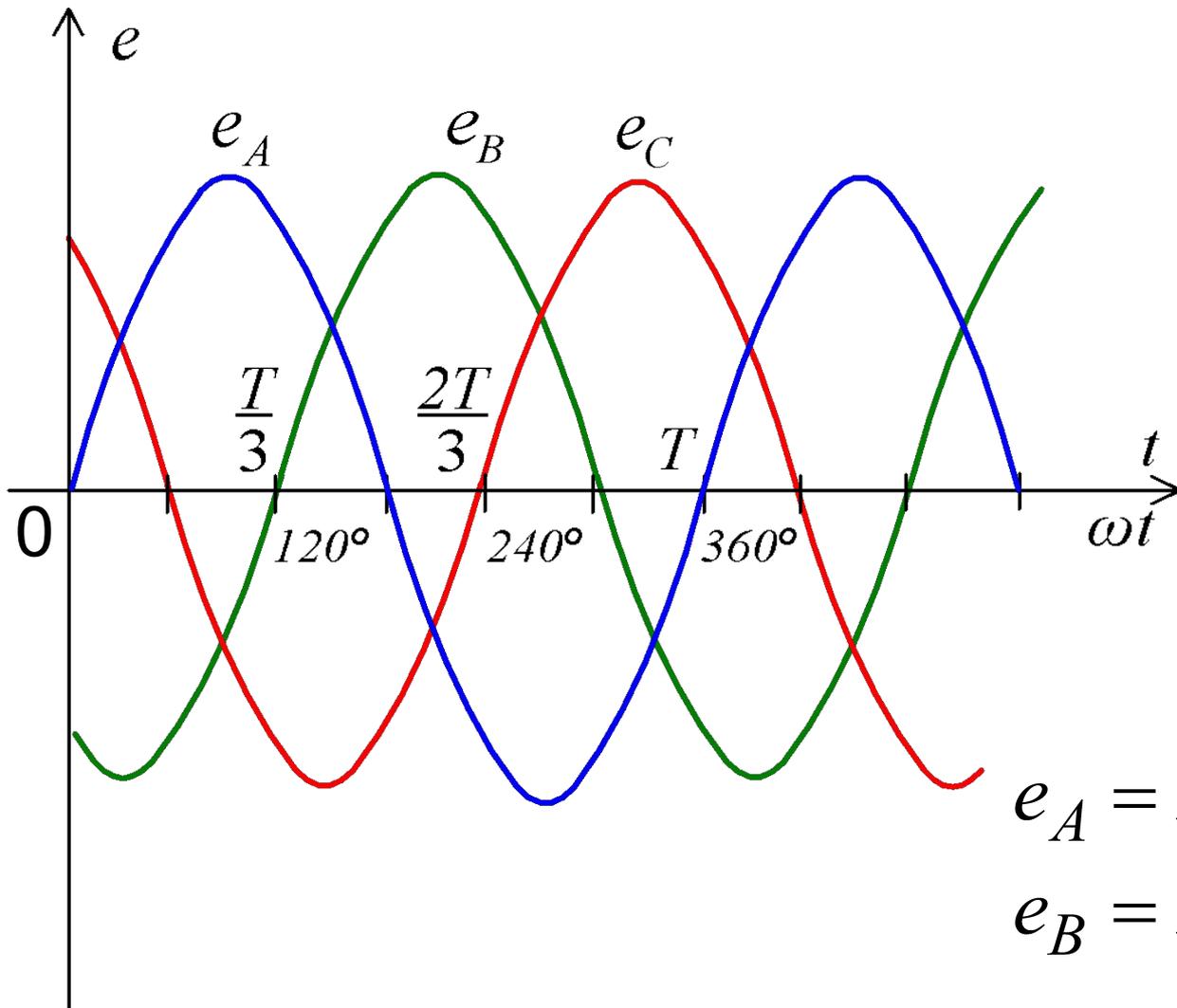


Трехфазные электрические цепи.  
Основные положения.

**Трехфазная цепь** состоит из трехфазной системы ЭДС и нагрузки.

**Трехфазную систему ЭДС** получают при помощи трехфазных генераторов.

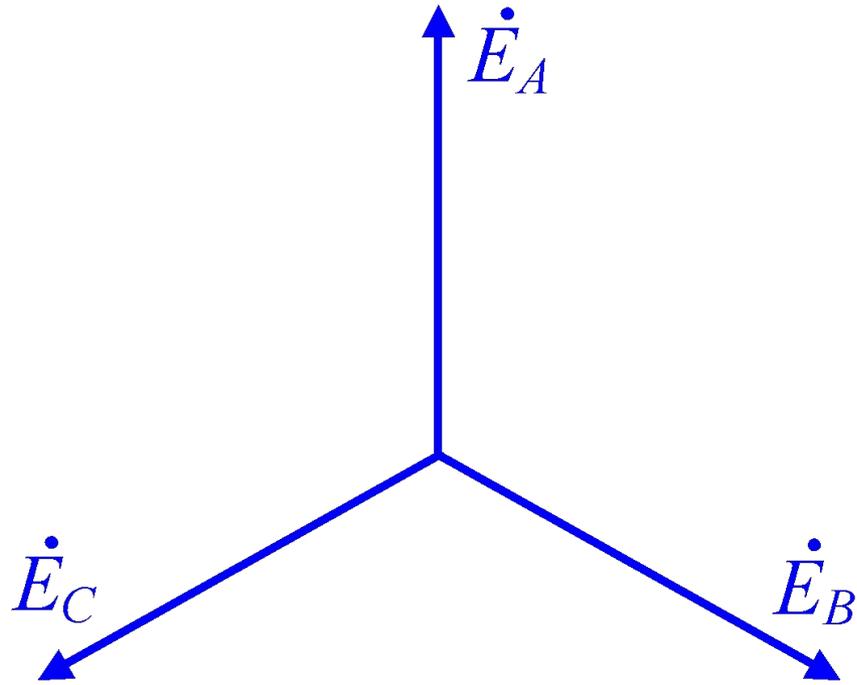
В симметричной трехфазной цепи ЭДС имеют одинаковую частоту, одинаковую амплитуду и одинаково сдвинуты по фазе на  $120^\circ$  ( $1/3$  периода).



