

# *Лекция №2*

## **Нелинейные резистивные элементы.**

## **Расчет нелинейных резистивных цепей**

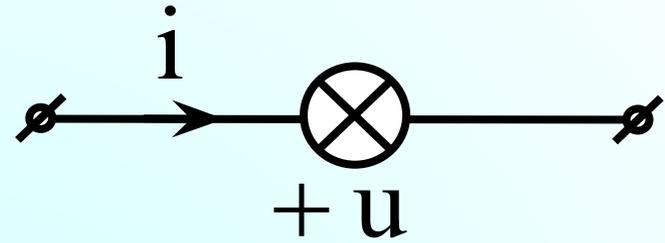
© 2017 Томский политехнический университет, кафедра ЭСиЭ

Лектор: к.т.н., доцент Васильева Ольга Владимировна

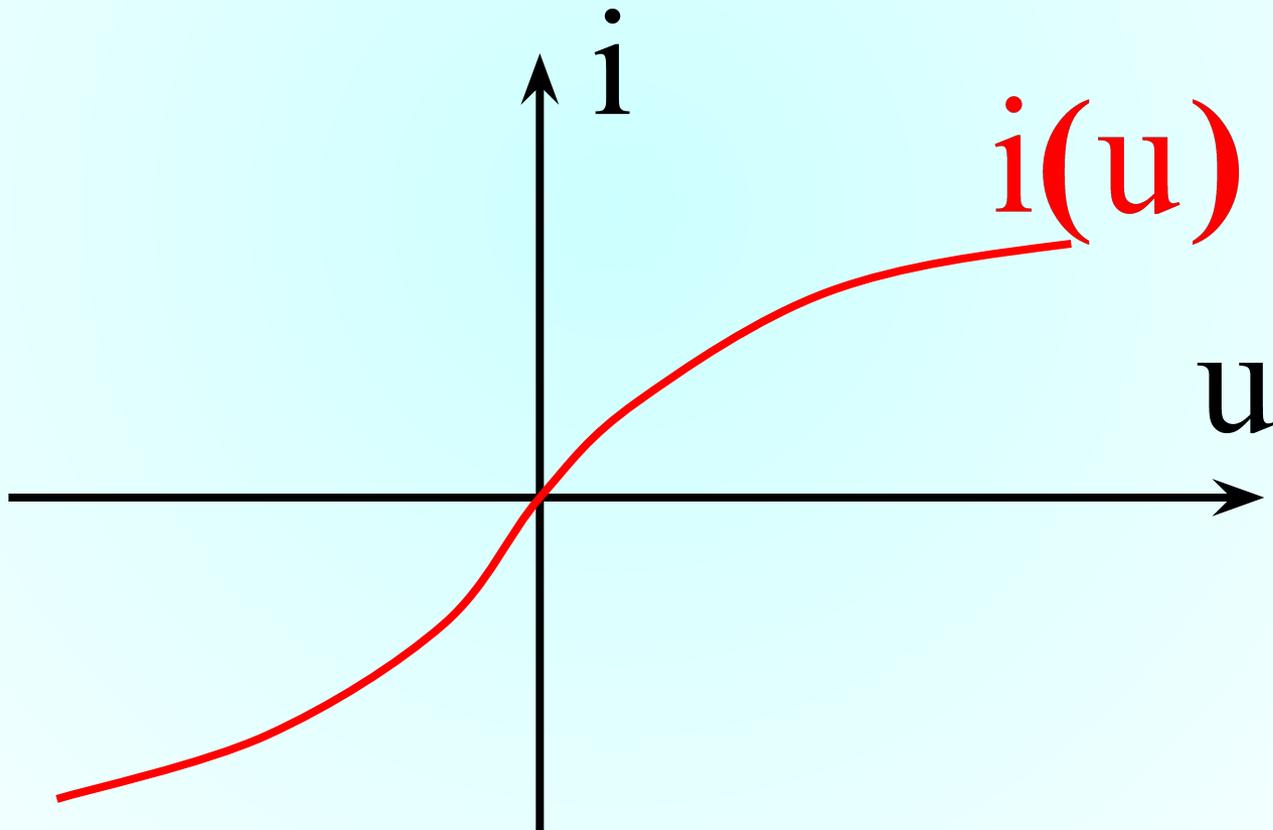
# **Нелинейные резистивные элементы (НРЭ)**

НРЭ имеют нелинейную ВАХ  $i(u)$  и необратимо преобразуют электрическую энергию в тепло. К нелинейным резистивным элементам относятся, например:

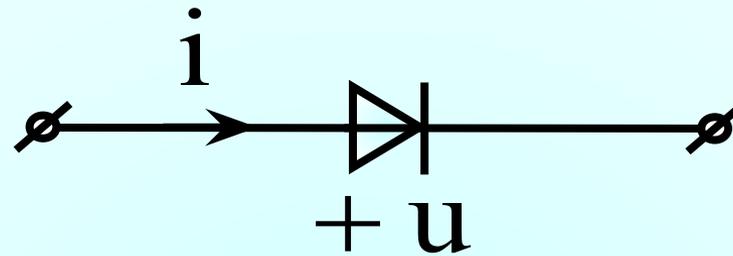
1. Лампа накаливания:



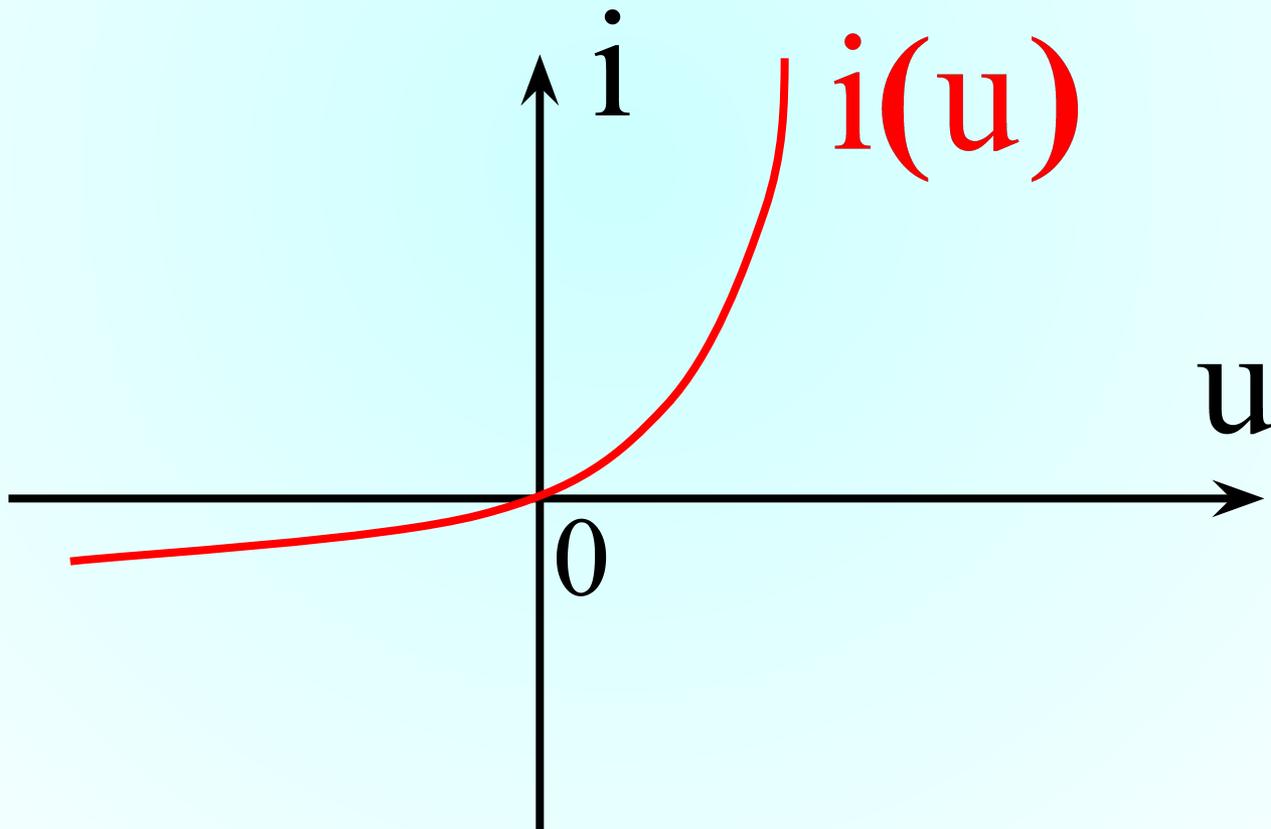
Симметричная ВАХ



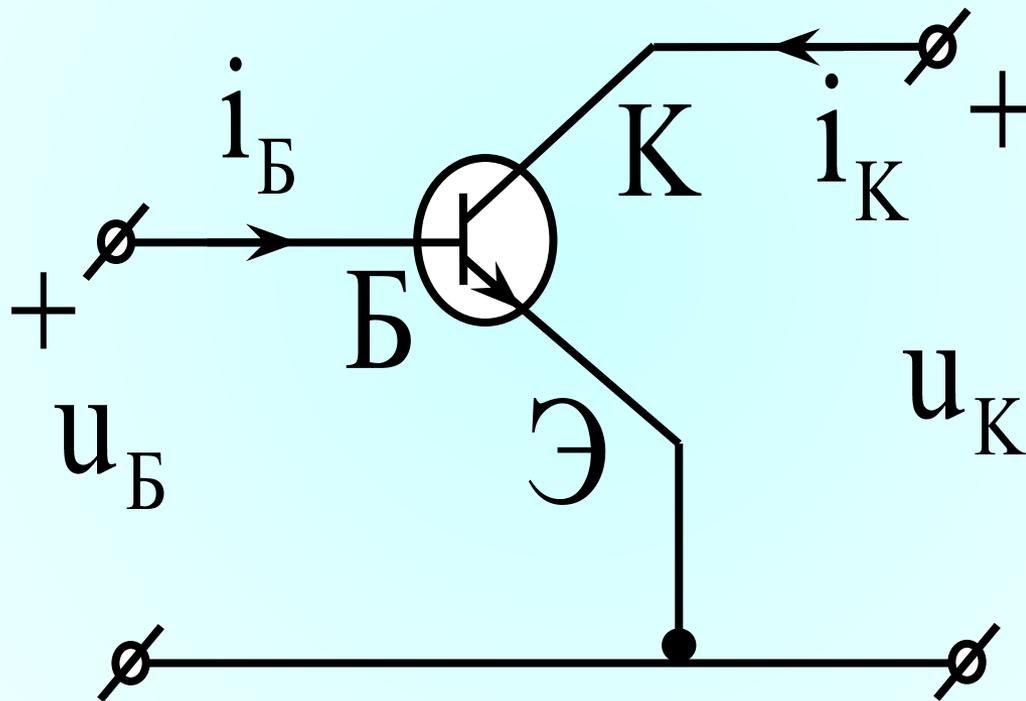
## 2. Полупроводниковый диод:



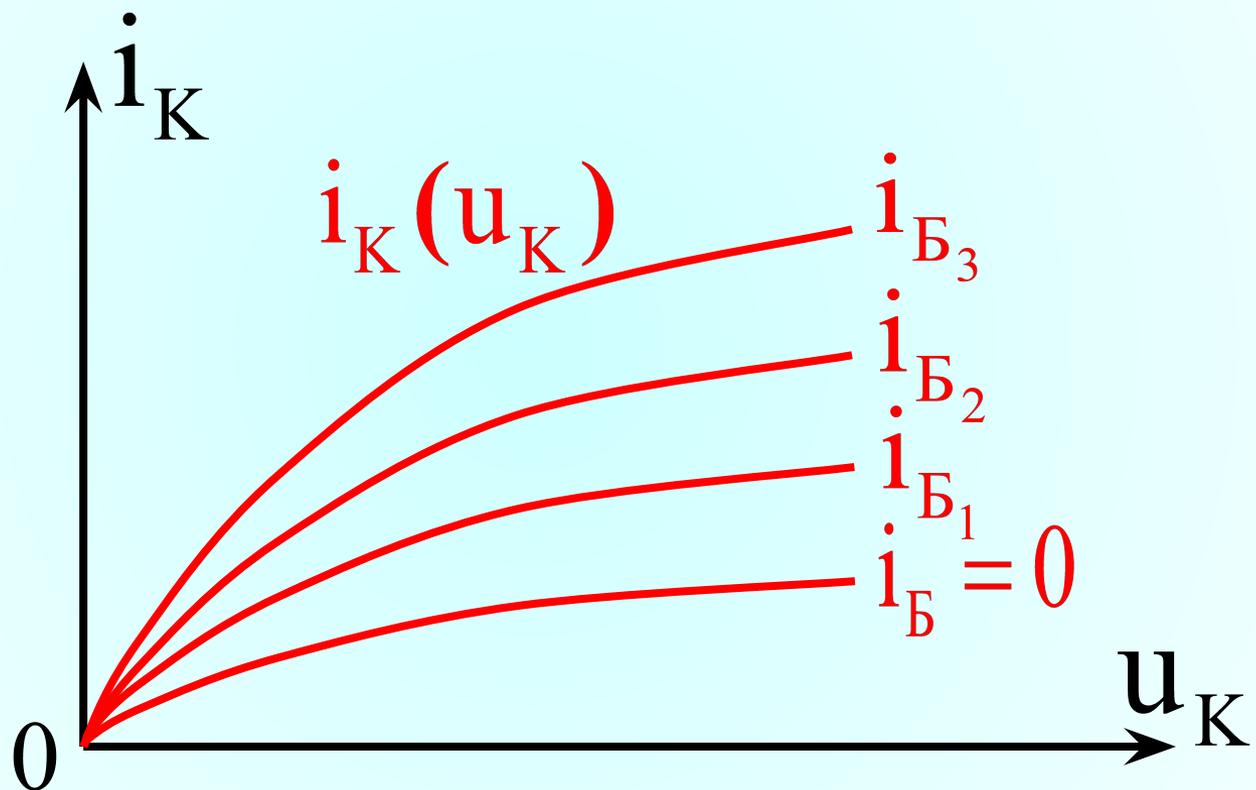
Несимметричная ВАХ



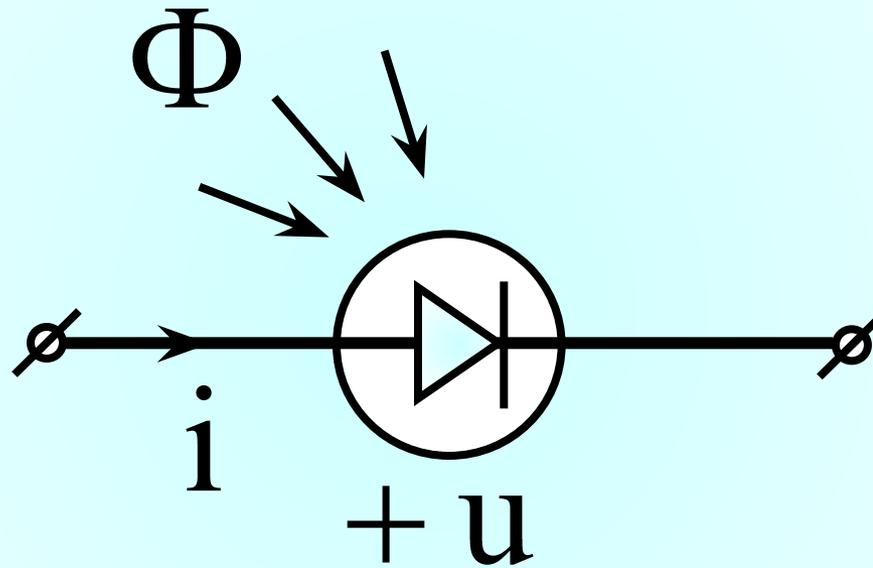
### 3. Биполярный транзистор:



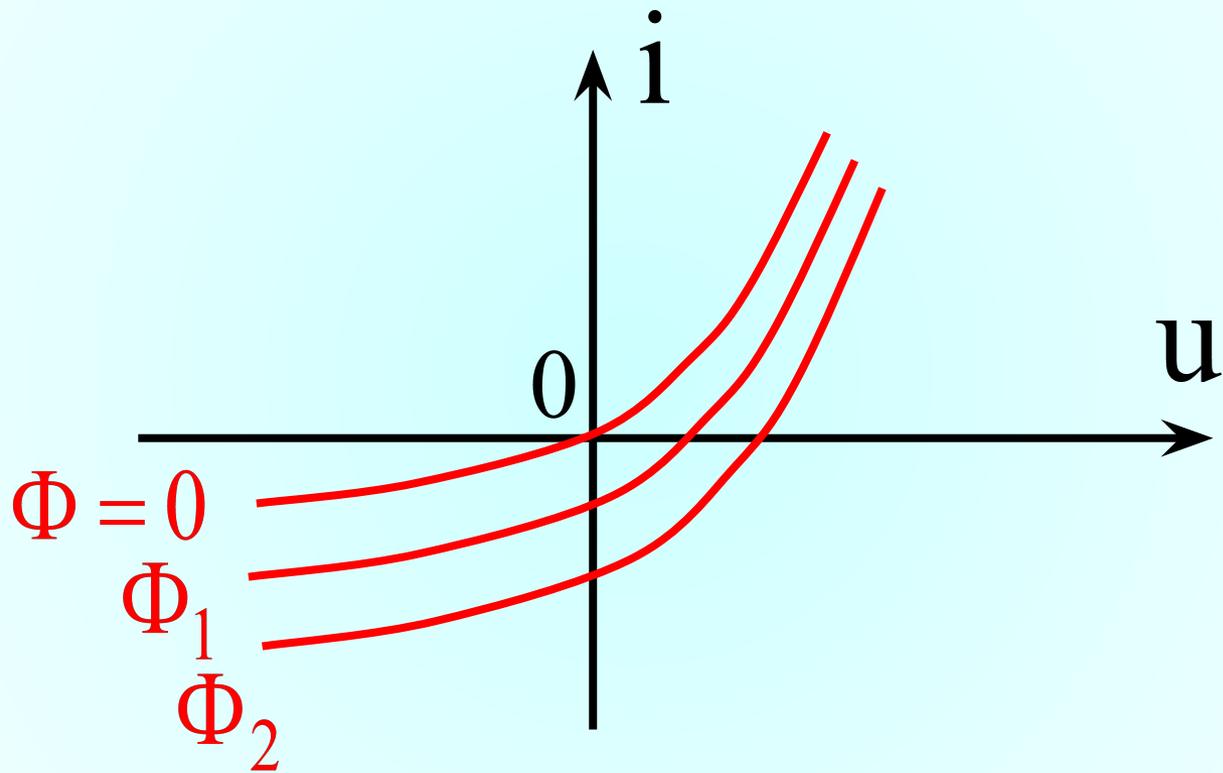
# Семейство ВАХ



#### 4. Фотодиод (активный НРЭ):



# Семейство ВАХ



# ВАХ НРЭ подразделяется на:

- симметричные;
- несимметричные;
- статические;
- динамические;
- для действующих значений.

# НРЭ подразделяется на:

- пассивные;
- активные;
- управляемые;
- инерционные;
- безынерционные.

У пассивных НРЭ ВАХ  $i(u)$   
расположена в 1 и 3 квадрантах, а  
у активных НРЭ участок ВАХ  $i(u)$   
должен проходить дополнительно  
во 2 или 4 квадрантах, причем  
управляемые НРЭ имеют  
семейства ВАХ  $i(u)$

