

1

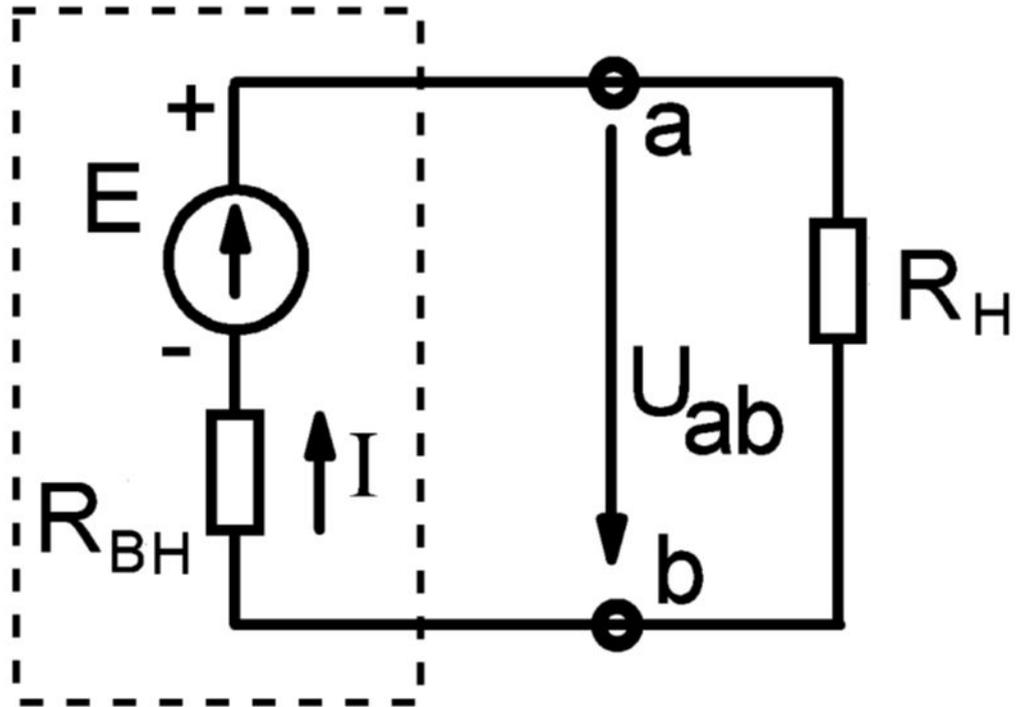
*Основы  
Электротехники  
и  
Электроники*

**СХЕМА ЗАМЕЩЕНИЯ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ  
И  
ЕЁ ПАРАМЕТРЫ**

3

**СХЕМОЙ ЗАМЕЩЕНИЯ –  
НАЗЫВАЮТ СХЕМУ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ,  
КОТОРУЮ СОСТАВЛЯЮТ ДЛЯ  
РАСЧЕТА РЕЖИМА РАБОТЫ  
ЦЕПИ.**

1



5

**ПУНКТИРОМ ОБОЗНАЧЕН  
РЕАЛЬНЫЙ ИСТОЧНИК ЭДС  
(БАТАРЕЯ, АККУМУЛЯТОР)**

6

$$I = \frac{E}{R_{BH} + R_H}$$

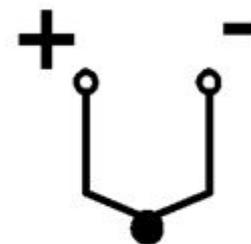
**ПО ЗАКОНУ ОМА ДЛЯ  
ЗАМКНУТОЙ ЦЕПИ**

7

$$I \cdot R_{BH} + I \cdot R_H = E$$

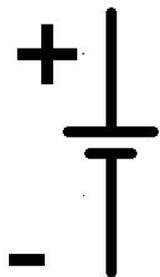
$$U_{ab} = I \cdot R_H = E - I \cdot R_{BH}$$

## ИСТОЧНИКИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

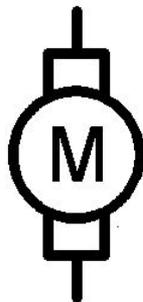


аккумулятор генератор фотоэлемент термопара  
батарея

# ПРИЕМНИКИ



аккумулятор  
зарядка



электро  
двигатель

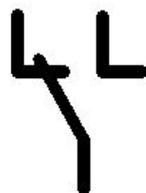


резистор



лампа  
накалив.

# ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ



выключатель    переключатель    предо-  
хранитель

11



12

**ЕСЛИ  $R_{вн} \ll R_n$ , ТО ПРИ  
ИЗМЕНЕНИИ ТОКА  
НАПРЯЖЕНИЕ ОСТАЕТСЯ  
НЕИЗМЕННЫМ.  $U = E$  - ТАКОЙ  
ИСТОЧНИК НАЗЫВАЮТ  
ИДЕАЛЬНЫМ**

