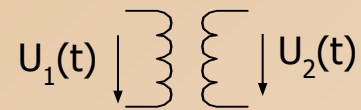


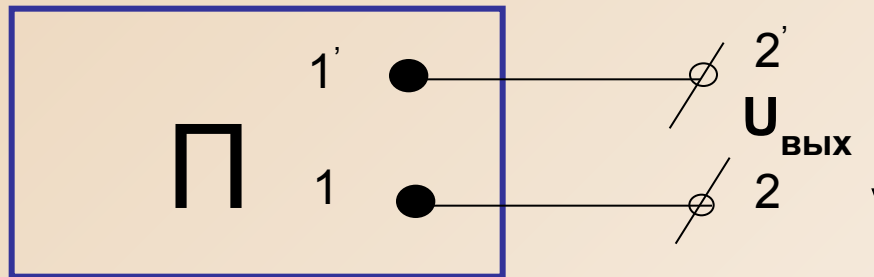
# Метод эквивалентного генератора



# Двухполюсник

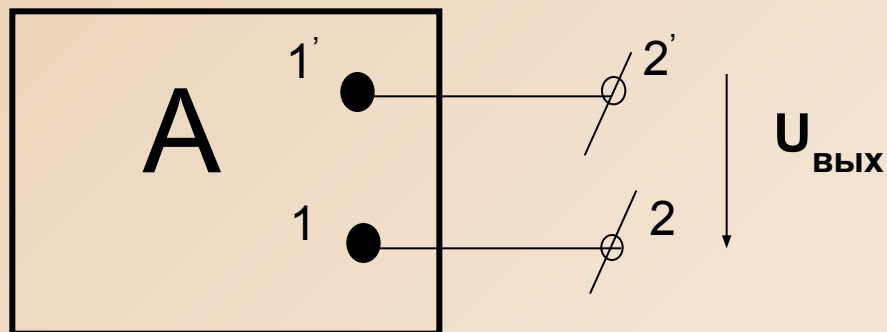
- Двухполюсник** - обобщенное название некоторой электрической цепи, имеющей два выходных зажима.

Двухполюсники делятся на **активные** и **пассивные**.

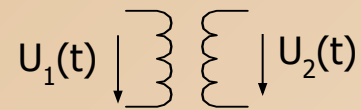


**Пассивный** двухполюсник не содержит **источников** питания. На выходе пассивного двухполюсника напряжение всегда равно нулю ( $U_{\text{ВЫХ}} = 0$ ).

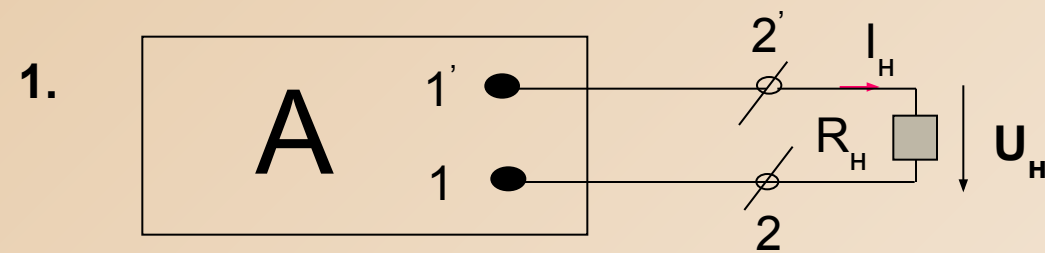
## Активный двухполюсник



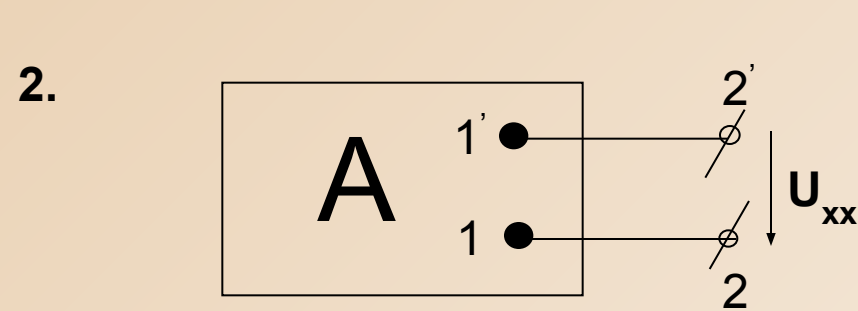
**Активный** двухполюсник содержит **источники** питания. На выходе активного двухполюсника напряжение в режиме холостого хода не равно нулю ( $U_{\text{ВЫХ}} \neq 0$ ,  $U_{\text{ВЫХ}} = U_{\text{ХХ}}$  - напряжение холостого хода).