$$e_A = E_m \sin \omega t;$$

$$e_B = E_m \sin(\omega t - 120^\circ);$$

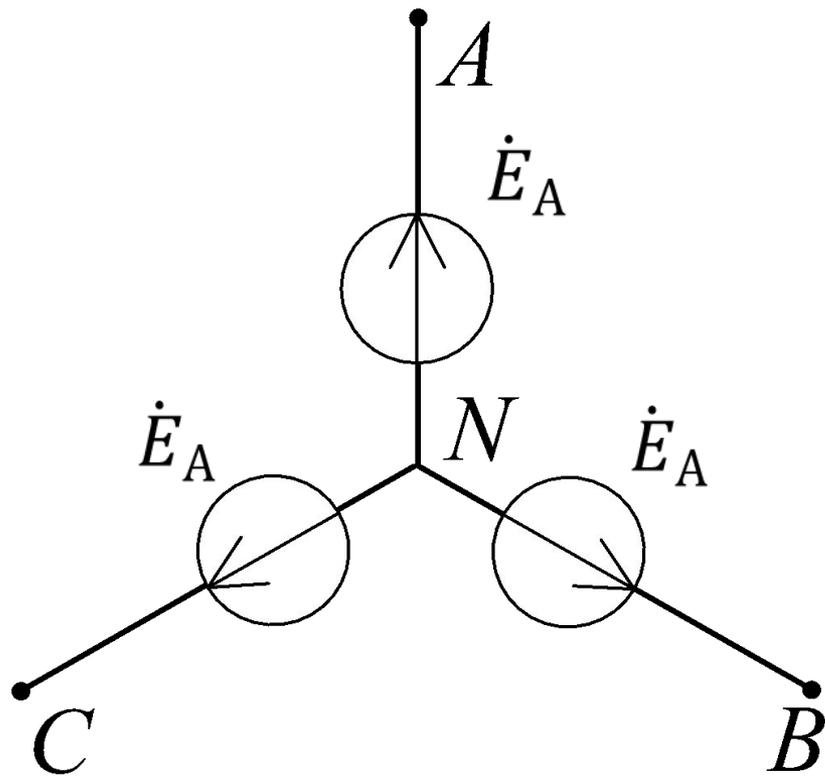
$$e_C = E_m \sin(\omega t + 120^\circ).$$



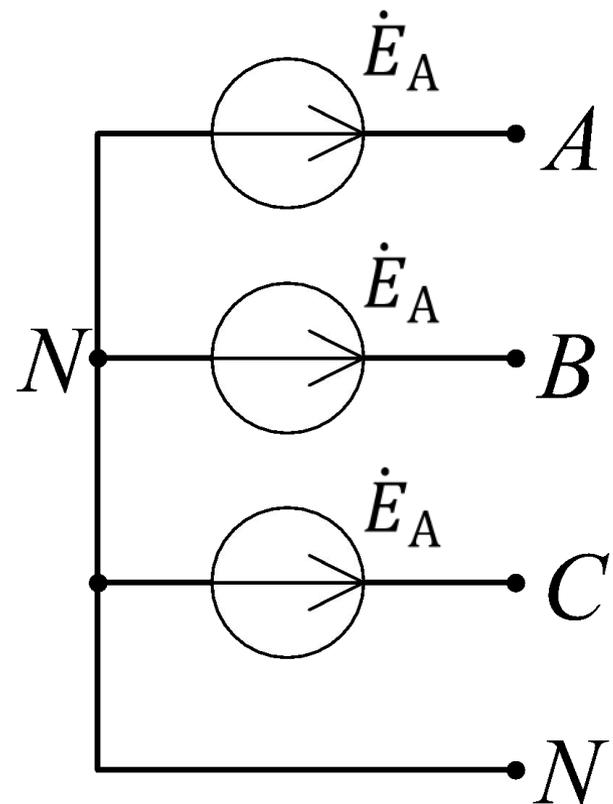
В симметричной трехфазной цепи сопротивления нагрузки одинаковы не только по величине, но и характеру:

$$Z_A = Z_B = Z_C = ze^{j\varphi}.$$

Обмотки трехфазного генератора – источники ЭДС – соединяют треугольником ( $\Delta$ ) или звездой ( $Y$ ). Сопротивления нагрузки также соединяют  $\Delta$  или  $Y$ .

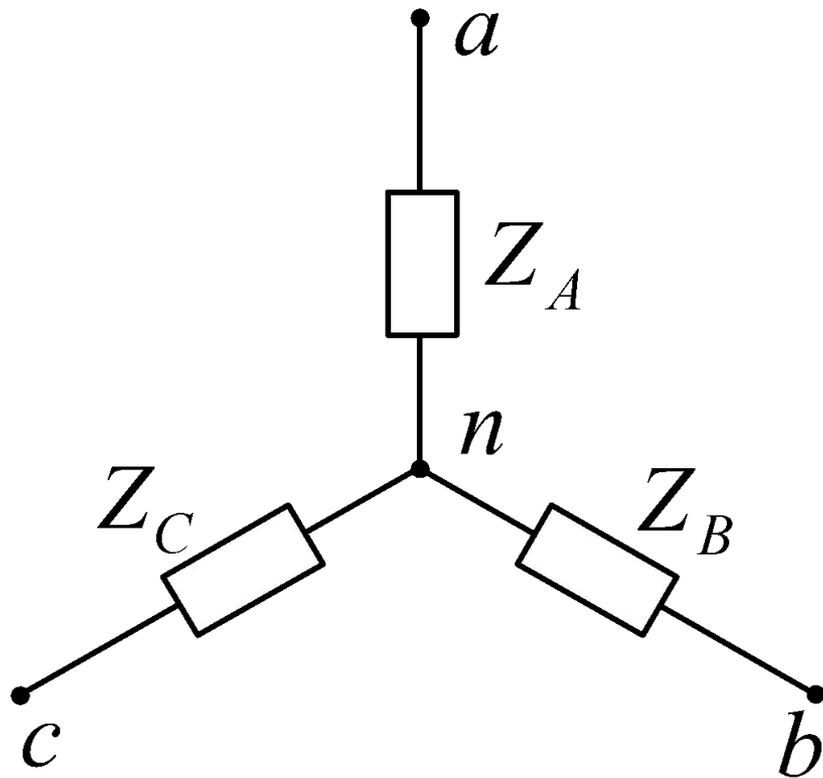


или

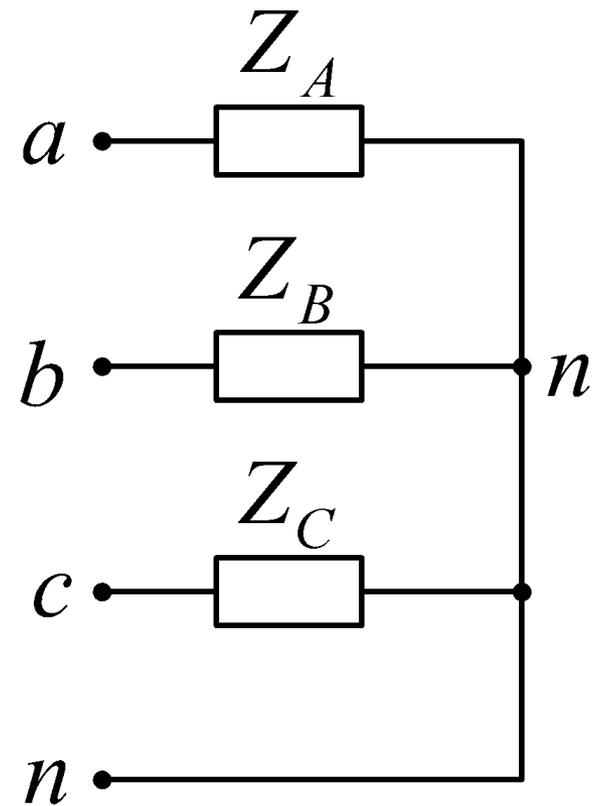


$N$  – нейтральная точка генератора,  $\varphi_N = 0$ ;

$A$ ,  $B$ ,  $C$  – зажимы генератора.



