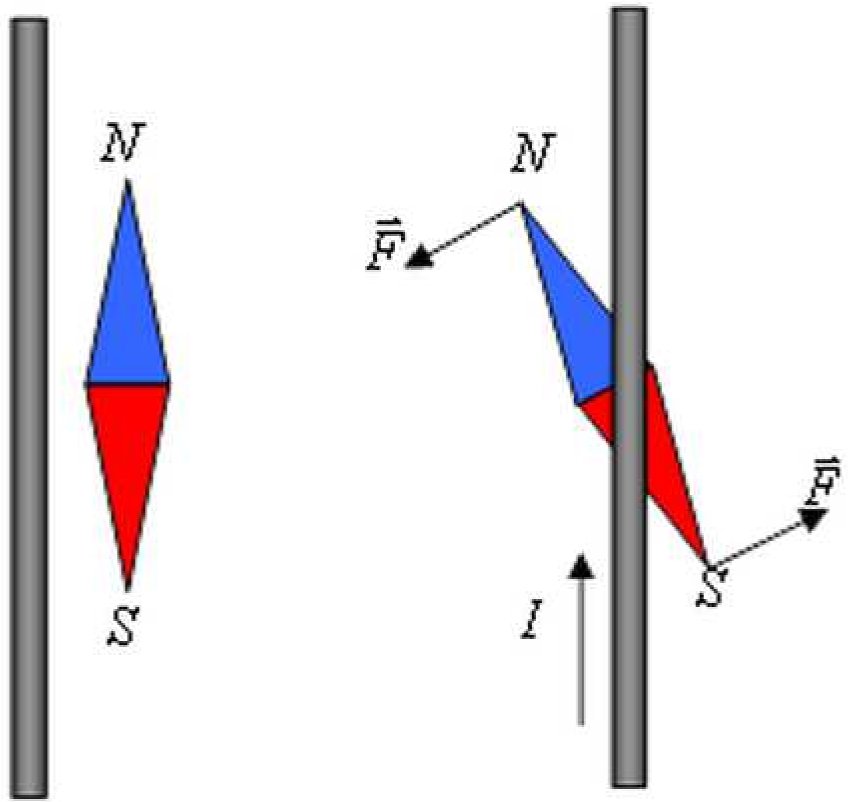
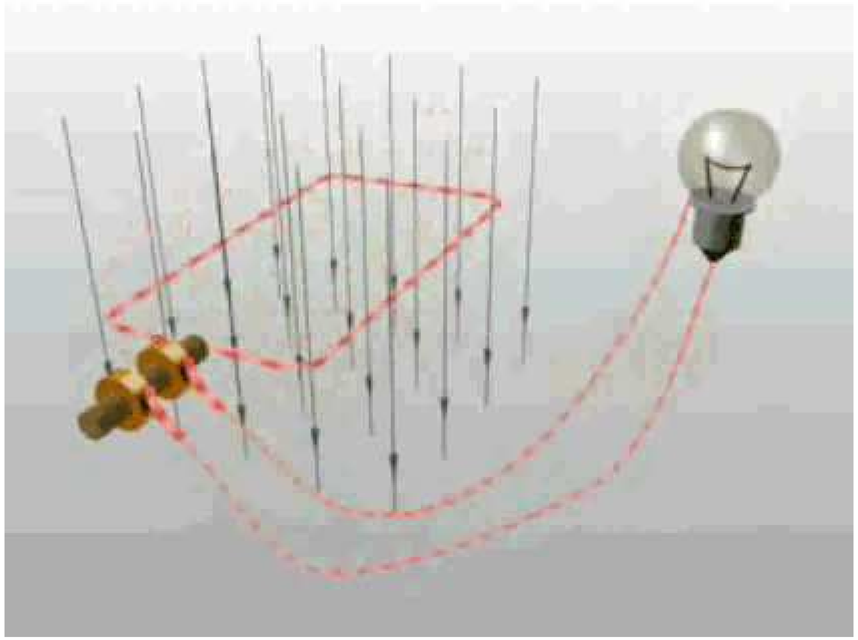
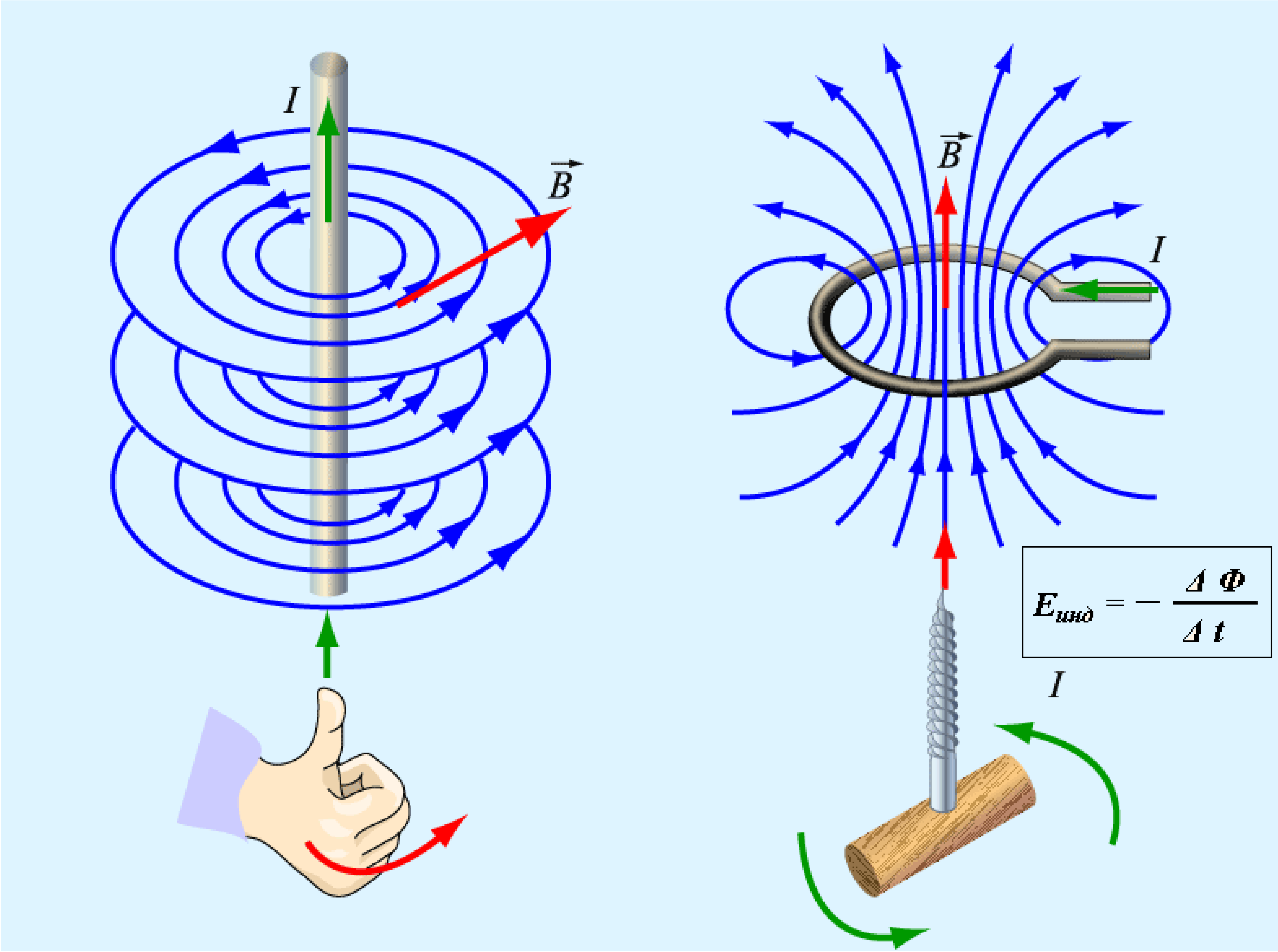
Трехфазные цепи

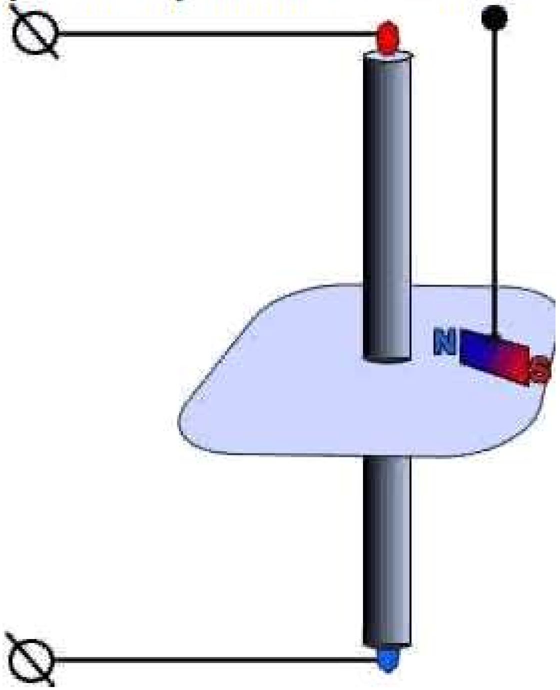
Магнитное поле

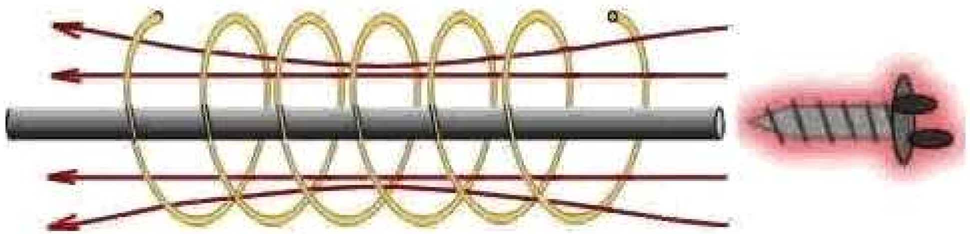





I
$\vec{B}$
$\vec{B}$
I
$E_{инд} = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$
I