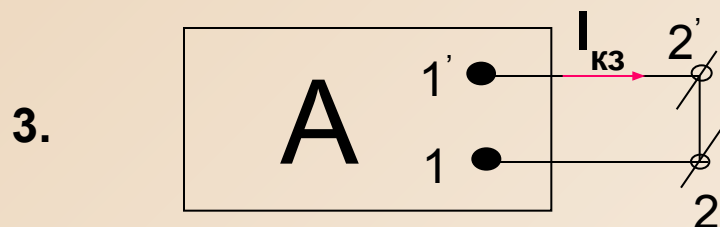
# Режимы работы активного двухполюсника



**1. Рабочий режим:** Активный двухполюсник нагружен на сопротивление нагрузки  $R_H$  и обтекается током  $I_H$ .



**2. Холостой ход:** Сопротивление нагрузки  $R_H = \infty$ .  $I_H = I_{XX} = 0$ . На выходных зажимах существует напряжение  $U_{XX}$ .



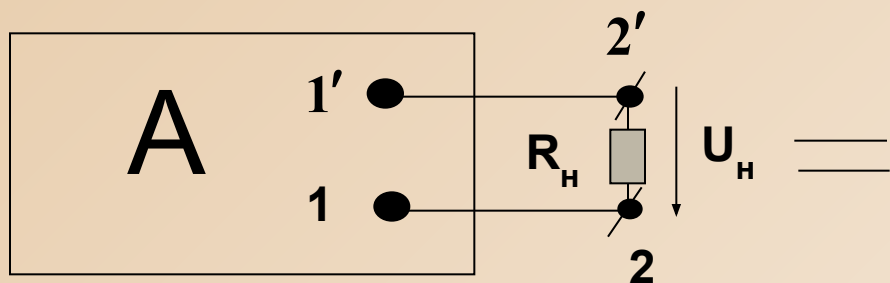
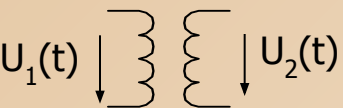
**3. Короткое замыкание:** Сопротивление нагрузки  $R_H = 0$ . По нагрузке протекает ток короткого замыкания  $I_{кз}$ .

$$U_1(t) \downarrow \left. \vphantom{U_1(t)} \right\} \left. \vphantom{U_1(t)} \right\} U_2(t)$$

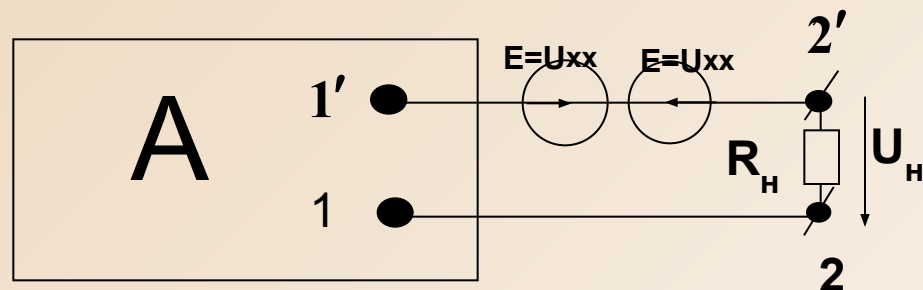
## Теорема об эквивалентном генераторе

- По отношению к сопротивлению нагрузки **активный двухполюсник** может быть заменен **эквивалентным генератором**, ЭДС которого равна напряжению холостого хода  $U_{xx}$  на зажимах активного двухполюсника, а его внутреннее сопротивление равно **сопротивлению пассивного двухполюсника** относительно сопротивления нагрузки.

# Доказательство теоремы об эквивалентном генераторе



1



2

2. Рассчитаем схему 2 методом наложения.

1' - 2'

холостого хода  $U^{xx}$ . Получим схему 2.