**ЕСЛИ  $R_{вн}$  – ПОСТОЯННО, ТО  
ХАРАКТЕРИСТИКА  
ИСТОЧНИКА БУДЕТ  
ЛИНЕЙНОЙ  $U_{ав} = E - R_{вн} \cdot I$**

14

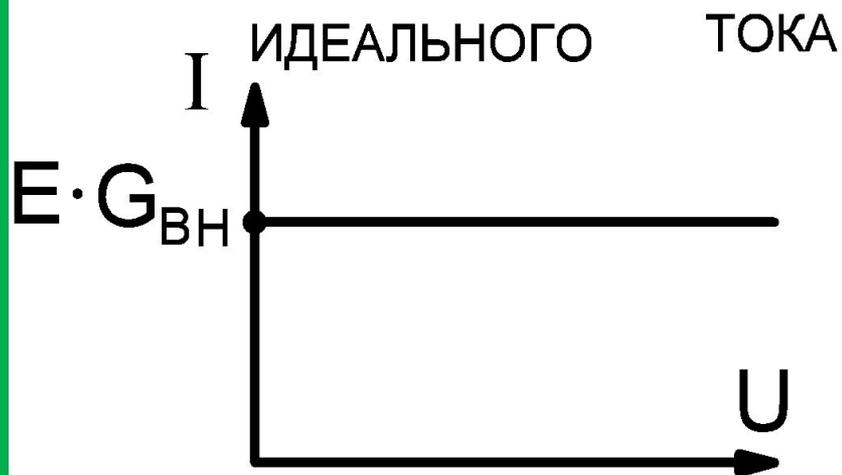
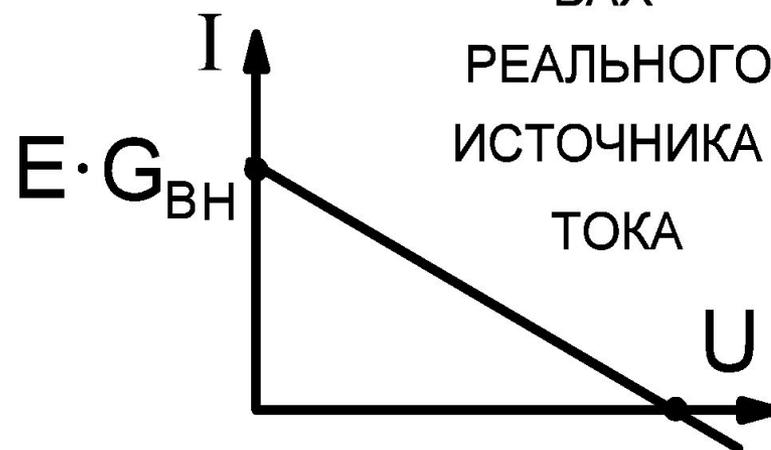
$$\mathbf{T.1} \quad \mathbf{I = 0; U_{aB} = E}$$

$$\mathbf{T.2} \quad \mathbf{U_{aB} = 0; I = E / R_{BH}}$$

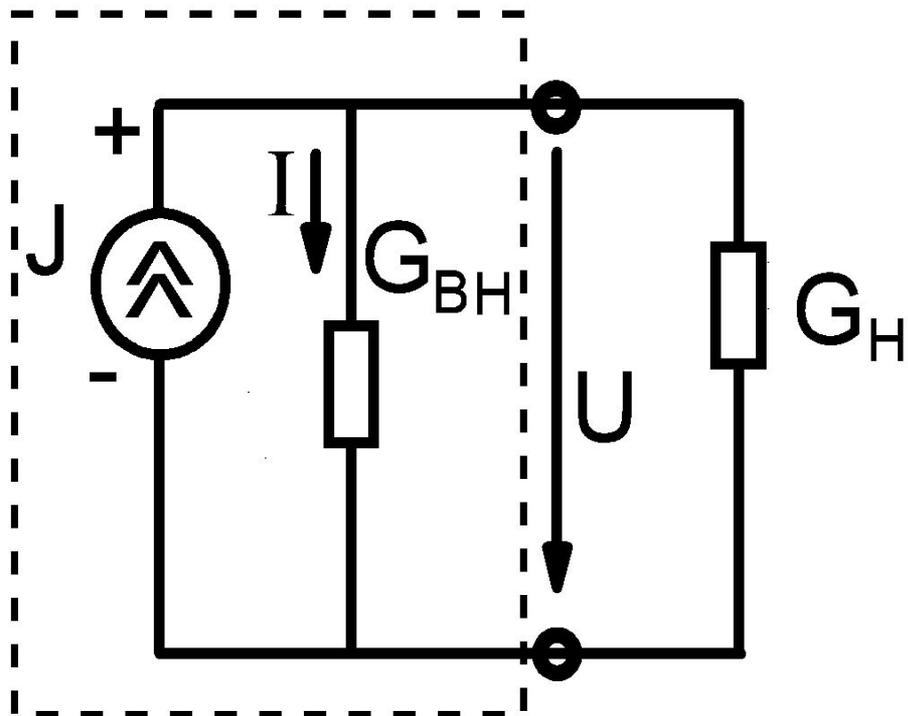
**ИДЕАЛЬНЫМ ИСТОЧНИКОМ  
ТОКА –  
НАЗЫВАЕТСЯ ИСТОЧНИК,  
ПРОВОДИМОСТЬ КОТОРОГО  
МАЛА ( $G_{вн} \ll G_n$ ).**

