нуля в режиме короткого замыкания. Из (6) следует, что максимальной мощности на внешнем участке цепи соответствует значение $\eta = 0,5$. Поэтому условия получения максимальной мощности на потребителе и максимального коэффициента полезного действия источника оказываются несовместимыми.

Выполнение работы

1. Собрать цепь для изучения режима работы электрической цепи по схеме 1.

Здесь:

R – реостат, V – вольтметр,

A – амперметр, K – ключ.

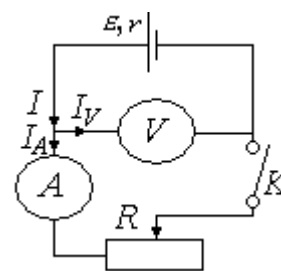


Рис 1. Схема 1

2. Изменяя сопротивление реостата от нуля до максимального значения снять зависимость напряжения на внешнем участке цепи от силы тока (не менее десяти точек). Результаты измерений записать в таблицу.

№	I , А	U , В	P_0 , Вт	P_B , Вт	η	R , Ом
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
...						

3. Построить график зависимости $U(I)$. Определить по графику ЭДС и внутреннее сопротивление.

$\varepsilon =$ В, $r =$ Ом.

4. По полученной ЭДС, напряжению и току, воспользовавшись формулами теоретического введения, рассчитать полную мощность, мощность на внешнем участке цепи и КПД.

Результаты внести в таблицу и представить на графиках зависимостей $P_0(I)$, $P_B(I)$, $\eta(I)$.

5. Воспользовавшись графиками, определить ток короткого замыкания источника и его внутреннее сопротивление.

$I_{кз} =$ А, $r =$ Ом.

6. Сделать выводы о справедливости представленных в теоретическом введении заключений о характере изменения указанных величин.