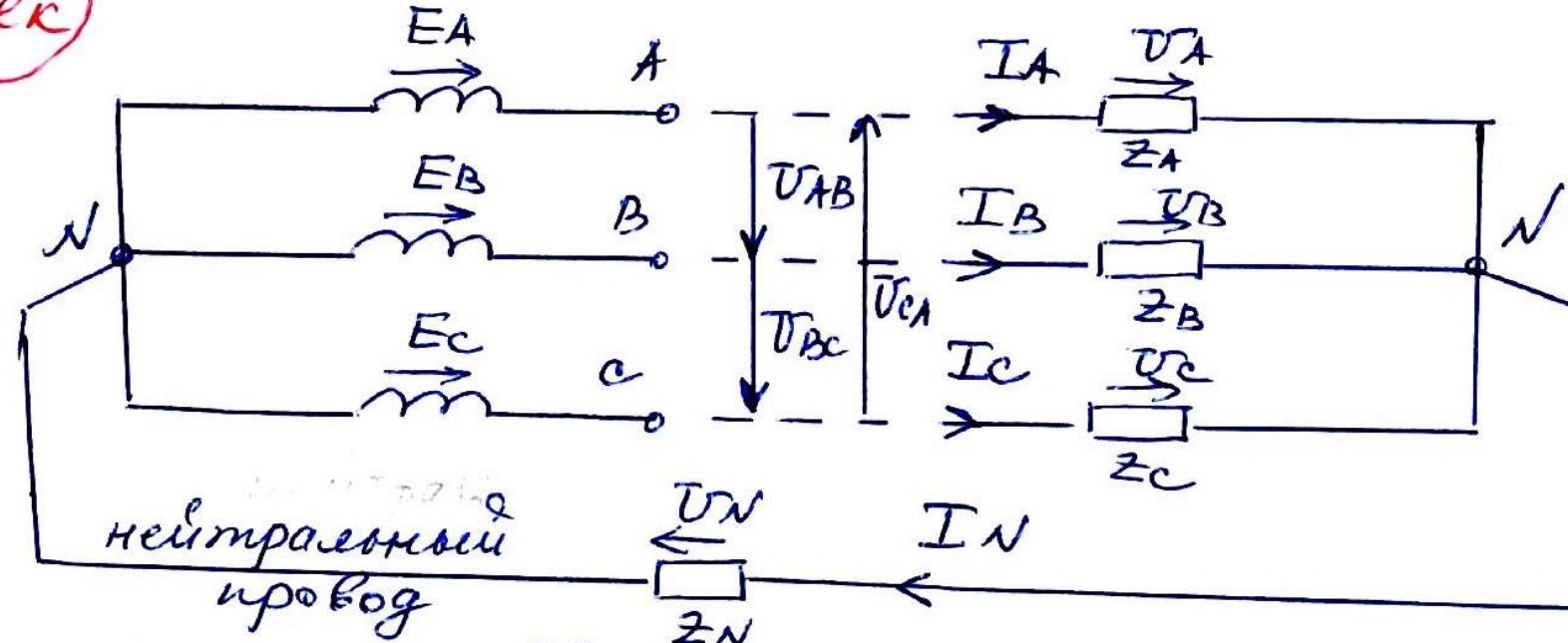


Трифазное (потребитель) трехфазного напряжения так же соединяется звездой и переводится в

-31-

Соединение трехфаз. потребителя по схеме "звезда с нейтрализованным проводом"

5.1ек



$$E_A = E_B = E_C = E = \frac{U_1}{\sqrt{3}} - \text{фаз. ЭДС генератора, соединенного в звезду}$$

$$\bar{U}_{AB} = \bar{U}_{BC} = \bar{U}_{CA} = \bar{U}_1 = E\sqrt{3} - \text{линейное напряжение}$$

$Z_A, Z_B, Z_C$  - полные фаз. сопротивления  
трехфазного потребителя

$U_A, U_B, U_C$  - фаз. напряжения потребителя

$I_A, I_B, I_C$  - лин. токи (от ген. к потреб.)  
 $Z_N$  - сопротивление <sup>или</sup> ~~различие~~  $N$ -проводка

$U_N$  - напряжение между нейтральным током и  
потребителем и генератора

$I_N$  - ток в  $N$ -проводке

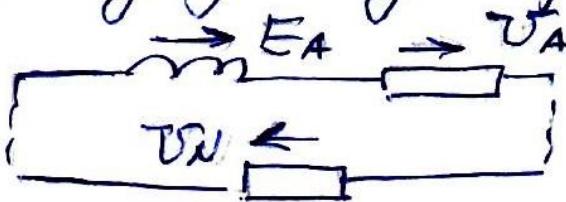
| Сопротивление всех проводов нейтрали  
| или линии пренебрежимо

Потомству лин. напряжения на генера-  
торе  $U_{AB}, U_{BC}, U_{CA} =$  лин. напряже-  
ния потребителя.