Магнитное поле
прямого проводника с током

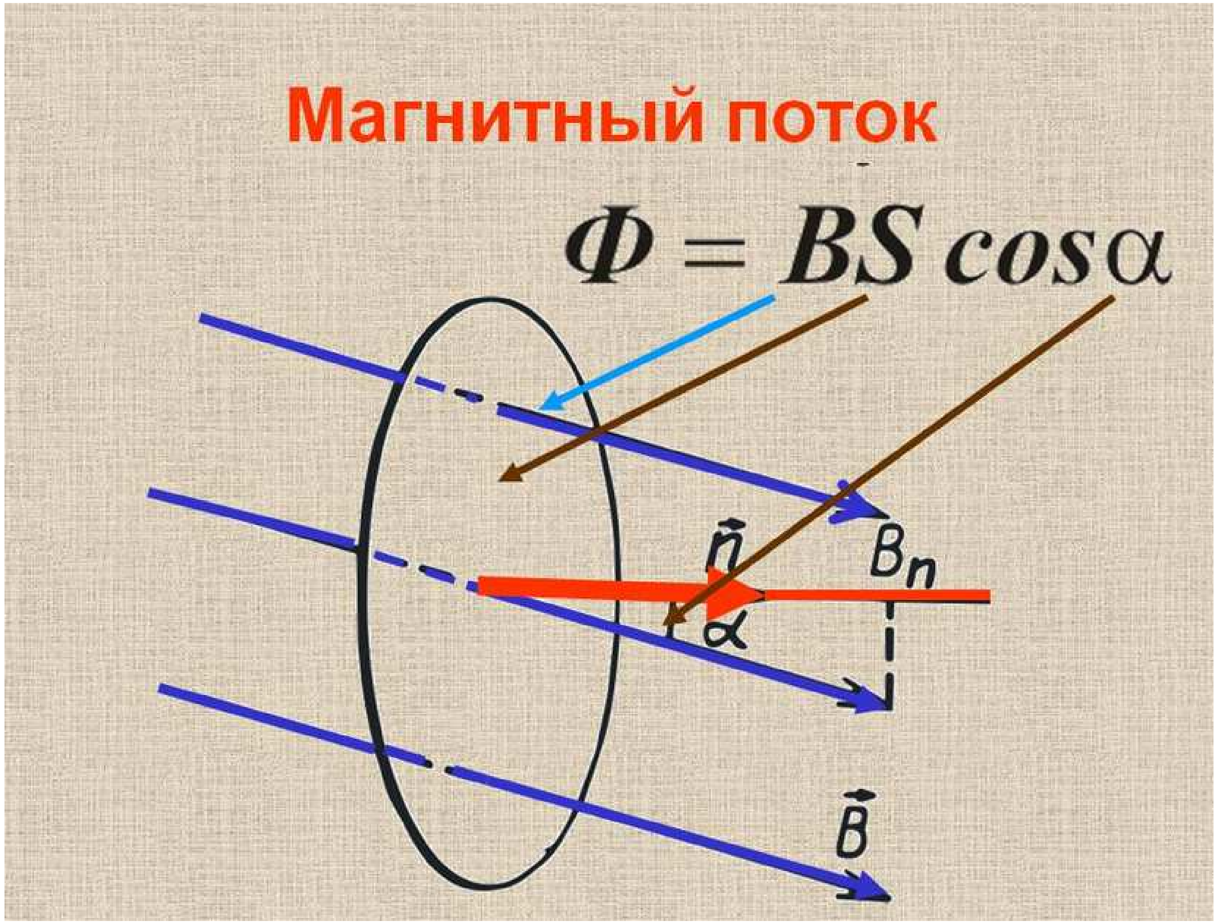




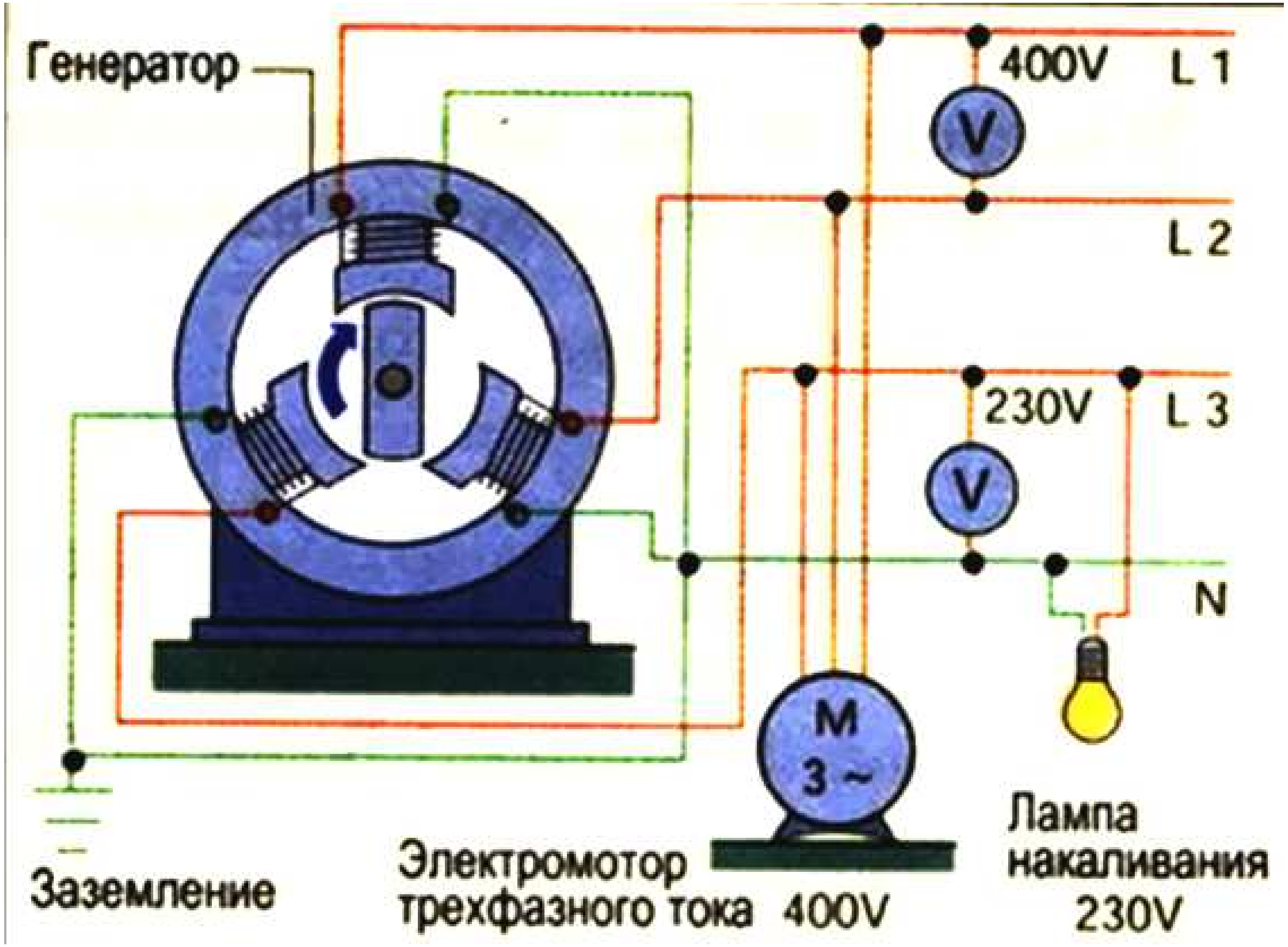
Магнитная индукция

$$B = {}^{F}\!\big/_{I \cdot l}$$

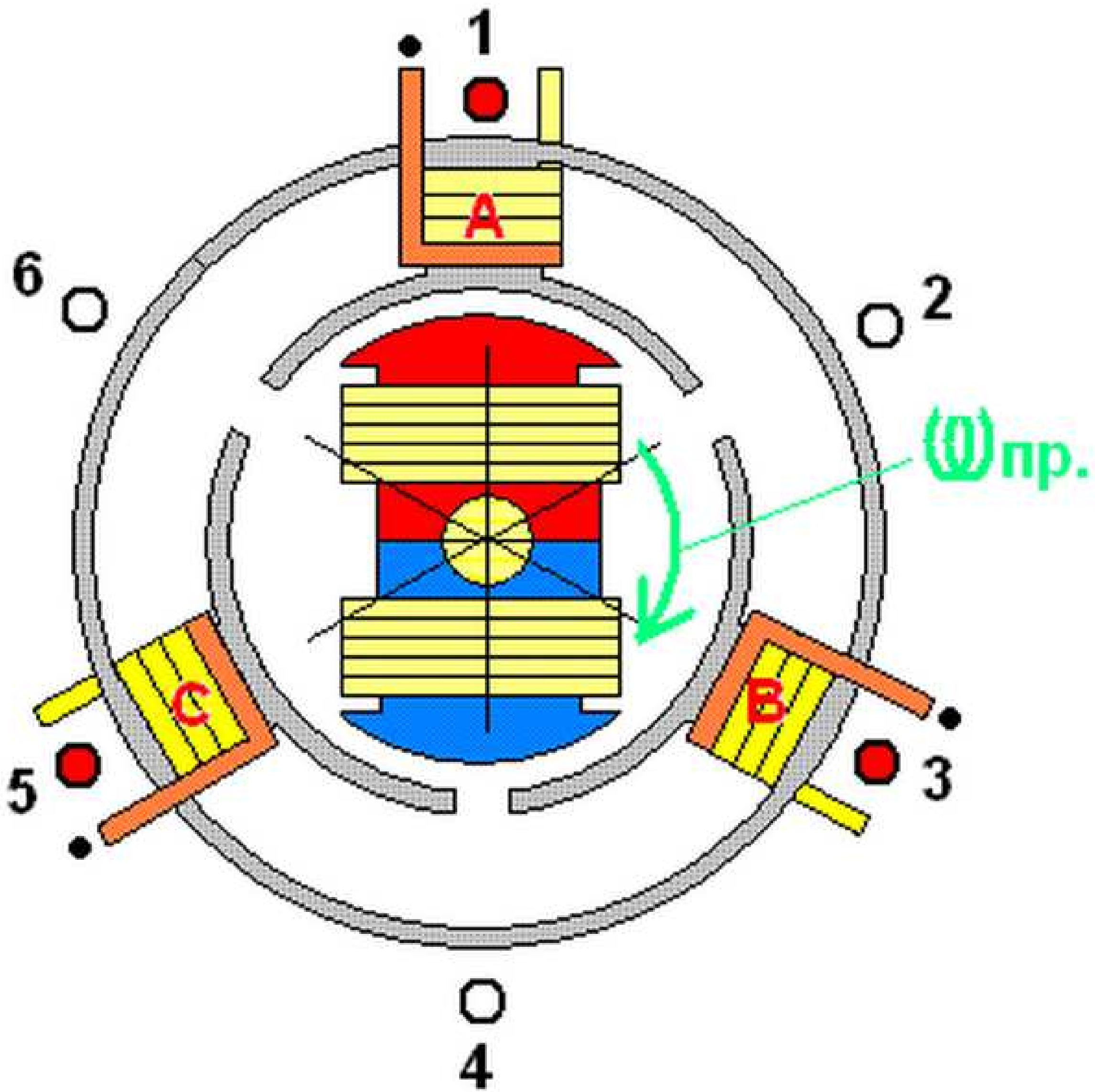
I – ток в проводнике
l – длина проводника
F – сила, действующая на проводник (сила Ампера)



$$\Phi = BS \text{ при } \alpha = 0$$


Генератор
400V
L 1
V
L 2
230V
L 3
V
N
M
3 ~
Заземление
Электромотор
трехфазного тока 400V
Лампа
накаливания
230V

Трехфазный генератор



Генерирование и распределение электрической энергии осуществляется посредством трехфазных цепей,
которые запитываются от обмоток генераторов и трансформаторов, характеризуемых фазными ЭДС $e_A(t)$, $e_B(t)$, $e_C(t)$

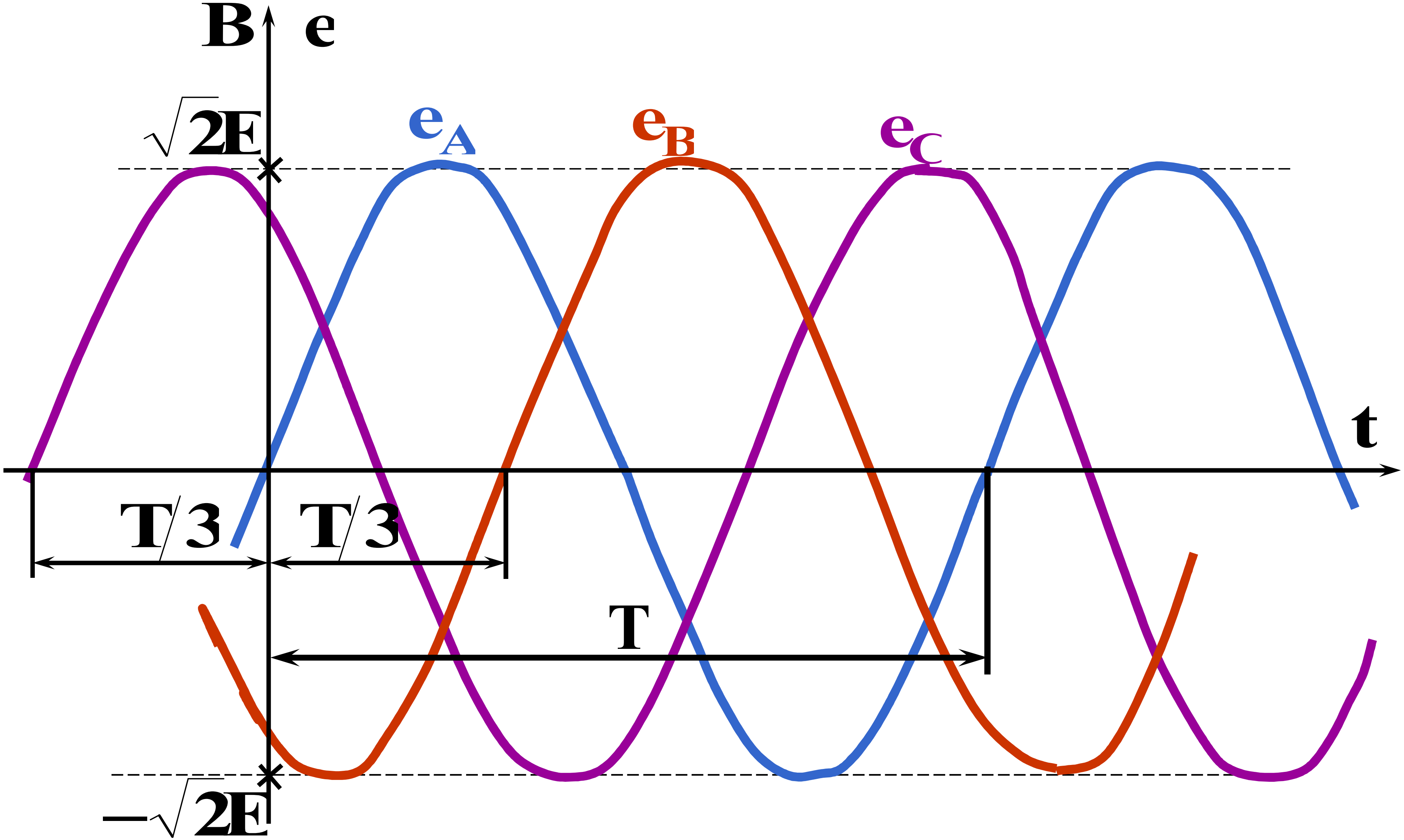
В нормальном режиме фазные ЭДС генераторов и трансформаторов образуют симметричную систему, т.е. имеют одинаковую гармоническую форму, одинаковые частоту и амплитуду и сдвинуты по фазе относительно друг друга на 120 градусов

$$e_A(t) = \sqrt{2}E\sin(\omega t + \alpha)$$

$$e_B(t) = \sqrt{2}E\sin(\omega t + \alpha - 120°)$$

$$e_C(t) = \sqrt{2}E\sin(\omega t + \alpha + 120°)$$

Волновая диаграмма при $\alpha = 0$

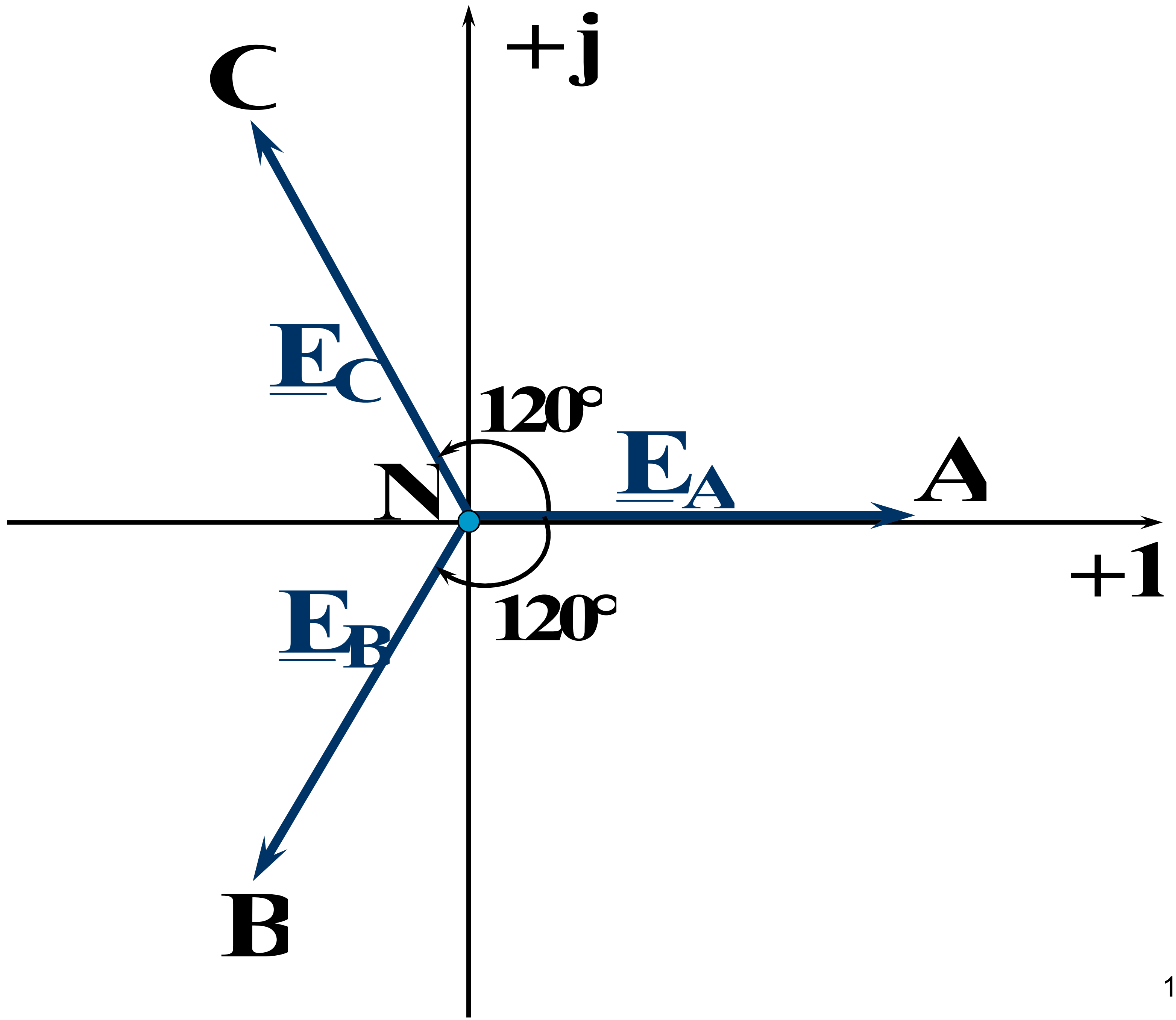

B
e
$\sqrt{2}E$
e_A
e_B
e_C
t
$T/3$
$T/3$
T
$-\sqrt{2}E$

Векторная диаграмма при $\alpha = 0$

$$\underline{E}_A = E \cdot e^{j0^\circ}$$

$$\underline{E}_B = E \cdot e^{-j120^\circ}$$

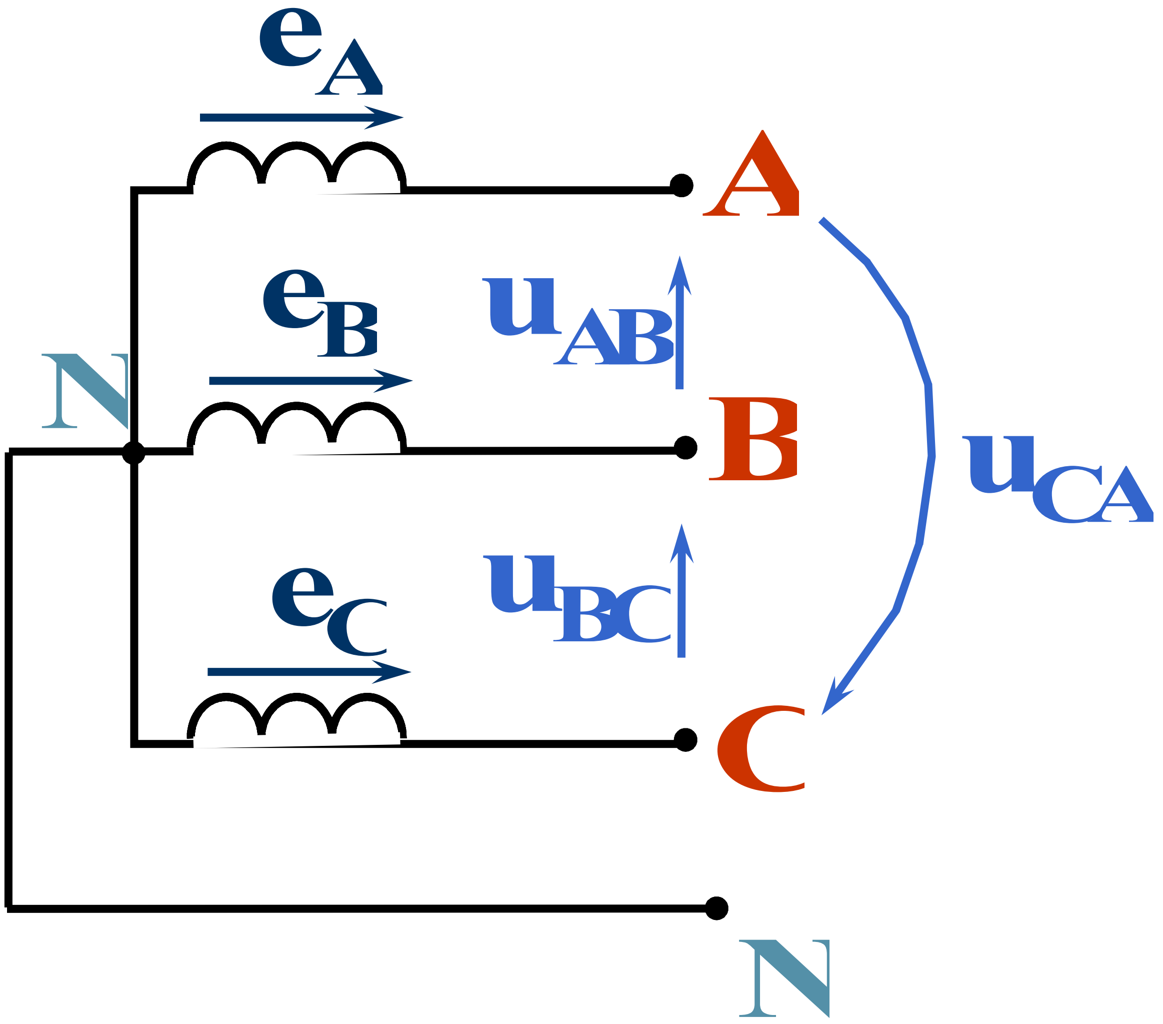
$$\underline{E}_C = E \cdot e^{j120^\circ}$$


+j
C
$\underline{E}_C$
120°
$\underline{E}_A$
A
N
+1
$\underline{E}_B$
120°
B

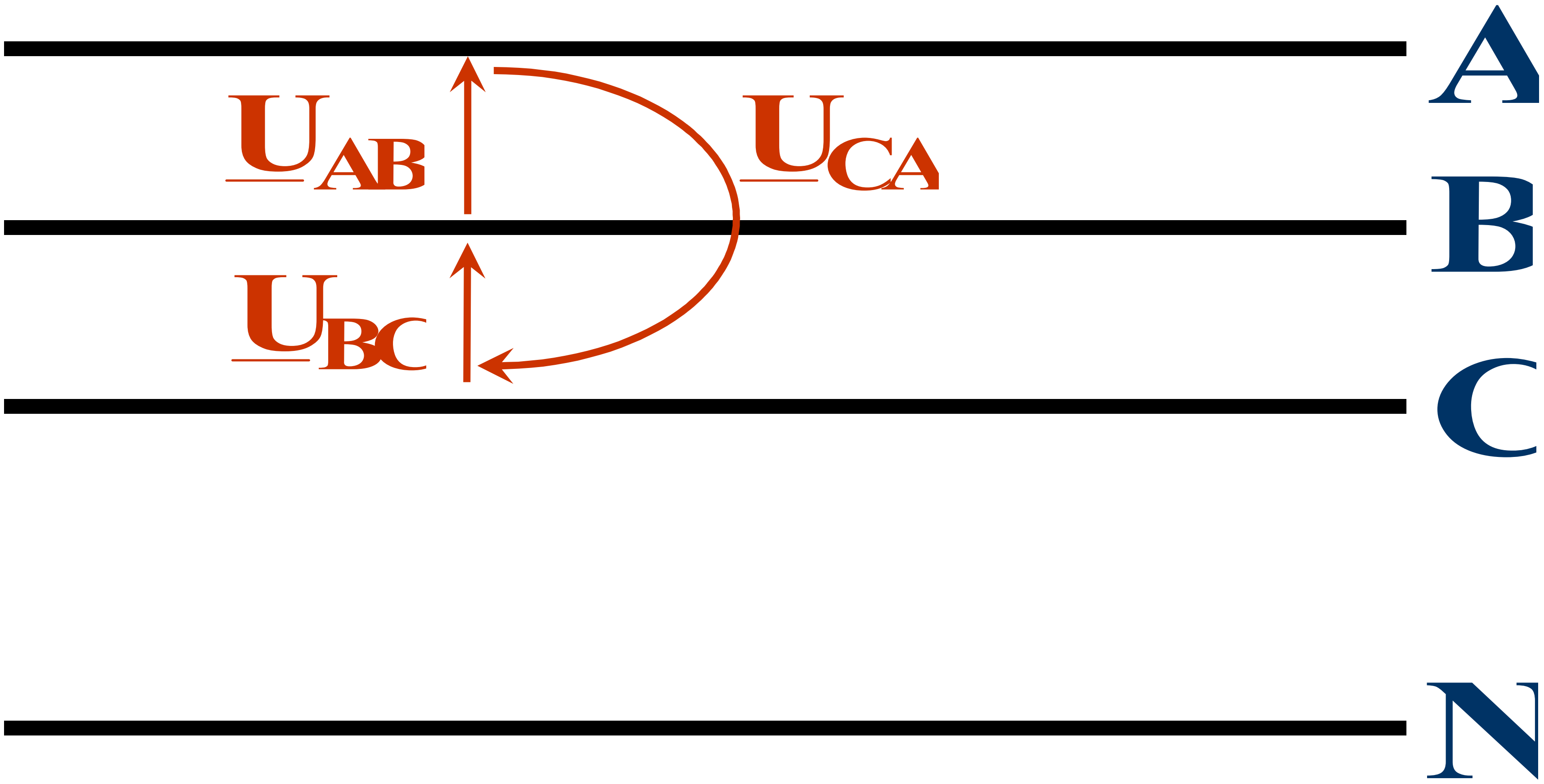
$$\underline{E}_A + \underline{E}_B + \underline{E}_C = E \cdot e^{j0^\circ} + E \cdot e^{-j120^\circ} + E \cdot e^{j120^\circ} = 0$$

Соединение обмоток трехфазного генератора звездой.