**ПРИ ИЗМЕНЕНИИ  
НАПРЯЖЕНИЯ ТОК  
ОСТАЕТСЯ НЕИЗМЕННЫМ**

ВАХ ИСТОЧНИКА

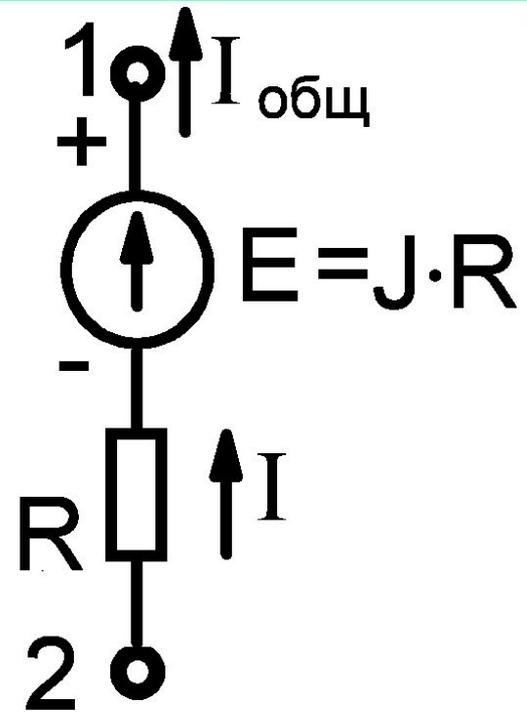
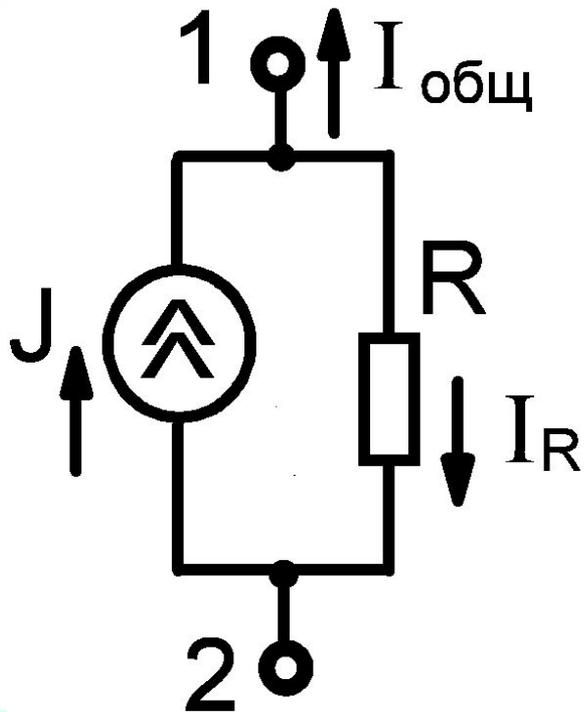
ВАХ  
РЕАЛЬНОГО  
ИСТОЧНИКА  
ТОКА

2



19

**ЗАМЕНА ИСТОЧНИКА ТОКА  
ИСТОЧНИКОМ ЭДС  
ПЕРЕХОД ОТ СХЕМЫ  
I К II И НАОБОРОТ**



## ПО ФОРМУЛАМ:

$$J - I_{\text{общ}} - I_R = 0 \quad E = J \cdot R$$

$$J = \frac{E}{R_{\text{BH}}} \quad E = \frac{J}{G_{\text{BH}}} = J \cdot R_{\text{BH}} \quad G_{\text{BH}} = \frac{1}{R_{\text{BH}}}$$

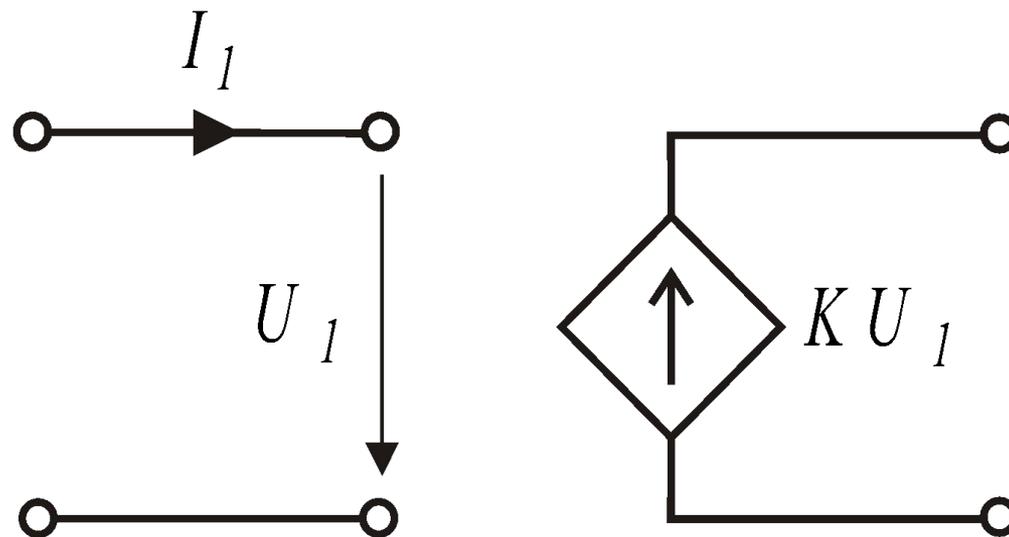
## **Управляемые источники**

*Управляемый источник* – четырехполюсный резистивный элемент, состоящий из двух ветвей и двух пар выводов: входной и выходной.