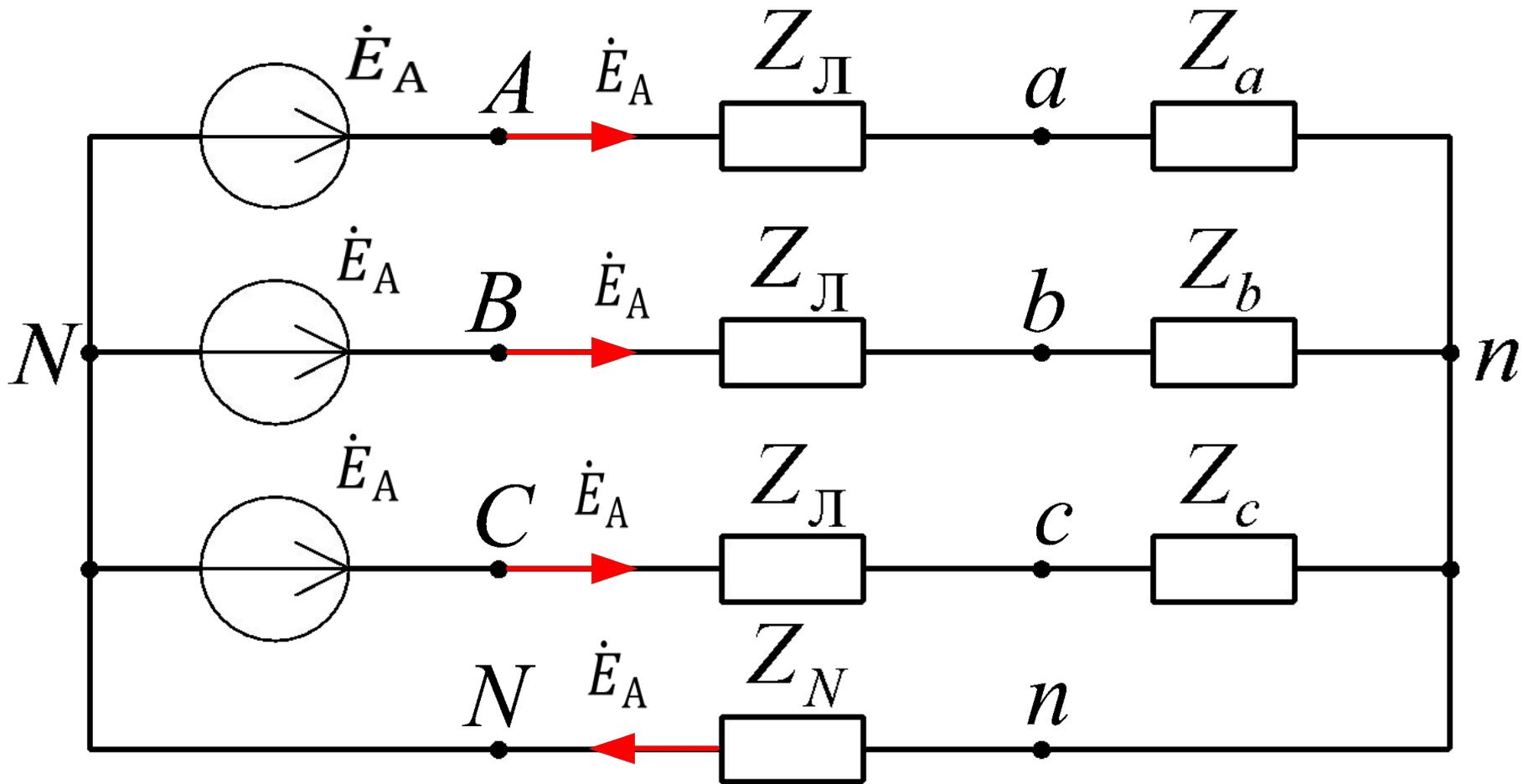
или



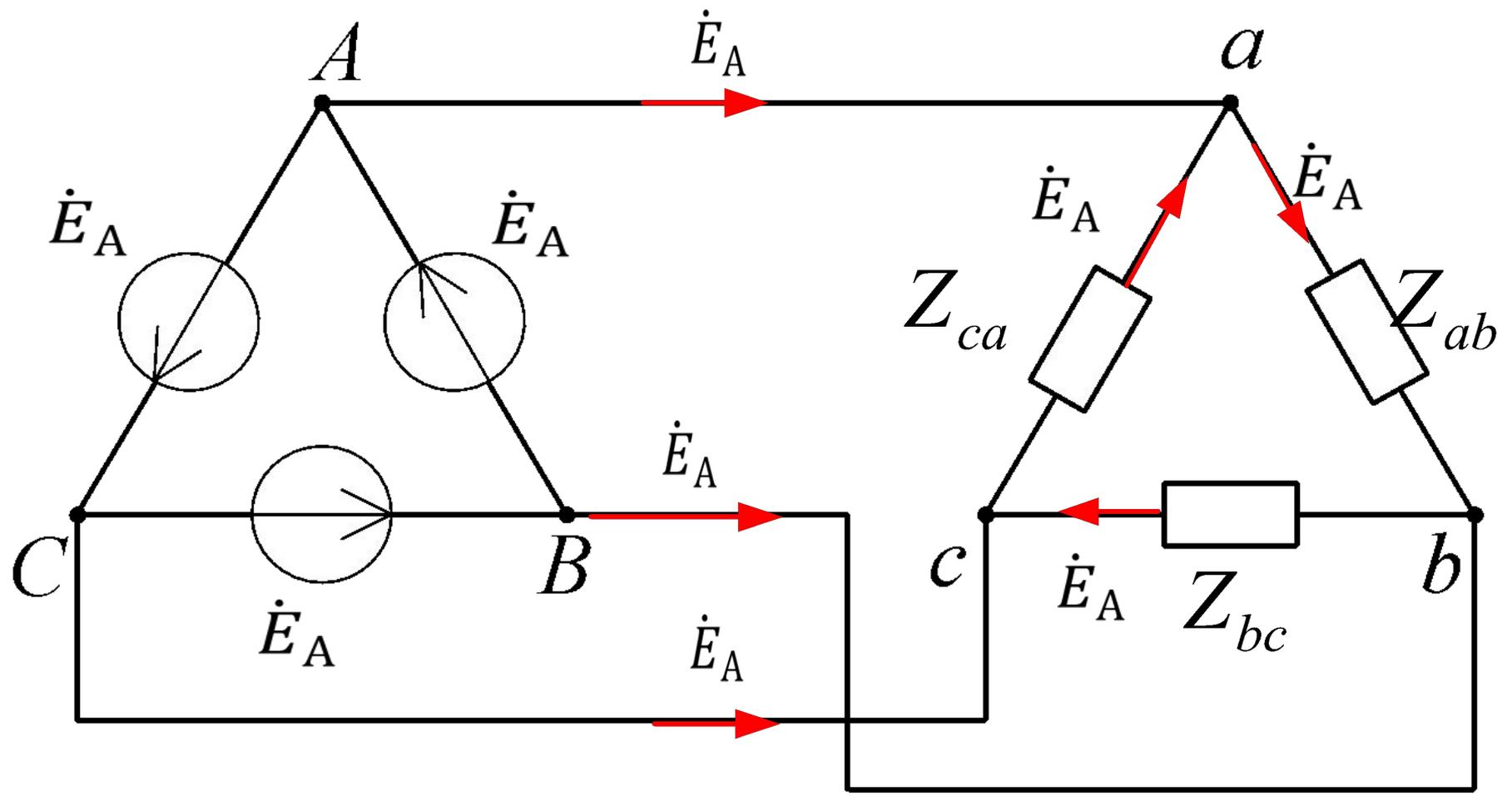
$n$  – нейтральная точка нагрузки;