а) звездой:



напряжения между фазами называются линейными напряжениями и могут быть найдены по известным фазным ЭДС



U
AB
U
CA
U
BC
A
B
C
N

где

$$\boxed{U_{Л} = \sqrt{3}E}$$

- действующее значение

$$e_A(t) = \sqrt{2}E\sin(\omega t + \alpha)$$

$$e_B(t) = \sqrt{2}E\sin(\omega t + \alpha - 120°)$$

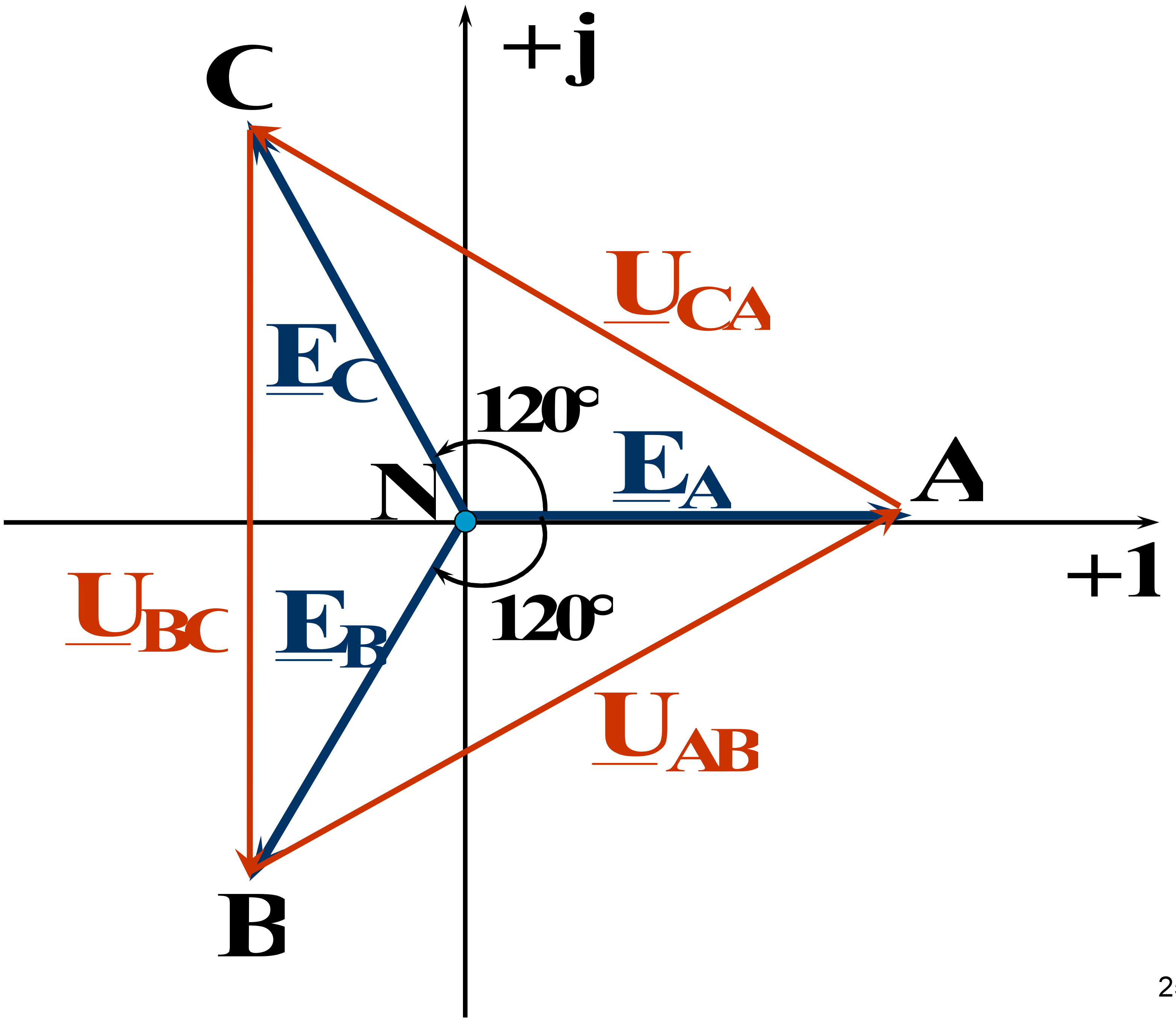
$$e_C(t) = \sqrt{2}E\sin(\omega t + \alpha + 120°)$$

Линейные напряжения :

$$u_{AB}(t)=e_A(t)-e_B(t)=\sqrt{2}\sqrt{3}E\sin(\omega t+\alpha+30^\circ)$$

$$u_{BC}(t)=e_B(t)-e_C(t)=\sqrt{2}\sqrt{3}E\sin(\omega t+\alpha-90^\circ)$$

$$u_{CA}(t)=e_C(t)-e_A(t)=\sqrt{2}\sqrt{3}E\sin(\omega t+\alpha+150^\circ)$$


+j
C
$\underline{E}_C$
$\underline{U}_{CA}$
120°
N
$\underline{E}_A$
A
+1
$\underline{U}_{BC}$
$\underline{E}_B$
120°
$\underline{U}_{AB}$
B

где

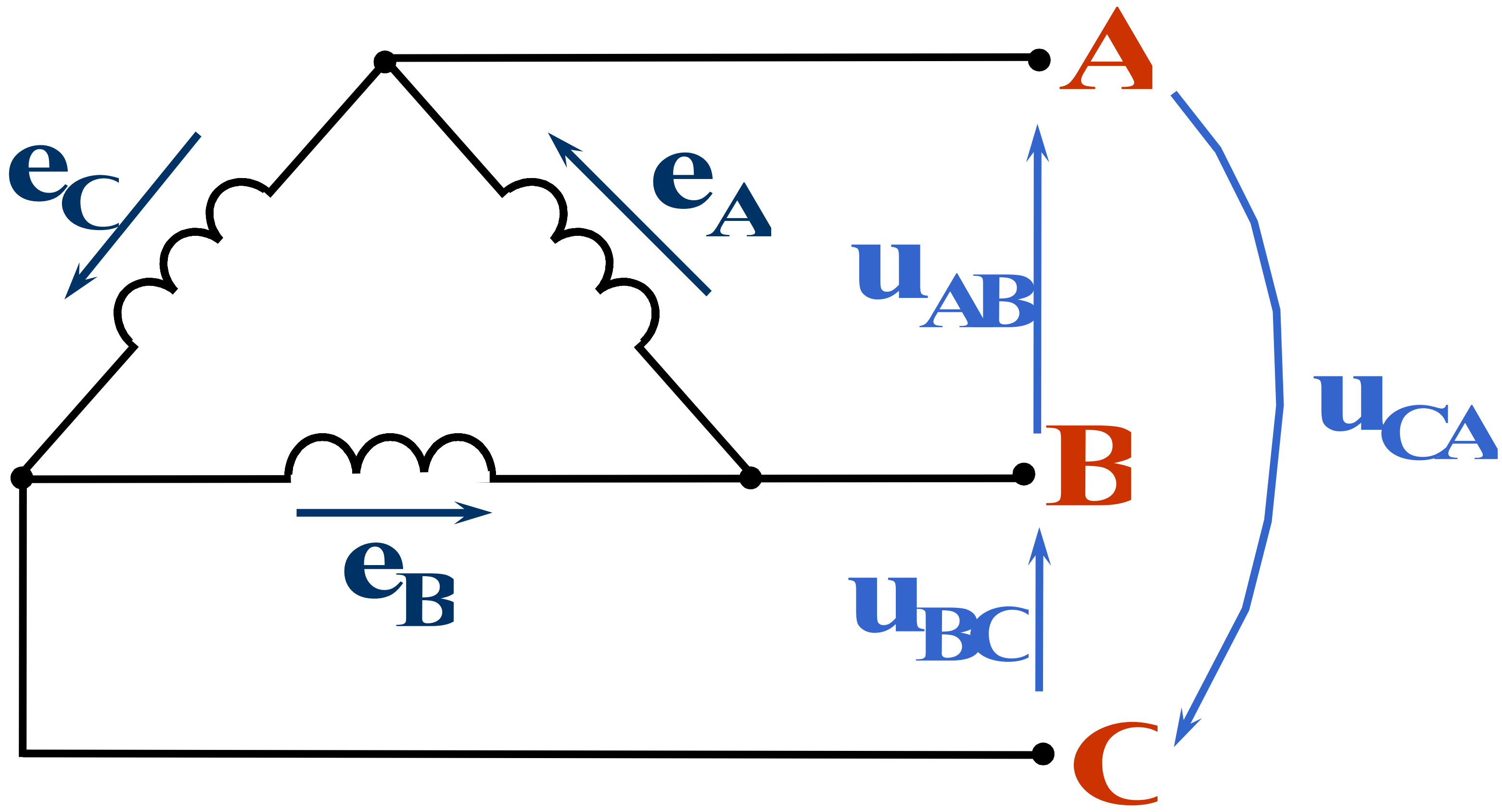
$$\underline{U}_{AB} = U_{Л} \cdot e^{j(\alpha+30°)}$$

$$\underline{U}_{BC} = U_{Л} \cdot e^{j(\alpha-90°)}$$

$$\underline{U}_{CA} = U_{Л} \cdot e^{j(\alpha+150°)}$$

- комплексы действующих значений

б) треугольником:

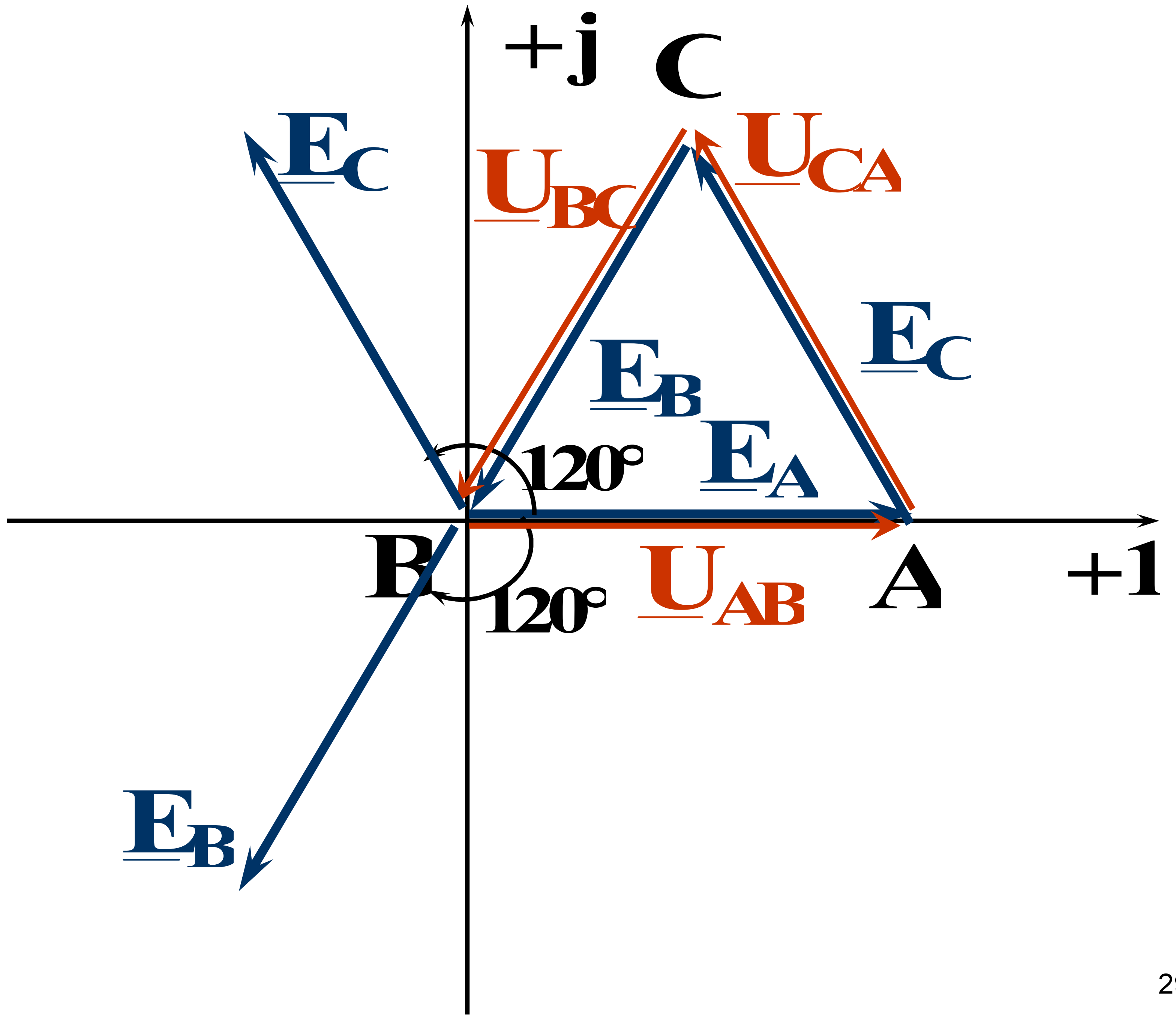


Линейные напряжения :

$$u_{AB}(t)=e_A(t)$$

$$u_{BC}(t)=e_B(t)$$

$$u_{CA}(t)=e_C(t)$$



+j
C
$\underline{E}_C$
$\underline{U}_{BC}$
$\underline{U}_{CA}$
$\underline{E}_C$
$\underline{E}_B$
$\underline{E}_A$
120°
B
120°
$\underline{U}_{AB}$
A
+1
$\underline{E}_B$

где

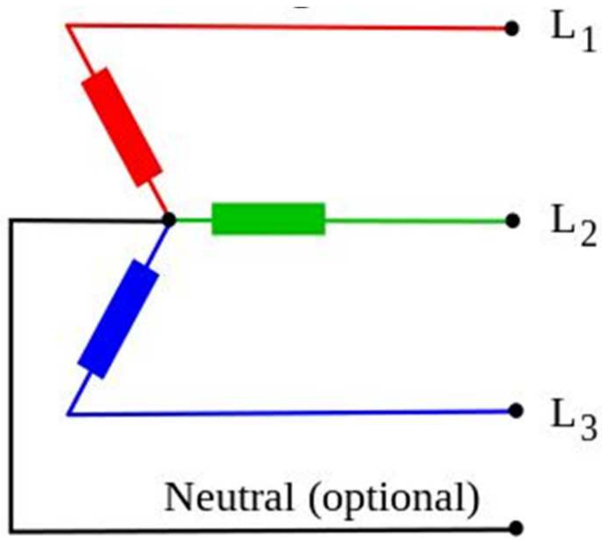
$$\underline{U}_{AB} = \underline{E}_A$$

