

ЛЕКЦИЯ 1

Задачи курса «ЭЛЕКТРОТЕХНИКА»

Специалисты по робототехнике разрабатывают электронные и электромеханические устройства.



Основные понятия электротехники

Электрической цепью называют совокупность соединенных друг с другом источников электрической энергии и нагрузок, по которым может протекать электрический ток.

Электромагнитные процессы в электрических цепях можно описать с помощью понятий: электрический ток, электрическое напряжение, сопротивление, индуктивность, емкость.

Классификация электрических цепей:

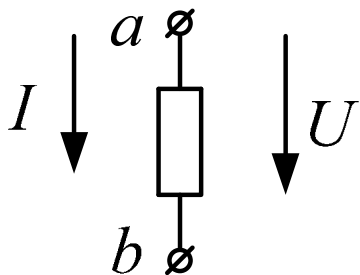
1. Линейные (в которых все элементы имеют линейные вольт-амперные характеристики).
2. Нелинейные (в которых имеется хотя бы один нелинейный элемент).
3. С сосредоточенными параметрами — размеры элементов цепи считаются бесконечно малыми, проводники не имеют сопротивлений, электрическое и магнитное поля в конденсаторах и катушках сосредоточены в бесконечно малых объемах.

4. С распределёнными параметрами кабеля, объёмными резонаторами, волноводами.
5. Цепи с переменными параметрами: $R(t)$, $C(t)$, $L(t)$.

Алфавит линейных электрических цепей

Идеальные пассивные элементы.

Сопротивление (резистор)



I, U – постоянный ток.

i, u – переменный ток и напряжение.

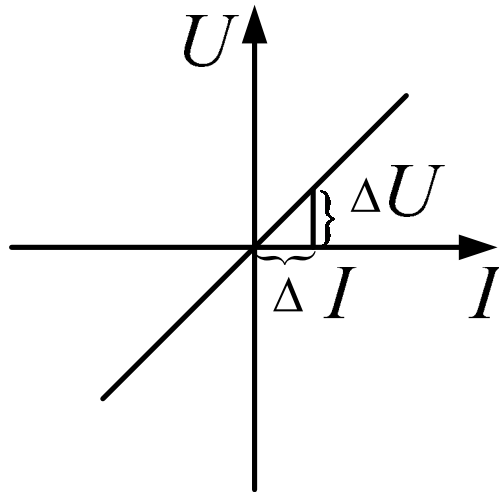
$$U=IR$$

$R[\text{Ом}]$ – сопротивление;

$1/R=G[\text{Си}]$ – проводимость;

$$I=UG$$

Вольтамперная характеристика (ВАХ) линейного резистора

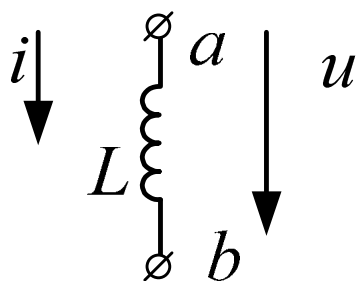


$$\frac{\Delta U}{\Delta I} = R$$

Мощность, выделяемая в резисторе

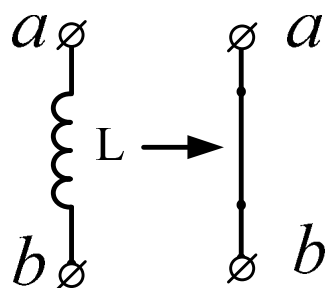
$$P = U \cdot I = IR \cdot I = I^2 R \text{ [Вт]}$$

Индуктивность



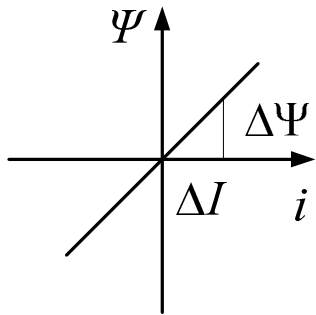
L [Гн] – индуктивность;
 $\Psi = L \cdot i$ [Вб] – потокосцепление;

$$u = \frac{d\Psi}{dt} = L \frac{di}{dt} .$$



Если $i = I = const$, то $u_L = 0$ и индуктивность эквивалентна короткому замыканию.