1. Включим последовательно в ветвь **ЭДС**, каждая из которых равна напряжению **две** схемы 1

Метод эквивалентного генератора

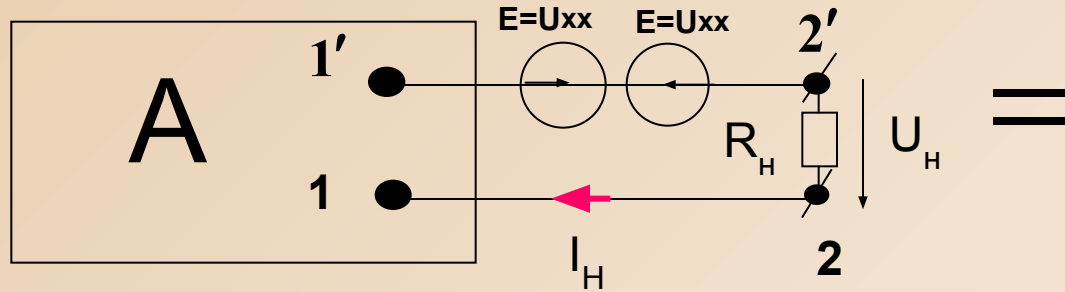
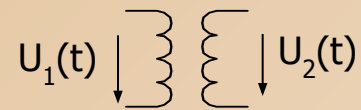


Рис.1

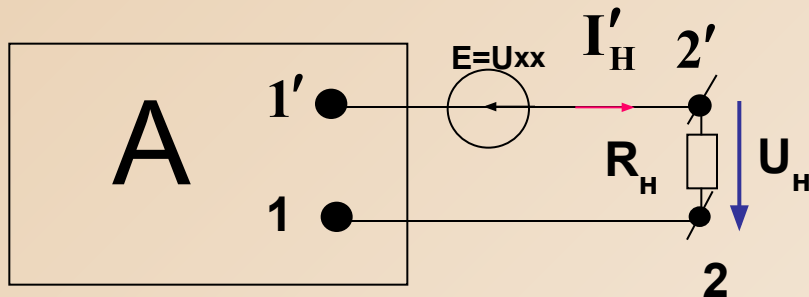


Рис.2

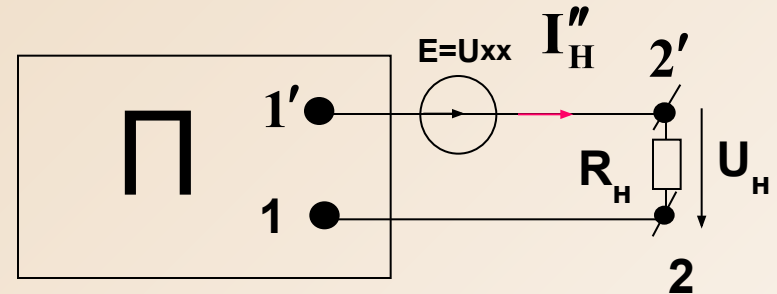
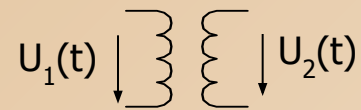


Рис.3

Определим ток  $I_H$  в схеме Рис.1 как сумму токов  $I'_H$  (в схеме Рис.2) и  $I''_H$  (Рис.3)

$$I_H = I'_H + I''_H$$

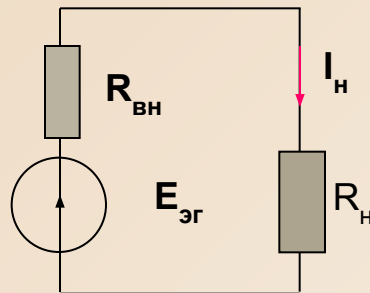


## Метод эквивалентного генератора

Ток нагрузки в электрической цепи Рис .2 равен нулю ( $I_H' = 0$ ), так как эта цепь эквивалентна схеме активного двухполюсника в режиме холостого хода. В электрической цепи Рис. 3 сопротивление нагрузки  $R_H$  обтекается током  $I_H''$ , при этом сам двухполюсник является пассивным. Тогда

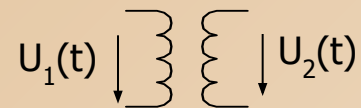
$$I_H = I_H' + I_H'' = \frac{E_{\text{эг}}}{R_{\text{вн}} + R_H} = \frac{U_{\text{хх}}}{R_{\text{вн}} + R_H} (*)$$

$R_{\text{вн}}$  - входное сопротивление пассивного двухполюсника относительно сопротивления нагрузки ( $R_H$ ). Формуле (\*) можно сопоставить электрическую цепь.



