Электроснабжение и основы электротехники

Лекции 1 и 2: Цепи постоянного тока

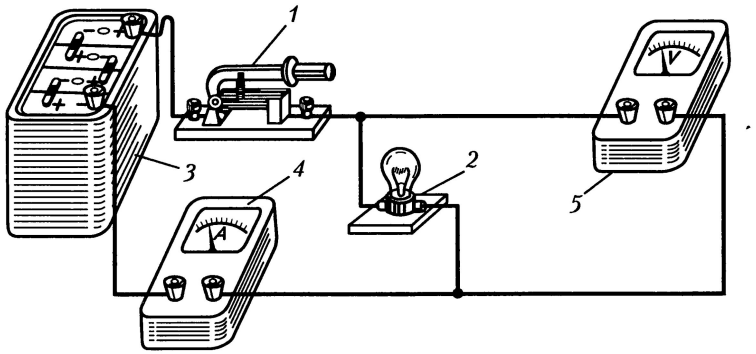
Электрическая цепь

Источник и эл. энергии

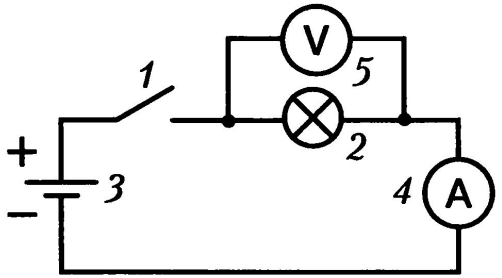
Приемник и эл.энергии

Провода, измерительная аппаратура, устройства управления

Схема электрической цепи



Эскиз



Принципиальная схема

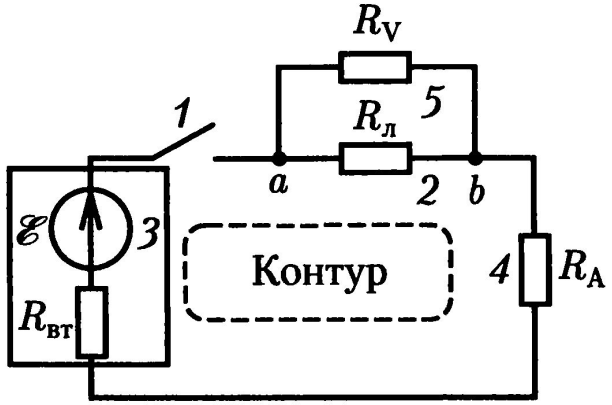
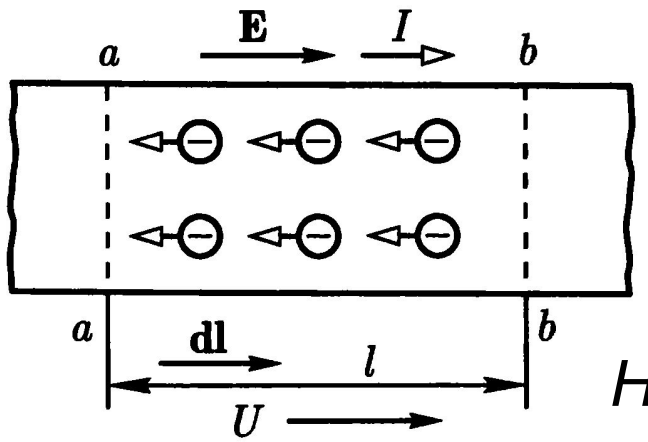


Схема замещения

Геометрические понятия: *ветвь, узел, контур*

Электрический заряд q [Кл] – внутреннее свойство (характеристика), некоторых частиц. Существует положительный заряд (протон) и отрицательный заряд (электрон). Одноименные заряды отталкиваются, разноименные – притягиваются.

Электрический ток – упорядоченное (направленное) движение заряженных частиц.



Сила тока I $[\mathrm{A}] = \frac{|dq|}{dt} =$ если ток постоянный, то $= \frac{|q|}{t}$

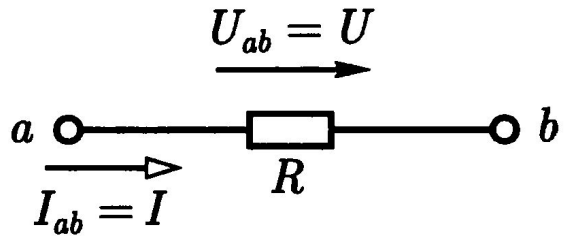
Направление тока совпадает с направлением движения положительных зарядов.