Вебер-амперная характеристика



Индуктивность $L = \frac{\Delta \Psi}{\Delta i}$

Индуктивность накапливает магнитную энергию.

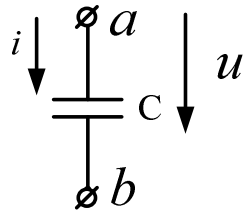
Мгновенная мощность в катушке индуктивности:

$$P = u \cdot i = iL \frac{di}{dt} \text{ [Вт]}.$$

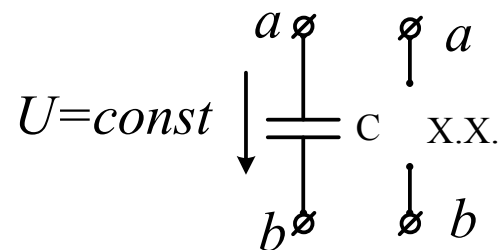
Мгновенная магнитная энергия, запасенная в катушке индуктивности:

$$W_m(t) = \int_{-\infty}^t u i dt = \int_{-\infty}^t L i \frac{di}{dt} dt = L \int_{-\infty}^t \frac{1}{2} di^2 = \frac{L i^2}{2} > 0 \text{ [Дж]}$$

Ёмкость

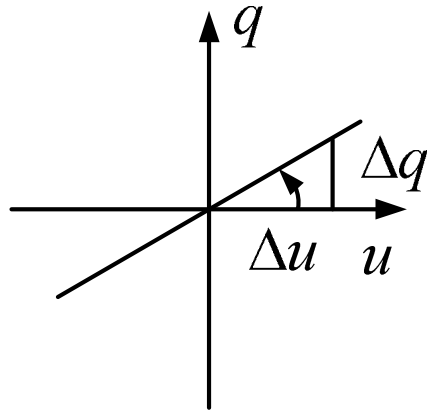


$$q = Cu, \quad i = \frac{dq}{dt} = C \frac{du}{dt}.$$



Если $u = const, \frac{du}{dt} = 0$,
то $i_C = 0$ - холостой ход.

Кулон-вольтная характеристика

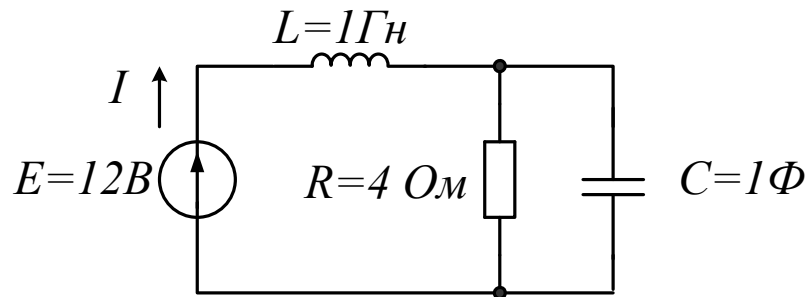


$$C = \frac{\Delta q}{\Delta u} \text{ [Ф] - фарад}$$

Емкость запасает электрическую энергию:

$$W_{\text{э}}(t) = \int_{-\infty}^t u i dt = \int_{-\infty}^t u C \frac{du}{dt} dt = \frac{Cu^2}{2} > 0.$$

Пример.



1. Найти ток в цепи.
2. Найти магнитную энергию в индуктивности.
3. Найти электрическую энергию в емкости.

4. Найти мощность резисторе.