Запись в комплекс. форме:

1) Разное напряжения потребителя -32-

Из II-аяз закону Кирхгофа:



$$E_A = \underline{V}_A + \underline{V}_N \Rightarrow$$

$$\underline{V}_A = E_A - \underline{V}_N$$

Аналогично:  $\underline{V}_B = E_B - \underline{V}_N$

$$\underline{V}_C = E_C - \underline{V}_N$$

2) Разное (реакт.) токи потребителя,

$$\underline{I}_A = \underline{V}_A / Z_A = (E_A - \underline{V}_N) \cdot Y_A \quad Y_A, Y_B, Y_C -$$

$$\underline{I}_B = \underline{V}_B / Z_B = (E_B - \underline{V}_N) \cdot Y_B \quad \text{коэф. проводн-}$$

$$\underline{I}_C = \underline{V}_C / Z_C = (E_C - \underline{V}_N) \cdot Y_C \quad \text{посл фаз}$$

(3) Из I-аяз закону Кирхгофа:

$$\underline{I}_N = \underline{I}_A + \underline{I}_B + \underline{I}_C = \frac{\underline{V}_N}{Z_N} = \underline{V}_N \cdot Y_N$$

Поставив токи:

Jiogemalace moke:

$$\underline{U_N} \underline{Y_N} = (\underline{E_A} - \underline{U_N}) \cdot \underline{Y_A} + (\underline{E_B} - \underline{U_N}) \cdot \underline{Y_B} + (\underline{E_C} - \underline{U_N}) \cdot \underline{Y_C}$$

u beragau  $\underline{U_N}$

$$\underline{U_N} = \frac{\underline{E_A} \underline{Y_A} + \underline{E_B} \underline{Y_B} + \underline{E_C} \underline{Y_C}}{\underline{Y_A} + \underline{Y_B} + \underline{Y_C} + \underline{Y_N}} \quad \text{Ug(*)}$$

Jiogemalace zwarewae  $\underline{E_A}, \underline{E_B}, \underline{E_C}$ :

$$\boxed{\underline{U_N} = \frac{\underline{U_1} \left[ \underline{Y_A} + \left( -\frac{1}{2} - j \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \underline{Y_B} + \left( -\frac{1}{2} + j \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \underline{Y_C} \right]}{\underline{Y_A} + \underline{Y_B} + \underline{Y_C} + \underline{Y_N}}}$$

(M.K.

$$\underline{E_A} = \frac{\underline{U_1}}{\sqrt{3}}$$

$$\underline{E_B} = \frac{\underline{U_1}}{\sqrt{3}} \left( -\frac{1}{2} - j \frac{\sqrt{3}}{2} \right)$$

$$\underline{E_C} = \frac{\underline{U_1}}{\sqrt{3}} \left( -\frac{1}{2} + j \frac{\sqrt{3}}{2} \right), \text{ a rauue } \cancel{\underline{E} = \frac{\underline{U_1}}{\sqrt{3}}}$$

Особое случая:

1) Симметрическая нагрузка

$$\underline{Z}_A = \underline{Z}_B = \underline{Z}_C = \underline{Y}_g, \text{ а значит } \underline{Y}_A = \underline{Y}_B = \underline{Y}_C = \underline{Y}_g$$

В этом случае

$$\underline{I}_N = \frac{\underline{U}_1/3 \cdot \underline{Y}_g \left( -1 - \frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \right)}{=} = 0$$

|| m.e.  $\underline{I}_N = \frac{\underline{U}_N}{\underline{Z}_N} = \frac{0}{\underline{Z}_N} = 0$  — то есть в  $N$ -проводе равен 0, необходимость в  $N$ -проводе отсутствует.

2) Несимметрическая нагрузка

$$\underline{Z}_A \neq \underline{Z}_B \neq \underline{Z}_C - \text{необходимый } N\text{-провод}$$

используется для ослабления боковых и продольных колебаний.