Управляемые источники обладают следующими свойствами:

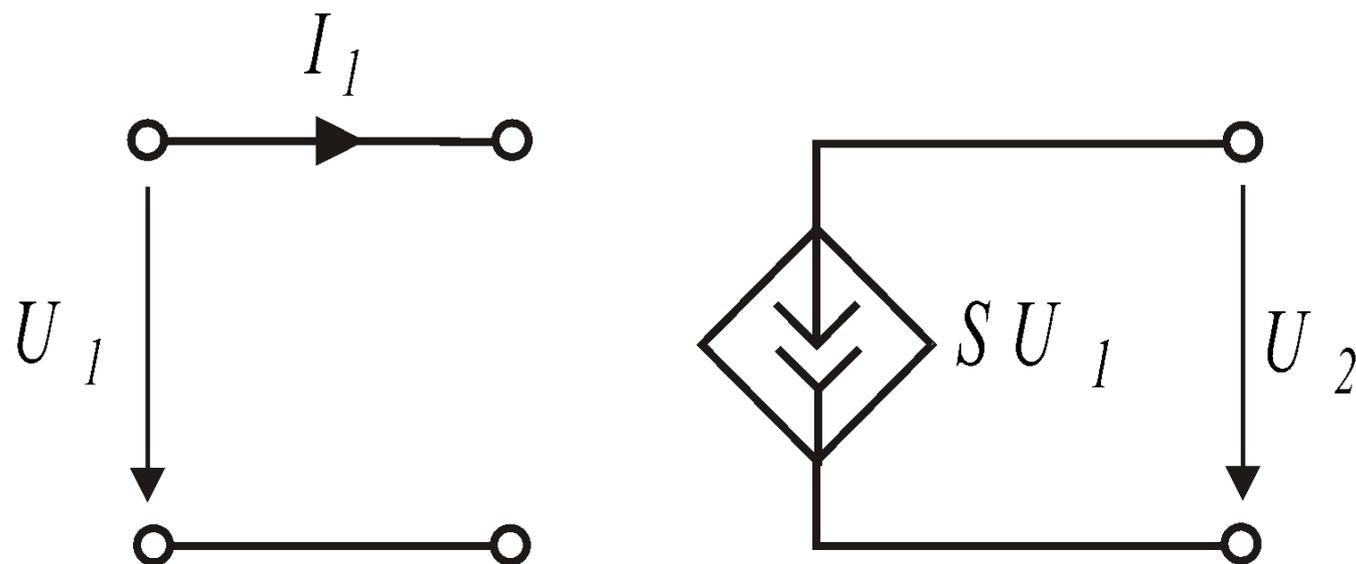
- 1) выходная величина пропорциональна входной.
- 2) выходная величина не влияет на входную.

23 Источник напряжения управляемый напряжением (ИНУН)