Напряжение U [В] на участке ab – работа сил электрического поля А по переносу единичного заряда из a в b, оно равно разности потенциалов между точками a и b.

$$U = \int_a^b \vec{F} d\vec{l} = \frac{1}{q}\int_a^b q\vec{E} d\vec{l} = \frac{A}{q} = \varphi_a - \varphi_b$$

Здесь $\vec{E}$ - это *напряженность* электрического поля [В/м], $\vec{F} = q\vec{E}$ – *сила Кулона*, φ – *потенциал* (потенциальная энергия единичного заряда).

Сопротивление R [Ом] – свойство тел препятствовать прохождению через них тока. Обусловлено столкновениями носителей тока с частицами вещества. *Резистор* – устройство, обладающее сопротивлением, применяемое для ограничения тока в электрической цепи. Обратная величина *G* [См] – *проводимость*.

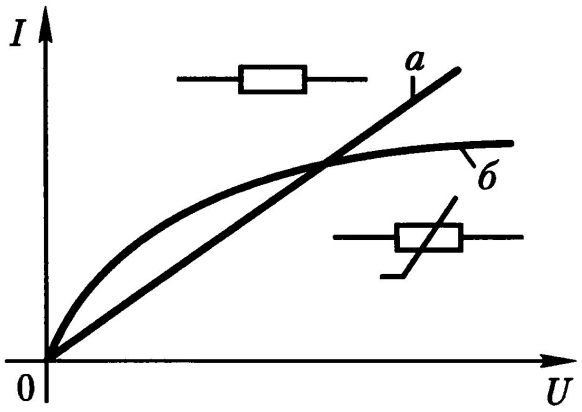


Закон Ома $U = RI$

Материал	Объемное удельное сопротивление при 20 °С, мкОм·м	Температурный коэффициент сопротивления (на 1 °С)
Серебро	0,016	0,0035
Медь техническая	0,0172 – 0,0182	0,0041
Алюминий	0,0295	0,0040
Сталь	0,125 – 0,146	0,0057
Железо	0,09 – 0,11	0,0060
Чугун	0,15	0,001
Свинец	0,218 – 0,222	0,0039
Вольфрам	0,0503	0,0048
Уголь	10 – 60	0,005
Манганин (сплав: Cu – 85 %, Mn – 12 %, Ni – 3 %)	0,040 – 0,52	0,00003
Константан	0,44	0,00005
Нихром (сплав: Cr – 20 %, Ni – 80 %)	1,02 – 1,12	0,0001

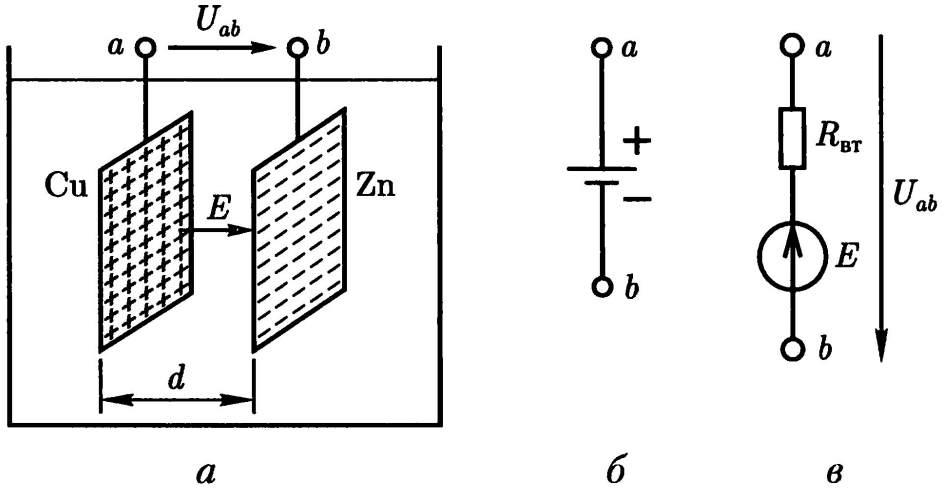
Наименование	Условное изображение
Резистор:	
постоянный	
с отводами	
переменный (реостат)	
с разрывом цепи	
без разрыва цепи	
переменный (реостат) со ступенчатым регулированием	
саморегулирующийся нелинейно, например в зависимости от параметра внешней среды *П*	*П*

