

# ЛЕКЦИЯ 2

## ЗАКОНЫ КИРХГОФА И РЕЖИМЫ РАБОТЫ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

**Законы Кирхгофа  
справедливы для линейных  
и нелинейных цепей при  
постоянных и переменных  
напряжениях и токах.**

# **ПЕРВЫЙ ЗАКОН КИРХГОФА**

**Для любого узла цепи  
алгебраическая сумма токов  
равна нулю.**

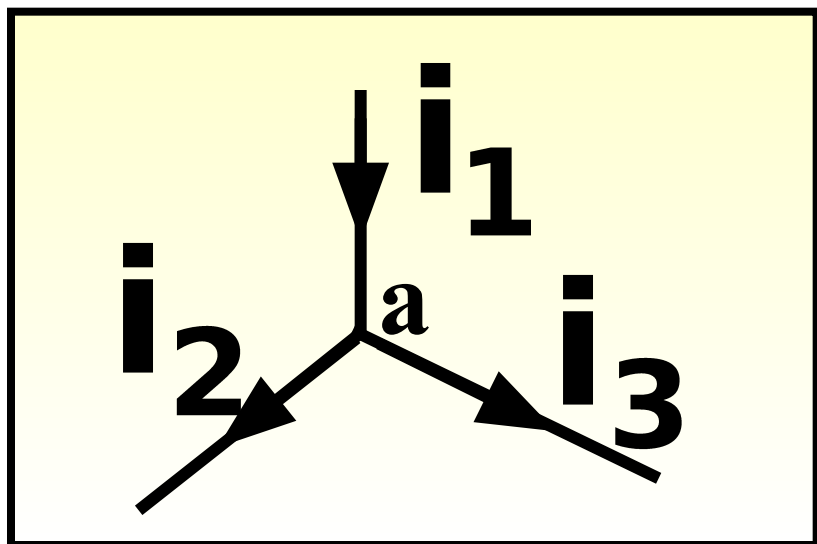
**Причем со знаком “ + ” принимаются токи,  
выходящие из узла, входящие в узел токи  
принимаются со знаком «-».**

**Можно и наоборот обозначать направления  
ТОКОВ.**

# Математическая запись

$$\sum i_k = 0$$

# Пример



узел **a**:

$$-i_1 + i_2 + i_3 = 0$$

**Физически первый закон  
Кирхгофа –  
это закон непрерывности  
электрического тока**

# **ВТОРОЙ ЗАКОН КИРХГОФА**

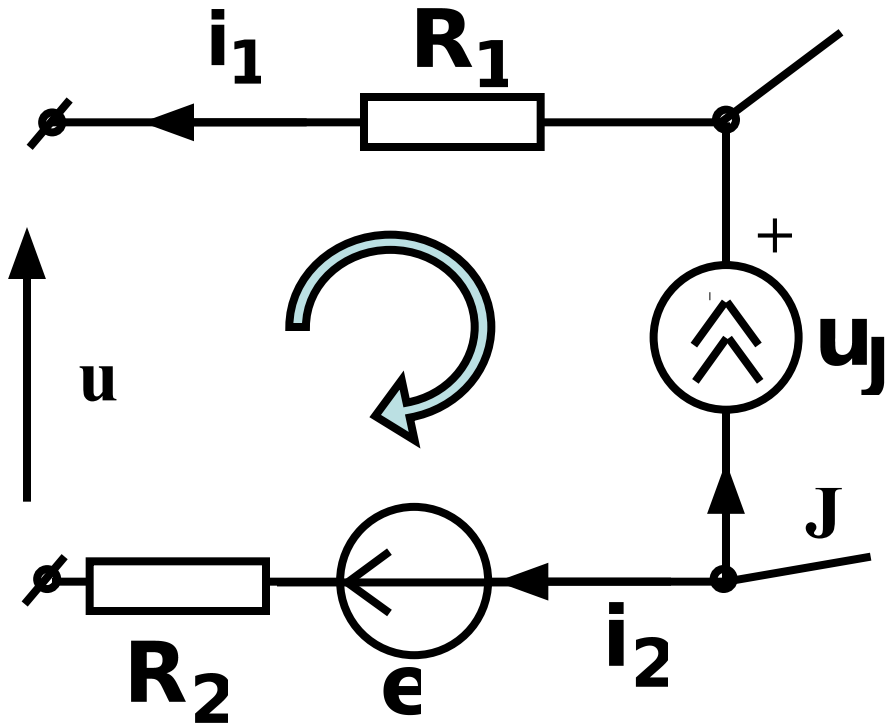
**Для любого контура цепи  
алгебраическая сумма напряжений  
на пассивных элементах  
равна алгебраической сумме  
ЭДС и напряжений на источниках  
тока**