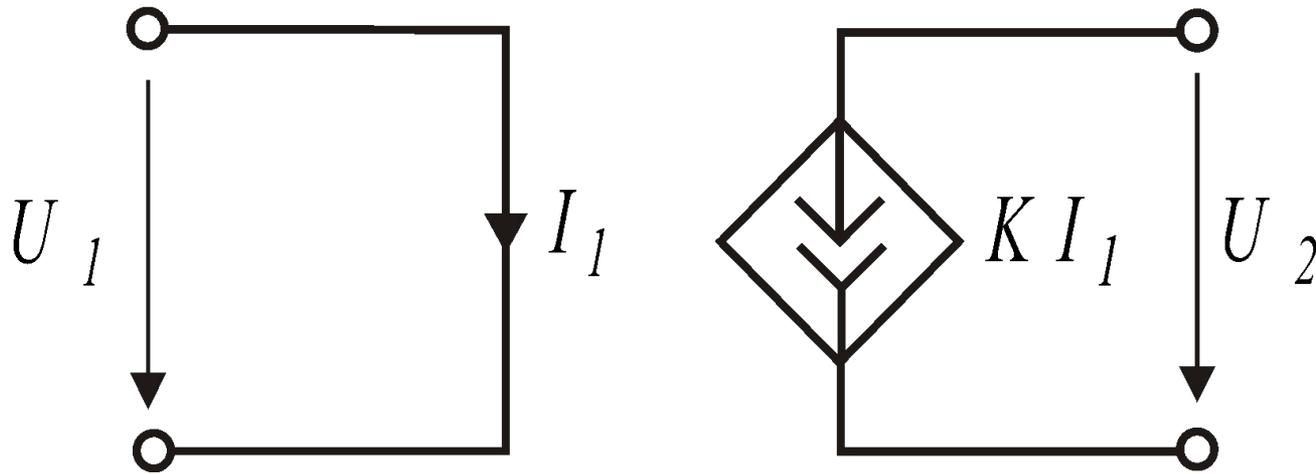
24

# Источник тока управляемый напряжением (ИТУН)



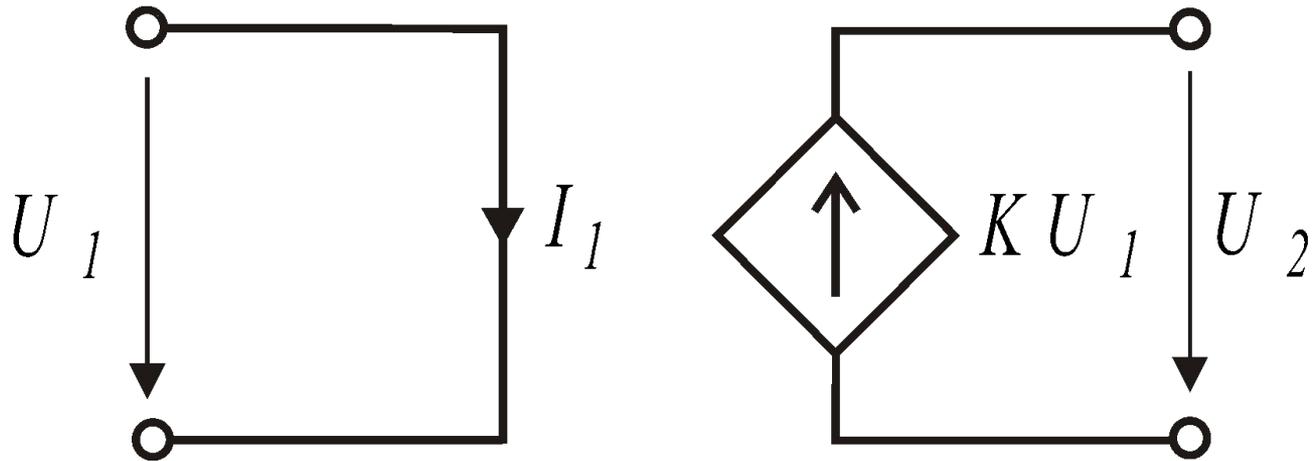
25

# Источник тока управляемый током (ИТУТ)



26

# Источник напряжения управляемый током (ИНУТ)



**ВАХ ДЛЯ ПРИЕМНИКОВ ЭЛ.  
ЭНЕРГИИ**

**ДВА ТИПА : ЛИНЕЙНЫЕ И  
НЕЛИНЕЙНЫЕ**

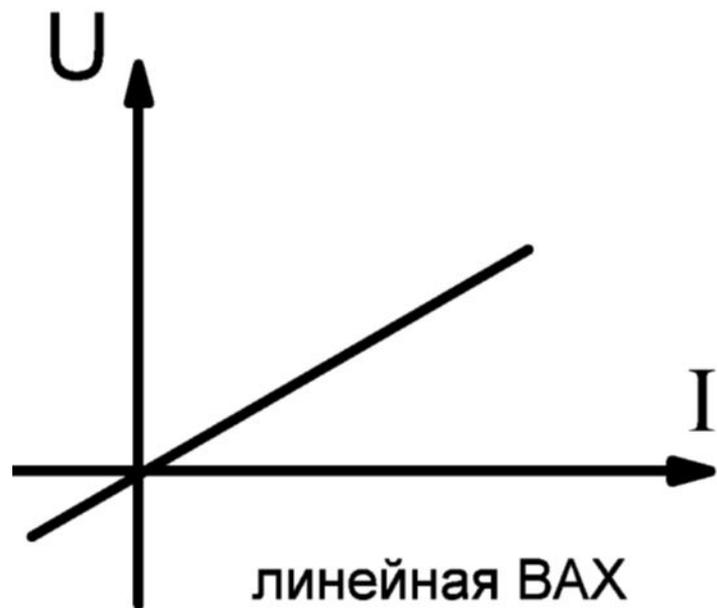
## ДВА ТИПА ПРИЕМНИКОВ



линейная ВАХ



нелинейная ВАХ



# **РЕЖИМЫ РАБОТЫ ИСТОЧНИКОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА**

**1. ХОЛОСТОГО ТОКА**

**2. КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ**

**3. СОГЛАСОВАННЫЙ**

**4. НОМИНАЛЬНЫЙ**

# 1. ТОК ПРИЕМНИКА РАВЕН НУЛЮ

$$I_{\text{пр}} = 0, U_{\text{хх}} = E$$

**2. СОПРОТИВЛЕНИЕ  
ПРИЕМНИКА  $R_{\text{пр}} = 0$ ,  $U = 0$ ,  
ТОК МАКСИМАЛЬНЫЙ**

$$I_{\text{к}} = \frac{E}{R_{\text{вн}}} = E \cdot G_{\text{вн}}$$

**3. СООТВЕТСТВУЕТ  
МАКСИМАЛЬНОЙ  
АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ  
ПАССИВНОГО ПРИЕМНИКА ,**

**Т.Е. КОГДА ВЫПОЛНЯЕТСЯ  
УСЛОВИЕ  $R_{вн} = R_n$  , при этом  
МОЩНОСТЬ**

$$P_H = U \cdot I = R_H \cdot I^2 =$$
$$= R_H \frac{E^2}{(R_{BH} + R_H)^2} = \frac{E^2}{4R_{BH}}$$