ВАХ



Источник электрической энергии

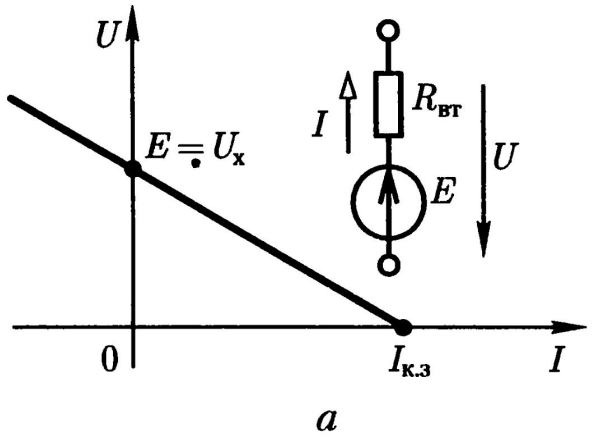
Работа сторонних сил *E* [В] – *электродвижущая сила* (*ЭДС*). Равна напряжению на зажимах источника в режиме *холостого хода*, т.е. без подключения нагрузки.

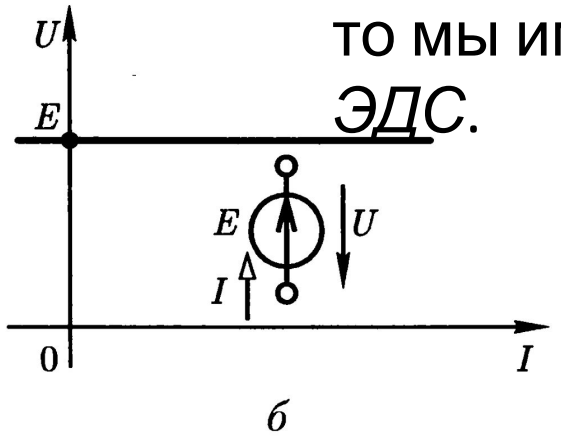


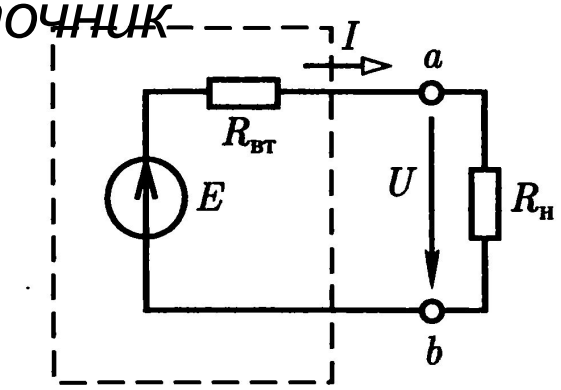
$$E = E_0 d = U_{abx} = \varphi_{ax} - \varphi_{bx}$$

$$U = E - R_{вт} I$$

Если внутреннее сопротивление мало,
то мы имеем *идеальный источник ЭДС*.



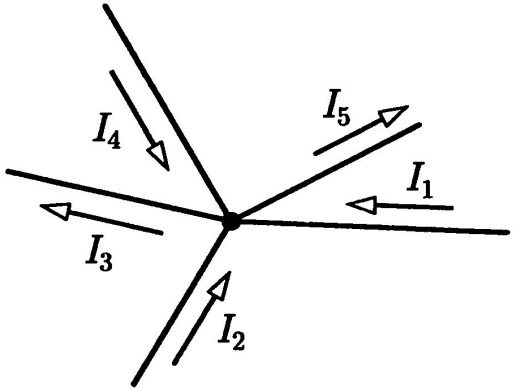




Законы Кирхгофа

1. Алгебраическая сумма токов в любом узле электрической цепи равна нулю.

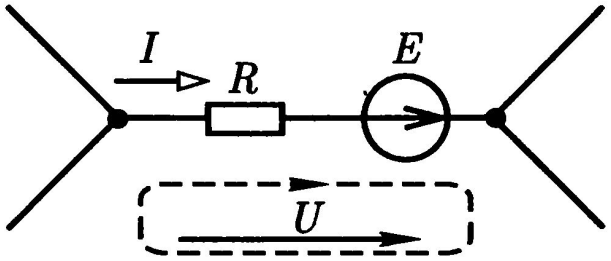
$$\sum_{k=1}^{n} I_k = 0$$



$$-I_1 - I_2 + I_3 - I_4 + I_5 = \sum_{k=1}^{5} I_k = 0$$

2. Алгебраическая сумма напряжений на резисторах в любом контуре равна алгебраической сумме ЭДС в этом контуре.