На основе теоремы об эквивалентном генераторе разработан метод эквивалентного генератора

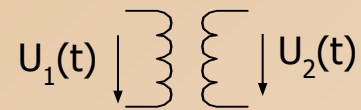




## Порядок расчета электрических цепей методом эквивалентного генератора

1. Расставляем условно- положительные направления токов в электрической цепи.
2. **Обрываем** электрическую цепь в интересующей нас ветви.
3. **Произвольно** выбираем в месте обрыва направление вектора  $U_{xx}$ .
4. **Любым** известным методом расчета электрических цепей постоянного тока определяем величину  $U_{xx}$  ( $E_{эг}$ ). [При этом, во всех ветвях активного двухполюсника, кроме оборванной, протекают токи холостого хода].
5. Полагая, что все **источники питания** в электрической цепи, **равны нулю** ( $E_k=0; I_k=0$ ), отыщем **полное сопротивление** цепи **относительно зажимов оборванной ветви**. Это и есть внутреннее сопротивление эквивалентного генератора ( $R_{вн}$ ) или входное сопротивление пассивного двухполюсника.
6. Ток в ветви с сопротивлением нагрузки определяем по формуле

$$I_n = \frac{E_{эг}}{R_{вн} + R_n} = \frac{U_{xx}}{R_{вн} + R_n}$$



# Порядок расчета электрических цепей методом эквивалентного генератора

7. Токи в других ветвях электрической цепи определяем методом наложения

$$I_K = I'_K + I''_K \quad (**)$$

Ток  $I'_K$  в формуле определяется для активного двухполюсника в режиме холостого хода.

## ПРИМЕР:

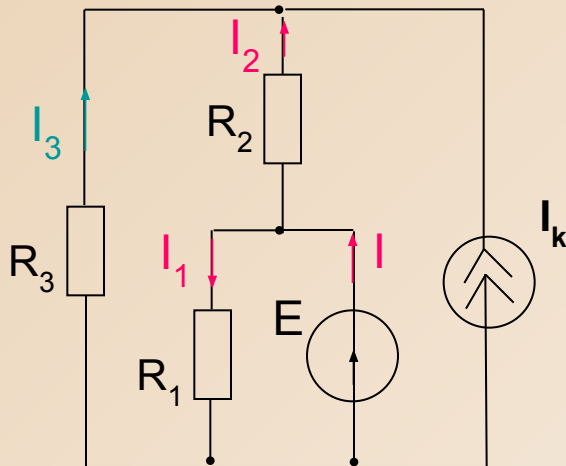


Рис. 1

### Задание

В рассматриваемой электрической цепи определить ток  $I_3$  методом эквивалентного генератора.

### Расчет

Расчет электрической цепи будем производить в соответствии с ранее определенным порядком расчета.

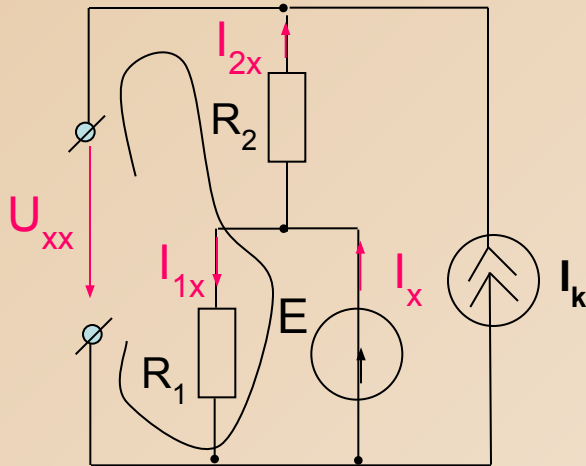
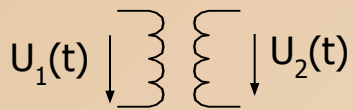