$a, b, c$  – зажимы нагрузки.

Y – Y (с нейтральным проводом)



$\Delta - \Delta$



**Фаза** – однофазный участок трехфазной цепи.

Провода, соединяющие источник и нагрузку, – линейные.

Токи в линейных проводах  $\dot{E}_A$  – **линейные токи** направлены от генератора к нагрузке.

**Ток в нейтральном проводе**  $\dot{E}_A$  направлен от нагрузки к генератору:

$$\dot{E}_A$$

$$\dot{E}_A$$

– фазные напряжения.

$$\dot{E}_A$$

– линейные напряжения.

$$\dot{E}_A$$

– линейные токи.

$$\dot{E}_A$$

– фазные токи.

**При соединении Y:**

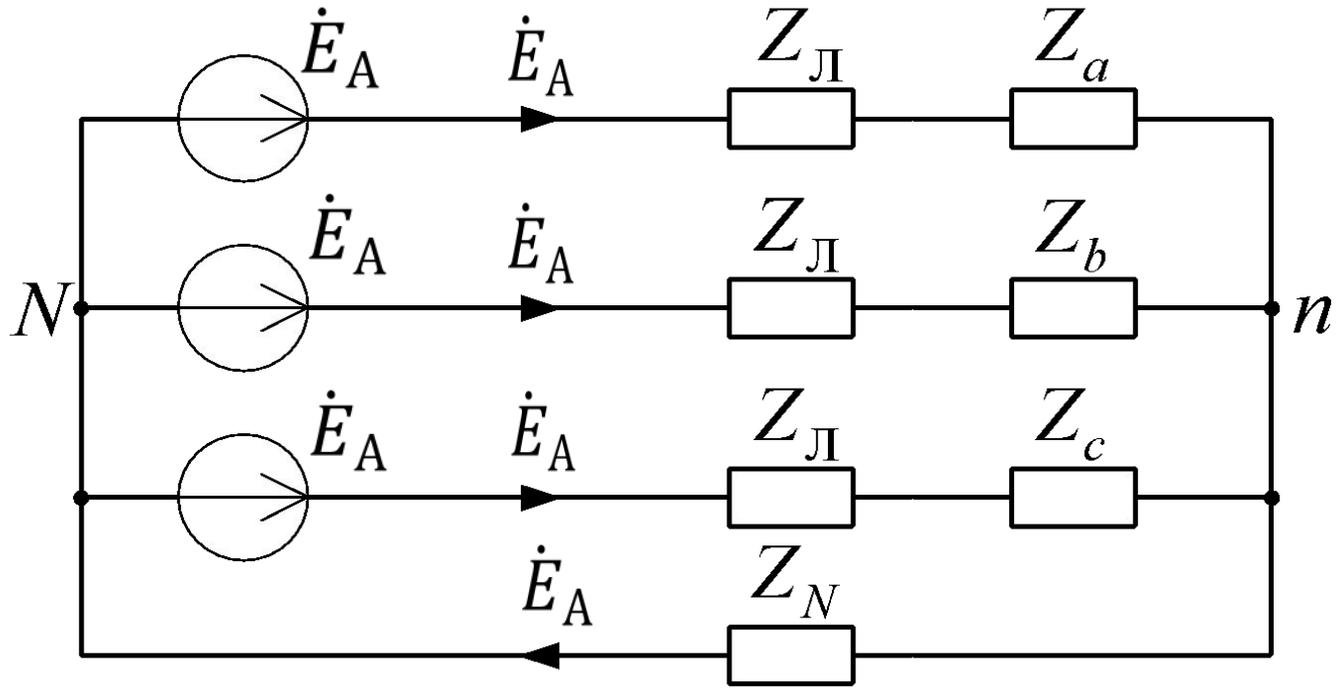
**линейный ток совпадает с фазным.**

**При соединении Δ:**

**линейное напряжение совпадает с фазным.**

Для решения задач чаще применяется **метод узловых потенциалов** при соединении  $Y - Y$ .

При соединении нагрузки  $\Delta$  предварительно выполняют его **преобразование в  $Y$** .

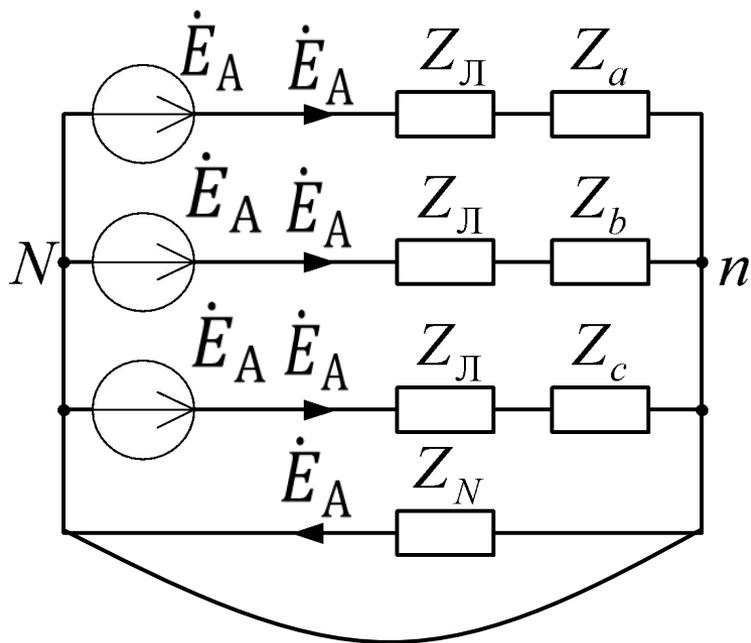


Заданы:

$$\dot{E}_A \quad Z_L = Z_{bN} = Z_c = Z; \quad Z; \quad Z.$$

Определить:

$$\dot{E}_A$$



$\dot{E}_A$

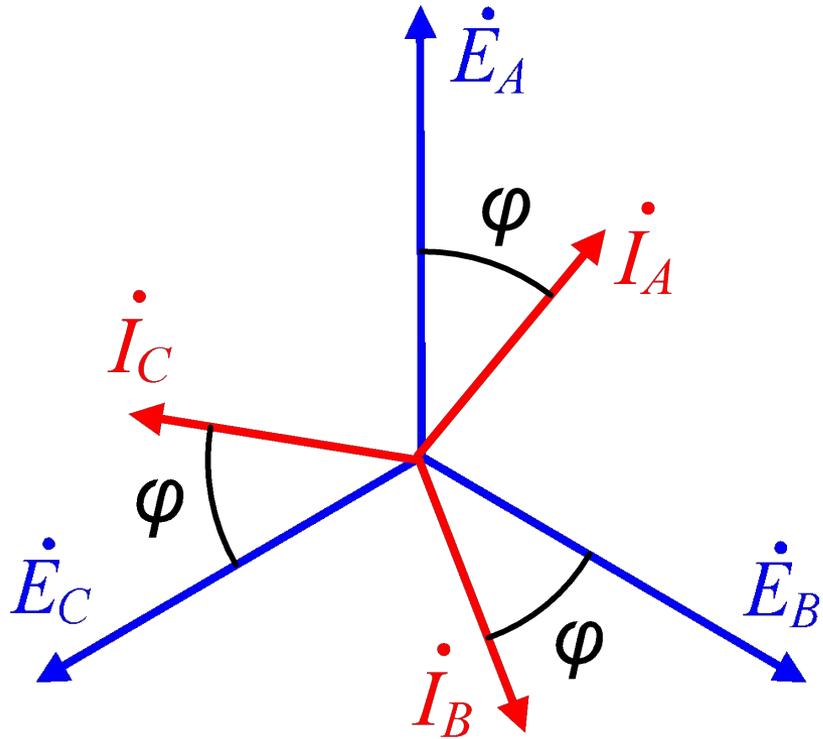
$\dot{E}_A$

$\dot{E}_A$

$\dot{E}_A$

$\dot{E}_A$

Знаменатели в этих соотношениях равны. Следовательно, модули токов также равны, а токи, как и ЭДС, сдвинуты по фазе друг относительно друга на  $120^\circ$ :