$$\sum_{k=1}^{m} U_{Rk} = \sum_{k=1}^{m} R_k I_k = \sum_{k=1}^{n} E_k = 0$$



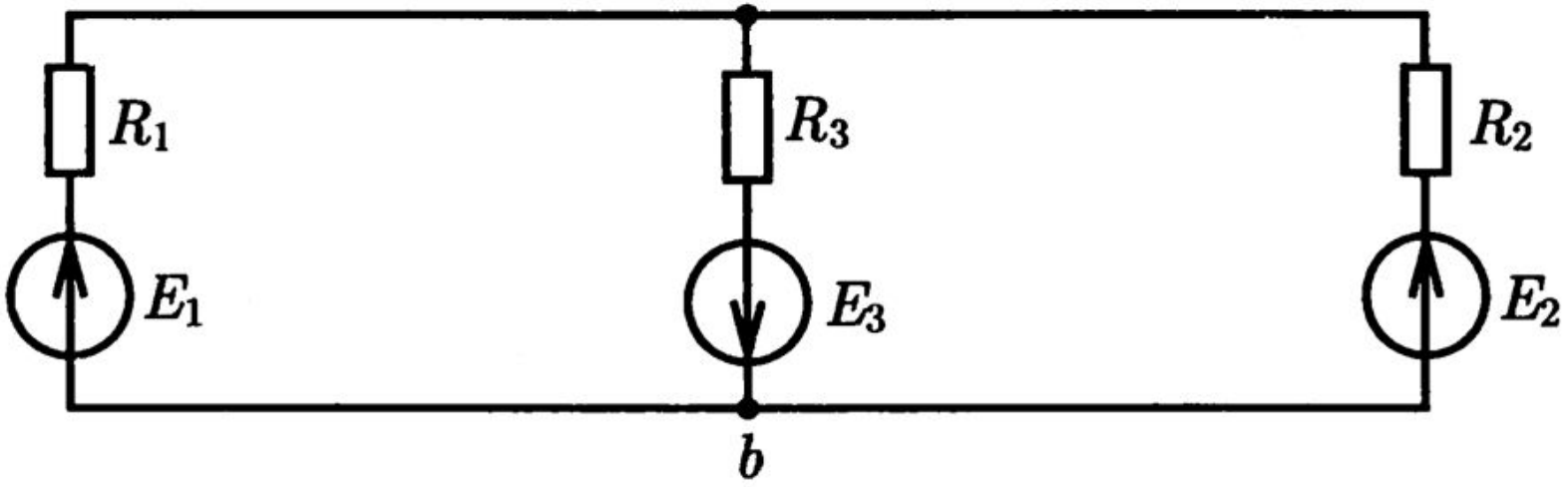
$$RI - U = E,$$

$$I = (U + E)/R.$$

Обобщенный закон Ома

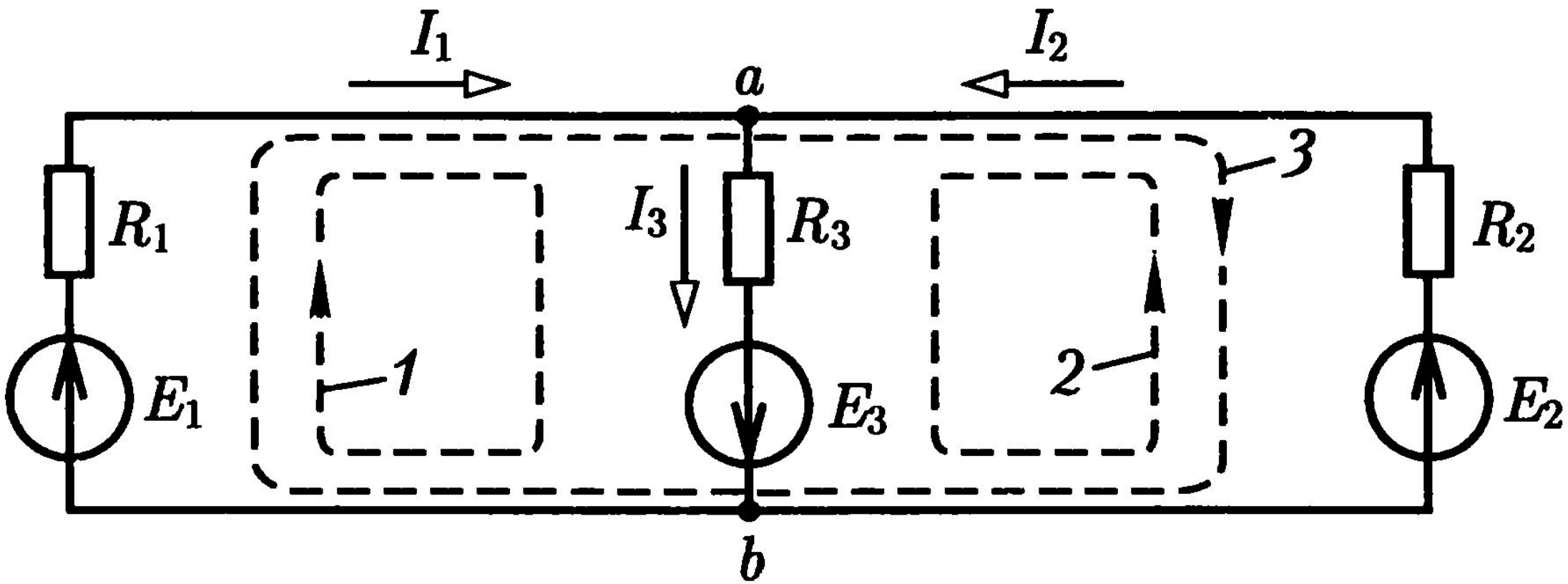
Пример расчета

Определить токи во всех ветвях цепи

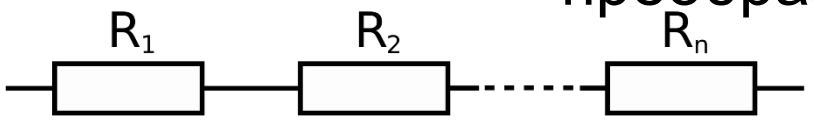


Дано: E1 = 10 В, E2 = 3 В, E3 = 8 В, R1 = 4 Ом, R2 = 5 Ом, R3 = 10 Ом.

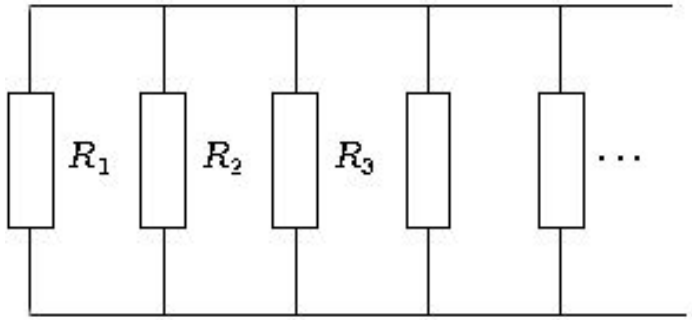
Пример
расчета



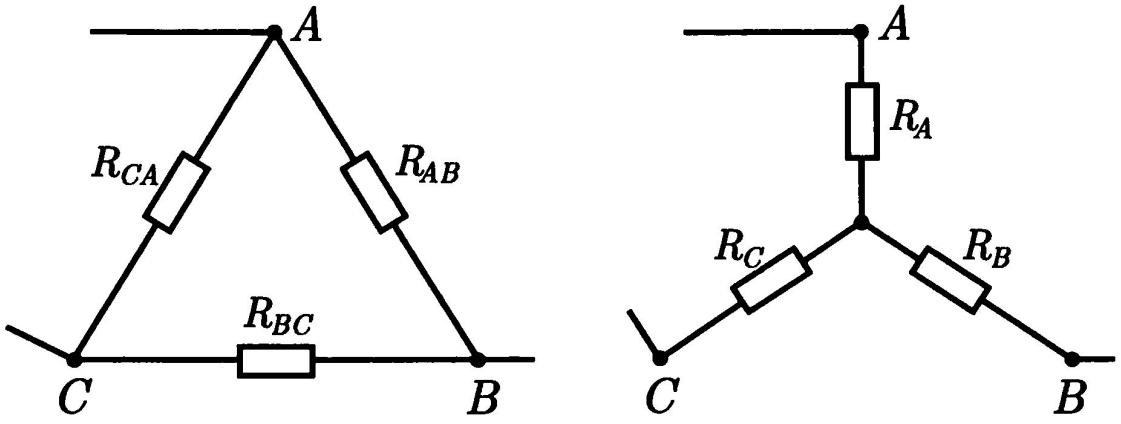
Эквивалентные преобразования



$$R_э = R_1 + R_2 + \cdots$$



$$\frac{1}{R_э} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots$$



а б

$$R_A = \frac{R_{AB}R_{CA}}{\sum R_\Delta}$$

$$R_{AB} = R_A + R_B + \frac{R_A R_B}{R_C}.$$

Мощность P [Вт] показывает скорость совершения работы (выделения энергии)

$$P_{\text{приемник}} = UI = RI^2$$

$$P_{\text{источник}} = EI$$

Коэффициент полезного действия (КПД) показывает эффективность преобразования энергии

$$\eta = \frac{P_{\text{приемник}}}{P_{\text{источник}}}$$

В цепи должен выполняться баланс мощностей: арифметическая сумма мощностей приемников равна алгебраической сумме мощностей источников.