# Аналитическое выражение второго закона Кирхгофа

$$\sum i_k R_k = \sum \theta_k + \sum \psi_{j_k}$$



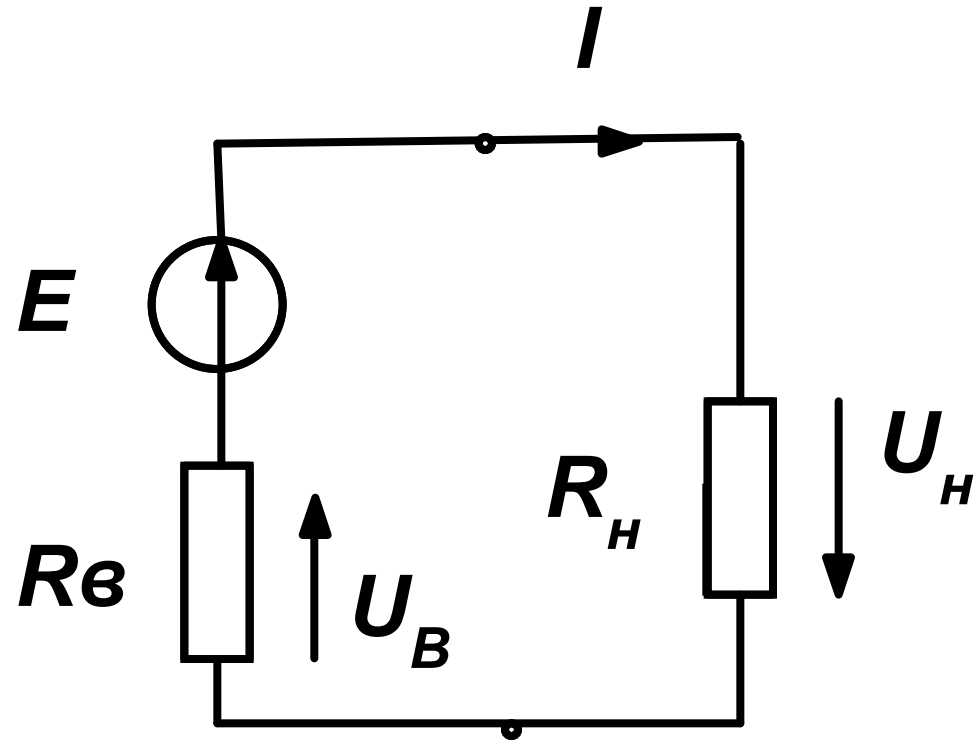
Например:



$$-i_1 R_1 + i_2 R_2 = u + e - u_j$$

**Физически второй закон  
Кирхгофа характеризует  
равновесие напряжений  
в любом контуре цепи**

# Режимы работы источника энергии



$$I = \frac{E}{R_{H} + R_{B}}$$

# Номинальный режим работы источника энергии

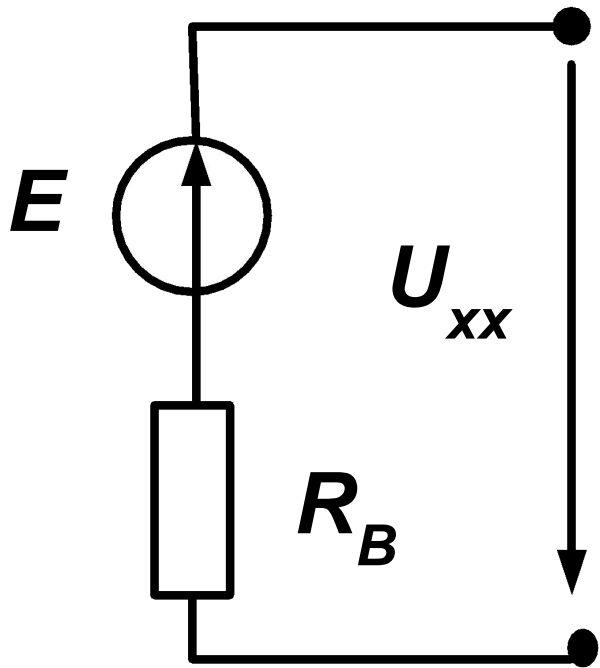
- Номинальный режим – это режим работы источника энергии, рекомендуемый заводом изготовителем
- Гарантируется высокая надежность и долговечность работы, высокий коэффициент полезного действия