Ответы

Вариант	1	2	3	4	5
I, А	4	6	12	3	2
W_M , Дж	4,5	18	36	9	12
$W_{\text{э}}$, Дж	64	48	72	144	36
P, Вт	48	72	16	18	36

$\Sigma=13$

Решение

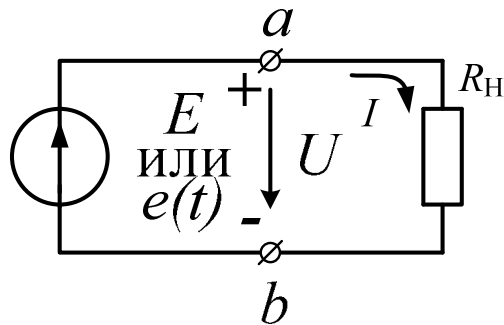
$$I = \frac{12}{4} = 3 A \quad W_m = \frac{Li^2}{2} = \frac{1 \cdot 9}{2} = 4,5 \text{ Дж}$$

$$W_{\text{э}} = \frac{Cu^2}{2} = \frac{1 \cdot 144}{2} = 72 \text{ Дж} \quad P = I^2 R = 36 \text{ Вт}$$

4135

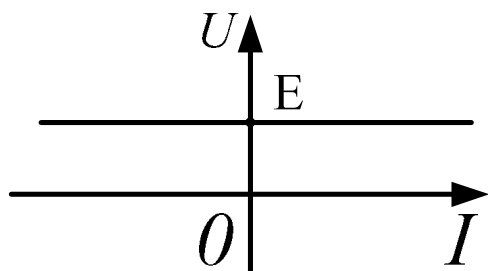
Идеальные активные элементы

Идеальный источник напряжения (ИН)



В идеальном источнике напряжения внутреннее сопротивление $R_{ин}=0$.

Вольт-амперная характеристика ИН



Напряжение на зажимах идеального ИН постоянно и не зависит от тока во внешней цепи.

Идеальный источник напряжения является **фиксатором напряжения**.

Мощность

$$P_E = E \cdot I \begin{cases} > 0, \text{если ток совпадает с } E \\ < 0, \text{если ток не совпадает с } E \end{cases}$$

Баланс мощности $P_n = I^2 R_n = I^2 \frac{E}{I} = EI = P_E$

Пример.

[ВАХ-ИН-ИТ.TSC](#) 

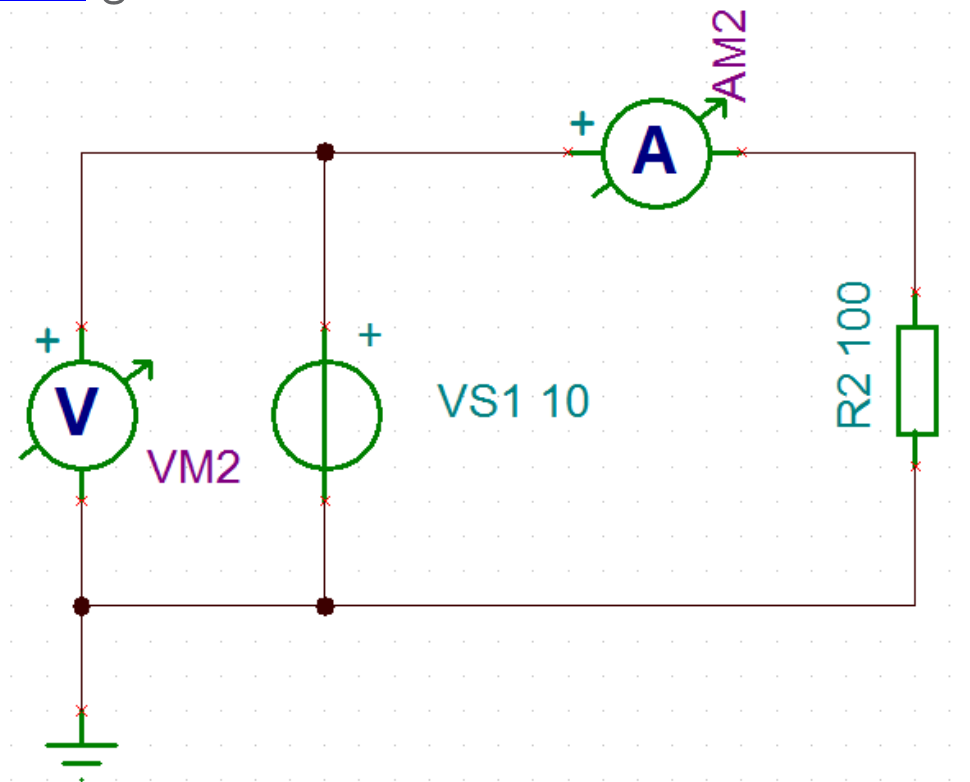
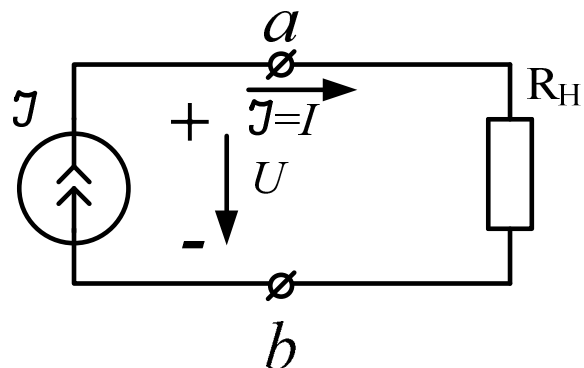