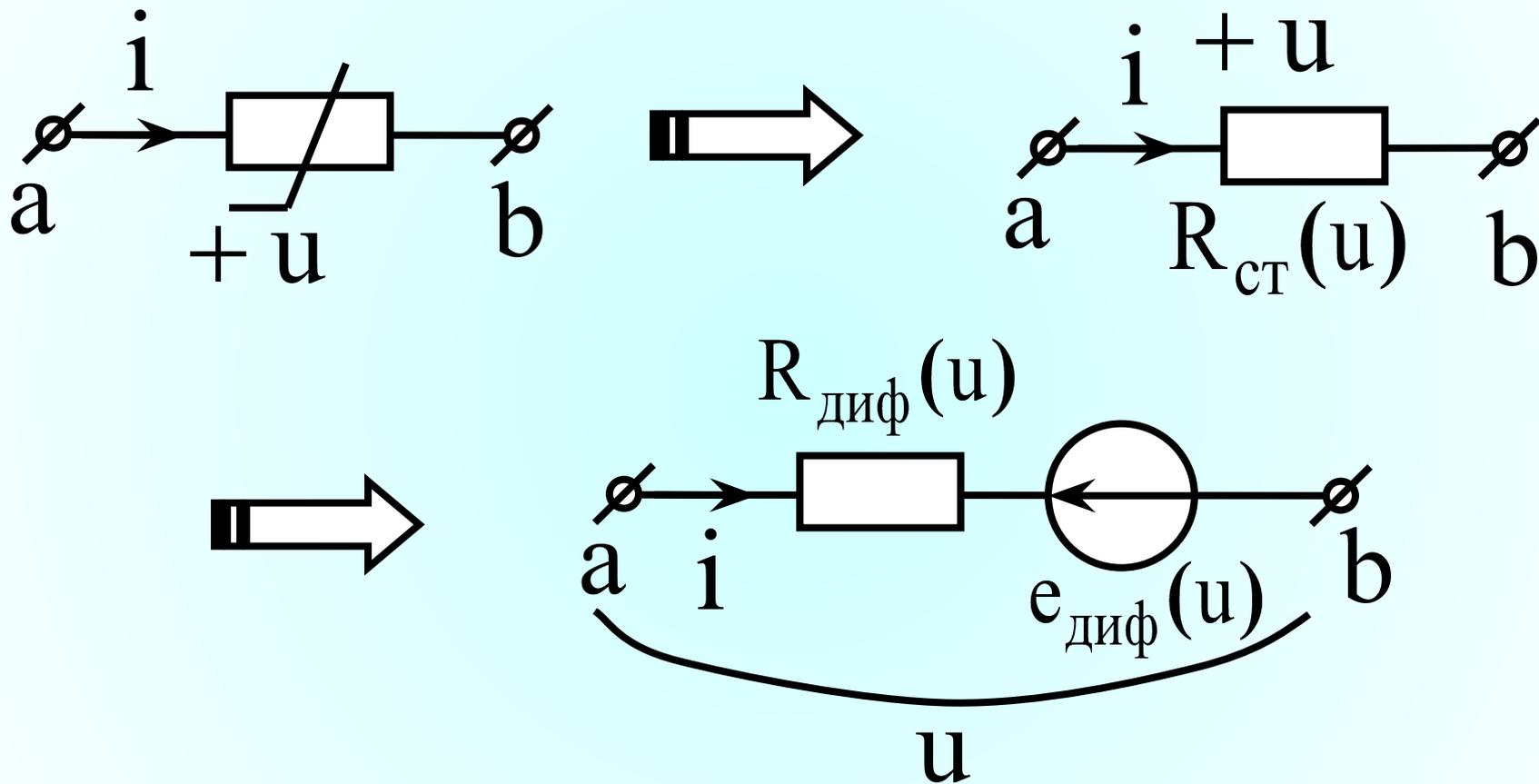
Инерционные НРЭ имеют линейные динамические ВАХ, а статические ВАХ и ВАХ для действующих значений нелинейны из-за их тепловой инерции, причем у этих элементов за счет линейности динамических ВАХ формы  $u(t)$  и  $i(t)$  одинаковы

Безынерционные НРЭ имеют  
нелинейные динамические ВАХ,  
причем за счет этого  
формы  $u(t)$  и  $i(t)$  различны

Лампа накаливания –  
инерционный пассивный НРЭ  
с симметричной ВАХ  $i(u)$

Полупроводниковый диод –  
безынерционный пассивный  
НРЭ с несимметричной ВАХ  $i(u)$

В общем случае НРЭ обозначаются:

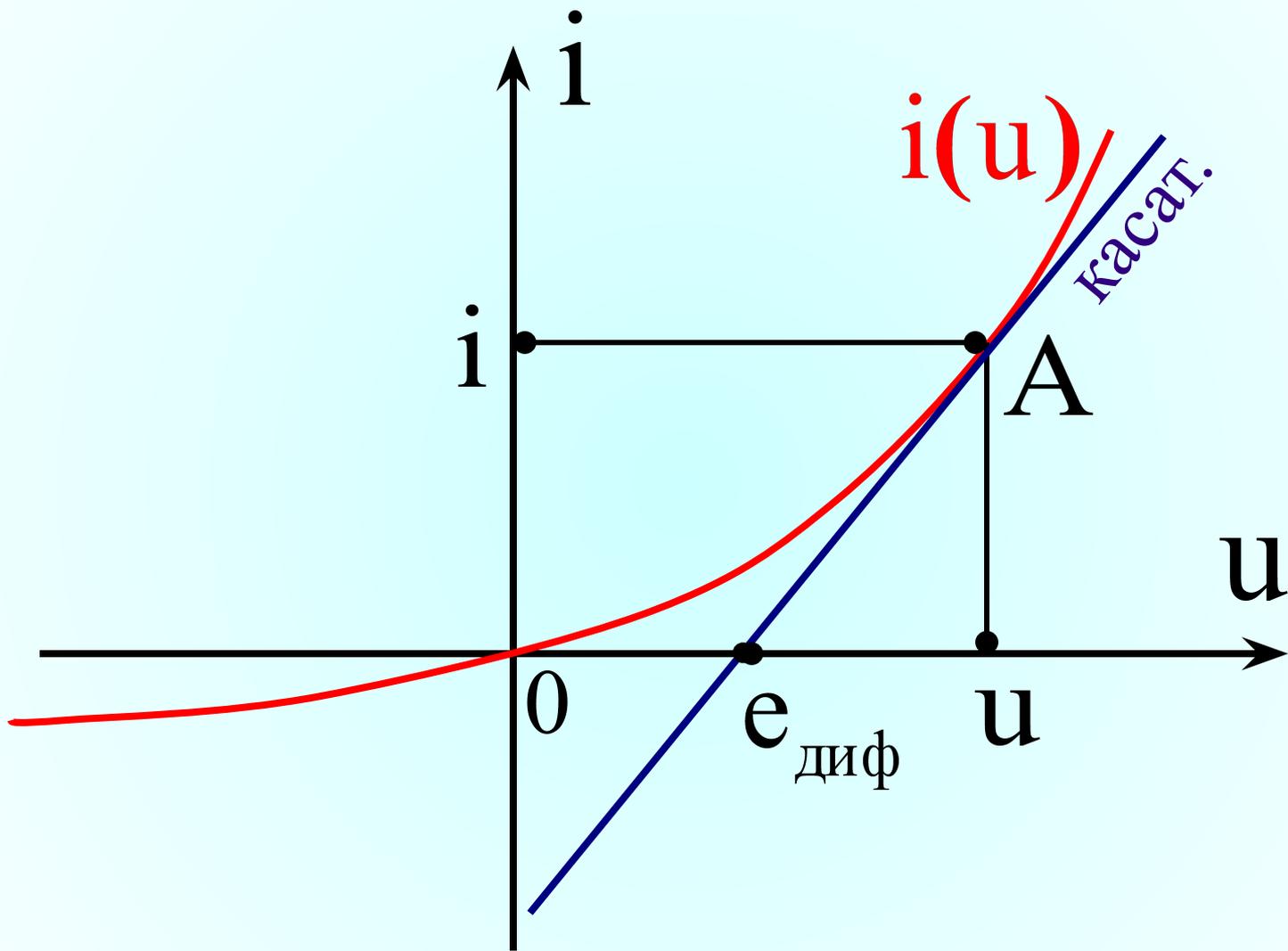


Статическое сопротивление:

$$R_{\text{ст}}(u) = \frac{u}{i(u)}, \quad \text{Ом}$$

Дифференциальное сопротивление:

$$\begin{aligned} R_{\text{диф}}(u) &= \frac{du}{di} = \frac{u - e_{\text{диф}}(u)}{i(u)} = \\ &= R_{\text{ст}}(u) - \frac{e_{\text{диф}}(u)}{i(u)}, \quad \text{Ом} \end{aligned}$$