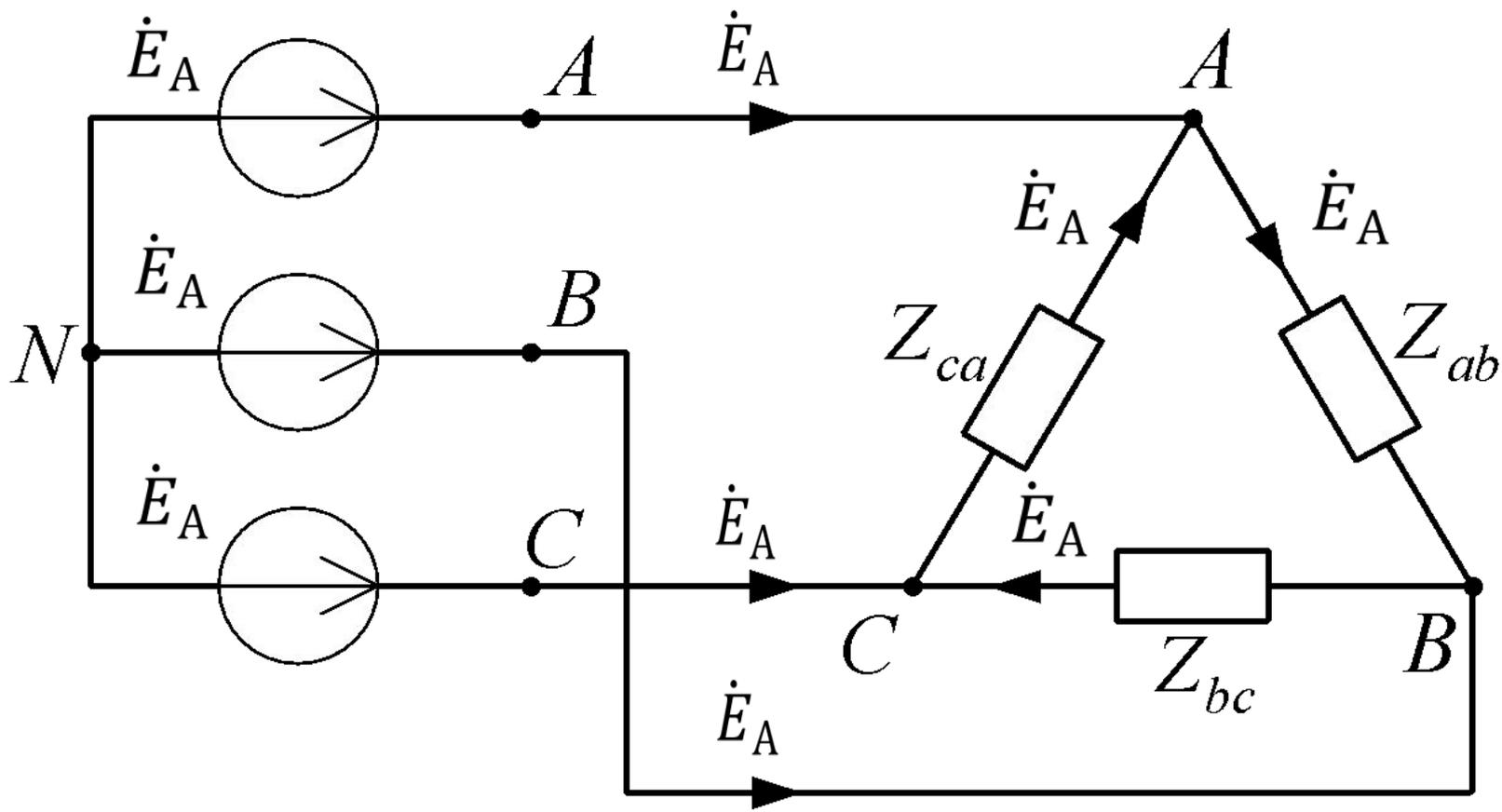


а их сумма

$$\dot{E}_A$$

$$\dot{E}_A$$

$$\dot{E}_A$$

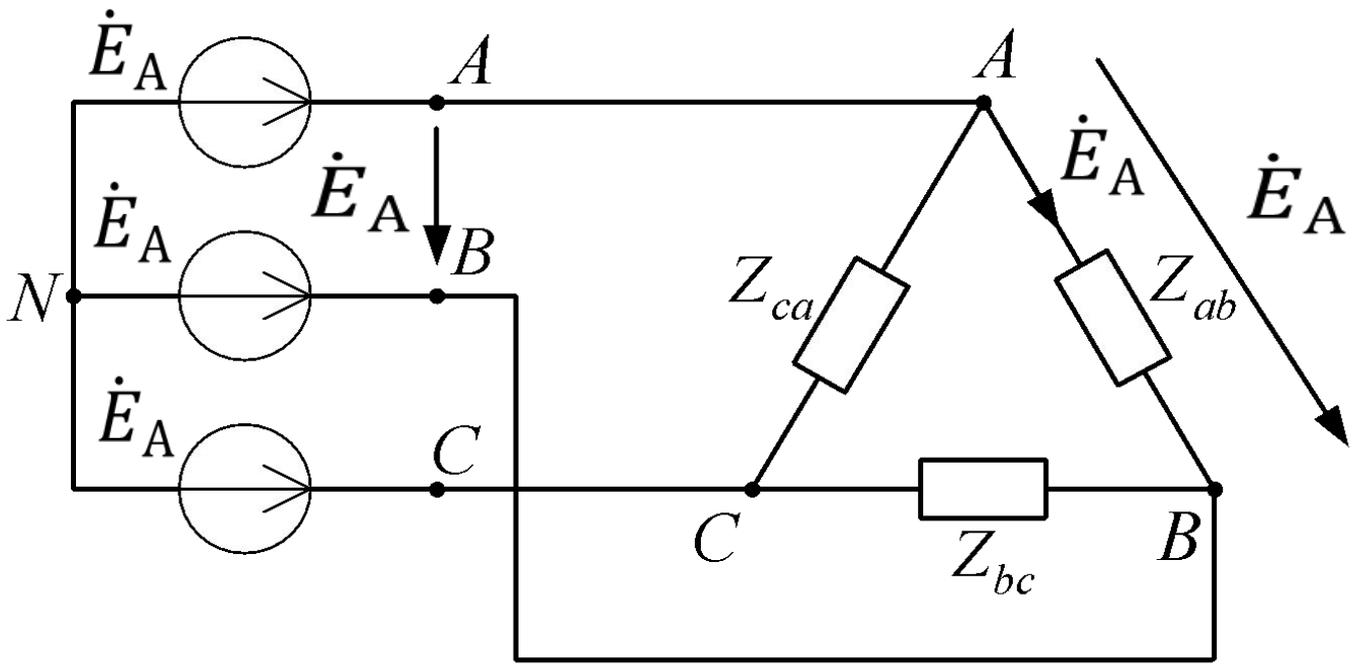


Заданы:

$$\dot{E}_A \quad Z_{ab} = Z_{bc} = Z_{ca} = Z.$$

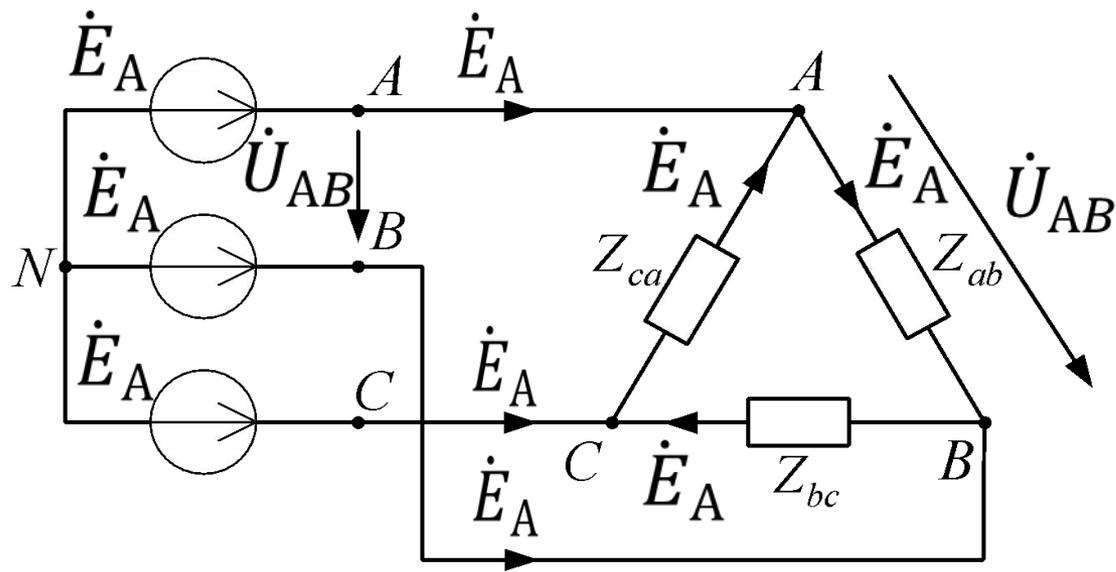
Определить:

$$\dot{E}_A \quad \dot{E}_A$$



К сопротивлениям нагрузки приложены линейные напряжения генератора:

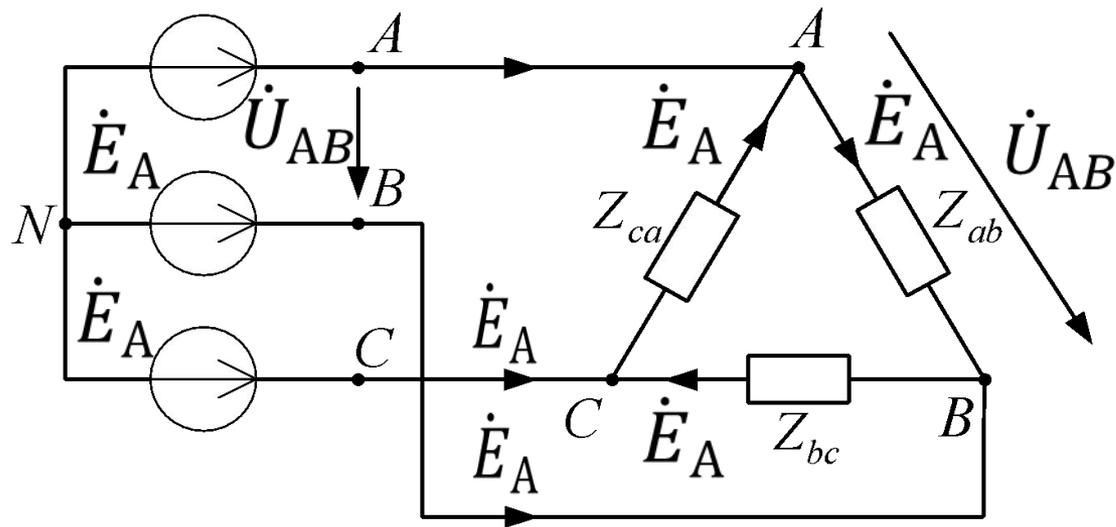
$$\dot{E}_A \quad \dot{E}_A$$
$$\dot{E}_A$$



Фазные токи нагрузки находим по закону Ома:

$$\dot{E}_A \quad \dot{E}_A \quad \dot{E}_A$$

Эти токи будут равны по величине и сдвинуты по фазе друг относительно друга на  $120^\circ$ .