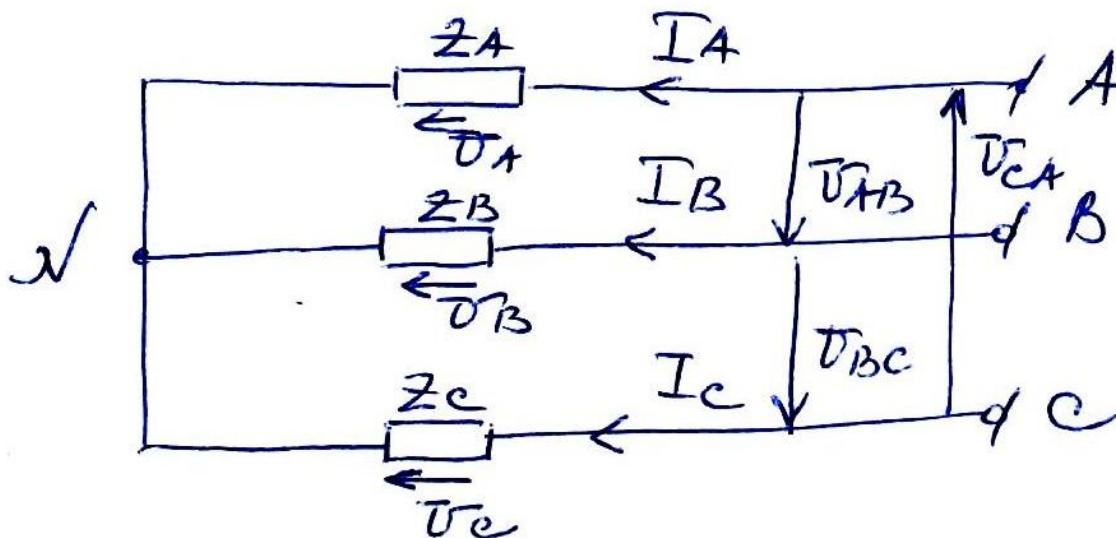
3) Если подавать, змн  $Z_N = 0$ , то

$$Y_N \rightarrow \infty, V_N \sim \frac{1}{Y_N} \rightarrow 0$$

$$I_N = \frac{V_N}{Z_N} = \frac{0}{0} - \text{неопределенность}$$

Для нахождения  $I_N = I_A + I_B + I_c$

Симметрический трехфазный напряжимер,  
включенный по схеме „звезда без N-точка“



Условие симметрии:

$$\begin{cases} \underline{Z_A} = \underline{Z_B} = \underline{Z_C} = \underline{Z_Q}, \text{ что означает} \\ \underline{V_{AB}} = \underline{V_{BC}} = \underline{V_{CA}} = \underline{V_1} \end{cases} \quad \begin{cases} R_A = R_B = R_C \\ X_A = X_B = X_C \end{cases}$$

им. квадр. равны по модулю

Основные соотношения:

1) Фазовые напряжения

$$\underline{V_A} = \underline{E_A} - \underline{V_N} = \underline{E_A} = \frac{\underline{V_1}}{\sqrt{3}} e^{j0^\circ} = \frac{\underline{V_1}}{\sqrt{3}}$$

$$\underline{V_B} = \underline{E_B} - \underline{V_N} = \underline{E_B} = \frac{\underline{V_1}}{\sqrt{3}} e^{j120^\circ} = \frac{\underline{V_1}}{\sqrt{3}} \left( -\frac{1}{2} + j \frac{\sqrt{3}}{2} \right)$$

$$\underline{V_C} = \underline{E_C} - \underline{V_N} = \underline{E_C} = \frac{\underline{V_1}}{\sqrt{3}} e^{j240^\circ} = \frac{\underline{V_1}}{\sqrt{3}} \left( \frac{1}{2} + j \frac{\sqrt{3}}{2} \right)$$

а их модули  $\underline{V_A} = \underline{V_B} = \underline{V_C} = \underline{V_Q} = \frac{\underline{V_1}}{\sqrt{3}}$

2) Линейные напряжения

$$\underline{V_{AB}} = \underline{V_A} - \underline{V_B} = \underline{V_1} e^{j30^\circ} = \underline{V_1} \left( \frac{\sqrt{3}}{2} + j \frac{1}{2} \right)$$

$$\underline{V_{BC}} = \underline{V_B} - \underline{V_C} = \underline{V_1} e^{j90^\circ} = -j \underline{V_1}$$

$$\underline{V_{CA}} = \underline{V_C} - \underline{V_A} = \underline{V_1} e^{j150^\circ} = \underline{V_1} \left( -\frac{\sqrt{3}}{2} + j \frac{1}{2} \right)$$

3) Разное (сущ.) тока

$$I_A = \frac{U_A}{Z_A}$$

$$I_B = \frac{U_B}{Z_B}$$

$$I_C = \frac{U_C}{Z_C}$$

а где мозгушки

$$I_A = I_B = I_C = I_\varphi = \frac{U_\varphi}{Z_\varphi}$$

4) Разное углы - угловые величины  $I_\varphi$  и  $U_\varphi$

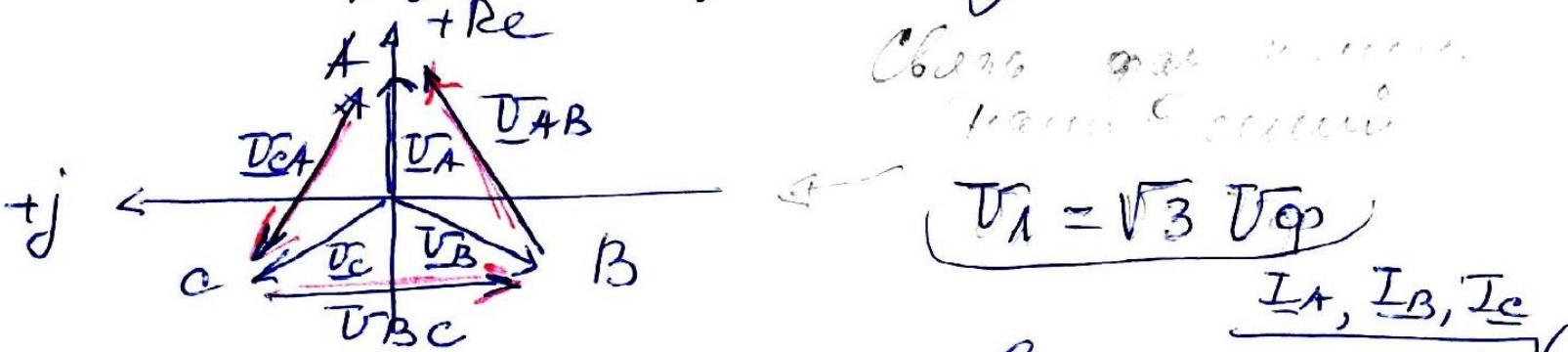
$$\text{Разр. } A'' \begin{array}{l} Z_A \\ \diagdown R_A \\ X_{AL} - X_{AC} \end{array}$$

$$\varphi_A = \arctg \frac{X_{AL} - X_{AC}}{R_A}$$

Для симметр. нагрузки  $\varphi_A = \varphi_B = \varphi_C = \varphi_\varphi$

## Векторная диаграмма

Построение аналогичной вект. diagr. для  
импульса, фазы которого сдвиг. в 1



Сдвиг фаз на  $\pi/2$ .  
Импульс сдвиг.