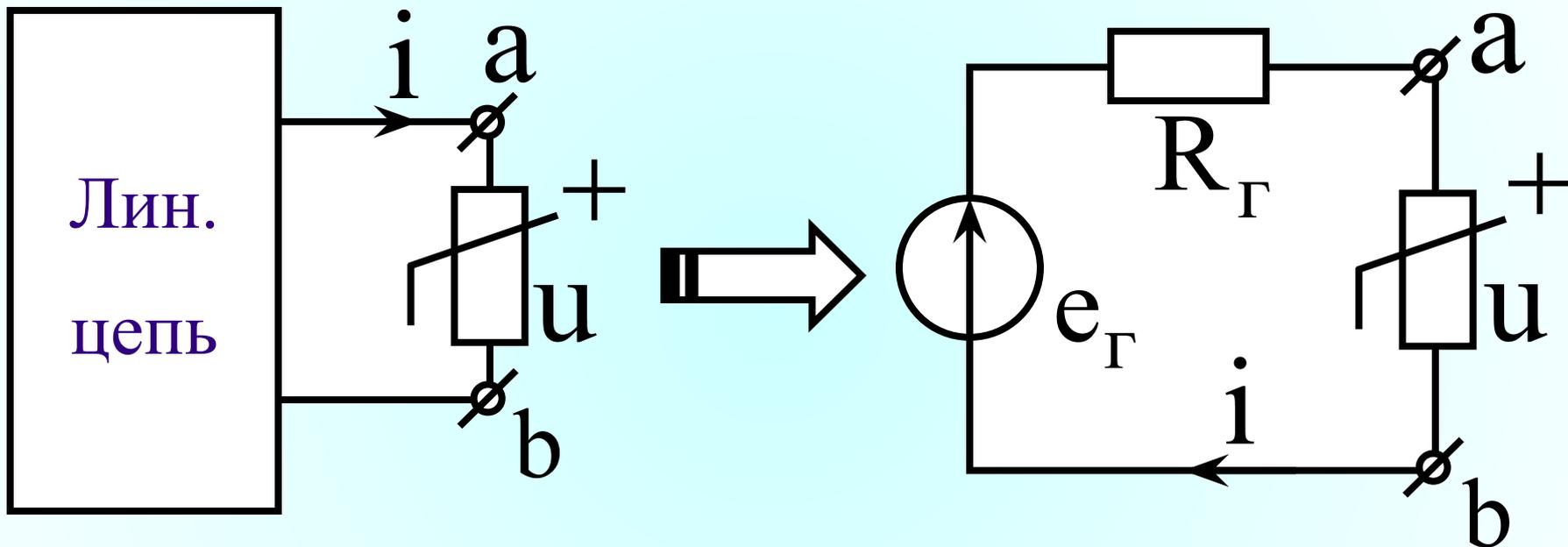


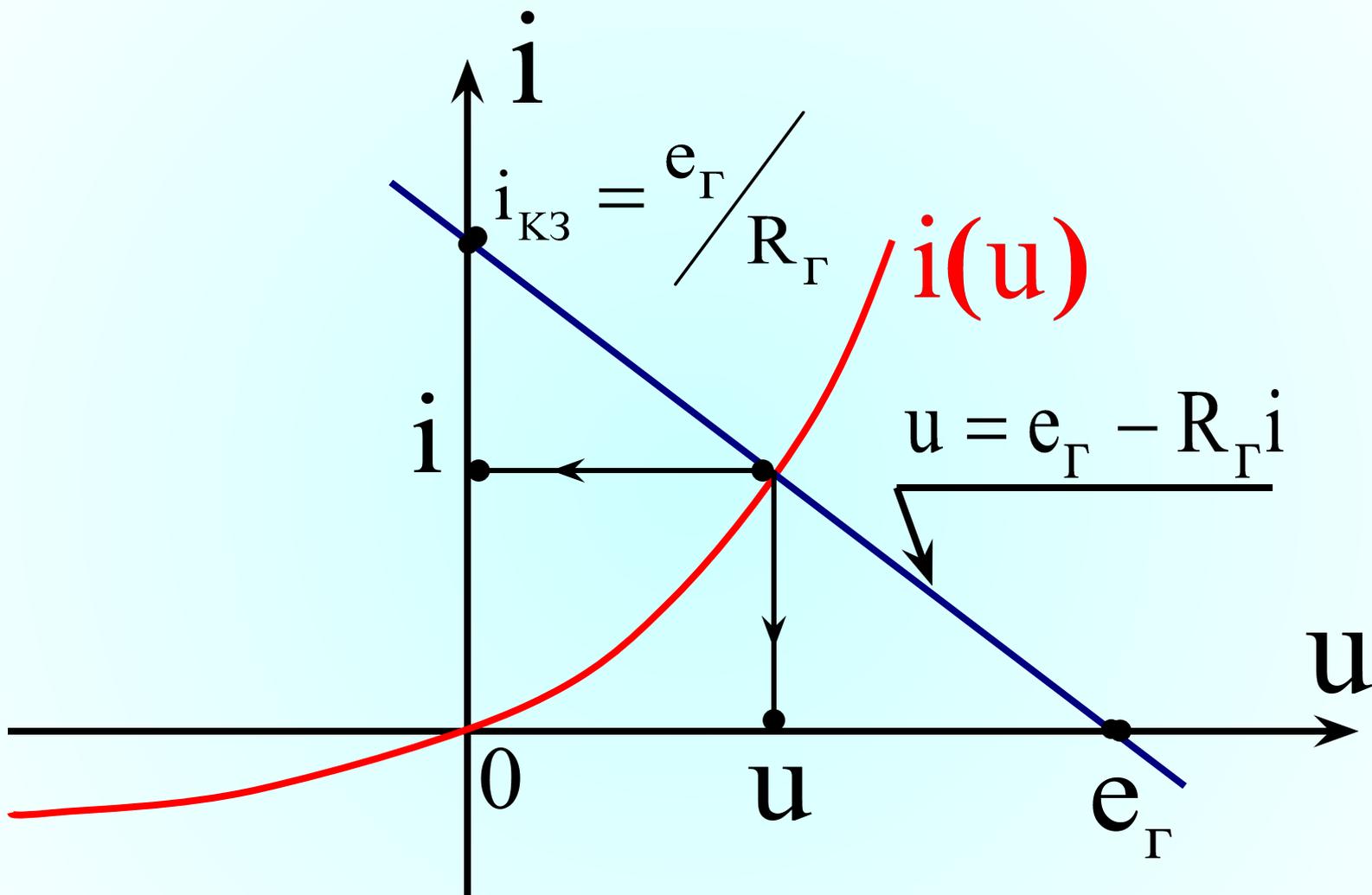
# Расчет нелинейных резистивных цепей

Ведется графоаналитическими  
методами с использованием  
статических или динамических  
ВАХ НРЭ.

При этом расчет нелинейных резистивных цепей при переменных напряжениях и токах осуществляется для мгновенных значений для каждого момента времени по отдельности.

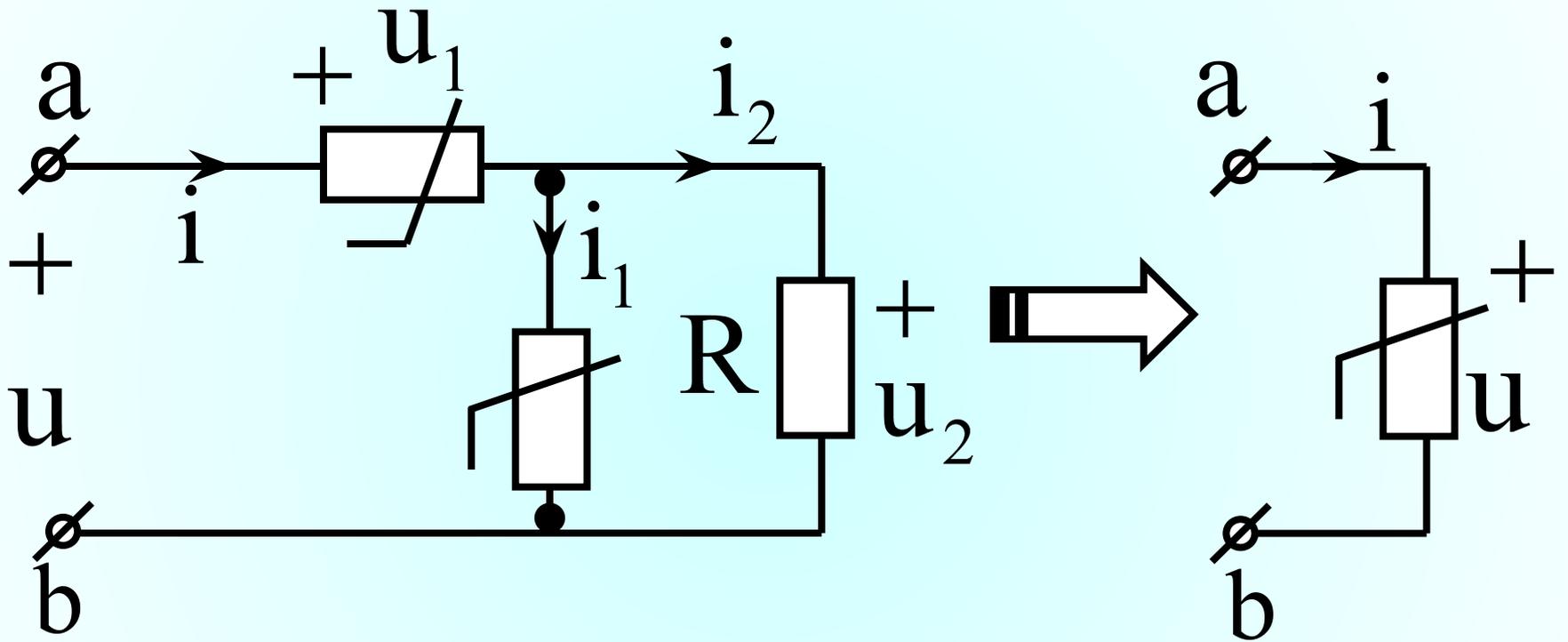
1. Метод эквивалентного  
генератора – применяется для  
цепей с одним НРЭ:

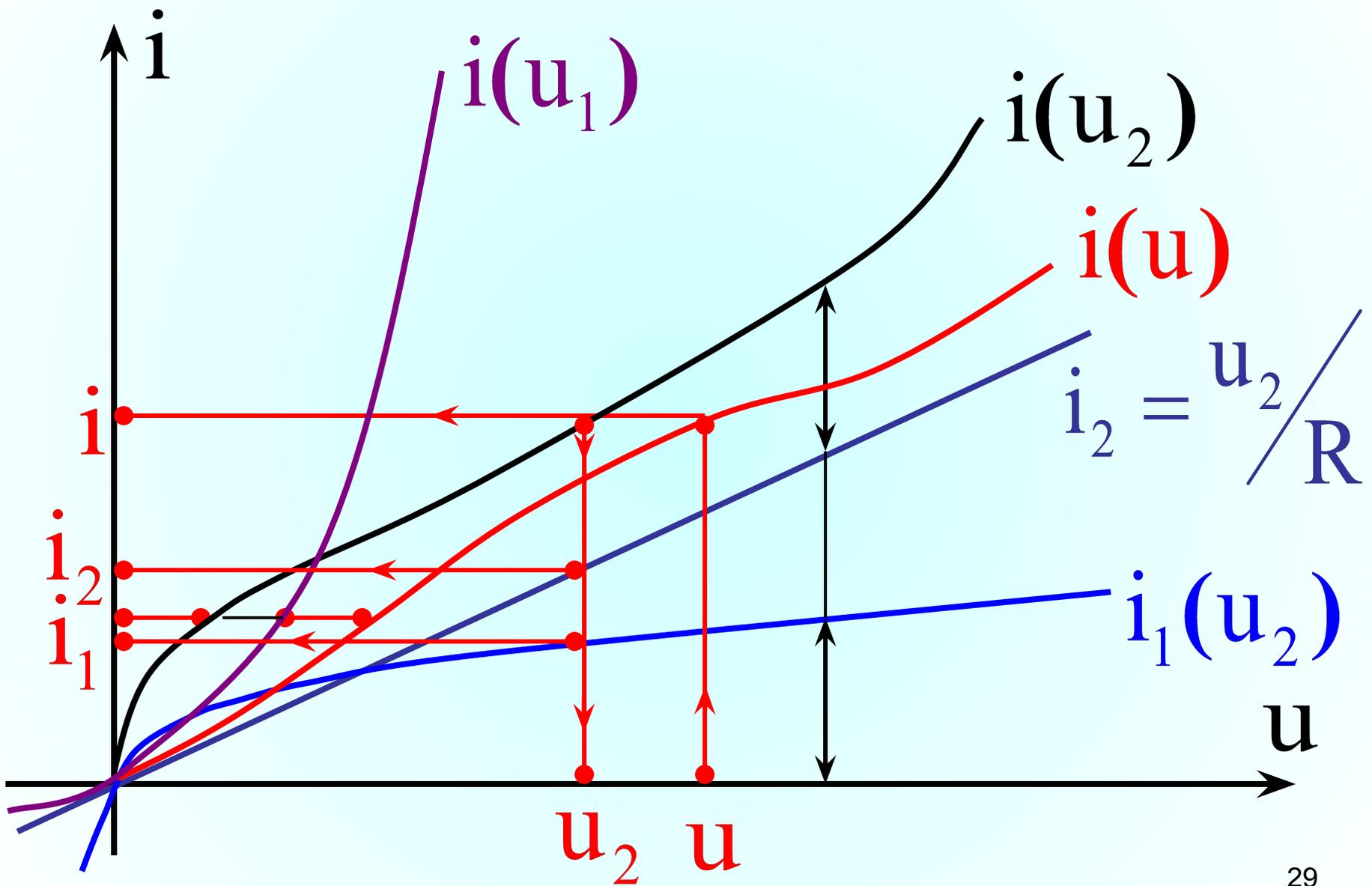




2. Сложение ВАХ – применяется  
для упрощения схем:

При этом на основании законов  
Кирхгофа ВАХ  $i(u)$   
последовательно соединенных  
НРЭ складываются вдоль оси  $u$ , а  
ВАХ параллельно соединенных  
НРЭ складываются вдоль оси  $i$ .





3. Метод двух узлов –  
применяется для схем с двумя  
узлами.

4. Метод итераций – применяется  
для расчета схем с  
использованием  
вычислительной техники.

5. Метод линеаризации ВАХ в области предполагаемого решения – применяется как приближенный метод.