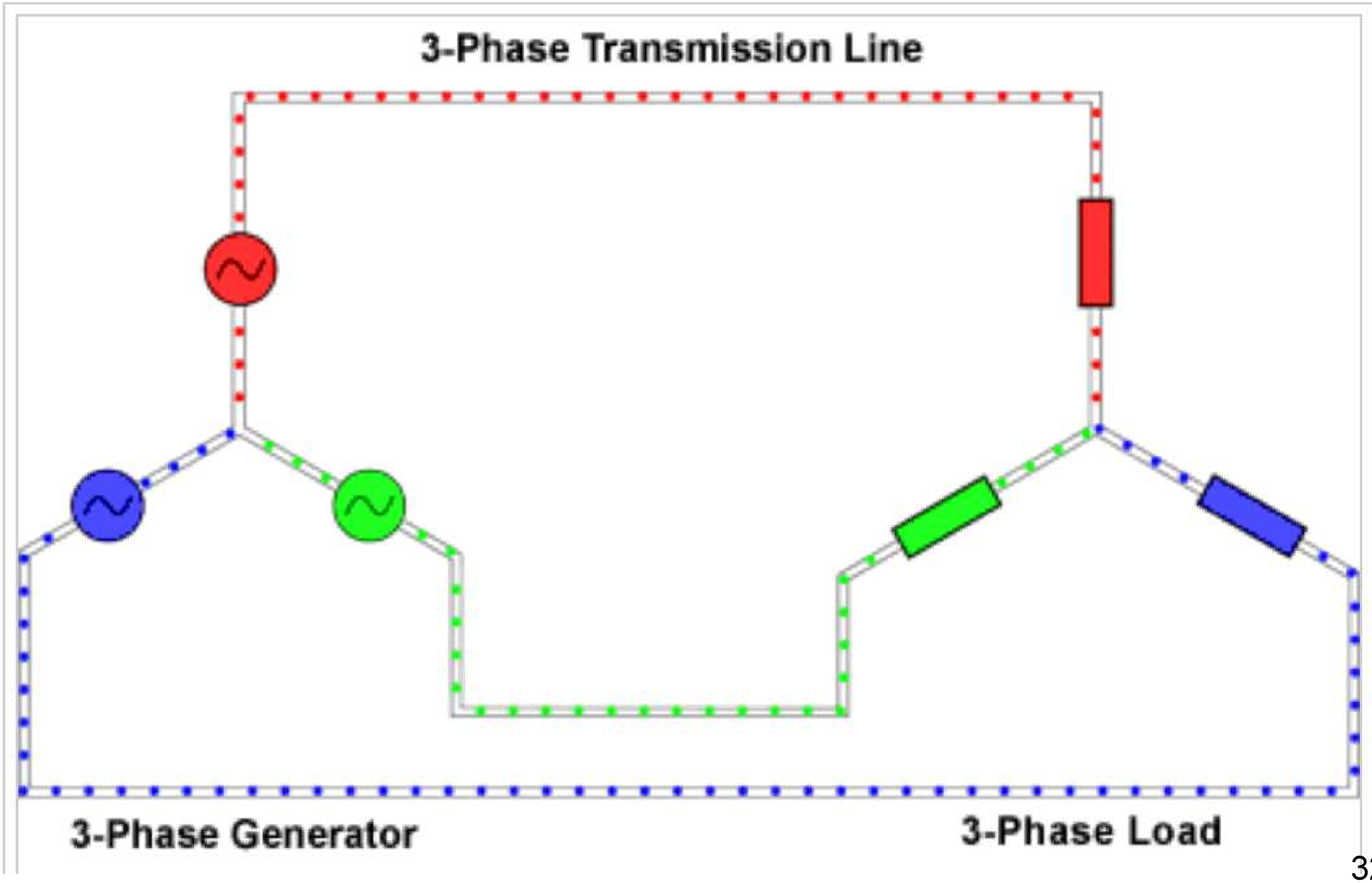
$$\underline{U}_{BC} = \underline{E}_B$$

$$\underline{U}_{CA} = \underline{E}_C$$

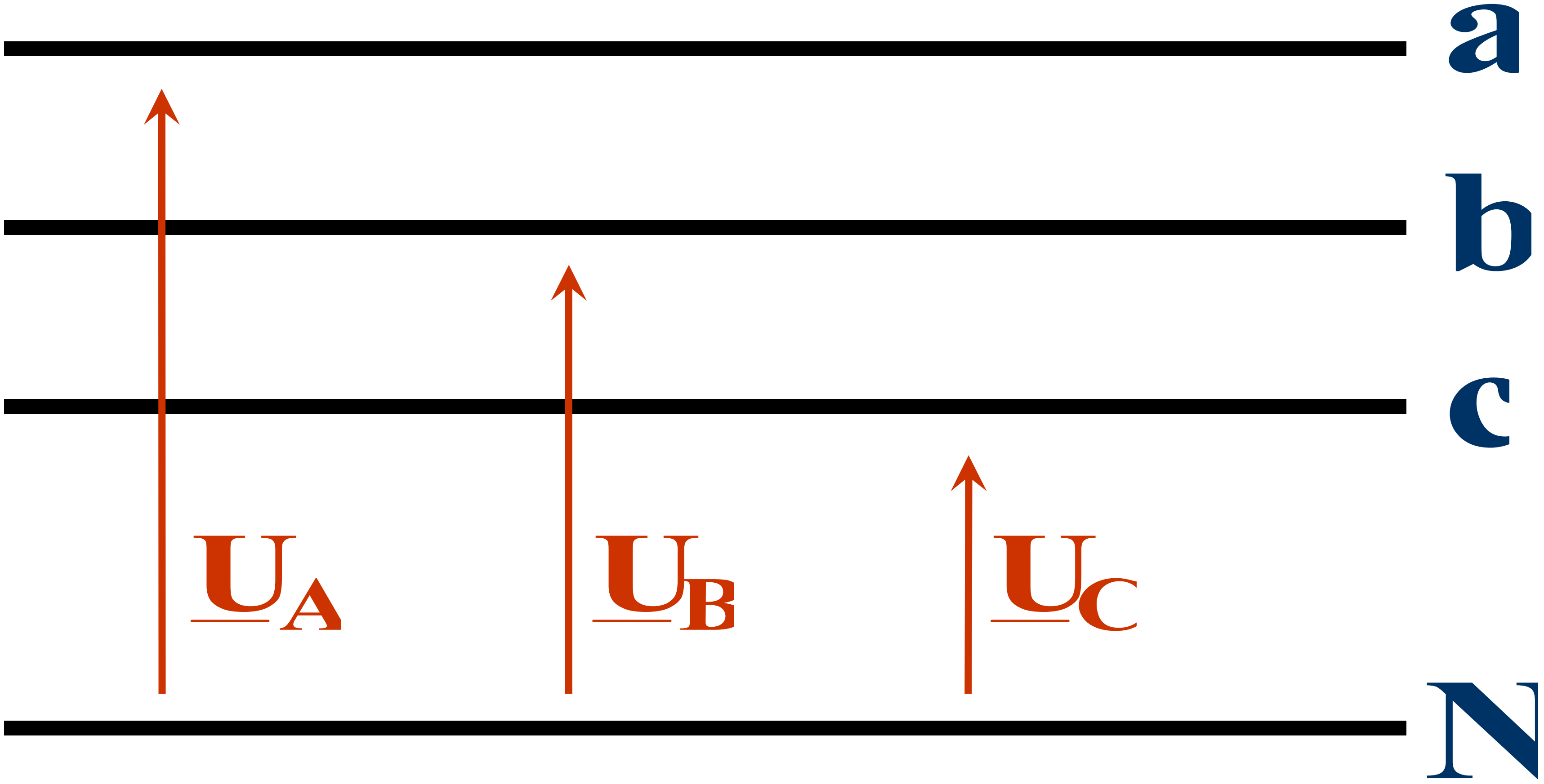
- комплексы действующих значений

Соединение приемников электроэнергии звездой




3-Phase Transmission Line
3-Phase Generator
3-Phase Load

Фазные напряжения- это напряжения между фазами и нулевым проводом или нейтралью

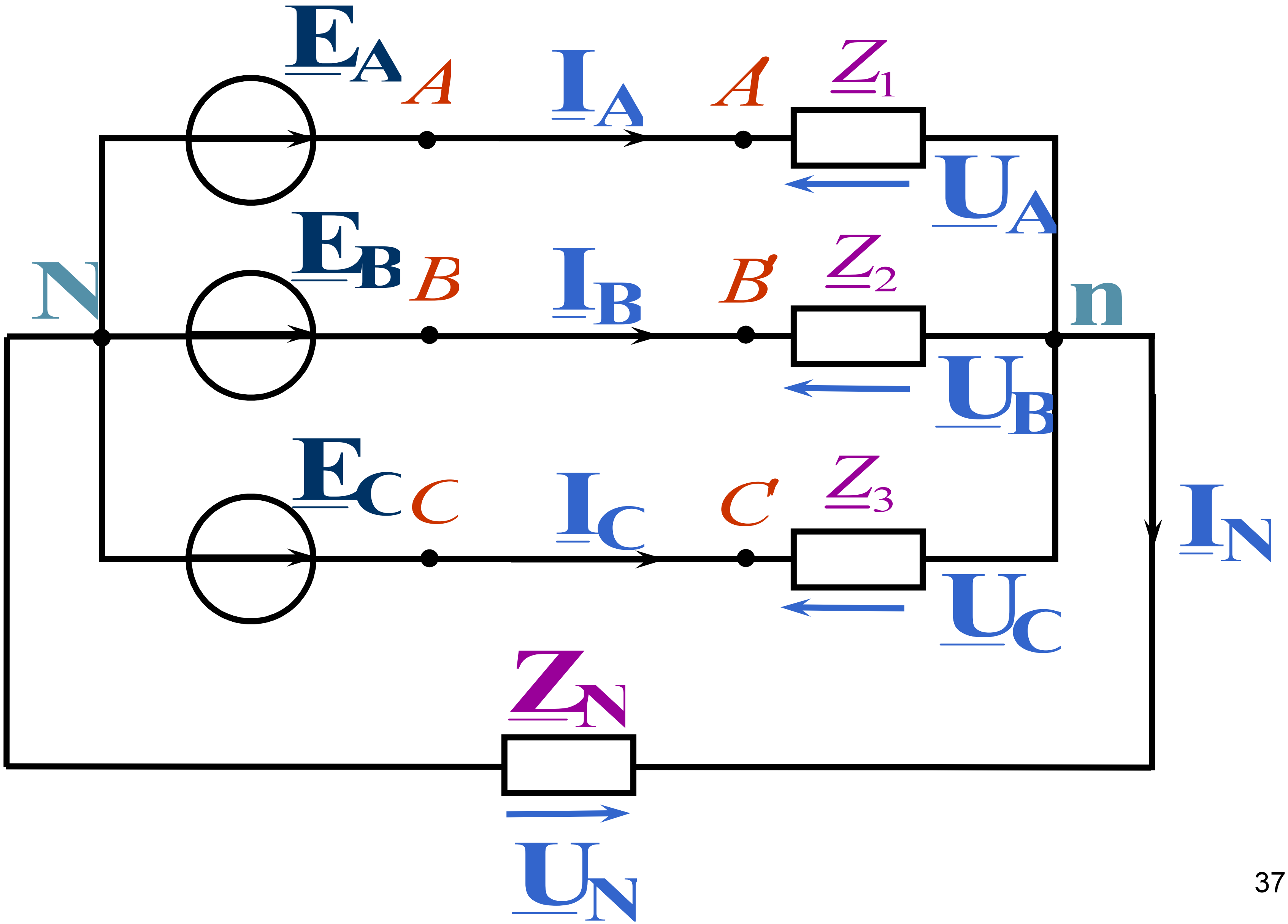

a
b
c
N
UA
UB
UC

где

$$\begin{cases} \underline{U}_A = U_\Phi \cdot e^{j\beta_A} \\ \underline{U}_B = U_\Phi \cdot e^{j\beta_B} \\ \underline{U}_C = U_\Phi \cdot e^{j\beta_C} \end{cases}$$

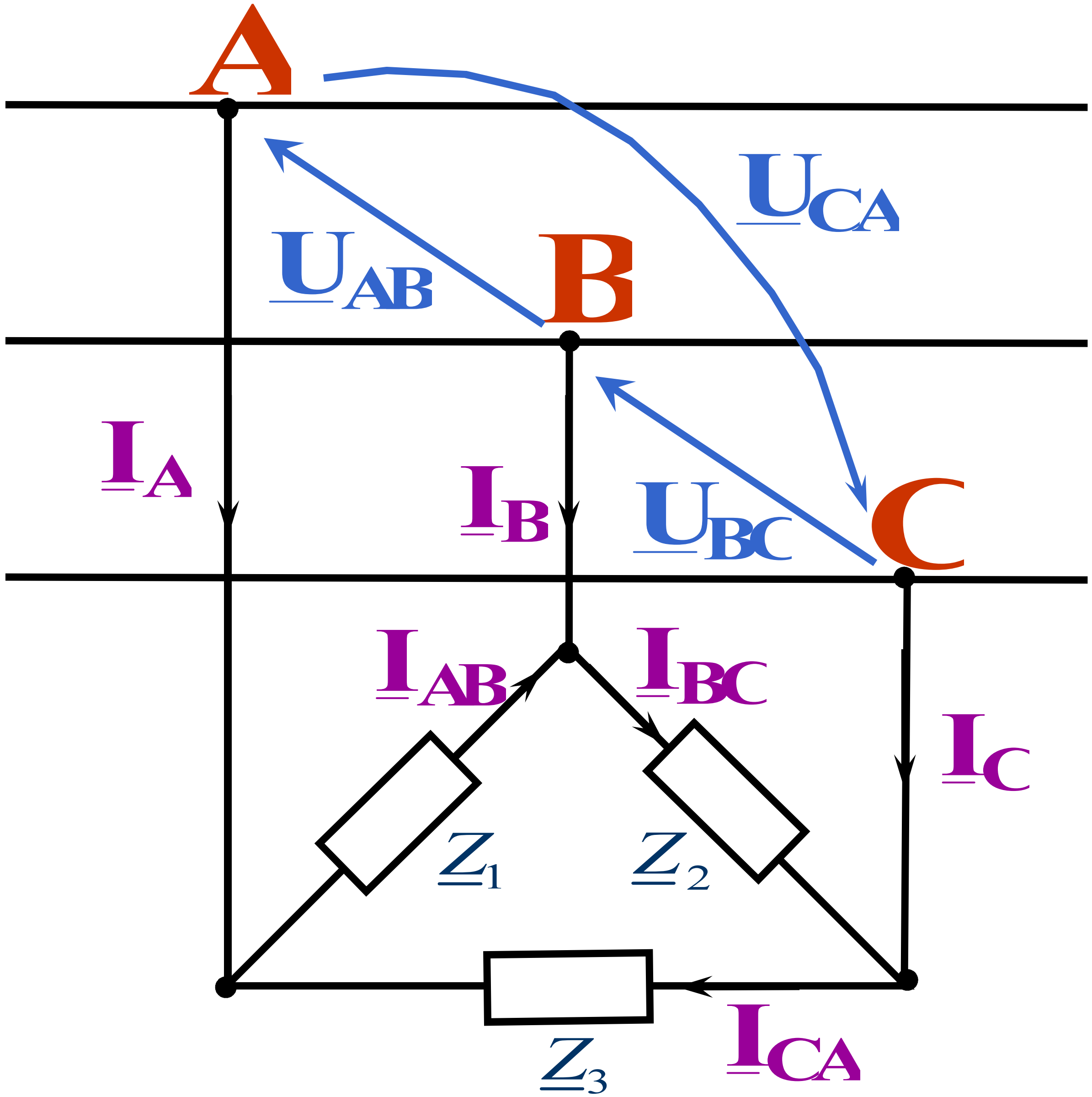
где

$$\begin{cases} \underline{I}_A = I_Ф \cdot e^{j\alpha_A} \\ \underline{I}_B = I_Ф \cdot e^{j\alpha_B} \\ \underline{I}_C = I_Ф \cdot e^{j\alpha_C} \end{cases}$$



$\underline{E}_A$
A
$\underline{I}_A$
A'
$\underline{Z}_1$
$\underline{U}_A$
$\underline{E}_B$
B
$\underline{I}_B$
B'
$\underline{Z}_2$
N
n
$\underline{U}_B$
$\underline{E}_C$
C
$\underline{I}_C$
C'
$\underline{Z}_3$
$\underline{I}_N$
$\underline{U}_C$
$\underline{Z}_N$
$\underline{U}_N$

2. Соединение нагрузки треугольником


A
B
C
UAB
UBC
UCA
IA
IB
IC
IAB
IBC
ICA
Z1
Z2
Z3

где

$\underline{I}_A, \underline{I}_B, \underline{I}_C$ **- линейные токи;**

$\underline{I}_{AB}, \underline{I}_{BC}, \underline{I}_{CA}$ **- фазные токи;**

$\underline{U}_{AB}, \underline{U}_{BC}, \underline{U}_{CA}$ **- линейные напряжения, равные фазным напряжениям**

По 1 закону Кирхгофа

$$\underline{I}_A = \underline{I}_{AB} - \underline{I}_{CA}$$

$$\underline{I}_B = \underline{I}_{BC} - \underline{I}_{AB}$$

$$\underline{I}_C = \underline{I}_{CA} - \underline{I}_{BC}$$

Симметричный режим трехфазной цепи

Симметричный режим характеризуется симметричной системой фазных ЭДС и напряжений, а также одинаковой нагрузкой фаз

Симметричный режим является нормальным режимом трехфазных цепей и рассчитывается известными методами в комплексной форме

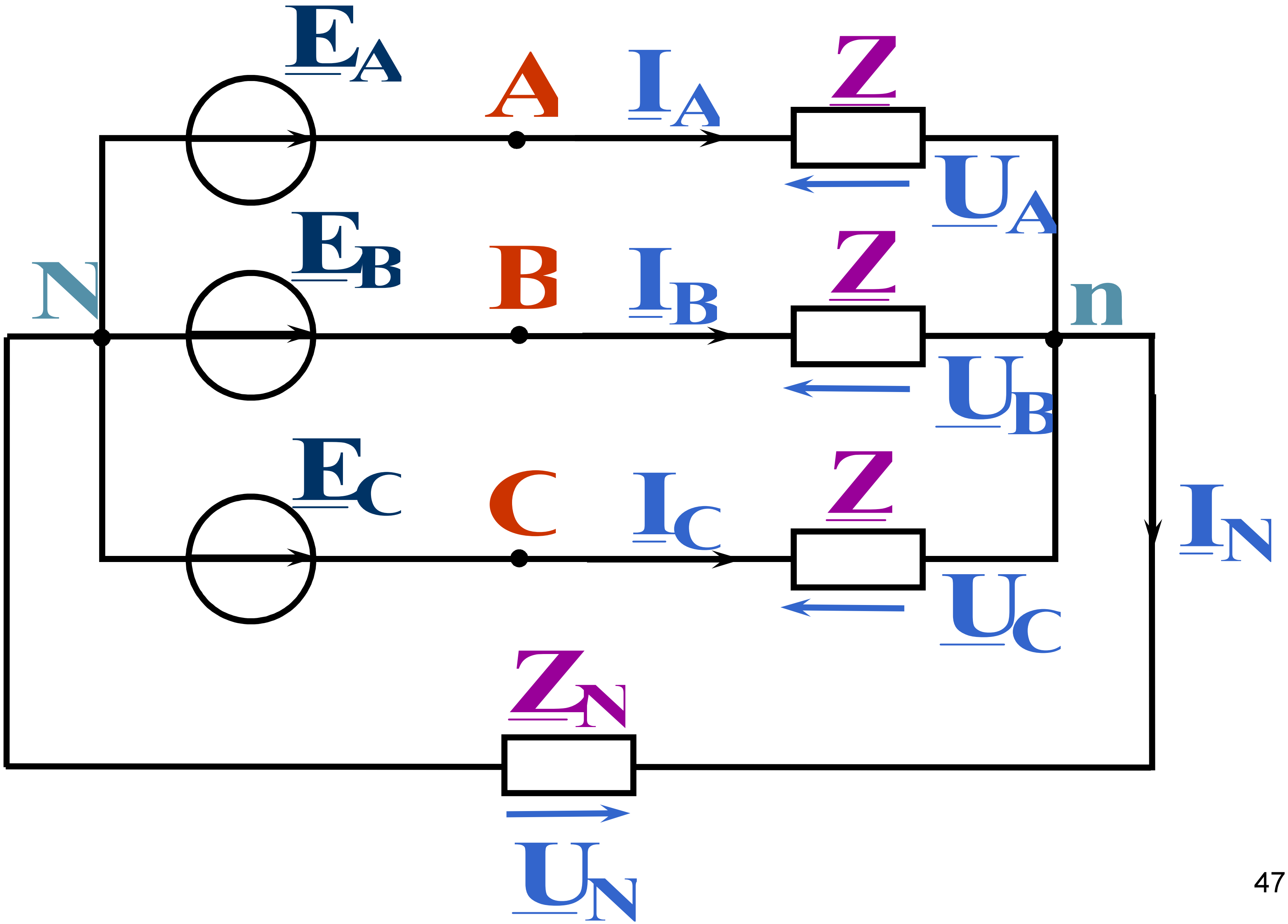
1. Соединение звезда-звезда с нулевым проводом