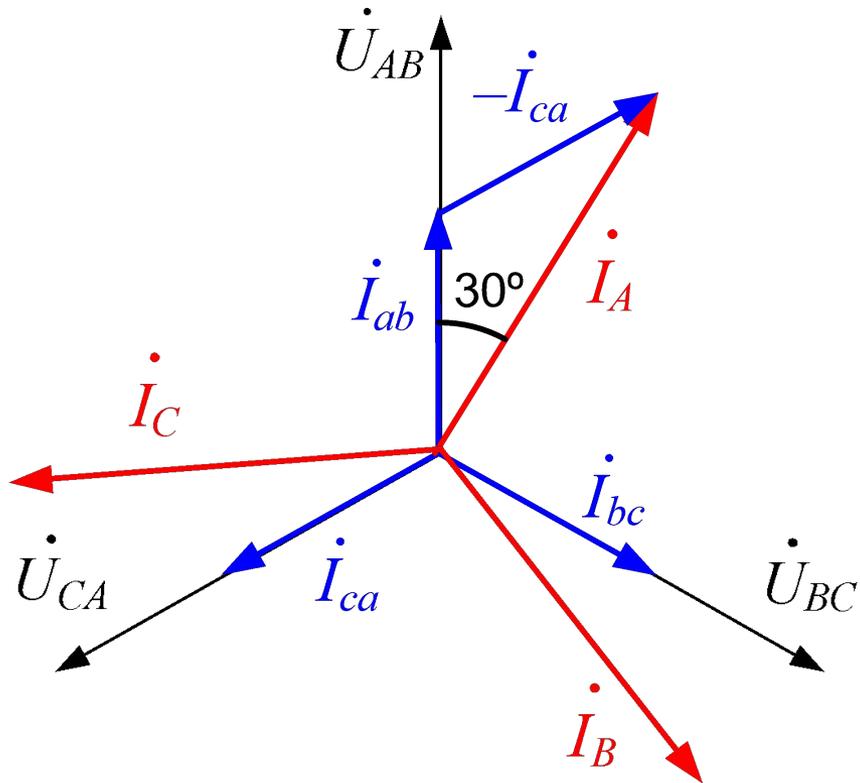


Линейные токи можно выразить по первому закону Кирхгофа:

Узел А:  $\dot{E}_A$   $\dot{E}_A$

Узел В:  $\dot{E}_A$   $\dot{E}_A$

Узел С:  $\dot{E}_A$   $\dot{E}_A$



при  $Z_{ab} = Z_{bc} = Z_{ca} = r$

$\dot{E}_A$

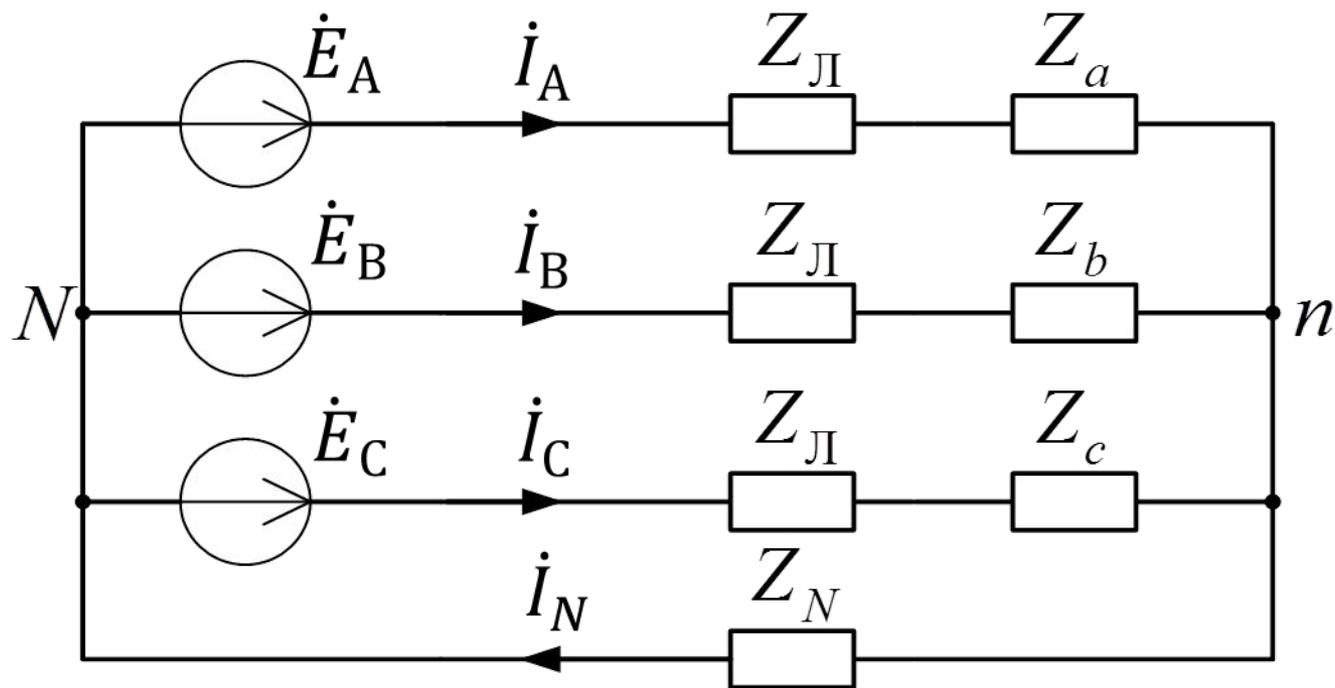
$$I_L = \sqrt{3} I_\Phi.$$

При соединении симметричной нагрузки  $\Delta$  линейный ток больше фазного в  $\sqrt{3}$  раз.

При расчете симметричных трехфазных цепей находят ток одной из фаз, а токи в других фазах будут равны по величине и сдвинуты на  $+120^\circ$  или  $-120^\circ$ .

# Особенности расчета несимметричных трехфазных цепей

Y – Y с нейтральным проводом,  
сопротивление которого учитывается



$$Z_a \neq Z_b \neq Z_c.$$

$$\dot{E}_A \quad \dot{E}_A$$

Напряжение смещения нейтрали:

$$\dot{E}_A$$

где  $Y = \frac{1}{Z}$ .

