

## Режимы электрических цепей

Режим работы электрической цепи, т. е. ее электрическое состояние, определяется значениями токов, напряжений и мощностей ее отдельных элементов.

*Номинальный режим.* Источники и приемники электрической энергии, провода, а также вспомогательные аппараты и приборы характеризуются *номинальными* величинами тока  $I_n$ , напряжения  $U_n$ , мощности  $P_n$ , на которые эти устройства рассчитаны заводами-изготовителями для нормальной работы. Номинальные величины обычно указываются в паспорте устройства.

Режим работы, при котором действительные токи, напряжения, мощности элементов электрической цепи соответствуют их номинальным значениям, называется номинальным (нормальным).

*Рабочий режим.* Режимы электрической цепи по различным причинам могут отличаться от номинального.

Если в электрической цепи действительные характеристики режима отличаются от номинальных величин ее элементов, но отклонения находятся в допустимых пределах, то режим называется рабочим.

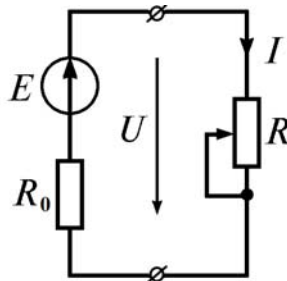


Рис. 1 Схема цепи с переменным сопротивлением приемника электрической энергии

Ток в цепи

$$I = \frac{E}{R + R_0}. \quad (1)$$

Уравнение баланса напряжений

$$E = I \cdot R + I \cdot R_0$$

или

$$E = U + U_0,$$

где  $U_0$  — внутреннее падение напряжения в источнике;  $U$  — напряжение на внешних зажимах источника.

Напряжение  $U$  на внешних зажимах источника, равное в этом случае напряжению на приемнике, меньше ЭДС источника на величину внутреннего падения напряжения  $U_0 = I \cdot R_0$

$$U = E - U_0 = E - I \cdot R_0. \quad (2)$$

Общее определение коэффициента полезного действия

$$\text{КПД} = \eta = \frac{A_{\text{полезная}}}{A_{\text{затраченная}}} = \frac{P_{\text{полезная}}}{P_{\text{затраченная}}}.$$

Отношение мощности  $P_{np}$  приемника к мощности  $P_{ист}$  источника называется коэффициентом полезного действия (КПД) источника

$$\eta = \frac{P_{np}}{P_{ист}}.$$

КПД источника можно определить отношением напряжения на зажимах источника к его ЭДС

$$\eta = \frac{P_{np}}{P_{ист}} = \frac{U \cdot I}{E \cdot I} = \frac{U}{E}.$$

Также КПД источника можно определить отношением сопротивления нагрузки к полному сопротивлению цепи

$$\eta = \frac{U}{E} = \frac{I \cdot R}{I \cdot R + I \cdot R_0} = \frac{R}{R + R_0}. \quad (3)$$

Из последней формулы видно, что чем меньше внутреннее сопротивление  $R_0$ , тем выше КПД источника.

*Режимы холостого хода и короткого замыкания*

При  $R = \infty$  тока в цепи не будет. Этот случай соответствует размыканию цепи. Режим электрической цепи или отдельных источников, при котором ток в них равен нулю, называется *режимом холостого хода*.

При холостом ходе напряжение на внешних зажимах источника равно его ЭДС:

$$U = E.$$

При  $R = 0$ , согласно выражению (1),

$$I = \frac{E}{R_0} = I_k,$$

а напряжение на зажимах приемника и источника равно нулю

$$U = I \cdot R = 0.$$

Режим электрической цепи, при котором накоротко замкнут участок с одним или несколькими элементами, в связи с чем напряжение на этом участке равно нулю, называется *режимом короткого замыкания*. Соответственно ток  $I_k$  в цепи называется током короткого замыкания.

Напряжение на зажимах источника уменьшается от  $U = E$  до  $U = 0$ , если ток нагрузки увеличивается от 0 до тока короткого замыкания  $I_k$  (см. рис. 2).