при

$$\underline{E}_A = Ee^{j\alpha}$$

$$\underline{Z} = Z \cdot e^{j\varphi}$$

$$\underline{Z}_N = Z_N \cdot e^{j\varphi_N}$$


E_A
A
I_A
Z
U_A
E_B
N
B
I_B
Z
n
U_B
E_C
C
I_C
Z
I_N
U_C
Z_N
U_N

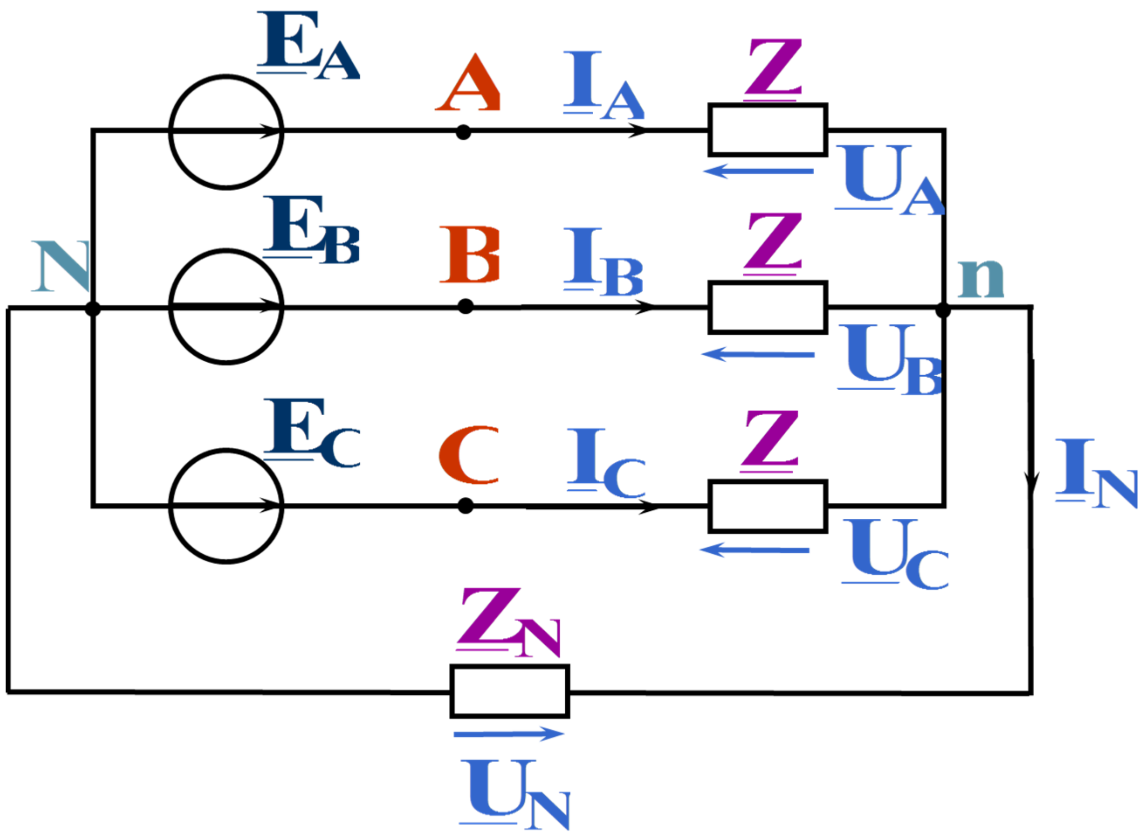
где

$\underline{I}_A, \underline{I}_B, \underline{I}_C$ - линейные токи, равные фазным токам;

$\underline{U}_A, \underline{U}_B, \underline{U}_C$ - фазные напряжения;

$\underline{I}_N$ и $\underline{U}_N$ - ток и напряжение нулевого провода

По 2-му закону Кирхгофа и закону Ома:



$$\underline{I}_A = (\underline{E}_A - \underline{U}_N)/\underline{Z} = \underline{U}_A / \underline{Z}$$

$$\underline{I}_B = (\underline{E}_B - \underline{U}_N)/\underline{Z} = \underline{U}_B / \underline{Z}$$

$$\underline{I}_C = (\underline{E}_C - \underline{U}_N)/\underline{Z} = \underline{U}_C / \underline{Z}$$

Тогда по 1-му закону Кирхгофа:

$$\underline{I}_N = \underline{U}_N / \underline{Z}_N = \underline{I}_A + \underline{I}_B + \underline{I}_C =$$

$$= \frac{\underline{E}_A + \underline{E}_B + \underline{E}_C}{\underline{Z}} - 3\underline{U}_N / \underline{Z}$$

Но

$$\underline{E}_A + \underline{E}_B + \underline{E}_C = 0$$

Т.е.

$$\underline{\mathbf{U}}_{\mathbf{N}}\left(1/\underline{\mathbf{Z}}_{\mathbf{N}} + 3/\underline{\mathbf{Z}}\right) = \mathbf{0}$$

Таким образом

$$\boxed{\underline{U}_N = 0}$$

$$\boxed{\underline{I}_N = \underline{U}_N / \underline{Z}_N = 0}$$

Таким образом

$$\underline{I}_A = \underline{E}_A / \underline{Z} = I_Л e^{j(\alpha - \varphi)}$$

$$\underline{I}_B = a^2 \underline{I}_A$$

$$\underline{I}_C = a \underline{I}_A$$

Таким образом

$$\underline{U}_A = \underline{E}_A$$

$$\underline{U}_B = a^2\underline{E}_A$$

$$\underline{U}_C = a\underline{E}_A$$

Комплекс полной вырабатываемой мощности

$$\underline{S}_{\text{В}} = \underline{E}_A \underline{\dot{I}}_A + \underline{E}_{\text{В}} \underline{\dot{I}}_{\text{В}} + \underline{E}_C \underline{\dot{I}}_C =$$

$$= 3 \cdot E \cdot I_{\text{Л}} e^{j\varphi} =$$

$$= P_{\text{В}} + jQ_{\text{В}}, (\text{ВА})$$

а) активная мощность

$$P_В = P_П = 3 \cdot E \cdot I_Л \cos\varphi =$$

$$= \sqrt{3} \cdot U_Л \cdot I_Л \cos\varphi =$$

$$= 3 \cdot I_Л^2 \cdot [\mathrm{Re}(\underline{Z})], (Вт)$$

б) реактивная мощность

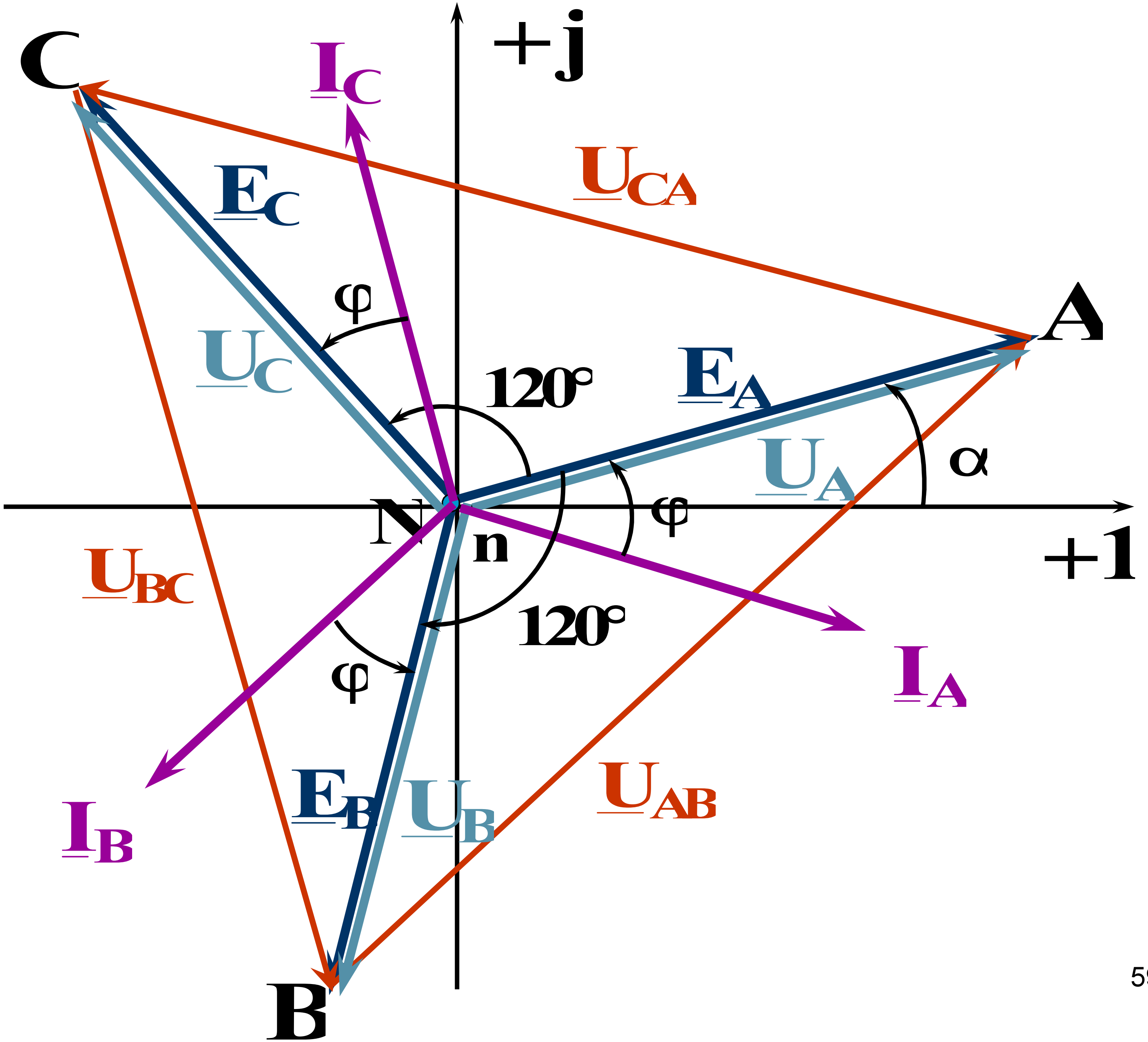
$$Q_В = Q_П = 3 \cdot E \cdot I_Л \sin\varphi =$$

$$= \sqrt{3} \cdot U_Л \cdot I_Л \sin\varphi =$$

$$= 3 \cdot I_Л^2 \cdot \left[\mathrm{Im}(\underline{Z}) \right], \text{(вар)}$$

Векторная диаграмма

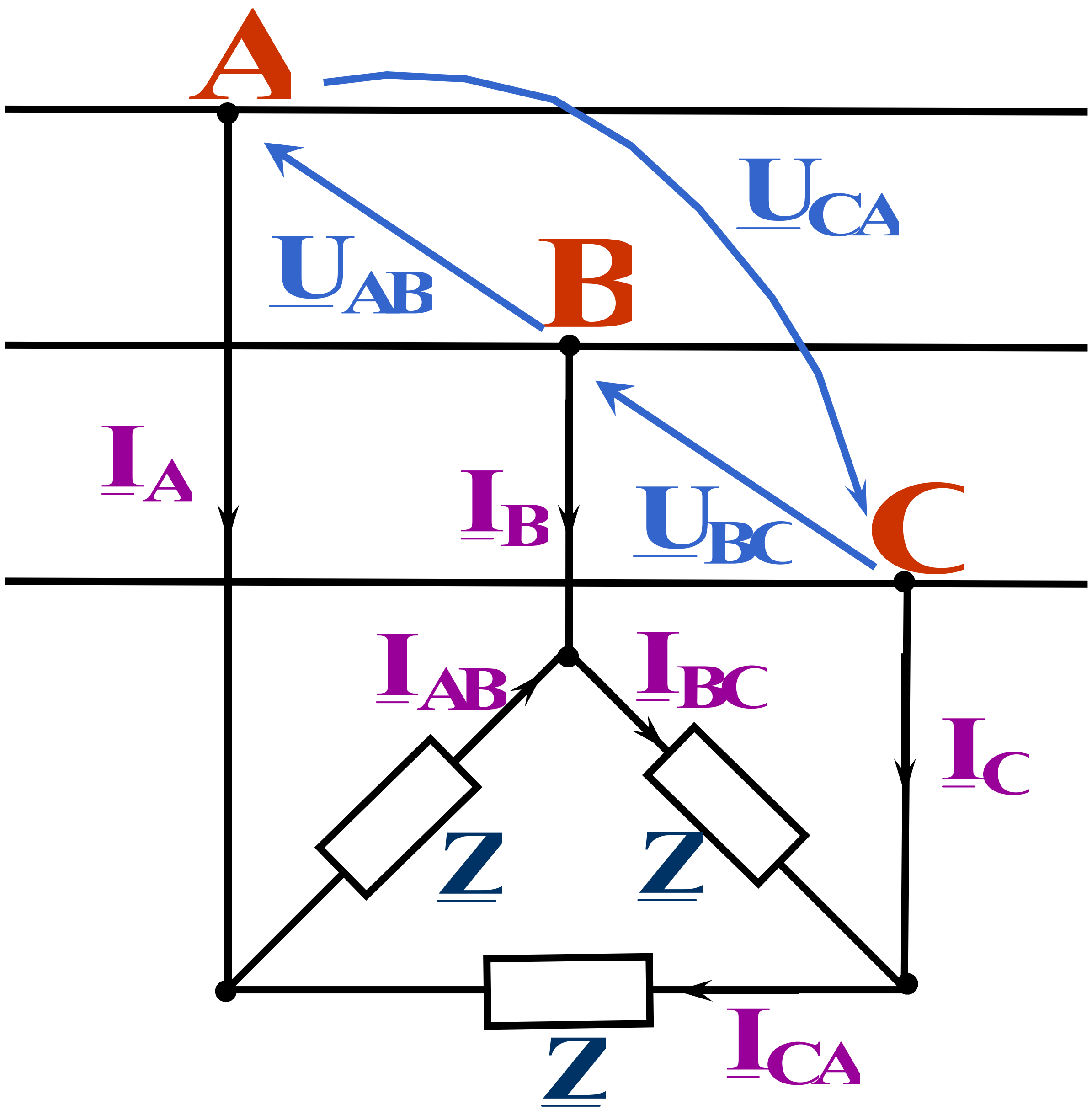
$$\varphi > 0$$


+j
C
A
B
N
n
+1
IC
EC
UCA
UC
EA
UA
IA
UBC
IB
EB
UB
UAB
φ
φ
φ
α
120°
120°

В симметричном режиме ток нулевого провода $\underline{I}_N$ и напряжение смещения нейтралей $\underline{U}_N$ равны нулю, поэтому цепь без нулевого провода рассчитывается аналогично, причем такой расчет можно вести на одну фазу (A)

2. Соединение нагрузки треугольником при

$$\underline{U}_{AB} = U_{Л} e^{j\lambda}, \quad \underline{Z} = Z e^{j\varphi}$$



A
B
C
$\underline{U}_{AB}$
$\underline{U}_{BC}$
$\underline{U}_{CA}$
$\underline{I}_A$
$\underline{I}_B$
$\underline{I}_C$
$\underline{I}_{AB}$
$\underline{I}_{BC}$
$\underline{I}_{CA}$
$\underline{Z}$
$\underline{Z}$
$\underline{Z}$

где

$\underline{I}_A, \underline{I}_B, \underline{I}_C$ - линейные токи;

$\underline{I}_{AB}, \underline{I}_{BC}, \underline{I}_{CA}$ - фазные токи;

$\underline{U}_{AB}, \underline{U}_{BC}, \underline{U}_{CA}$ - линейные напряжения, равные фазным напряжениям

По закону Ома:

$$\underline{I}_{AB} = \underline{U}_{AB} / \underline{Z} = I_{\Phi} e^{j(\lambda - \varphi)}$$

$$\underline{I}_{BC} = \underline{U}_{BC} / \underline{Z} = a^2 \underline{I}_{AB}$$

$$\underline{I}_{CA} = \underline{U}_{CA} / \underline{Z} = a \cdot \underline{I}_{AB}$$

По 1 закону Кирхгофа

$$\underline{I}_A = \underline{I}_{AB} - \underline{I}_{CA} = I_Л e^{j(\lambda - \varphi - 30°)}$$

$$\underline{I}_B = \underline{I}_{BC} - \underline{I}_{AB} = a^2 \underline{I}_A$$

$$\underline{I}_C = \underline{I}_{CA} - \underline{I}_{BC} = a \cdot \underline{I}_A$$