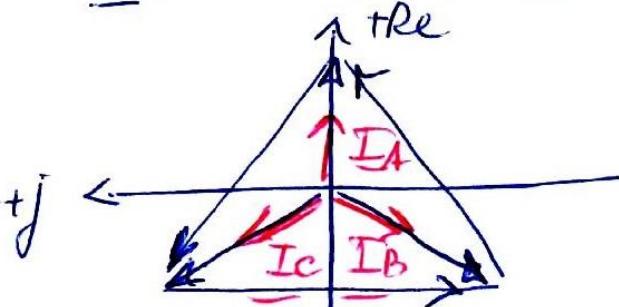
$$V_A = \sqrt{3} V_{op}$$

$$I_A, I_B, I_C$$

Далее надо показать векторы тока  
их построение определяется фазовыми  
успами  $\varphi_A, \varphi_B, \varphi_C$ .

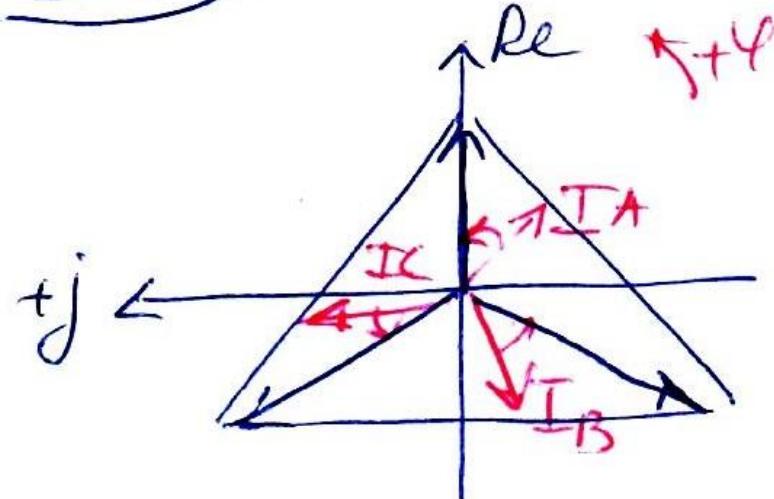
Возможны различные способы.

a) Активной  $\times p$  нагрузке  
 $Z_A = R_A, Z_B = R_B, Z_C = R_C$   $\Rightarrow \varphi = 0$



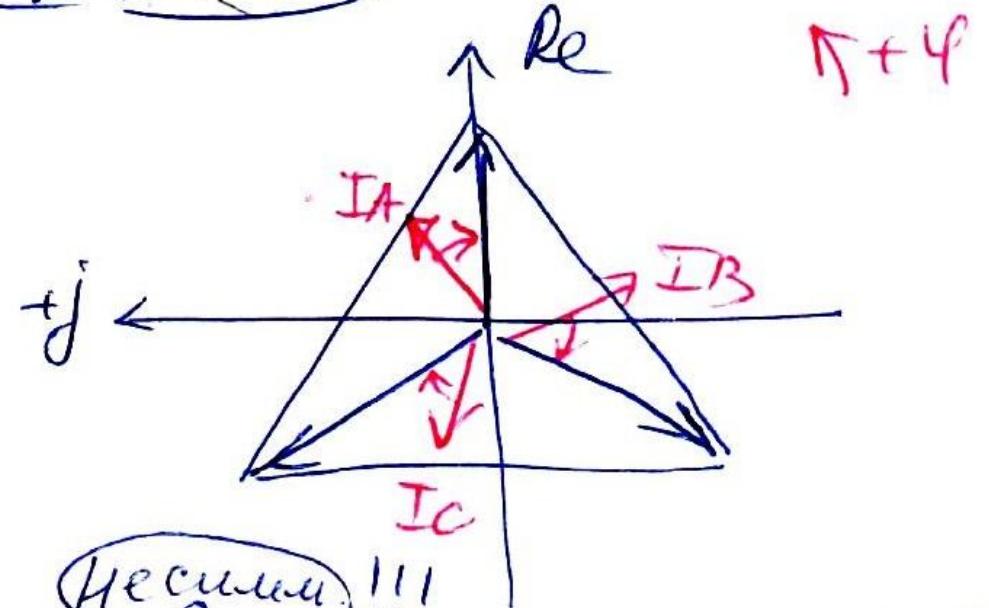
δ) Активно-индуктивное.