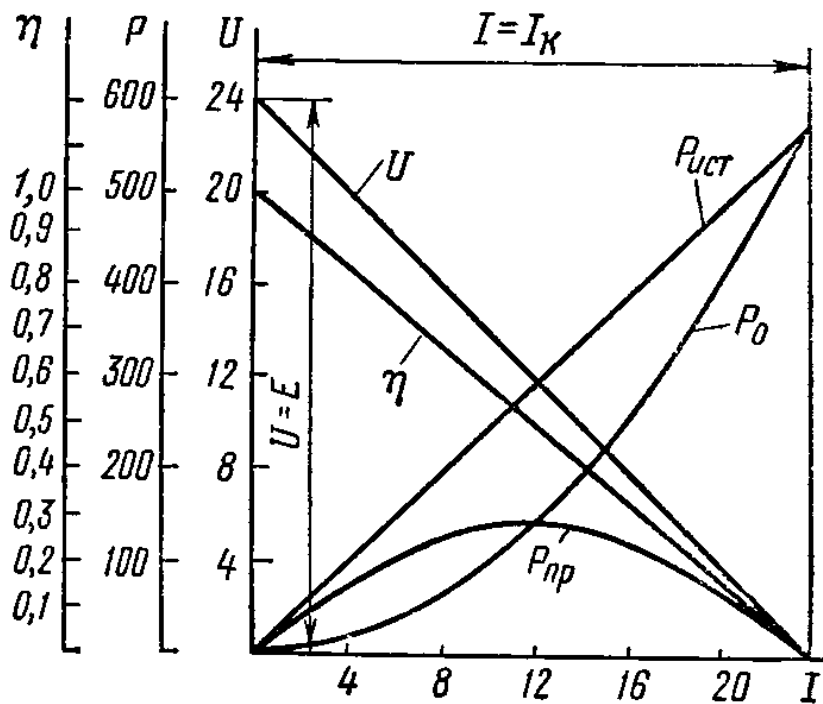


Рис. 2

**Задача** Источник электрической энергии имеет в качестве нагрузки реостат с переменным сопротивлением  $R$ . ЭДС источника  $E = 24$  В, а его внутреннее сопротивление  $R_0 = 1$  Ом. Построить графики зависимости напряжения  $U$  на зажимах источника, мощности источника  $P_{ист}$ , мощности приемника  $P_{пр}$ , КПД  $\eta$  источника, мощности потерь внутри источника  $P_0$  от тока в цепи при изменении сопротивления нагрузки от  $R = \infty$  (холостой ход) до  $R = 0$  (короткое замыкание), считая ЭДС источника постоянной.

## Решение

Для решения задачи воспользуемся схемой рис. 1.

Например, для сопротивления нагрузки  $R = 11 \text{ Ом}$ :

$$I = \frac{E}{R + R_0} = \frac{24}{11 + 1} = 2 \text{ А}; U = I \cdot R = 2 \cdot 11 = 22 \text{ В};$$

$$P_{\text{ист}} = E \cdot I = 24 \cdot 2 = 48 \text{ Вт};$$

$$P_{\text{нр}} = I^2 \cdot R = 2^2 \cdot 11 = 44 \text{ Вт}; P_0 = I^2 \cdot R_0 = 2^2 \cdot 1 = 4 \text{ Вт};$$

$$\eta = \frac{P_{\text{нр}}}{P_{\text{ист}}} = \frac{44}{48} = 0,917 \text{ или } \eta = \frac{U}{E} = \frac{22}{24} = 0,917 \text{ или } \eta = \frac{R}{R + R_0} = \frac{11}{11 + 1} = 0,917.$$

Для других значений сопротивления  $R$  результаты расчетов приведены в табл. 1.

Таблица 1

$R, \text{ Ом}$	$\infty$	23	11	7	5	3	2	1	0,2	0
$I, \text{ А}$	0	1	2	3	4	6	8	<b>12</b>	20	<b>24</b>
$U, \text{ В}$	24	23	22	21	20	18	16	12	4	0
$P_{\text{ист}}, \text{ Вт}$	0	24	48	72	96	144	192	288	480	576
$P_{\text{нр}}, \text{ Вт}$	0	23	44	63	80	108	128	144	80	0
$P_0, \text{ Вт}$	0	1	4	9	16	36	64	144	400	576
$\eta$	1	0,96	0,917	0,875	0,835	0,75	0,667	<b>0,5</b>	0,167	0

По данным таблицы в прямоугольной системе координат строим графики  $U$ ;  $P_{\text{ист}}$ ;  $P_{\text{нр}}$ ;  $P_0$ ;  $\eta$  в функции тока  $I$ . Графики показаны на рис. 2.