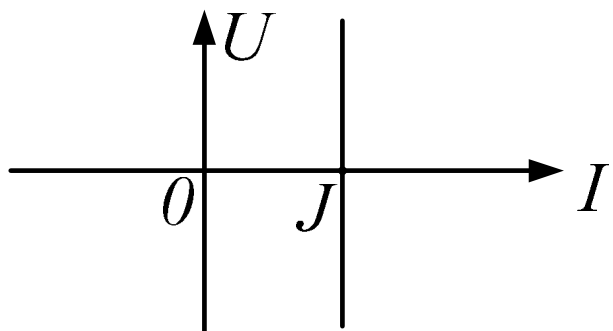
Схема идеального источника напряжения

Идеальный источник тока (ИТ)



Внутреннее сопротивление идеального источника тока $R_{\text{ИТ}} = \infty$.

Вольтамперная характеристика ИТ



Ток идеального ИТ постоянный и не зависит от величины нагрузки и напряжения на зажимах ИТ.

Идеальный источник тока является фиксатором тока.

Мощность $P_J = UJ \begin{cases} > 0, \text{если ток направлен к } +U \\ < 0, \text{если ток направлен к } -U \end{cases}$

Баланс мощности: $P_J = UJ = (JR)J = J^2 R_n = P_n$

Пример. [BAH-ИН-ИТ.TSC-C](#) 0

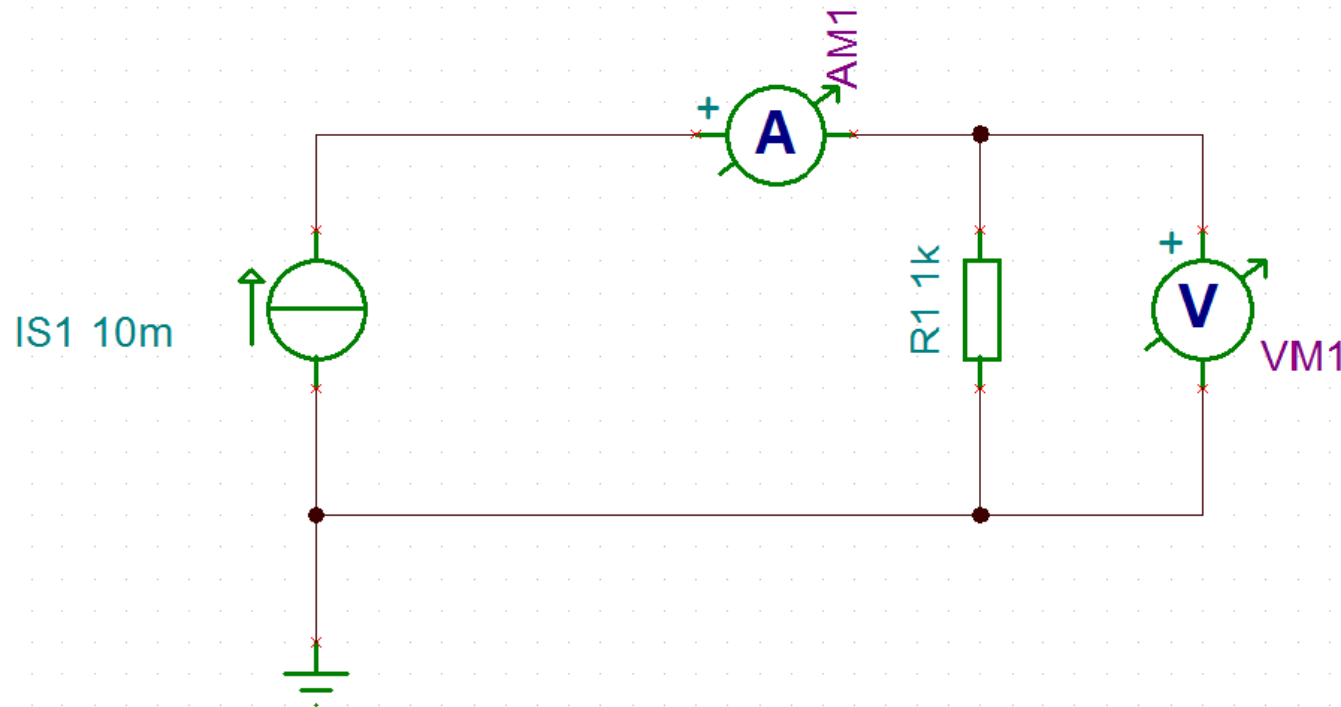
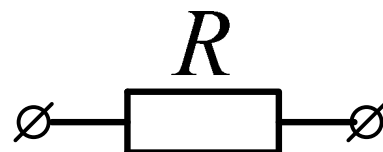