$$R_H > R_B, \quad \eta = P_H / P_I$$

$P_H$  – мощность в нагрузке,

$P_I$  - мощность источника энергии

# Режим холостого хода источника энергии (ХХ)



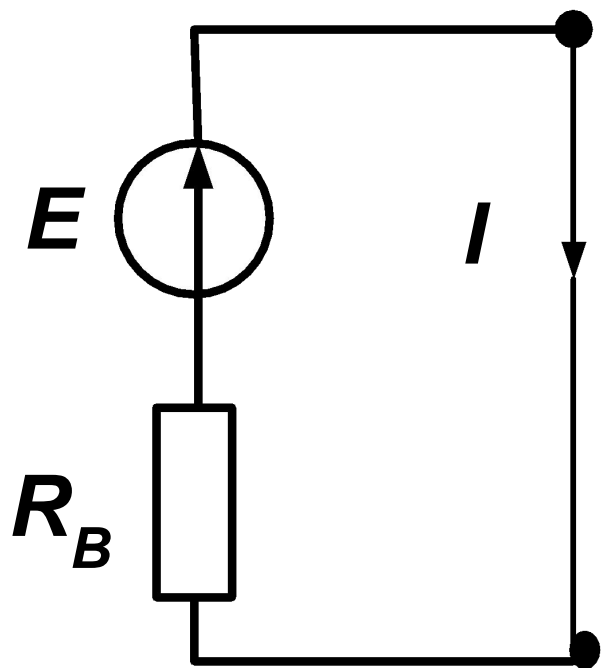
$$R_H \longrightarrow \infty$$

$$I = 0$$

$$U_{XX} = E$$

$$P_H = 0$$

# Режим короткого замыкания источника энергии



$$R_H = 0$$

$$I = E / R_B \longrightarrow \max$$

$$U_H = 0$$

$$P_H = 0$$

# Согласованный режим работы источника энергии

- **Согласованный режим – это режим, когда в нагрузке выделяется максимальная мощность. При этом к. п.д. меньше, чем при номинальном режиме.**
- **$P_H = f(R_H / R_B)$ - мощность, передаваемая в нагрузку**
- **$P_I = f(R_H / R_B)$  – мощность, развиваемая источником**

# Расчет мощности, развиваемой источником энергии

- $P_{И} = I^2(R_B + R_H) = E^2 / (R_B + R_H)$
- ХХ:  $P_{И} = 0.$
- КЗ :  $I = I_{КЗ} = E / R_B \rightarrow \max, P_{И} = E^2 / R_B$
- При  $R_B = R_H$  :  $P_{И} = E^2 / 2R_B$



# Расчет мощности, передаваемой в нагрузку

- $P_H = I^2 R_H = E^2 R_H / (R_H + R_B)^2$
- *XX*:  $I = 0, P_H = 0$
- *КЗ*:  $R_H = 0, I = E / R_B, P_H = 0$
- **Определим максимум функции**

$$\frac{\partial}{\partial R_H} \left( \frac{R_H}{(R_H + R_B)^2} \right) = 0$$

- **Решение**  $R_H = R_B, P_H = E^2 / 4R_B$

# Расчет к.п.д. источника энергии при различных значениях $R_H$

- В общем виде:

$$\eta = P_H / P_{\text{И}} = R_H E^2 (R_B + R_H) / E^2 (R_B + R_H)^2 = \\ = R_H / (R_H + R_B) = 1 / (1 + R_B / R_H)$$