$$X_L > X_C \quad \varphi > 0 \quad Z = R + jX_L$$



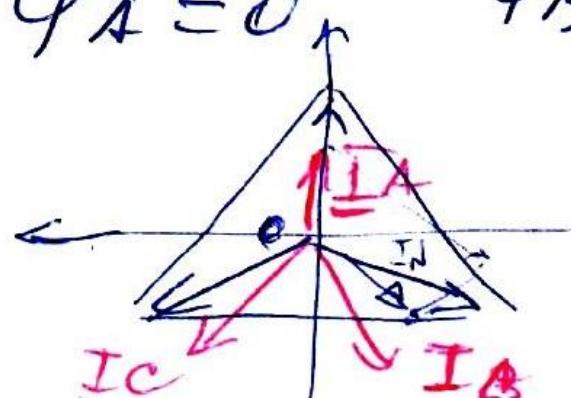
ε) Активно-емкостное

$$X_L < X_C \quad \varphi < 0 \quad Z = R - jX_C$$



Две схемы с одинаковой нагрузкой, т.е. —  
пример  $\varphi_A = 0$ ,  $\varphi_B > 0$ ,  $X_C < 0$ :

с N-узл.



- Две схемы без N-узл.
- О существии б. малое номен., когда  $\sum I = 0$ .

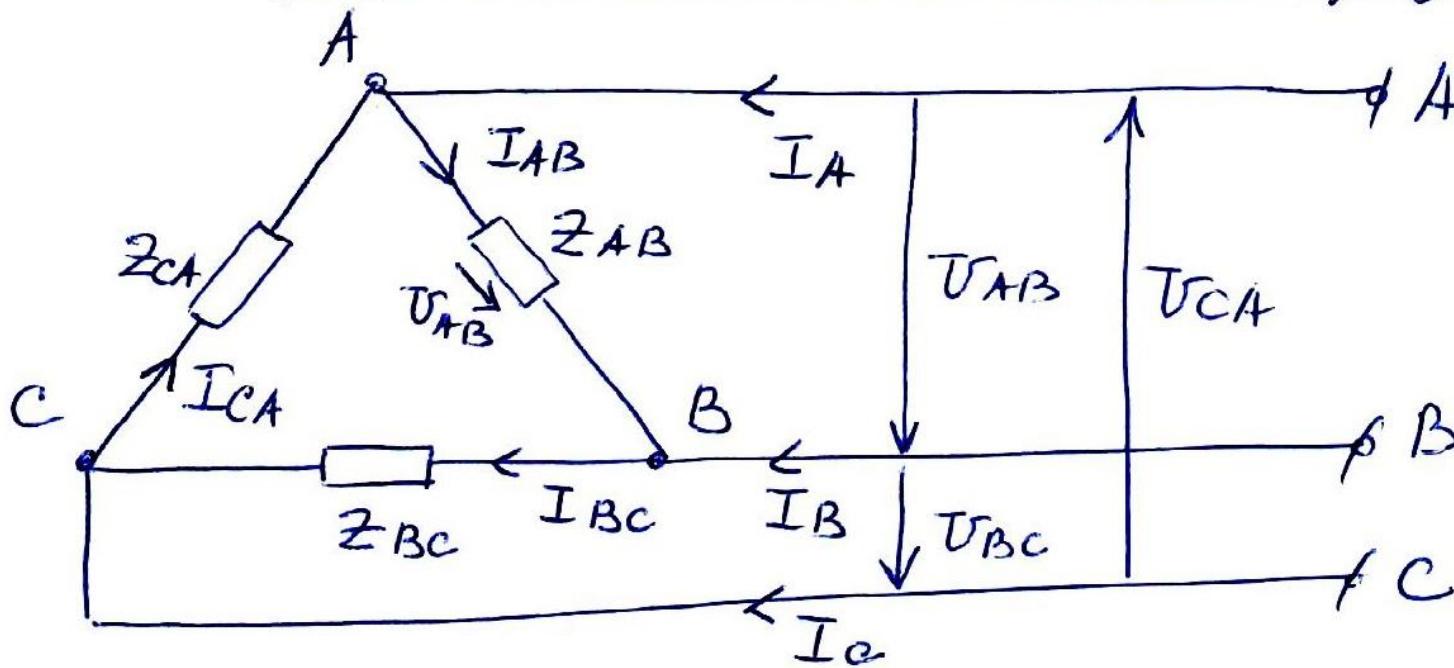
Запомним!

Для звезды

(сил.)

$$\boxed{I_1 = I_{op} \\ U_1 = \sqrt{3} U_{op}}$$

Симметрический 3-фазный потребитель,  
включенный по схеме треугольника



Условие симметрии:

$$\left\{ \begin{array}{l} Z_{AB} = Z_{BC} = Z_{CA}, \text{ или } X_{AB} = X_{BC} = X_{CA} \\ U_{AB} = U_{BC} = U_{CA} = U_1 = U_{op} \end{array} \right.$$

$I_A, I_B, I_C$  - линейные токи ( $I_1$ )

$I_{AB}, I_{BC}, I_{CA}$  - фазные токи ( $I_\varphi$ )

