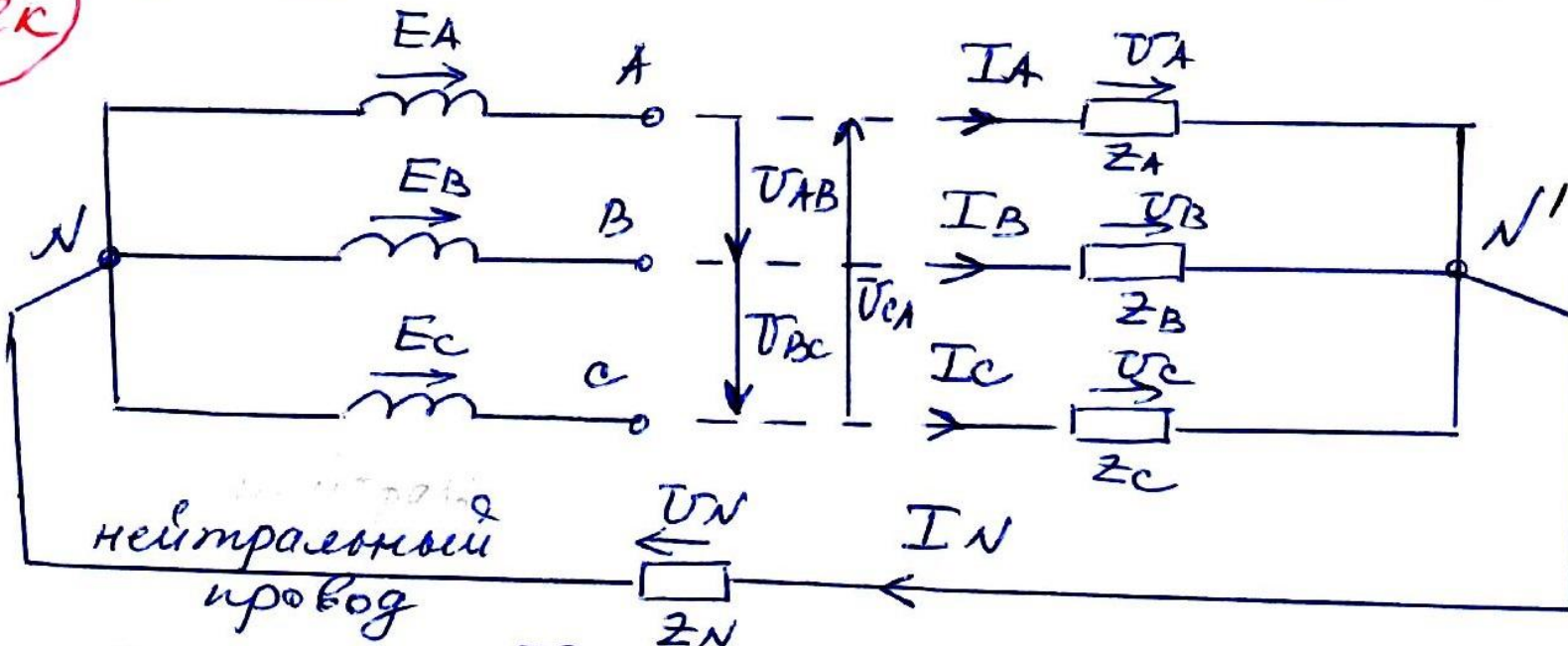


Потребители (потребители) трех-фазного напряжения так же соединяются звездой и треугольником

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

5 лек



$E_A = E_B = E_C = E = \frac{U_{\lambda}}{\sqrt{3}}$ - фаз. ЭДС генератора, соединенного в звезду
 $U_{AB} = U_{BC} = U_{CA} = U_{\lambda} = E\sqrt{3}$ - лин. напряжение

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

$\bar{U}_A, \bar{U}_B, \bar{U}_C$ - фаз. напряжения потребителя

I_A, I_B, I_C - лнн. токи (от ген. к потреб.)

Z_N - сопротивление ^{или это} N-провода ~~разное~~

\bar{U}_N - напряжение между нейтрал. точками
потребителя и генератора

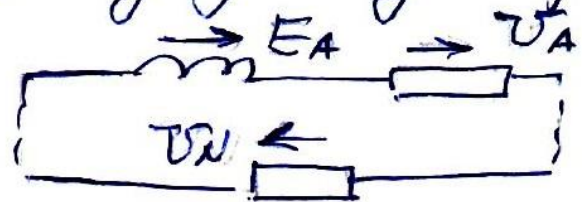
I_N - ток в N-проводе

| Сопротивления всех проводов незначитель-
ны, или можно пренебречь

Поэтому лнн. напряжения на генера-
торе $\bar{U}_{AB}, \bar{U}_{BC}, \bar{U}_{CA} =$ лнн. напряж.
на потребителе.