где

$$I_Ф = \frac{U_Л}{Z}$$

$$I_Л = \sqrt{3} I_Ф$$

а) активная потребляемая мощность

$$P_{П} = 3 \cdot U_{Л} \cdot I_{Ф} \cos\varphi =$$

$$= \sqrt{3} \cdot U_{Л} \cdot I_{Л} \cos\varphi =$$

$$= 3 \cdot I_{Ф}^{2} \cdot [\operatorname{Re}(\underline{Z})], \text{(Вт)}$$

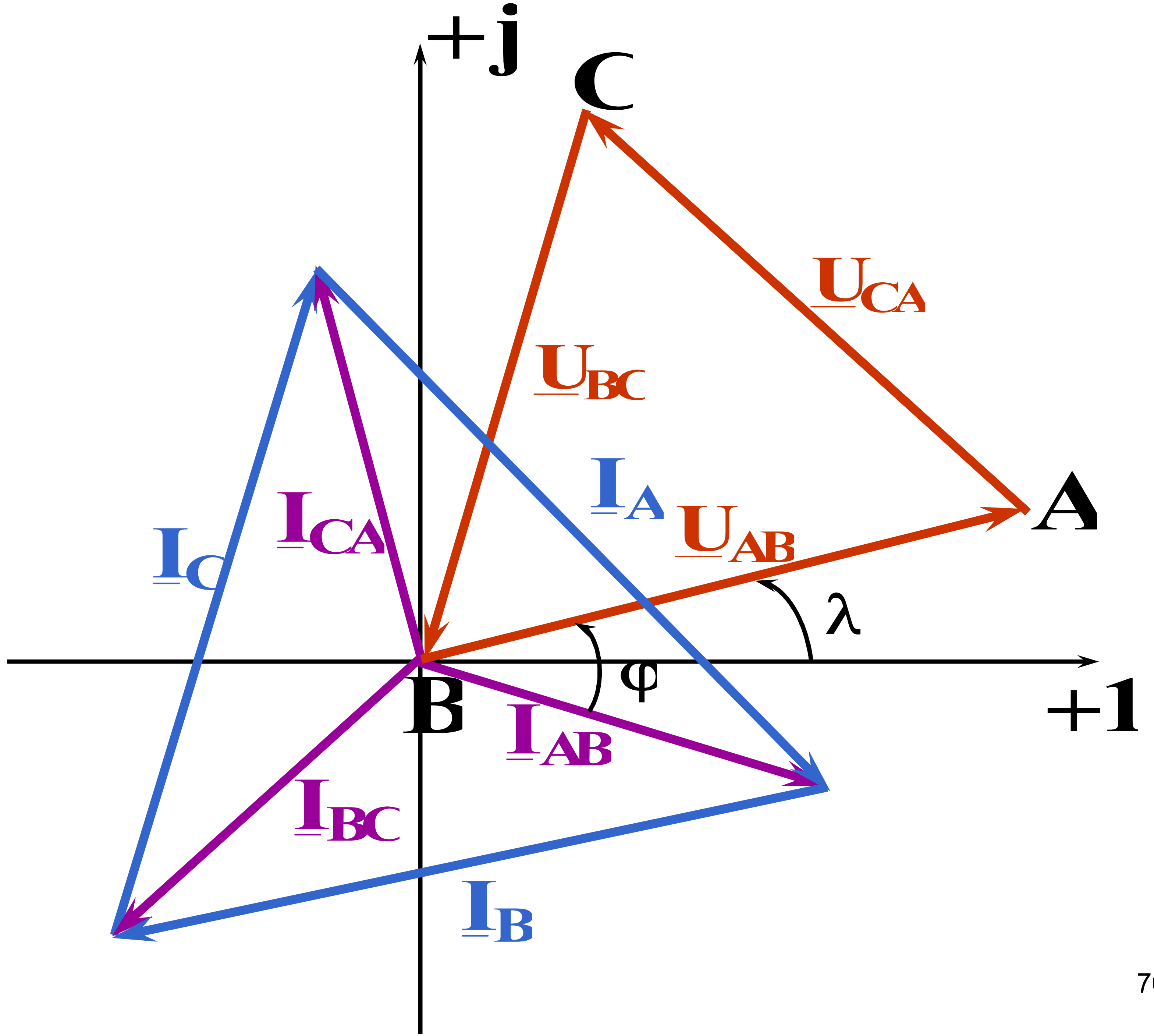
б) реактивная потребляемая мощность

$$Q_П = 3 \cdot U_Л \cdot I_Ф \sin\varphi =$$

$$= \sqrt{3} \cdot U_Л \cdot I_Л \sin\varphi =$$

$$= 3 \cdot I_Ф^2 \cdot [\mathrm{Im}(\underline{Z})], \text{ (вар)}$$

Векторная диаграмма при $\lambda > 0$ и $\varphi > 0$


+j
C
A
B
+1
U_CA
U_BC
U_AB
I_A
I_B
I_C
I_AB
I_BC
I_CA
λ
φ

В симметричном режиме при соединении нагрузки треугольником расчет можно было бы вести на одну фазу (А)

Несимметричный режим трехфазных цепей

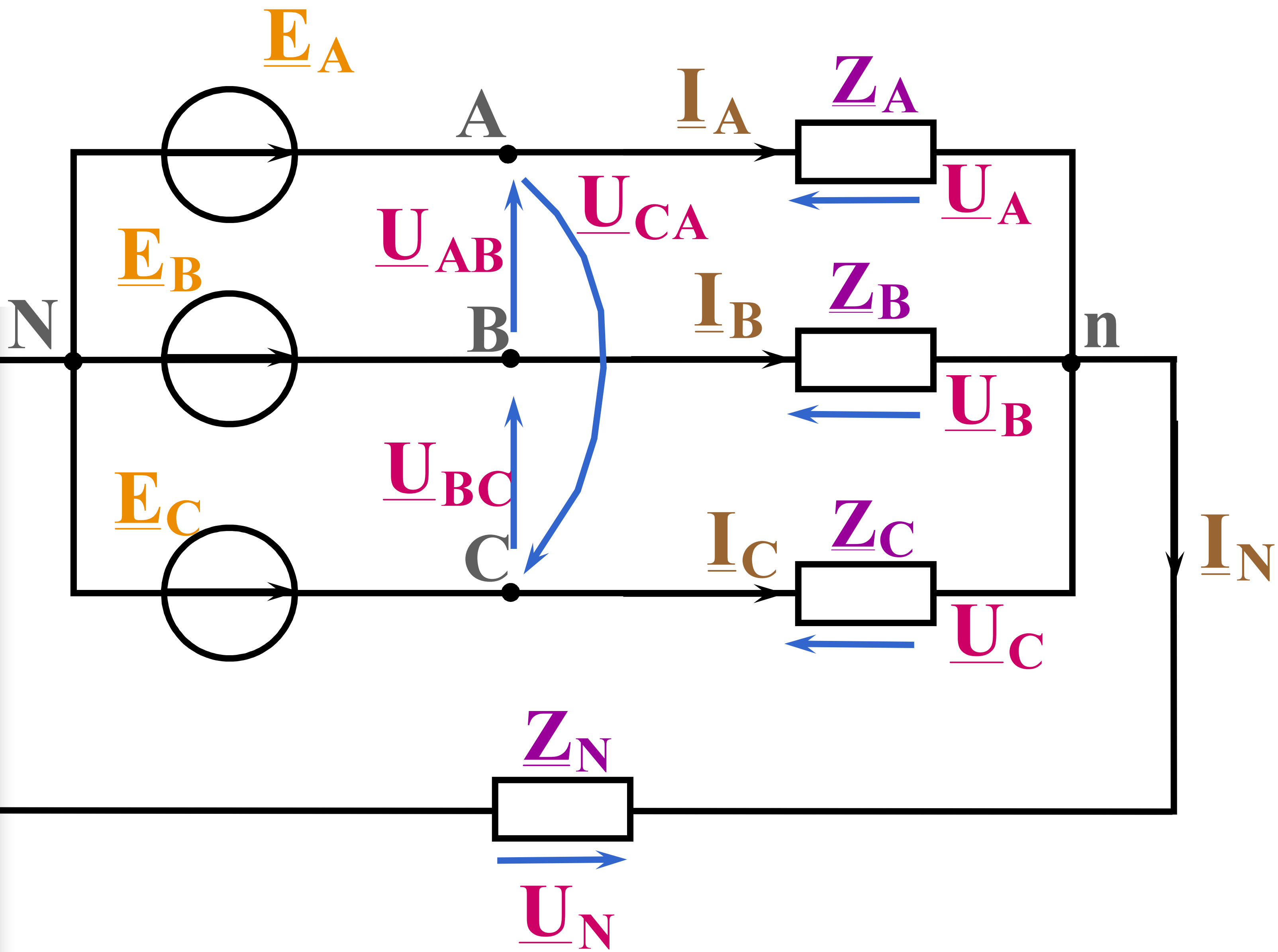
Несимметричный режим
обусловлен различной нагрузкой
фаз или несимметричной
системой
напряжений трехфазного
источника,
причем в этом режиме
напряжения и токи фаз
не образуют симметричные
системы

Несимметричный режим

при статической нагрузке фаз рассчитывается известными методами в комплексной форме,
причем в этом режиме ток и напряжение в нулевом проводе
могут быть не равны нулю

1. Соединение несимметричной нагрузки звездой при заданных фазных ЭДС

$$(\underline{Z}_A \neq \underline{Z}_B \neq \underline{Z}_C)$$



EA
A
IA
ZA
UCA
UA
UAB
EB
N
B
IB
ZB
n
UB
UBC
EC
C
IC
ZC
IN
UC
ZN
UN

Дано:

$$\underline{E}_A = Ee^{j\alpha}, \quad \underline{E}_B = a^2\underline{E}_A$$

$$\underline{E}_C = a\underline{E}_A$$

$$\underline{Z}_A, \quad \underline{Z}_B, \quad \underline{Z}_C, \quad \underline{Z}_N$$

Определить:

а) $\underline{I}_A$, $\underline{I}_B$, $\underline{I}_C$

б) $\underline{U}_A$, $\underline{U}_B$, $\underline{U}_C$

в) $\underline{I}_N$ и $\underline{U}_N$

По методу узловых потенциалов

$$\underline{\varphi}_N = 0$$

$$\underline{\varphi}_n(\underline{Y}_A + \underline{Y}_B + \underline{Y}_C + \underline{Y}_N) =$$

$$= \underline{E}_A \underline{Y}_A + \underline{E}_B \underline{Y}_B + \underline{E}_C \underline{Y}_C$$

Где проводимости:

$$\underline{Y}_A = \frac{1}{\underline{Z}_A} \qquad \underline{Y}_B = \frac{1}{\underline{Z}_B}$$

$$\underline{Y}_C = \frac{1}{\underline{Z}_C} \qquad \underline{Y}_N = \frac{1}{\underline{Z}_N}$$

Напряжение смещения нейтралей

$$\underline{U}_N = \underline{\varphi}_n - \underline{\varphi}_N =$$

$$= \frac{\underline{E}_A \underline{Y}_A + \underline{E}_B \underline{Y}_B + \underline{E}_C \underline{Y}_C}{\underline{Y}_A + \underline{Y}_B + \underline{Y}_C + \underline{Y}_N} =$$

$$= U_N e^{j\varphi_N}$$

По первому закону Кирхгофа:

$$\underline{I}_N=\underline{I}_A+\underline{I}_B+\underline{I}_C$$

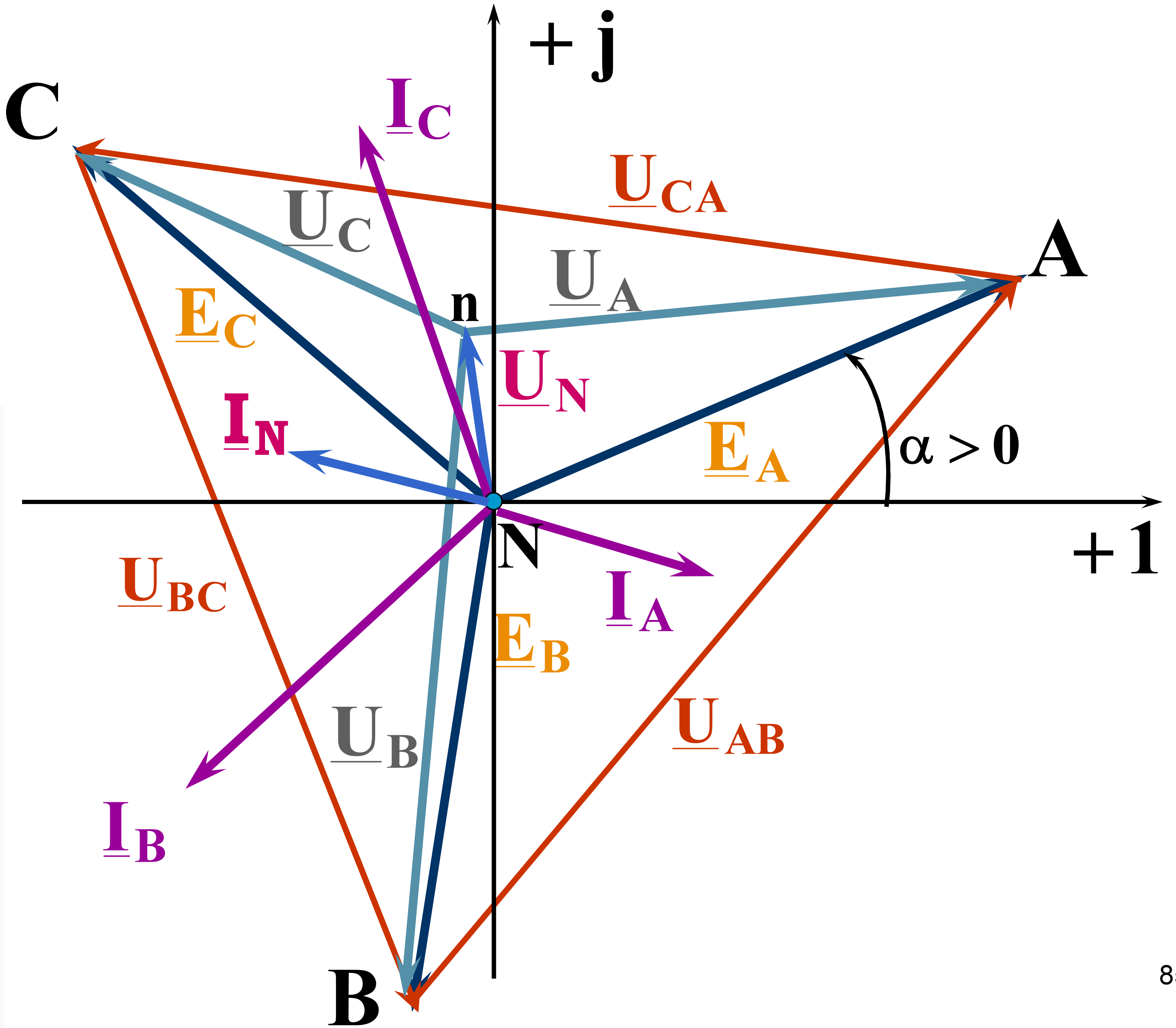
По закону Ома:

$$\underline{I}_A = \frac{\cancel{\underline{\varphi}_N}^{\,0} - \underline{\varphi}_n + \underline{E}_A}{\underline{Z}_A}$$

$$\underline{I}_B = \frac{\cancel{\underline{\varphi}_N}^{\,0} - \underline{\varphi}_n + \underline{E}_B}{\underline{Z}_B}$$

$$\underline{I}_C = \frac{\cancel{\underline{\varphi}_N}^{\,0} - \underline{\varphi}_n + \underline{E}_C}{\underline{Z}_C}$$

Векторная диаграмма



+ j
C
$\underline{I}_C$
$\underline{U}_{CA}$
$\underline{U}_C$
A
$\underline{U}_A$
n
$\underline{E}_C$
$\underline{U}_N$
$\underline{I}_N$
$\underline{E}_A$
$\alpha > 0$
N
+ 1
$\underline{U}_{BC}$
$\underline{I}_A$
$\underline{E}_B$
$\underline{U}_{AB}$
$\underline{U}_B$
$\underline{I}_B$
B

если $\underline{Z}_N = 0$, то

$$\underline{Y}_N = \frac{1}{\underline{Z}_N} = \infty$$

Тогда $\underline{U}_N = 0$ и

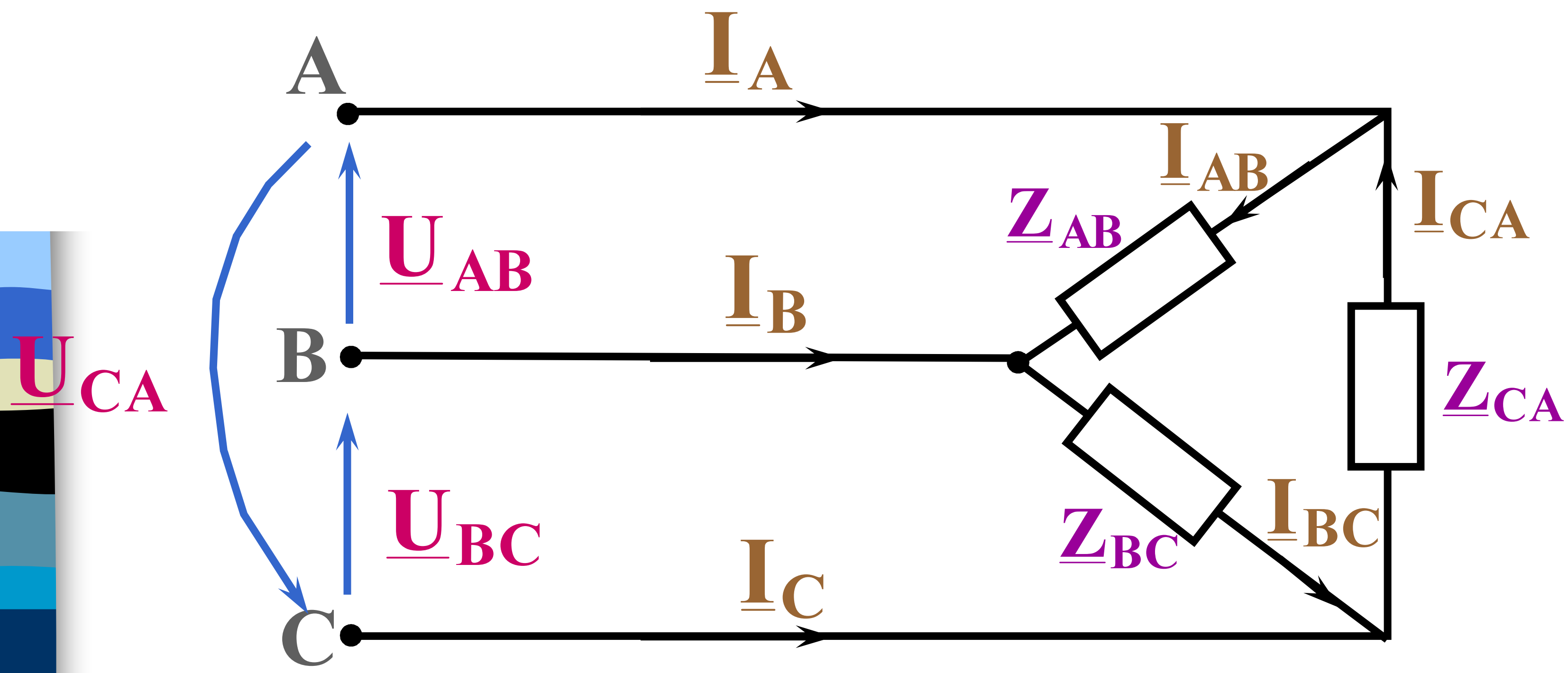
$$\underline{U}_A = \underline{E}_A; \ \underline{U}_B = \underline{E}_B; \ \underline{U}_C = \underline{E}_C$$