Основное соотношение

1) Линейное (фазное) напряжение

$$\underline{U}_{AB} = \underline{U}_1 e^{j0^\circ} = \underline{U}_1 \quad - \text{карандашом } \underline{U}_{AB} \\ \text{по бегущ. оси}$$

$$\underline{U}_{BC} = \underline{U}_1 e^{-j120^\circ} = \underline{U}_1 \left( -\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \right)$$

$$\underline{U}_{CA} = \underline{U}_1 e^{j120^\circ} = \underline{U}_1 \left( -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \right)$$

2) Фазные токи

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

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

3) Линейное моне

По I-ому закону Кирхгофа:

для вершины A:  $\underline{I}_A + \underline{I}_{CA} - \underline{I}_{AB} = 0 \rightarrow$

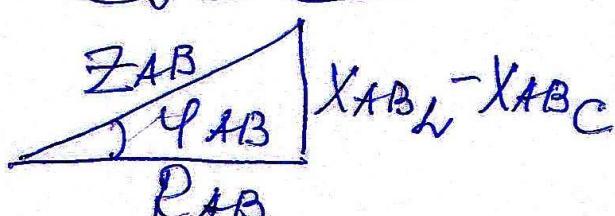
$$\underline{I}_A = \underline{I}_{AB} - \underline{I}_{CA}$$

Аналогично:

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

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

1) Радиусы углов

Радиус AB        $\varphi_{AB} = \arctg \frac{x_{ABL} - x_{ABC}}{R_{AB}}$

Аналогично:  $\varphi_{BC} = \arctg \frac{x_{BCL} - x_{BCC}}{R_{BC}}$

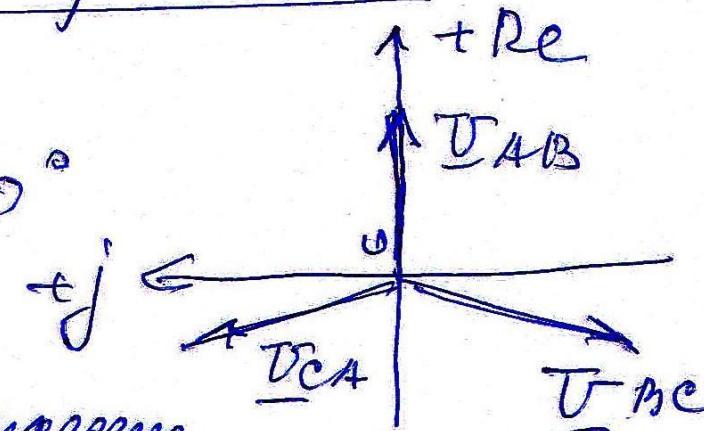
$$\varphi_{CA} = \arctg \frac{x_{CAL} - x_{CAC}}{R_{CA}}$$