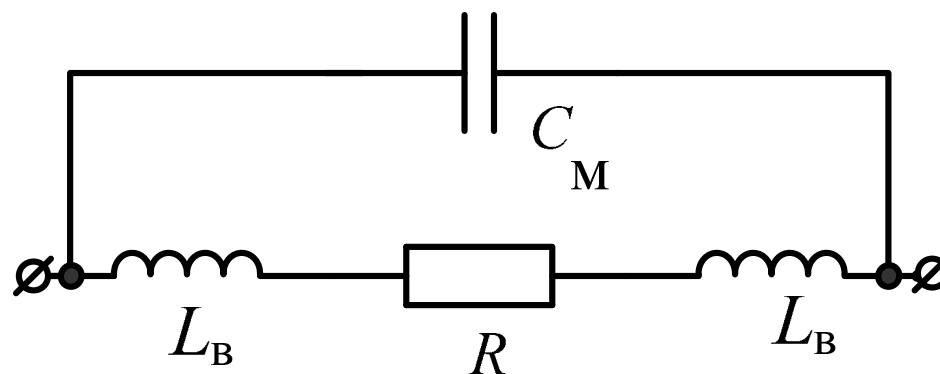
Схема идеального источника тока

Модели реальных электронных компонентов

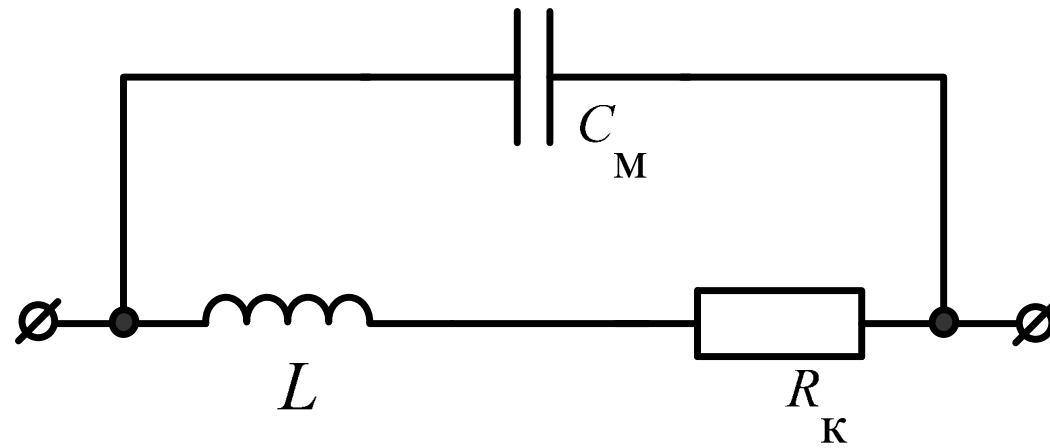
Резистор на низкой частоте



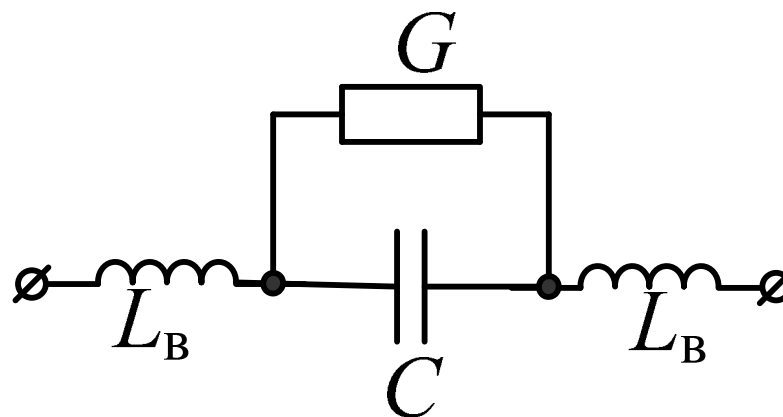
Резистор на высокой частоте



Индуктивность

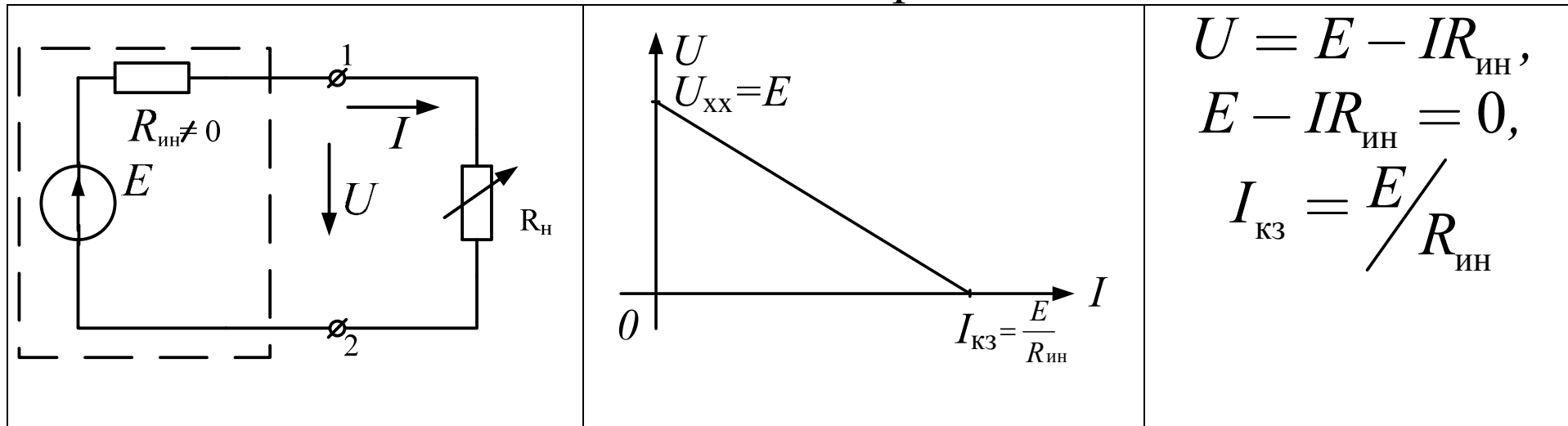


Емкость