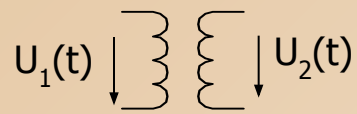
Рис.2

1.(п.1,2,3,4) Удаляем сопротивление  $R_3$  из третьей ветви. Полученная электрическая цепь представляет активный двухполюсник в режиме **холостого хода** относительно оборванных зажимов. Во всех ветвях, кроме оборванной, текут токи холостого хода. Выберем замкнутый контур из которого можно найти  $U_{xx}$ . Направив произвольно напряжение холостого хода и расставив токи холостого хода, запишем уравнение по второму закону Кирхгофа

$$U_{xx} + I_{2x} R_2 = E$$

Учитывая, что  $I_{2x} = -I_k$ , найдем  $U_{xx} \implies U_{xx} = E + I_k R_2$

2. Найдем внутреннее сопротивление пассивного двухполюсника. Для этого будем считать, что все источники питания в цепи рис.2 равны нулю, а их внутренние сопротивления оставлены. Получим цепь рис.3.



*Метод эквивалентного генератора*

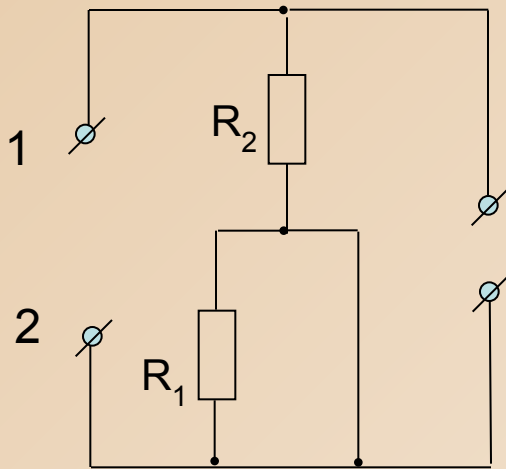


Рис.3

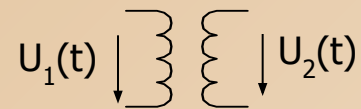
В схеме Рис.3 отыщем общее сопротивление цепи относительно зажимов 1-2. Сопротивление  $R_1$  закорочено, поэтому относительно зажимов 1-2 общее сопротивление будет равно одному сопротивлению  $R_2$ , т.е.  $R_{эг} = R_2$

Таким образом, ток в сопротивлении  $R_3$  определится по формуле

$$I_3 = I_i = \frac{A_{y\ddot{a}}}{R_{\dot{a}i} + R_i} = \frac{U_{\ddot{o}\ddot{o}}}{R_2 + R_3}$$

Если по условию задачи необходимо дополнительно найти, например, ток  $I_2$ , то необходимо использовать формулу (\*\*) в пункте 7., т.е.

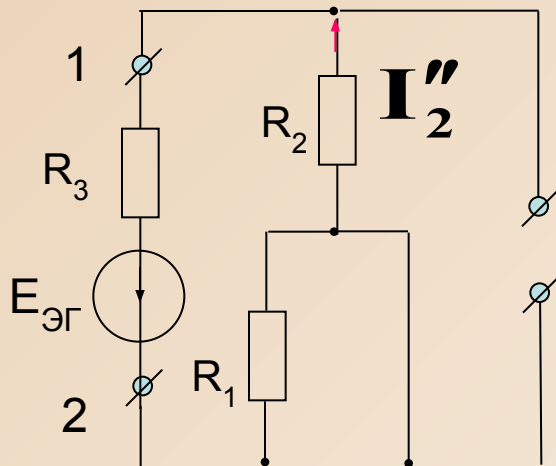
$$I_2 = I_2' + I_2''$$



В рассматриваемой цепи  $-I'_2$  это ток  $I_{2xx}$  в цепи рис 2. в режиме холостого хода. Он равен току источника тока с обратным знаком, т.е.

$$I'_2 = I_{2xx} = -I_{2k}$$

Ток  $I''_2$  найдется по электрической цепи рис.3, если в место обрыва третьей ветви ввести  $E_{\text{эг}} = U_{xx}$  и сопротивление  $R_3$ . Получится электрическая цепь рис .4. Тогда ток  $I''_2$  найдем по формуле



$$I''_2 = \frac{E_{\text{эг}}}{R_3 + R_2}$$

Окончательно

$$I_2 = -I_{2k} + \frac{E_{\text{эг}}}{R_3 + R_2}$$