$$P_{\text{ИСТ}} = E \cdot I = \frac{E^2}{R_{BH} + R_H} = \frac{E^2}{2R_{BH}}$$

**ПОЛОВИНА МОЩНОСТИ  
ИСТОЧНИКА**

**ПОЛНАЯ МОЩНОСТЬ  
ИСТОЧНИКА**

# КПД – КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ

$$\eta = \frac{P_H}{P_{\text{ИСТ}}} = \frac{R_H}{R_{\text{ВН}} + R_H} = 0,5$$

**С ТАКИМ НИЗКИМ КПД РАБОТА  
НЕ ЭФФЕКТИВНА**

**ЕСЛИ МОЩНОСТЬ  $P$  – МАЛА  
(НЕСКОЛЬКО МИЛЛИВАТТ) –  
ДАТЧИКИ УСТРОЙСТВ  
АВТОМАТИКИ.**

**ДАТЧИК ДОЛЖЕН ОТДАВАТЬ  
НАГРУЗКЕ МАКСИМАЛЬНУЮ  
МОЩНОСТЬ ( С НИЗКИМ КПД  
МОЖНО НЕ СЧИТАТЬСЯ)**

**4. НОМИНАЛЬНЫЙ РЕЖИМ  
– РЕЖИМ РАБОТЫ С  
ПАРАМЕТРАМИ  
ЗАДАННЫМИ ЗАВОДОМ  
ИЗГОТОВИТЕЛЕМ**

# БАЛАНС МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

$$P_{\text{ИСТ}} = P_{\text{Н}} + P_{\text{ВН}}$$

**ПО ЗАКОНУ СОХРАНЕНИЯ  
ЭНЕРГИИ МОЩНОСТЬ  
ИСТОЧНИКА РАВНА СУММЕ  
МОЩНОСТЕЙ  
ПОТРЕБИТЕЛЕЙ И ПОТЕРЬ**

- **ТЕПЛОВЫЕ ПОТЕРИ**
- **МОЩНОСТЬ ПРИЕМНИКА**
- **МОЩНОСТЬ ИСТОЧНИКА**

$$P_{\text{ВН}} = \frac{W_{\text{ВН}}}{t} = U_{\text{ВН}} \cdot I$$

$$P_{\text{Н}} = \frac{W_{\text{Н}}}{t} = U \cdot I$$

$$P_{\text{И}} = \frac{W_{\text{И}}}{t} = E \cdot I$$

**ЕСЛИ ПРИЕМНИК -  
НАГРЕВАТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ**

**$W$  - ЭТО ЭНЕРГИЯ ,  
ПРЕОБРАЗУЕМАЯ В ТЕПЛОВУЮ  
ЭНЕРГИЮ**

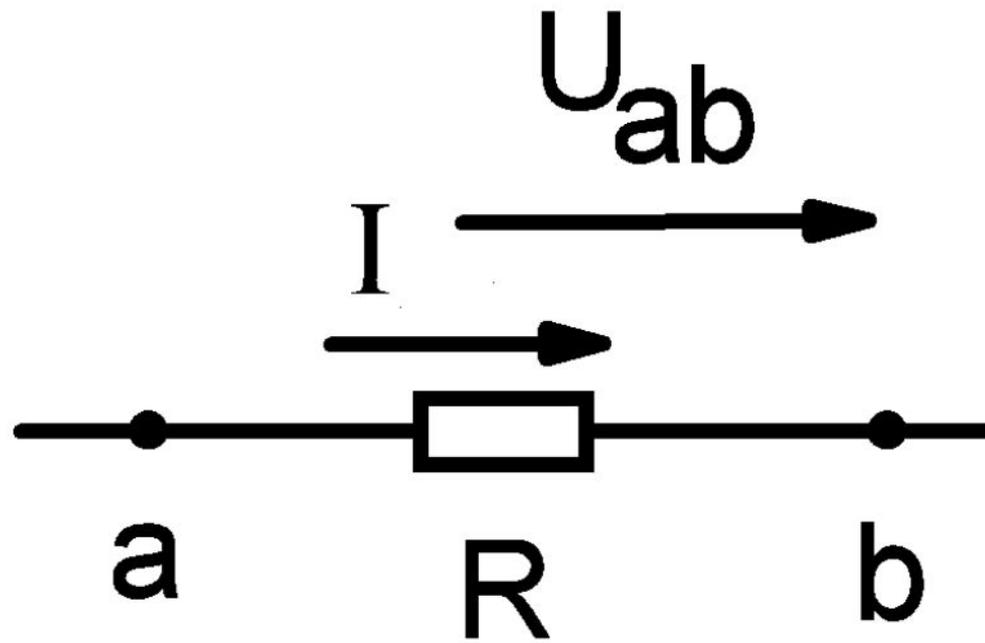
$P_M = \frac{W_M}{t}$  - МЕХАНИЧЕСКАЯ  
МОЩНОСТЬ