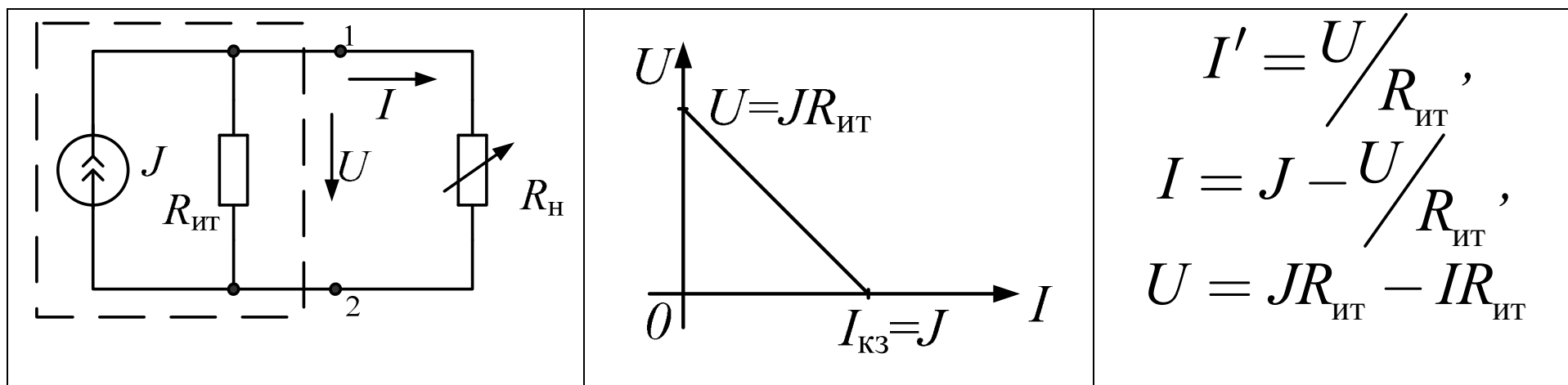


Модели реальных источников энергии

Источник напряжения



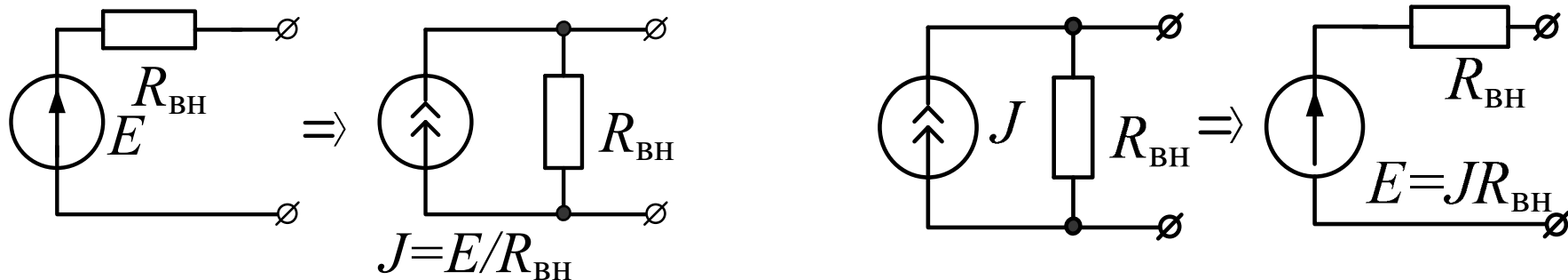
Источник тока



Условия эквивалентности ИН и ИТ

По ВАХ видим, что: $E = JR_{\text{ИТ}}, \frac{E}{R_{\text{ИН}}} = J \Rightarrow$

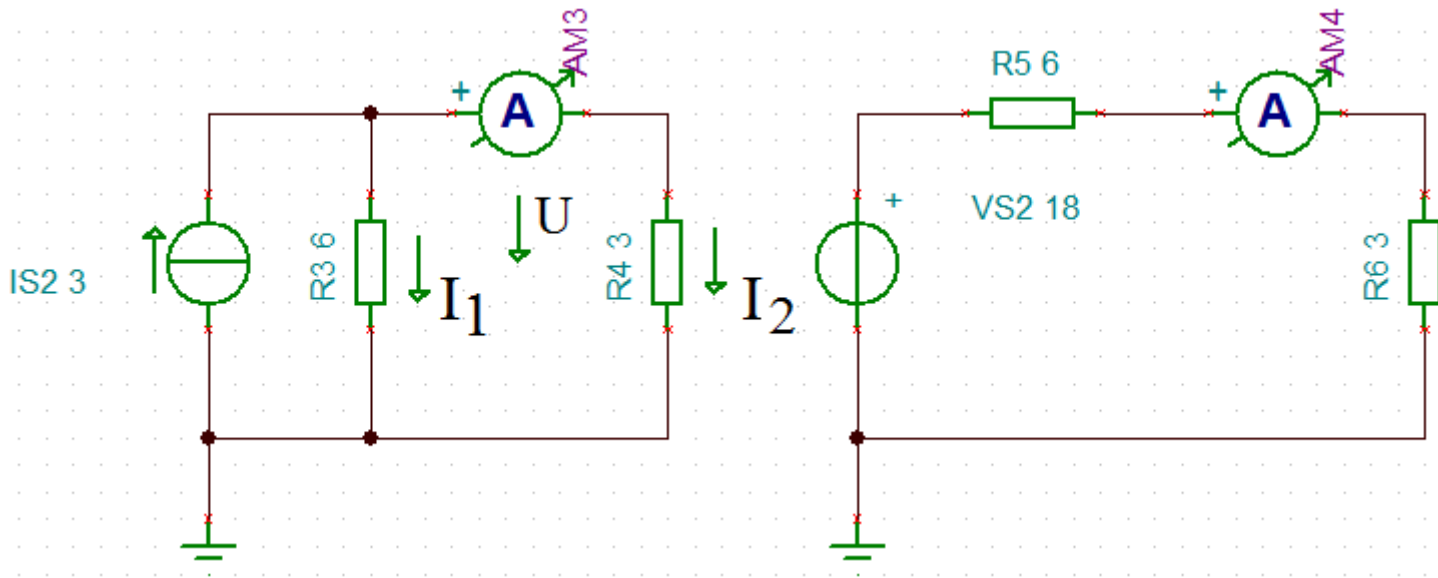
$$R_{\text{ИН}} = R_{\text{ИТ}} = R_{\text{ВН}}, E = JR_{\text{ВН}}, J = \frac{E}{R_{\text{ВН}}}$$



Любой источник напряжения с последовательно включенным сопротивлением может быть заменен на эквивалентный источник тока с параллельно включенным сопротивлением.

Любой источник тока с параллельно включенным сопротивлением может быть заменен на эквивалентный источник напряжения с последовательно включенным сопротивлением.

Пример. ВАХ-ИН-ИТ.TSC-C 



Эквивалентные ИН и ИТ
Рассчитать токи и напряжение

Вариант	1	2	3	4	5
I_1	2	1	3	18	9
I_2	1	9	2	3	2
U	18	2	6	12	9

Решение

$$R_{\text{э}} = \frac{6 \cdot 3}{6 + 3} = 2 \text{ Ом} \quad U = 6 \text{ В} \quad I_1 = 1 \text{ А} \quad I_2 = 2 \text{ А}$$

253

Повторение – мать учения