Запишем в комплекс. форме:

1) Разные напряжения потребителя - 32 -
 По II-ому закону Кирхгофа:



или $\underline{E}_A = \underline{U}_A + \underline{U}_N \Rightarrow$

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

Аналогично: $\underline{U}_B = \underline{E}_B - \underline{U}_N$

$$\underline{U}_C = \underline{E}_C - \underline{U}_N$$

2) Разные (еем.) токи потребителя

$$\underline{I}_A = \underline{U}_A / \underline{z}_A = (\underline{E}_A - \underline{U}_N) \cdot \underline{Y}_A$$

$$\underline{I}_B = \underline{U}_B / \underline{z}_B = (\underline{E}_B - \underline{U}_N) \cdot \underline{Y}_B$$

$$\underline{I}_C = \underline{U}_C / \underline{z}_C = (\underline{E}_C - \underline{U}_N) \cdot \underline{Y}_C$$

$\underline{Y}_A, \underline{Y}_B, \underline{Y}_C$ -
 коэф. проводимости
 фаз
 потребителя

(3) По I-ому закону Кирхгофа:

$$\underline{I}_N = \underline{I}_A + \underline{I}_B + \underline{I}_C = \frac{\underline{U}_N}{\underline{z}_N} = \underline{U}_N \cdot \underline{Y}_N$$

Подставим токи:

Погетаваи токи:

$$\underline{U}_N \underline{Y}_N = (\underline{E}_A - \underline{U}_N) \cdot \underline{Y}_A + (\underline{E}_B - \underline{U}_N) \cdot \underline{Y}_B + (\underline{E}_C - \underline{U}_N) \cdot \underline{Y}_C$$

и ваирази \underline{U}_N

$$\underline{U}_N = \frac{\underline{E}_A \underline{Y}_A + \underline{E}_B \underline{Y}_B + \underline{E}_C \underline{Y}_C}{\underline{Y}_A + \underline{Y}_B + \underline{Y}_C + \underline{Y}_N} \quad U_y(*) \dots 0$$

Погетаваи гуарениа $\underline{E}_A, \underline{E}_B, \underline{E}_C$:

$$\underline{U}_N = \frac{\frac{U_1}{\sqrt{3}} \left[\underline{Y}_A + \left(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}\right) \underline{Y}_B + \left(-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}\right) \underline{Y}_C \right]}{\underline{Y}_A + \underline{Y}_B + \underline{Y}_C + \underline{Y}_N}$$

(M.K.

$$\underline{E}_A = \frac{U_1}{\sqrt{3}}$$

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

$$\underline{E}_C = \frac{U_1}{\sqrt{3}} \left(-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}\right), \text{ а таунсе } \underline{E} = \frac{U_1}{\sqrt{3}}$$

Особые случаи:

1) Симметрич. нагрузка

$$\underline{Z}_A = \underline{Z}_B = \underline{Z}_C = \underline{Z}_\varphi, \text{ а также } \underline{Y}_A = \underline{Y}_B = \underline{Y}_C = \underline{Y}_\varphi$$

В этом случае

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

т.е. $\underline{I}_N = \frac{\underline{U}_N}{\underline{Z}_N} = \frac{0}{\underline{Z}_N} = 0$ - ток в N-проводе равен 0, необходимость в N-проводе отсутствует.

2) Несимметр. нагрузка

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

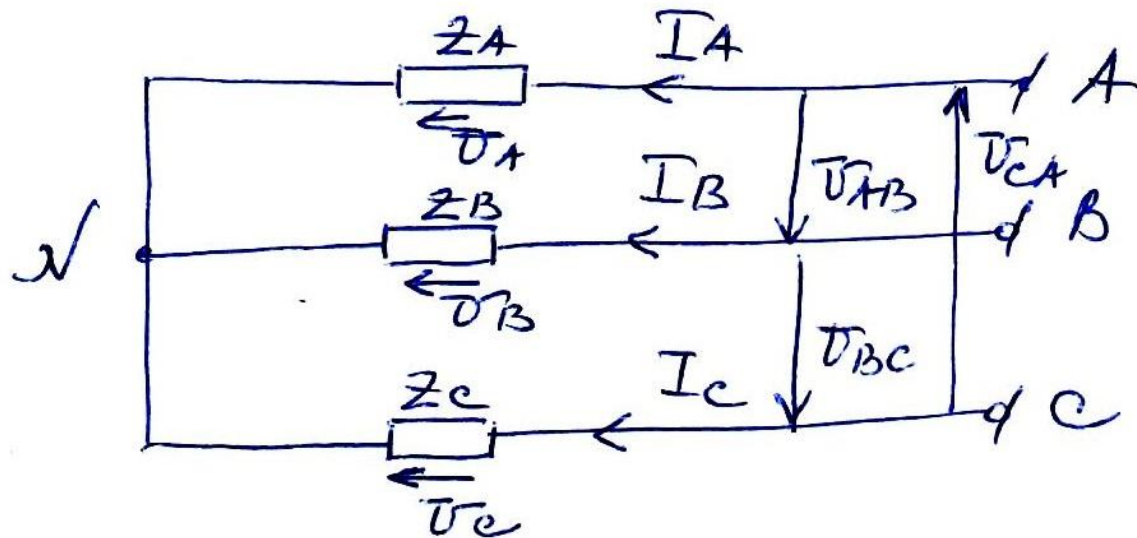
используется для обеспечения безопасности и прочности, надежности.