Таким образом,

нулевой провод выравнивает величины фазных напряжений нагрузки, что используется в бытовых электрических сетях

3. Соединение несимметричной нагрузки треугольником

$$(\underline{Z}_{AB} \neq \underline{Z}_{BC} \neq \underline{Z}_{CA})$$


A
B
C
I A
I B
I C
U AB
U BC
U CA
Z AB
Z BC
Z CA
I AB
I BC
I CA

Дано:

$$\underline{U}_{AB} = U_{Л} e^{j\lambda}, \quad \underline{U}_{BC} = a^2 \underline{U}_{AB},$$

$$\underline{U}_{CA} = a\underline{U}_{AB},$$

$$\underline{Z}_{AB}, \quad \underline{Z}_{BC}, \quad \underline{Z}_{CA}$$

Определить:

а) фазные токи $\underline{\underline{I}}_{AB}, \underline{\underline{I}}_{BC}, \underline{\underline{I}}_{CA}$

б) линейные токи $\underline{\underline{I}}_{A}, \underline{\underline{I}}_{B}, \underline{\underline{I}}_{C}$

По закону Ома:

$$\underline{I}_{AB} = \frac{\underline{U}_{AB}}{\underline{Z}_{AB}} \qquad \underline{I}_{BC} = \frac{\underline{U}_{BC}}{\underline{Z}_{BC}}$$

$$\underline{I}_{CA} = \frac{\underline{U}_{CA}}{\underline{Z}_{CA}}$$

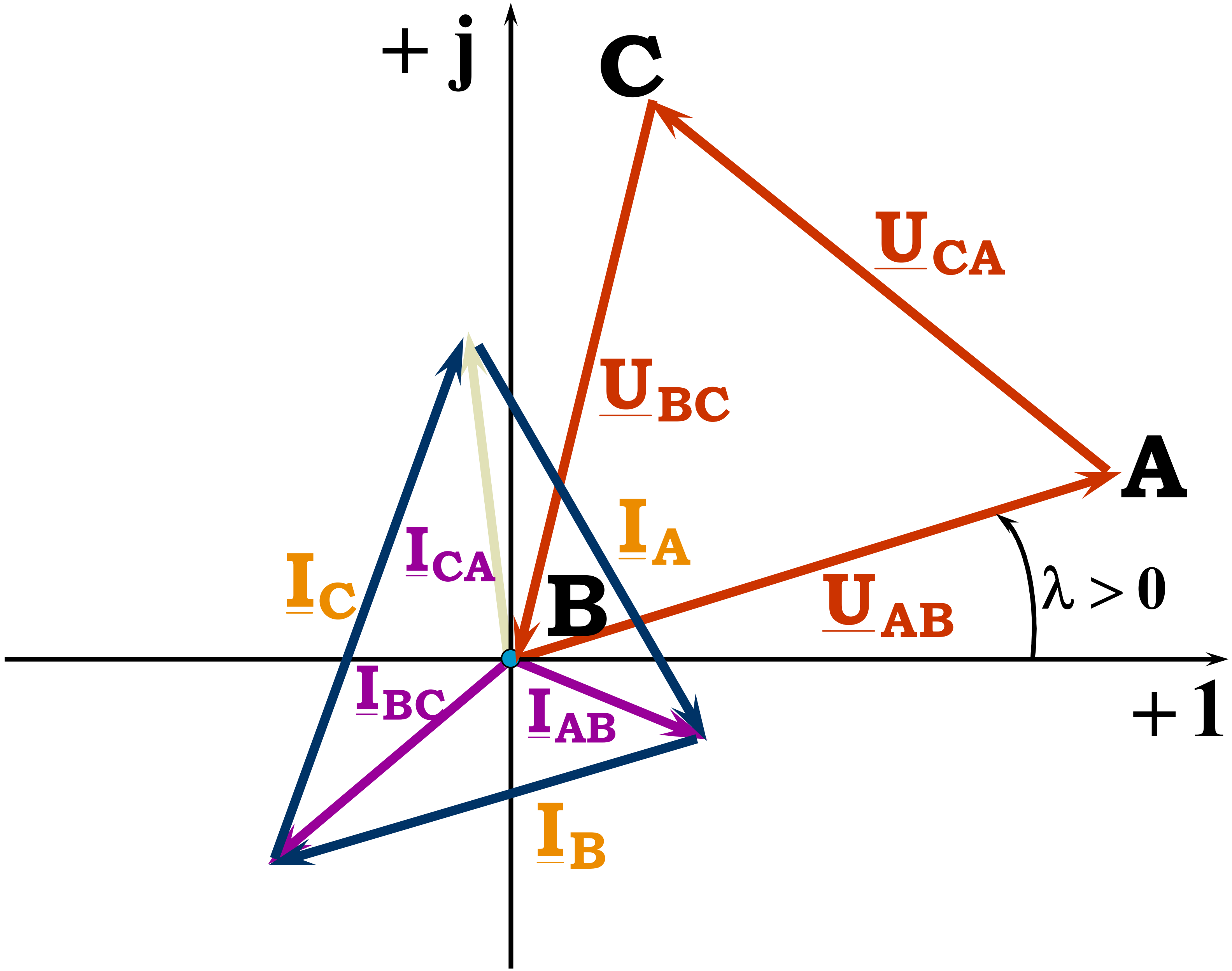
По первому закону Кирхгофа:

$$\underline{I}_A = \underline{I}_{AB} - \underline{I}_{CA}$$

$$\underline{I}_B = \underline{I}_{BC} - \underline{I}_{AB}$$

$$\underline{I}_C = \underline{I}_{CA} - \underline{I}_{BC}$$

Векторная диаграмма

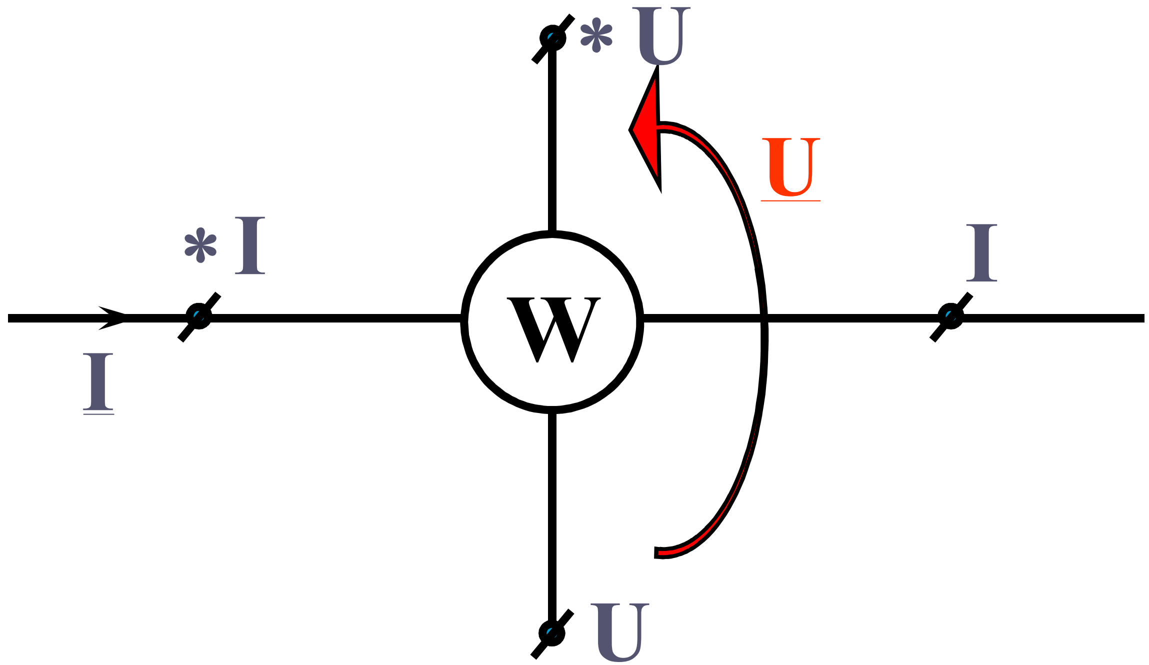


+ j
C
$\underline{U}_{CA}$
$\underline{U}_{BC}$
A
$\underline{I}_{A}$
$\underline{I}_{CA}$
$\underline{I}_{C}$
B
$\underline{U}_{AB}$
$\lambda > 0$
$\underline{I}_{BC}$
$\underline{I}_{AB}$
+ 1
$\underline{I}_{B}$

Измерение мощности в трехфазных цепях

Измерение мощности осуществляется ваттметрами, которые имеют две обмотки: токовую обмотку с малым сопротивлением и обмотку напряжения с большим сопротивлением

■ При этом ваттметр имеет четыре клеммы



Показание ваттметра:

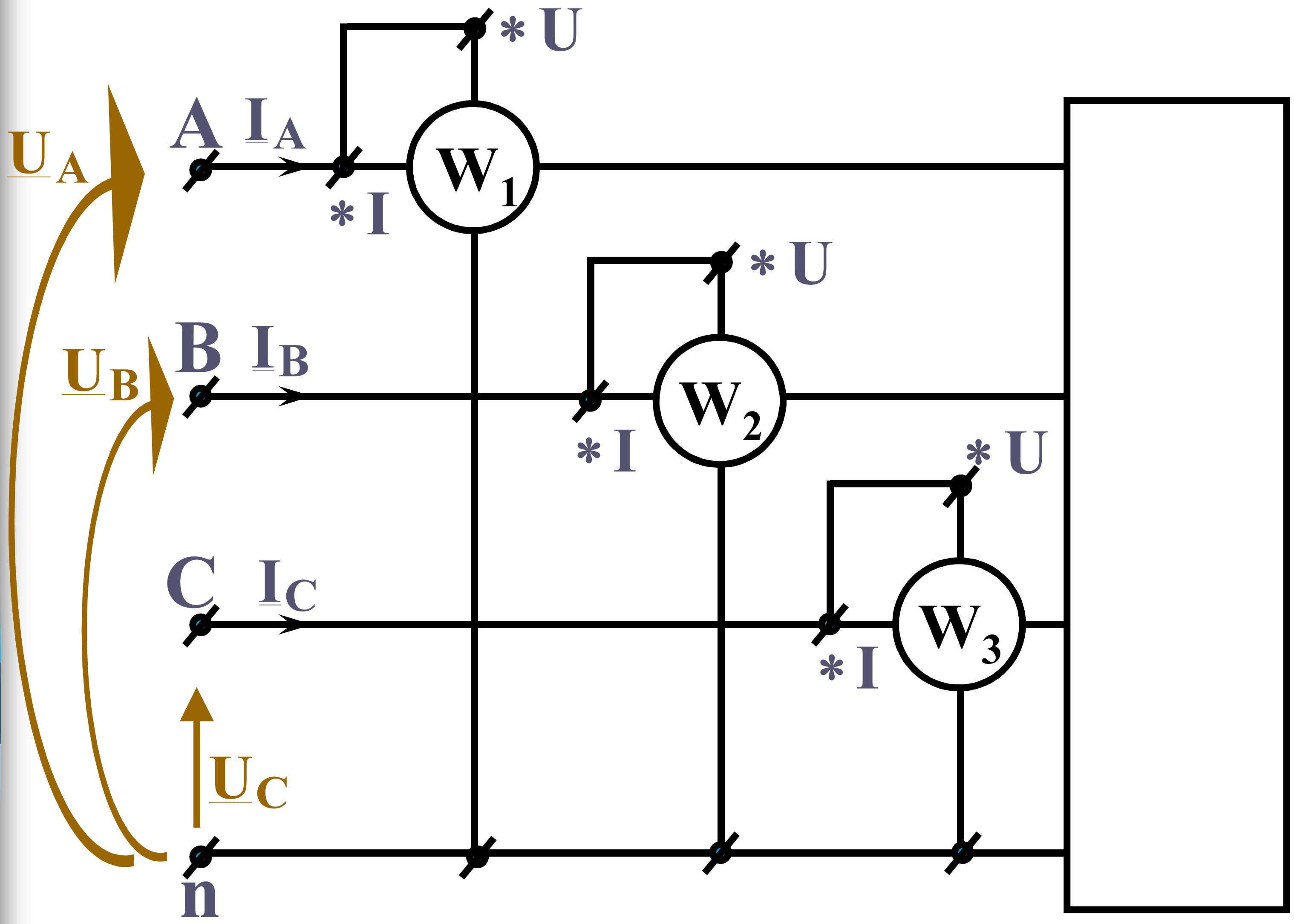
$$\boxed{P_W = U \cdot I \cdot \cos\varphi,\ \text{Вт}}$$

где $\underline{I} = I \cdot e^{j\beta},\ \text{A}$

$$\underline{U} = U \cdot e^{j\alpha},\ \text{B}$$

$$\varphi = \alpha - \beta,\ \text{град}$$

1. Измерение суммарной активной мощности трехфазной цепи с нулевым проводом



U_A
U_B
U_C
A
B
C
n
I_A
I_B
I_C
* U
* I
W_1
W_2
W_3

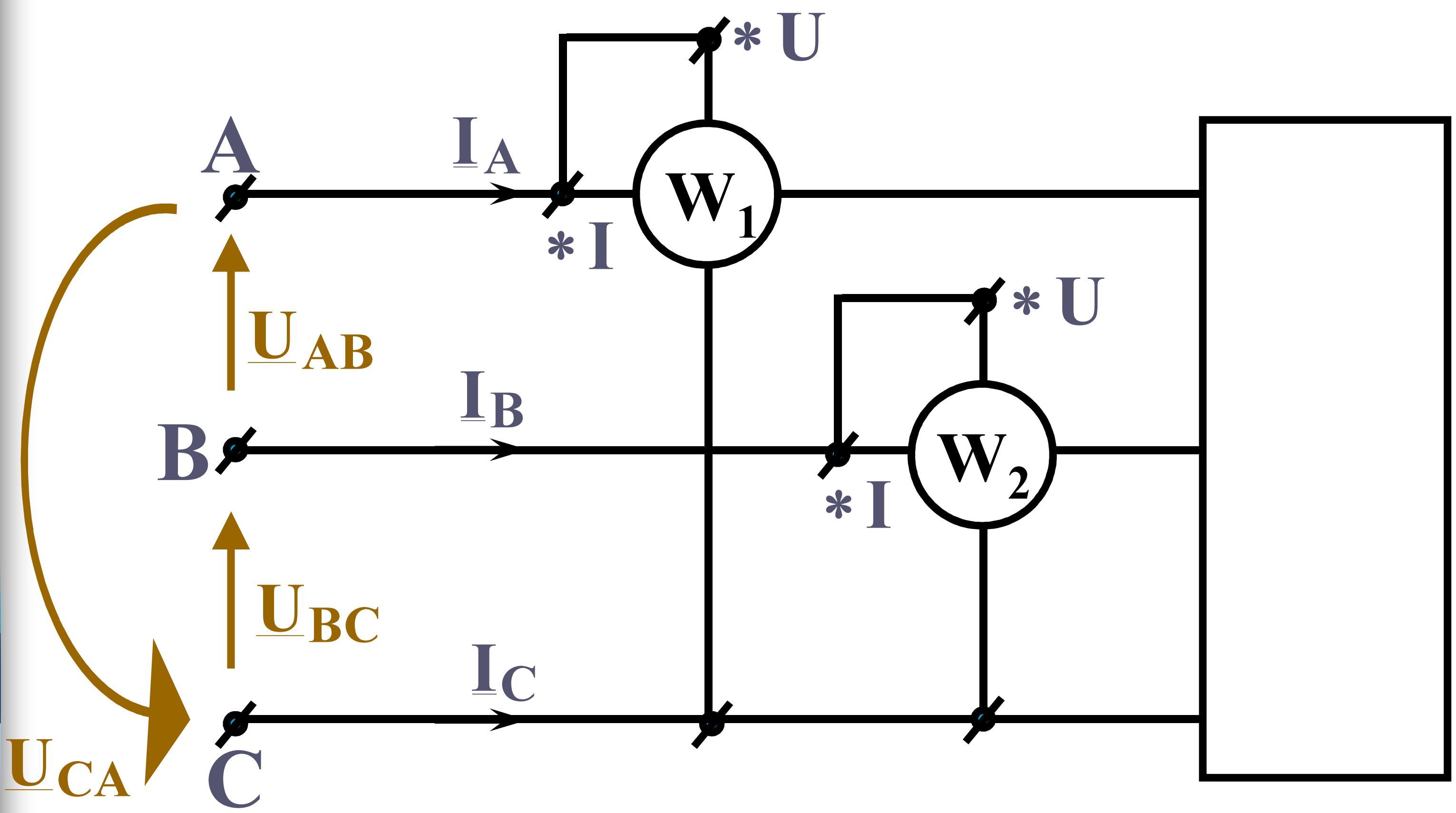
$$P = P_A + P_B + P_C = P_{W_1} + P_{W_2} + P_{W_3} =$$

$$= U_A I_A \cos(\underline{U}_A \hat{\ } \underline{I}_A) + U_B I_B \cos(\underline{U}_B \hat{\ } \underline{I}_B) +$$

$$+ U_C I_C \cos(\underline{U}_C \hat{\ } \underline{I}_C), \text{Вт}$$

2. Измерение суммарной активной мощности трехфазной цепи без нулевого провода

Измерение мощности осуществляется двумя ваттметрами, причем одна из трех возможных схем следующая