Для симм. изогнутой  $\varphi_{AB} = \varphi_{BC} = \varphi_{CA} = \varphi$

## Векторное изображение

Векторное  $\underline{U}_{AB}$ ,  $\underline{U}_{AC}$ ,  $\underline{U}_{CA}$

суммарный угол  $120^\circ$



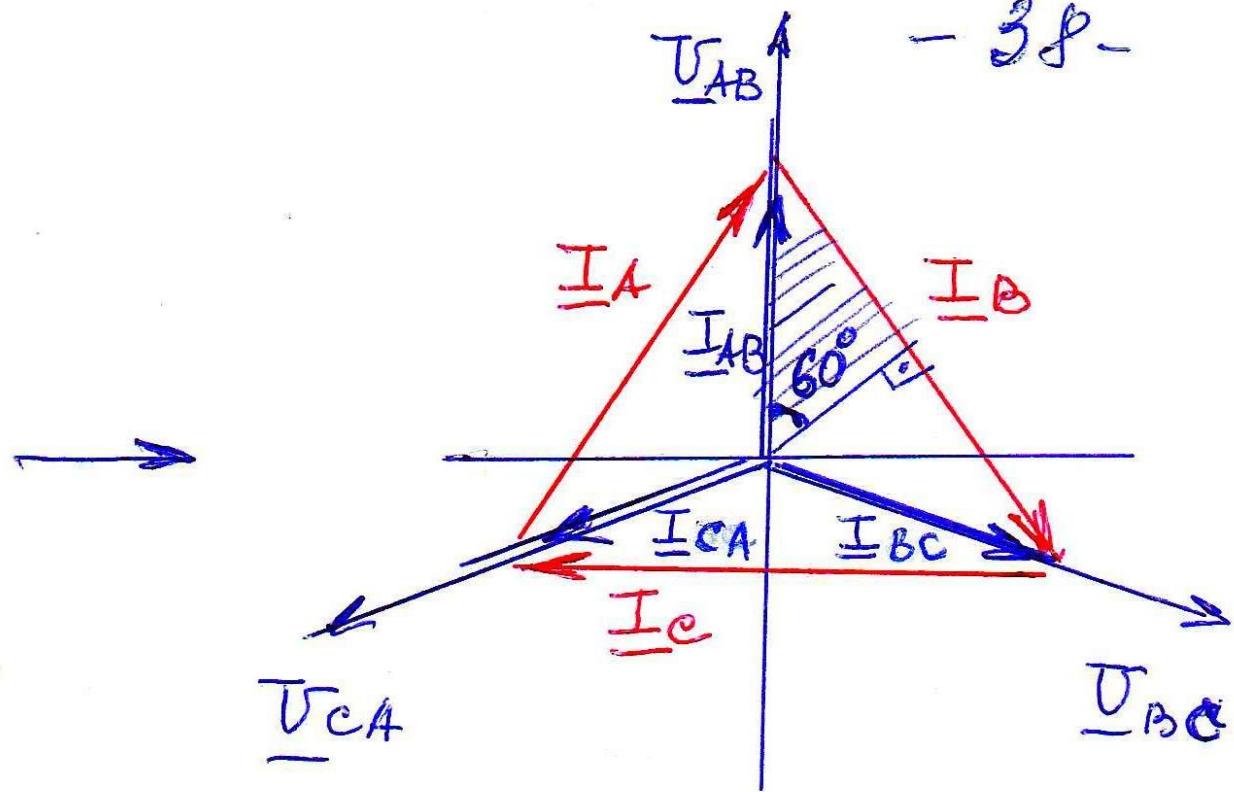
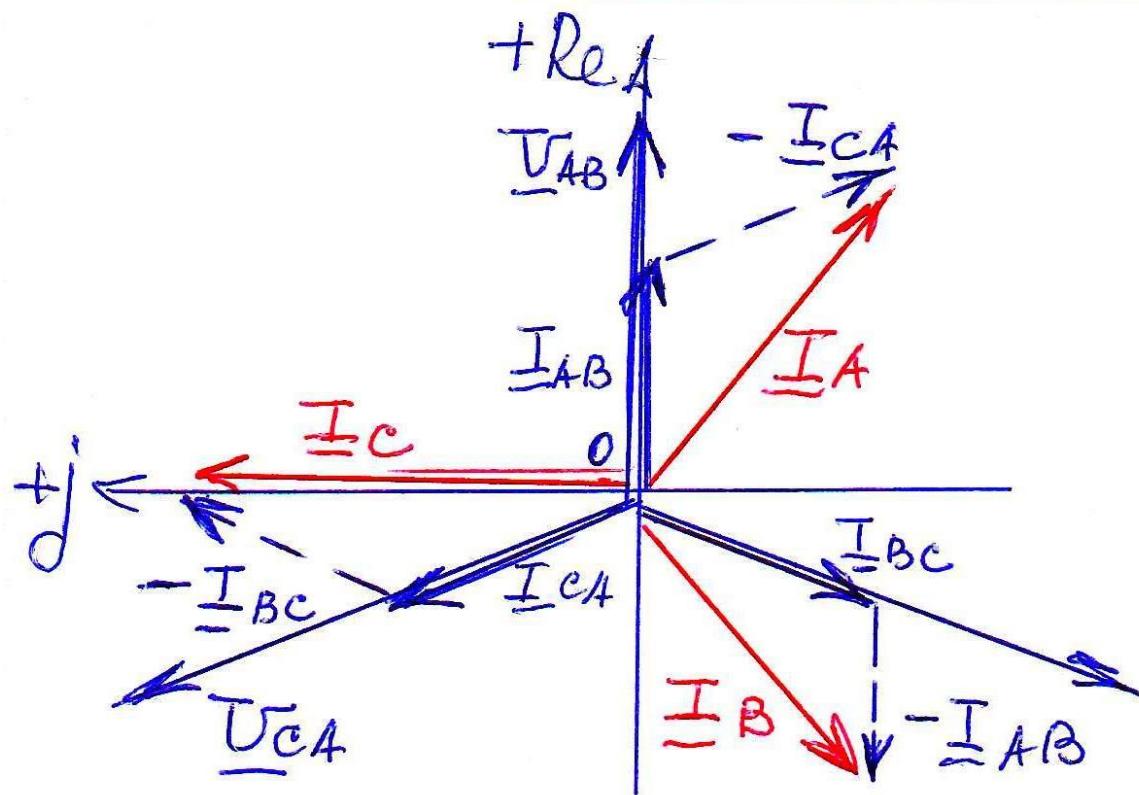
Далее надо показать ненулевое  
векторное произведение

- 3<sup>х</sup> фазных и 3<sup>х</sup> ненулевых

а) рассмотрим сдвиги между активной  
нагрузкой, т.е.  $X_\varphi = X_{\varphi_L} - X_{\varphi_C} = 0$

$$Z_\varphi = R_\varphi$$

тогда  $\varphi_{qs} = \arctg \frac{0}{R_\varphi} = \arctg 0 = 0$ , т.е.  
векторы  $I_\varphi$  и  $\underline{U}_\varphi$  с滂агают по  
коэффициенту.