При КЗ  $\eta = 0$

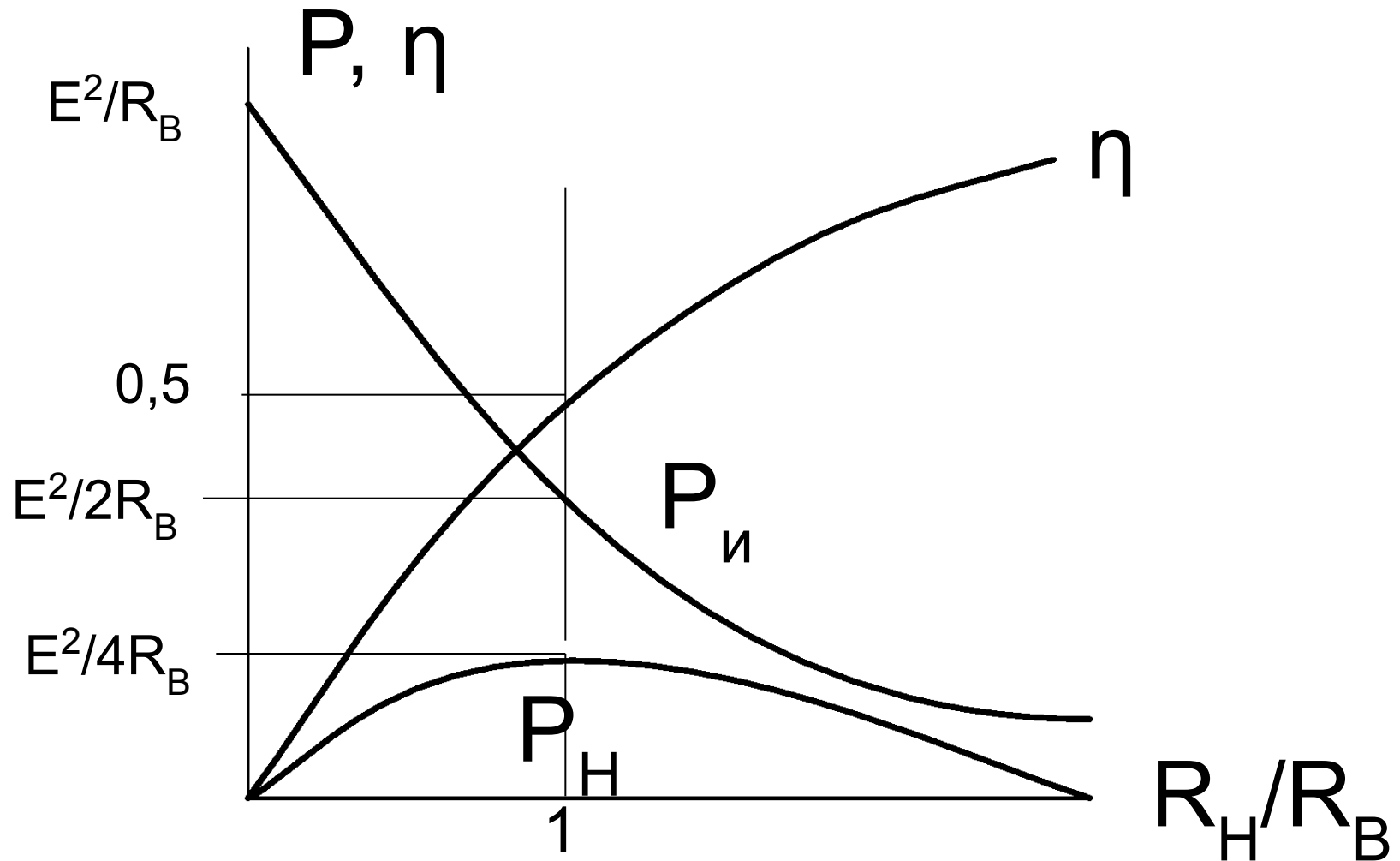
В согласованном режиме ( $R_B = R_H$ )

$\eta = 0.5$  или 50%

В номинальном режиме  $\eta > 0.5$

при  $R_B < R_H$

# Графическое отображение



# Примечание

- В общем случае  $I = E / (R_H + R_B)$
- При  $R_B \gg R_H$   $I \sim E / R_B$ , т.е. ток не зависит от величины нагрузки – это источник тока.
- При  $R_B \ll R_H$   $E \sim I R_H$ , т.е. напряжение (или  $E$ ) на зажимах любой нагрузки сохраняется постоянным – это источник э.д.с.