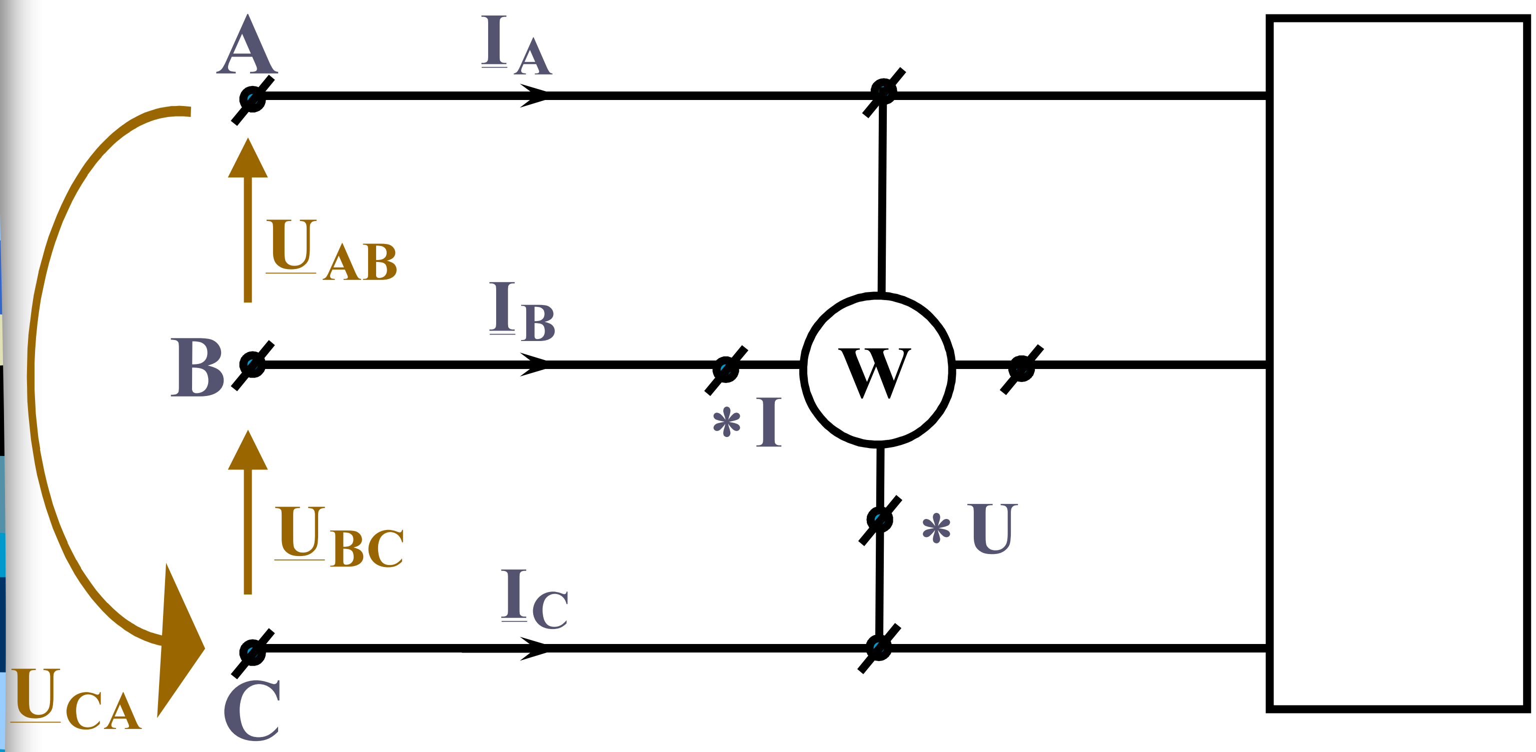


A
B
C
I_A
I_B
I_C
U_{AB}
U_{BC}
U_{CA}
W_1
W_2
* U
* I
* U
* I

$$P = P_{W_1} + P_{W_2} = U_{CA} I_A \cos\left(\widehat{(-\underline{U}_{CA})\underline{I}_A}\right) +$$

$$+ U_{BC} I_B \cos\left(\widehat{\underline{U}_{BC}\underline{I}_B}\right), \text{Вт}$$

3. Измерение суммарной реактивной мощности трехфазной цепи без нулевого провода в симметричном режиме

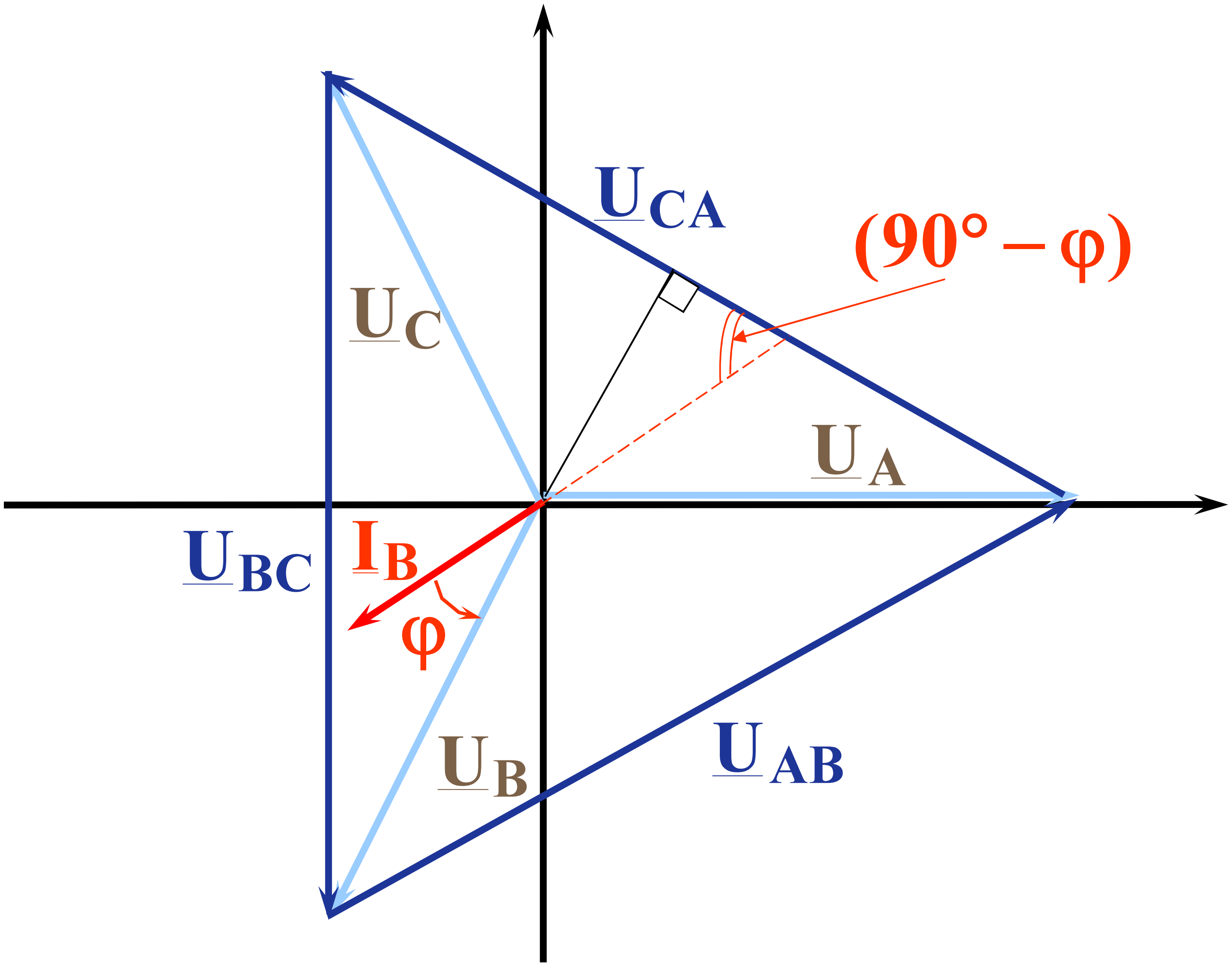

A
B
C
IA
IB
IC
UAB
UBC
UCA
W
*I
*U

$$\boxed{Q = \sqrt{3}\,U_Л I_Л \sin\varphi = \sqrt{3}\cdot P_W,\ вар}$$

$$P_W = U_{CA} I_B \cos\left[\widehat{\underline{U}_{CA}\,\underline{I}_B}\right] =$$

$$= U_Л I_Л \cos(90^\circ - \varphi) =$$

$$= U_Л I_Л \sin\varphi$$

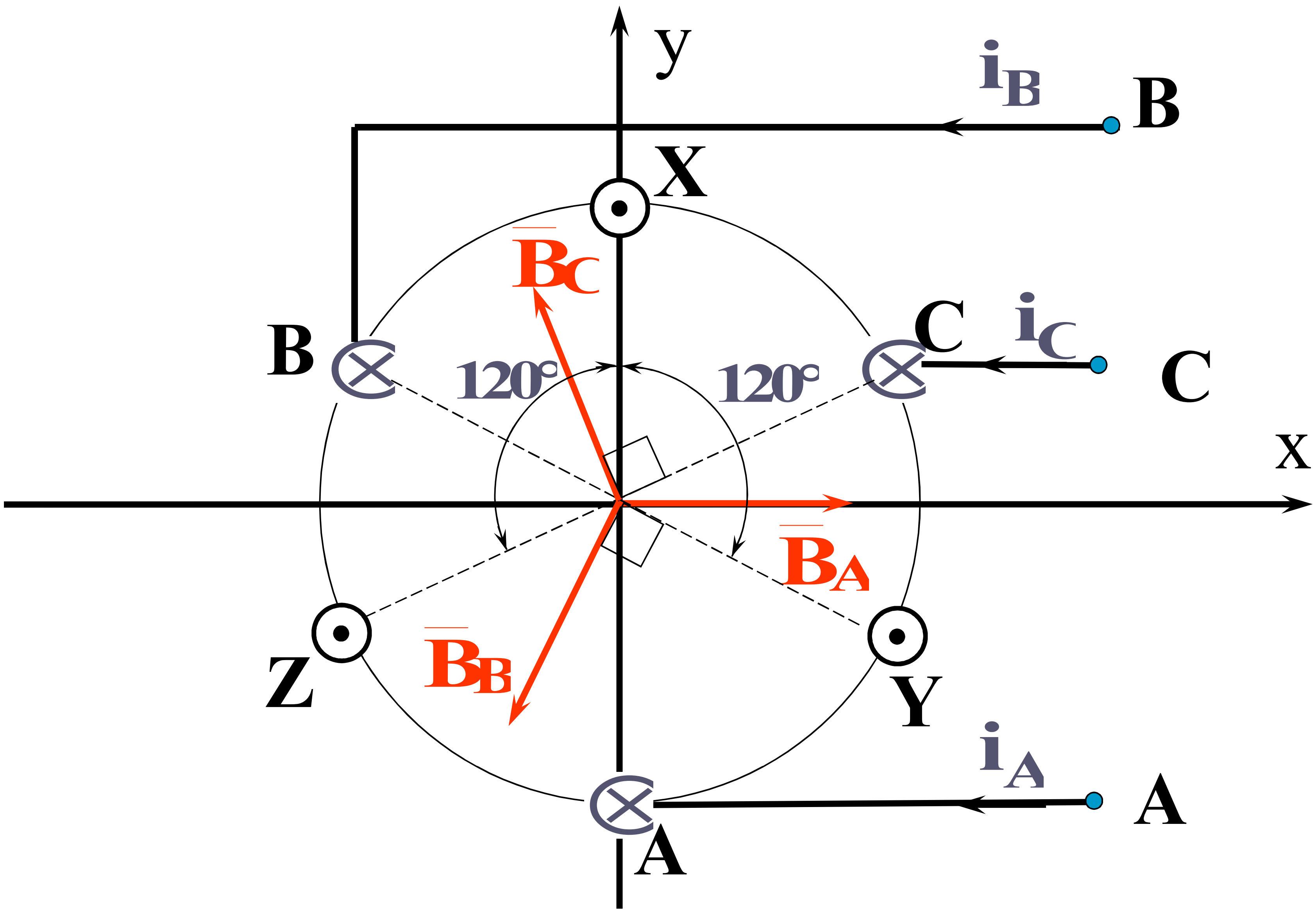

$\underline{U}_{CA}$
$(90° - φ)$
$\underline{U}_{C}$
$\underline{U}_{A}$
$\underline{U}_{BC}$
$\underline{I}_{B}$
φ
$\underline{U}_{B}$
$\underline{U}_{AB}$

Круговое вращающееся магнитное поле

Круговое вращающееся магнитное поле может быть создано при помощи трехфазного тока, что является одним из его важнейших технических достоинств

Присоединим к трехфазной цепи три одинаковые неподвижные катушки, оси которых сдвинуты в пространстве по отношению к друг другу на 120 градусов

При симметричной системе фазных токов i_A, i_B, i_C эти катушки будут создавать индукции магнитного поля B_A, B_B, B_C



y
iB
B
X
BC
B
120°
120°
C
iC
C
x
BA
Z
BB
Y
iA
A
A

Фазные токи:

$$i_A = I_m \sin\omega t$$

$$i_B = I_m \sin(\omega t - 120°)$$

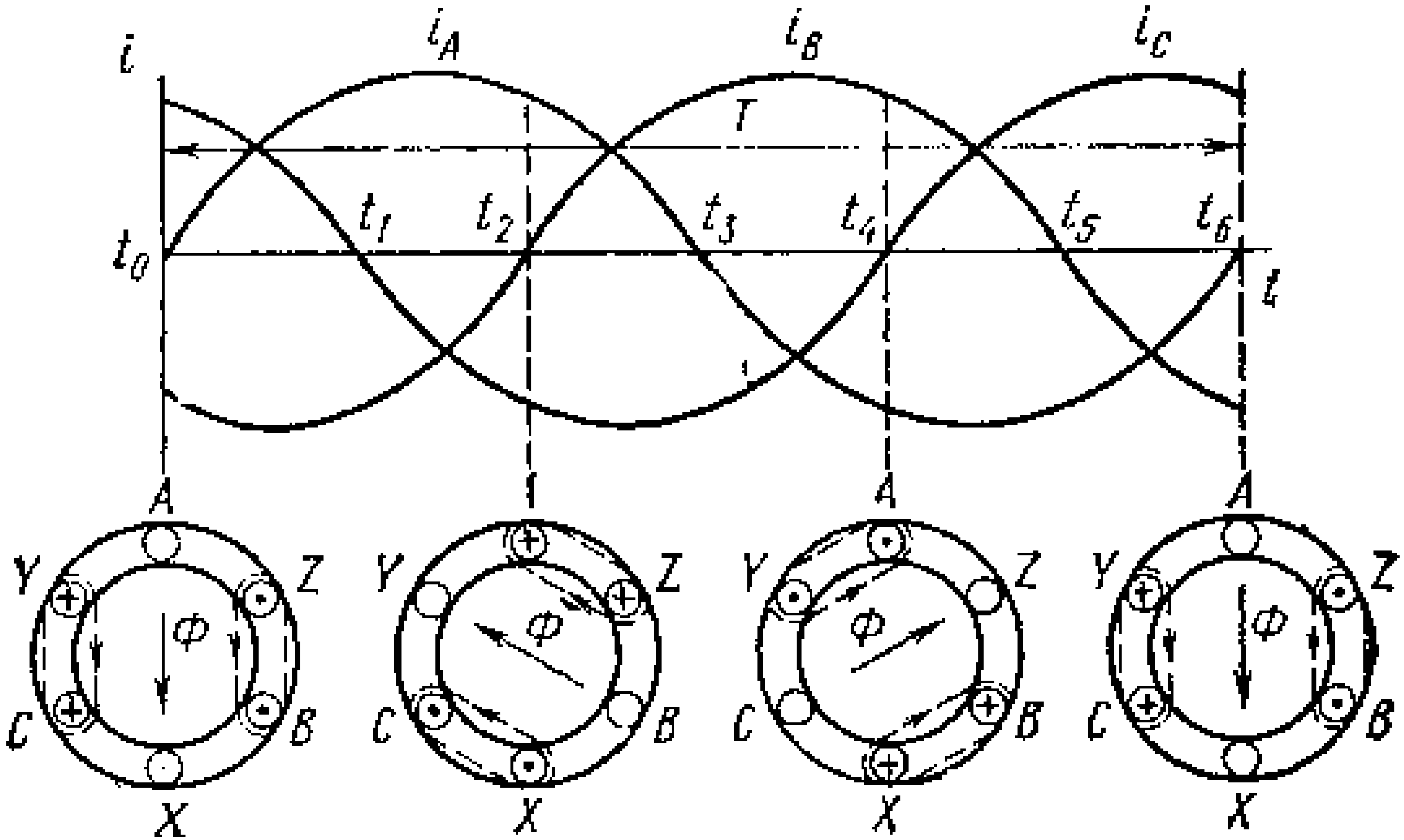
$$i_C = I_m \sin(\omega t + 120°)$$

Фазные индукции магнитного поля:

$$B_A = B_m \sin\omega t$$

$$B_B = B_m \sin(\omega t - 120^\circ)$$

$$B_C = B_m \sin(\omega t + 120^\circ)$$


i
i_A
i_B
i_C
T
t_0
t_1
t_2
t_3
t_4
t_5
t_6
t
A
Y
Z
C
B
X
Φ

Если в это вращающееся магнитное поле поместить металлический цилиндр (ротор), то за счет взаимодействия наводимых в нем вихревых токов с магнитным полем цилиндр начнет вращаться – асинхронный двигатель