Токи:

$$\dot{E}_A$$

$$\dot{E}_A$$

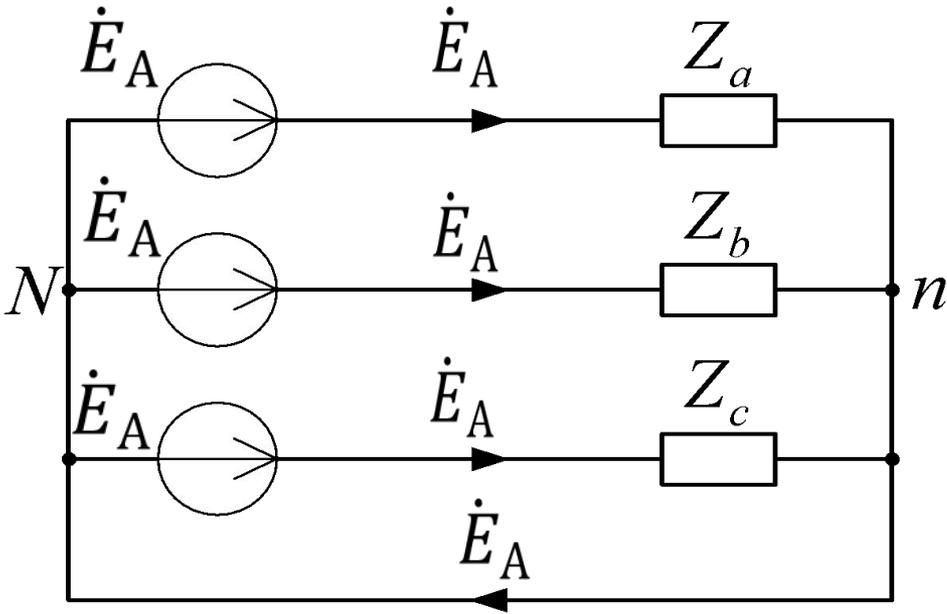
$$\dot{E}_A$$

$$\dot{E}_A$$

$$\dot{E}_A$$

$$\dot{E}_A$$

Y – Y с нейтральным проводом,  
сопротивление которого не учитывается



Заданы:  $\dot{E}_A$

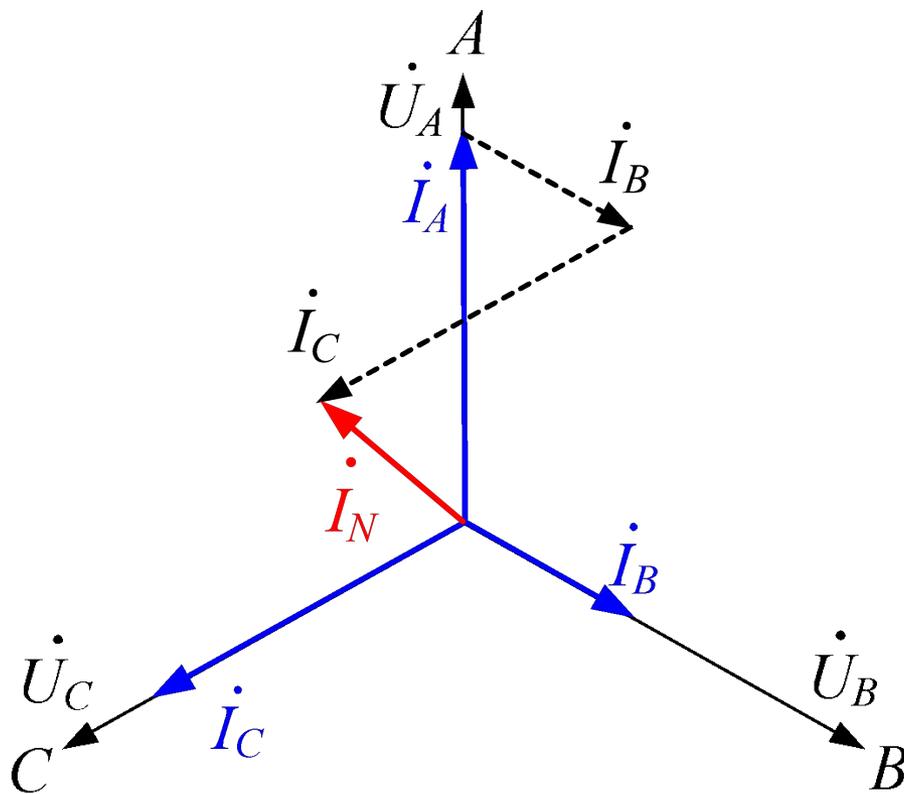
$Z_a \neq Z_b \neq Z_c$ .

Определить:

$i_A, i_B, i_C, i_N$ .

$\dot{E}_A$        $\dot{E}_A$        $\dot{E}_A$

$$i_N = i_A + i_B + i_C.$$



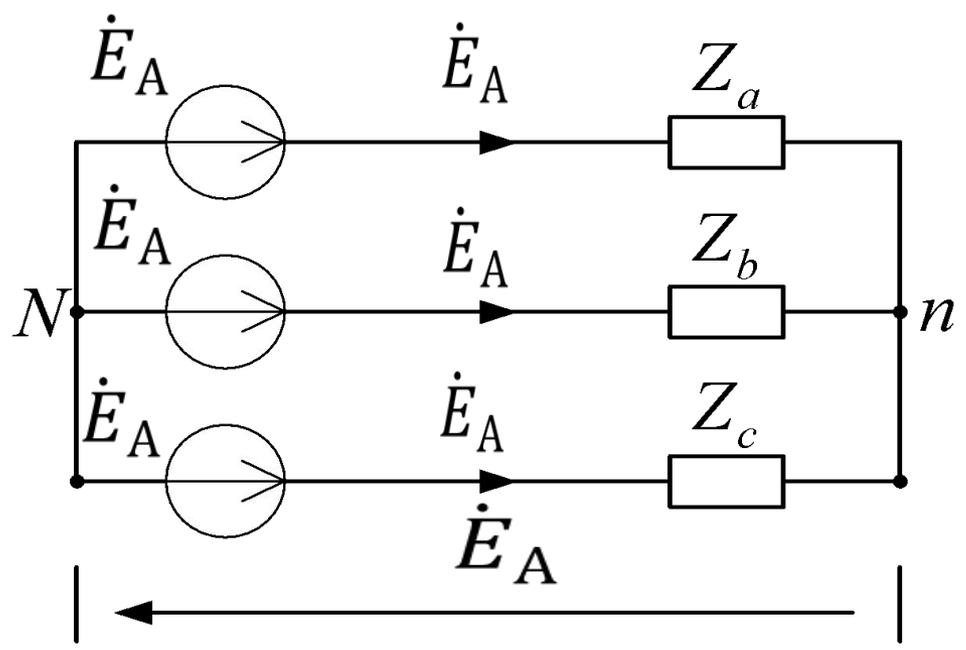
$$Z_a = r_1;$$

$$Z_b = r_2;$$

$$Z_c = r_3;$$

$$\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C.$$

# Y – Y без нейтрального провода



$$\dot{E}_A \quad \dot{E}_A$$

$$\dot{E}_A$$

$$\dot{E}_A$$

где  $\dot{E}_A$  – напряжение смещения нейтрали.

$$\dot{E}_A$$

$$\dot{E}_A$$