$P_T = \frac{W_T}{t}$  - ТЕПЛОВАЯ  
МОЩНОСТЬ

$P = P_M + P_T$  - СУММАРНАЯ  
МОЩНОСТЬ

# **ЗАКОНЫ ОМА И КИРХГОФА**

**ЗАКОН ОМА ДЛЯ УЧАСТКА  
ЦЕПИ  
НЕ СОДЕРЖАЩЕГО ЭДС**

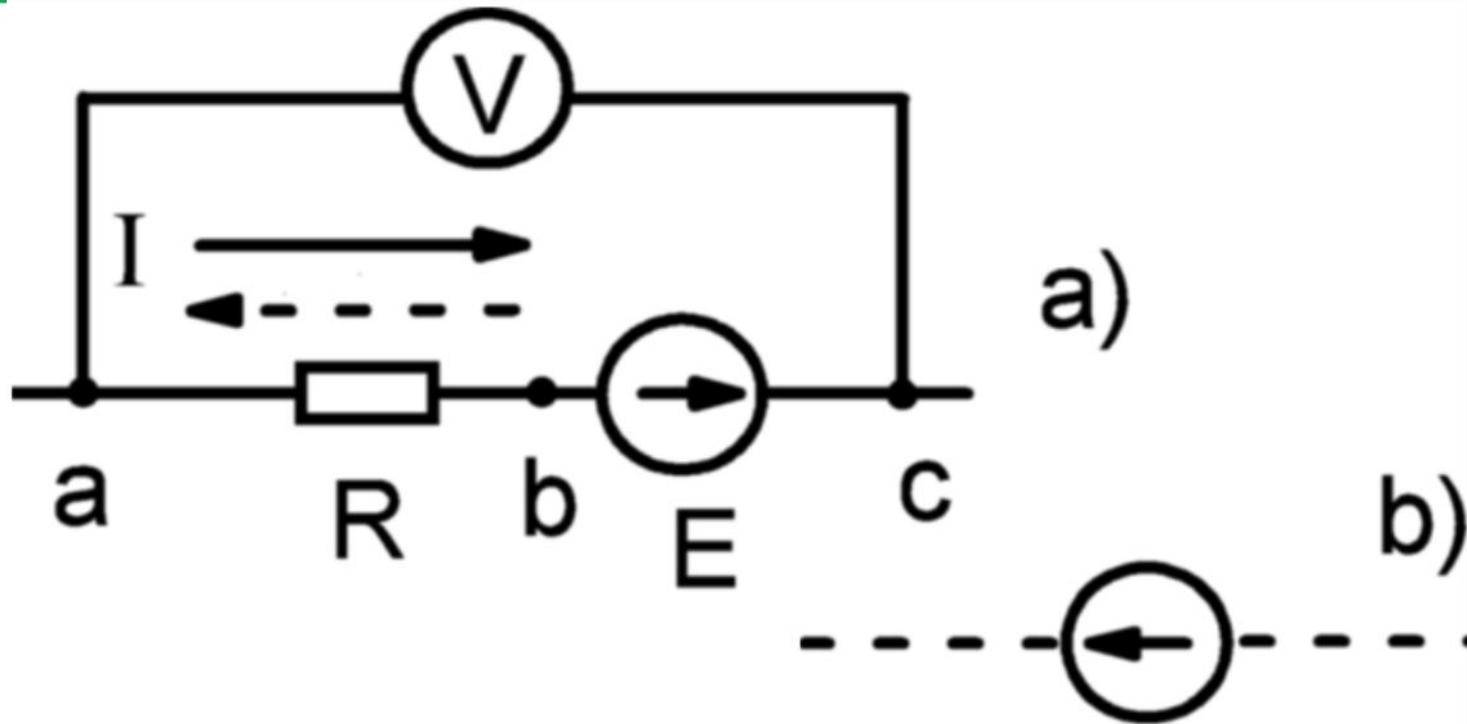


$$U_{aB} = I \cdot R$$

$$I = \frac{U_{aB}}{R} = \frac{\varphi_a - \varphi_B}{R}$$

**ЗАКОН ОМА ДЛЯ УЧАСТКА  
ЦЕПИ  
СОДЕРЖАЩЕГО ЭДС**

51

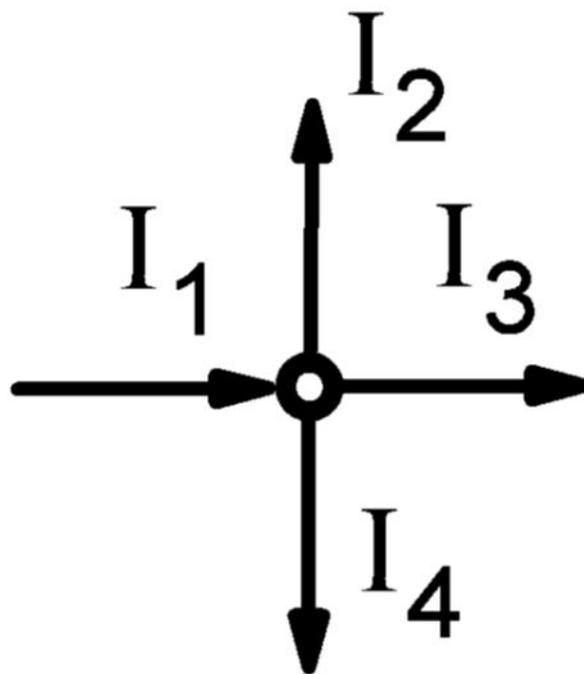


$$I = \frac{\varphi_a - \varphi_c + E}{R} = \frac{U_{ac} + E}{R}$$

$$I = \frac{\varphi_a - \varphi_c - E}{R} = \frac{U_{ac} - E}{R}$$

**ВСЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ  
ПОДЧИНЯЮТСЯ  
ПЕРВОМУ И ВТОРОМУ  
ЗАКОНАМ КИРХГОФА**

**СУММА ПОДТЕКАЮЩИХ К  
ЛЮБОМУ УЗЛУ ТОКОВ  
РАВНА СУММЕ  
ОТТЕКАЮЩИХ ОТ УЗЛА  
ТОКОВ**



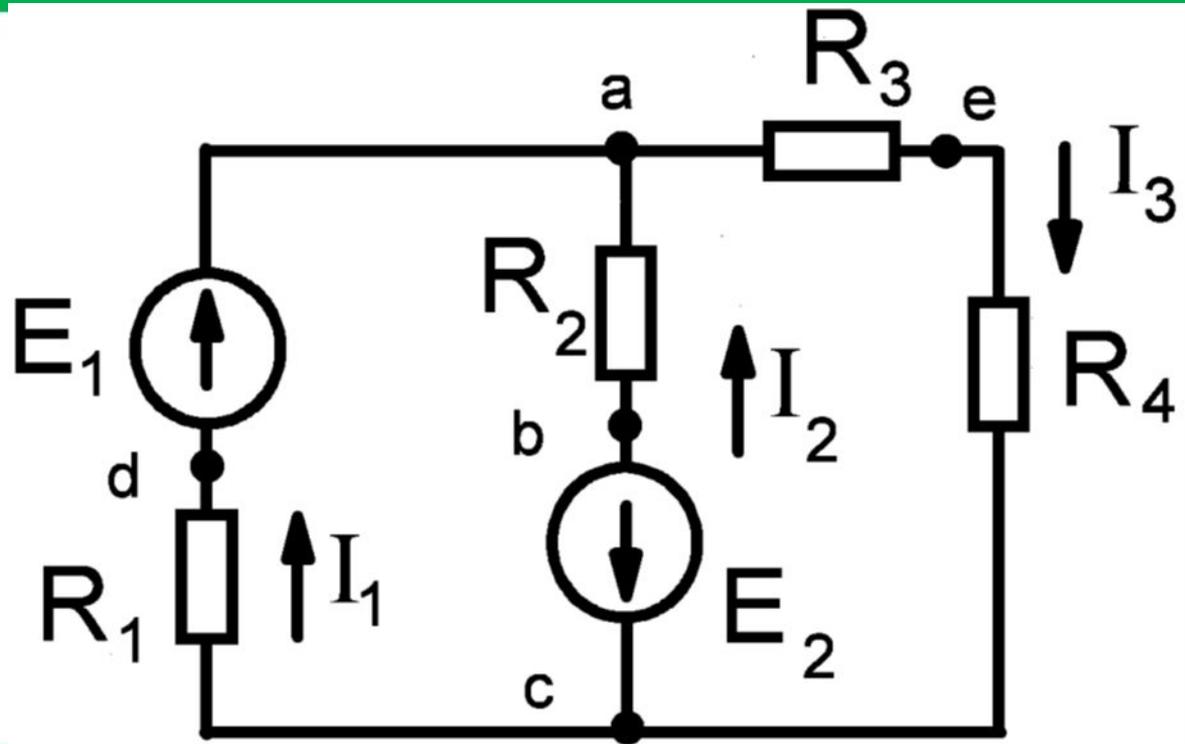
$$I_1 = I_2 + I_3 + I_4$$

$$I_1 - I_2 - I_3 - I_4 = 0$$

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

**АЛГЕБРАИЧЕСКАЯ СУММА  
НАПРЯЖЕНИЙ В ЛЮБОМ  
ЗАМКНУТОМ КОНТУРЕ РАВНА  
АЛГЕБРАИЧЕСКОЙ СУММЕ  