- 38 -

To избечмоее постулате:

$$\frac{1}{2} I_B = I_{AB} \cdot \sin 60^\circ = I_{AB} \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$| I_B = I_{AB} \cdot \sqrt{3} |$$

M.e.  $I_A = I_B = I_C = I_X = I_\phi \sqrt{3}$

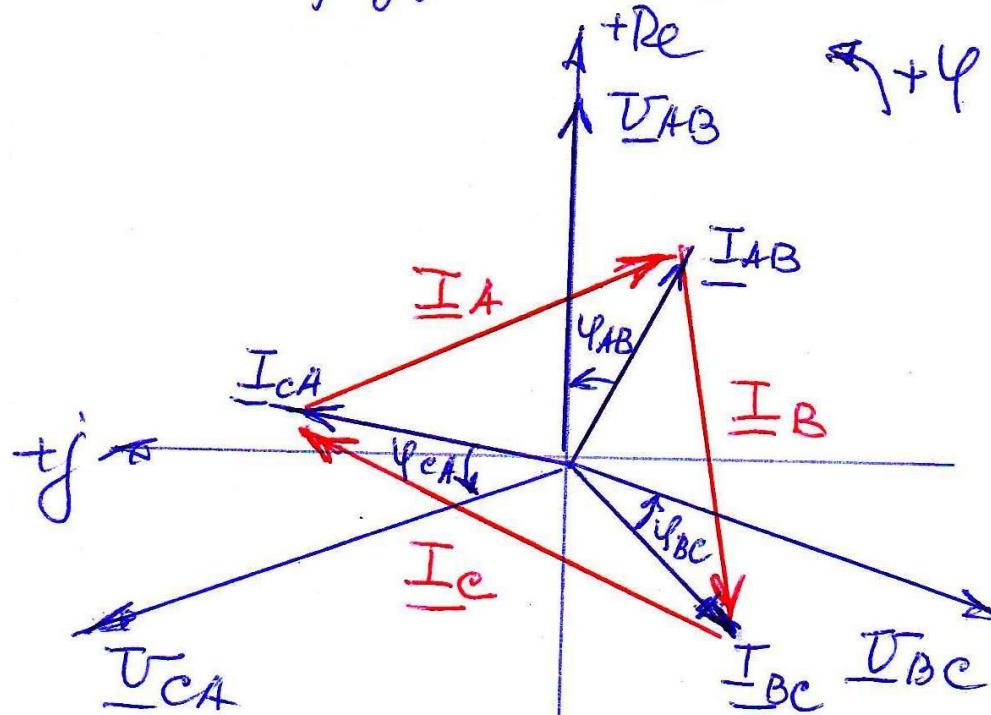
Заношаем!

D1.8 член. нр-ко

$U_1 = U_\phi$
$I_1 = \sqrt{3} I_\phi$

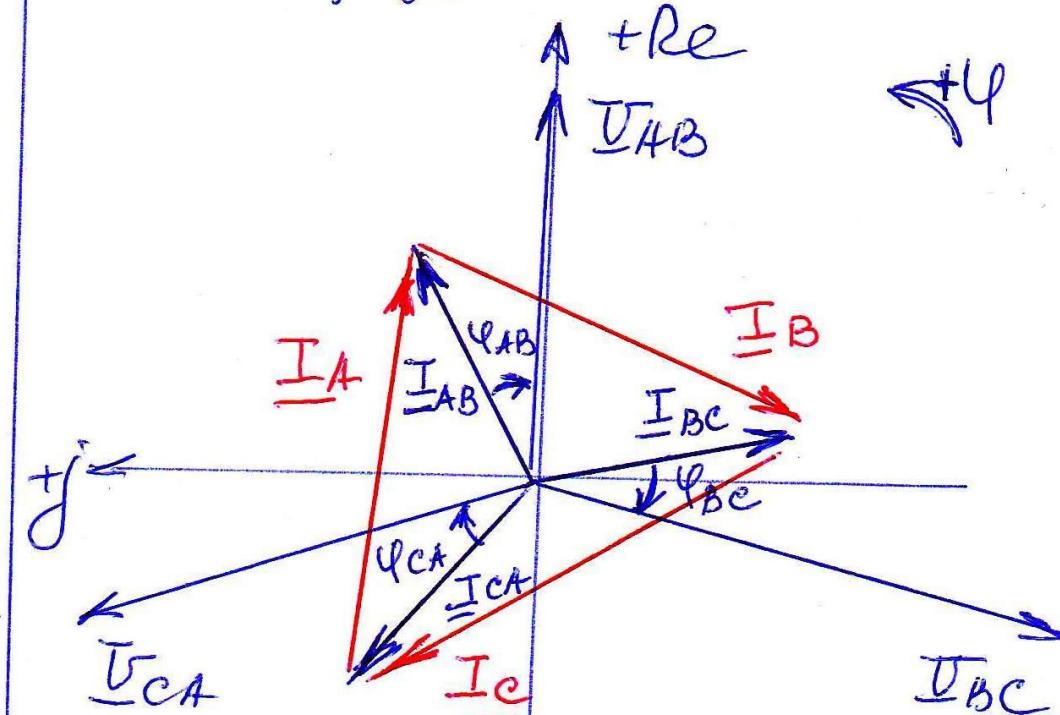
Три вида залежності реактивної складової вектора згруповані зачленами:

δ) Активно-індуктивна згруп.  
якорядка,  $\varphi_{\text{js}} > 0$



$$\varphi_{AB} = \varphi_{BC} = \varphi_{CA} > 0$$

ε) Активно-електомінус  
якорядка,  $\varphi_{\text{js}} < 0$



$$\varphi_{AB} = \varphi_{BC} = \varphi_{CA} < 0$$