ЭДС ТОГО ЖЕ КОНТУРА**

$$\sum_{k=0}^n I \cdot R = \sum_{k=0}^n E$$



**РАСЧЕТ ЦЕПЕЙ ПО  
ЗАКОНАМ КИРХГОФА  
ПОРЯДОК РАСЧЕТА -  
ОПРЕДЕЛЯЕМ:**

- 1. ЧИСЛО ВСЕХ ВЕТВЕЙ «В»**
- 2. ЧИСЛО ВЕТВЕЙ С ИСТОЧНИКАМИ ТОКА «Вит»**
- 3. ЧИСЛО УЗЛОВ «У»**
- 4. ЧИСЛО НЕИЗВЕСТНЫХ ТОКОВ «В – Вит»**

**ПРЕДВАРИТЕЛЬНО:**

**ПРОИЗВОЛЬНО ВЫБРАТЬ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЕ  
НАПРАВЛЕНИЯ ТОКОВ И ОБОЗНАЧИТЬ ИХ  
ВЫБРАТЬ НАПРАВЛЕНИЕ ОБХОДА КОНТУРОВ  
ДЛЯ 2-ГО ЗАКОНА КИРХГОФА  
(НАПРИМЕР , ВСЕ ПО ЧАСОВОЙ СТРЕЛКЕ)**

**5. ПО 1-МУ З-НУ К-ФА СОСТАВЛЯЮТ ЧИСЛО  
УРАВНЕНИЙ:  $(Y - 1)$**

**ПО НАШЕЙ СХЕМЕ:  $(2 - 1 = 1)$**

**6. ПО 2-МУ З-НУ К-ФА СОСТ. -  $(B - B_{ит})$**

**С ВЫЧЕТОМ ЧИСЛА УРАВНЕНИЙ, СОСТАВЛЕННЫХ ПО  
1-МУ З-НУ К-ФА, Т.Е.**

**$(B - B_{ит}) - (Y - 1)$**

**ПО НАШЕЙ СХЕМЕ:  $(3 - 0) - (2 - 1) = 2$**

**ПО 1-МУ З-НУ КИР-ФА:**

$$I_1 + I_2 = I_3$$

**ПО 2-МУ 3-НУ КИР-ФА:**

$$I_1 \cdot R_1 - I_2 \cdot R_2 = E_1 + E_2$$

$$I_2 \cdot R_2 + I_3 \cdot R_3 + I_3 \cdot R_4 = -E_2$$

КОНЕЦ