3) Если показать, что $Z_N = 0$, то
 $Y_N \rightarrow \infty$, $\underline{U}_N \sim \frac{1}{Y_N} \rightarrow 0$

$$\underline{I}_N = \frac{\underline{U}_N}{Z_N} = \frac{0}{0} - \text{неопределенное}$$

Для нахождения $\underline{I}_N = \underline{I}_A + \underline{I}_B + \underline{I}_c$

Симметр. 3-фазный потребитель,
включенный по схеме "звезда без N-провода"



Условие симметрии:

-34-

$$\left\{ \begin{array}{l} \underline{Z}_A = \underline{Z}_B = \underline{Z}_C = \underline{Z}_{op}, \text{ что означает} \\ \underline{U}_{AB} = \underline{U}_{BC} = \underline{U}_{CA} = \underline{U}_\Delta \text{ — лн. напр. равны по модулю} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} R_A = R_B = R_C \\ X_A = X_B = X_C \end{array} \right.$$

Основные соотношения:

1) Разные напряжения

$$\underline{U}_A = \underline{E}_A - \underline{U}_N = \underline{E}_A = \frac{U_\Delta}{\sqrt{3}} e^{j0} = \frac{U_\Delta}{\sqrt{3}}$$

$$\underline{U}_B = \underline{E}_B - \underline{U}_N = \underline{E}_B = \frac{U_\Delta}{\sqrt{3}} e^{-j120^\circ} = \frac{U_\Delta}{\sqrt{3}} \left(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}\right)$$

$$\underline{U}_C = \underline{E}_C - \underline{U}_N = \underline{E}_C = \frac{U_\Delta}{\sqrt{3}} e^{j120^\circ} = \frac{U_\Delta}{\sqrt{3}} \left(-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}\right)$$

а их модуль $U_A = U_B = U_C = U_\Delta = \frac{U_\Delta}{\sqrt{3}}$

2) Линейные напряжения

$$\underline{U}_{AB} = \underline{U}_A - \underline{U}_B = U_\Delta e^{j30^\circ} = U_\Delta \left(\frac{\sqrt{3}}{2} + j\frac{1}{2}\right)$$

$$\underline{U}_{BC} = \underline{U}_B - \underline{U}_C = U_\Delta e^{-j90^\circ} = -j U_\Delta$$

$$\underline{U}_{CA} = \underline{U}_C - \underline{U}_A = U_\Delta e^{j150^\circ} = U_\Delta \left(-\frac{\sqrt{3}}{2} + j\frac{1}{2}\right)$$

3) Разные (свн.) токи

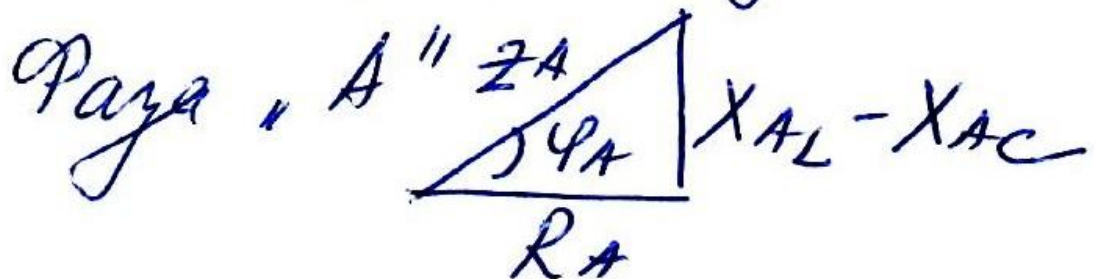
$$\underline{I}_A = \frac{\underline{U}_A}{\underline{Z}_A} \quad \underline{I}_B = \frac{\underline{U}_B}{\underline{Z}_B} \quad \underline{I}_C = \frac{\underline{U}_C}{\underline{Z}_C}$$

а для модулей

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

4) Разные углы

- углы между \underline{I}_φ и \underline{U}_φ

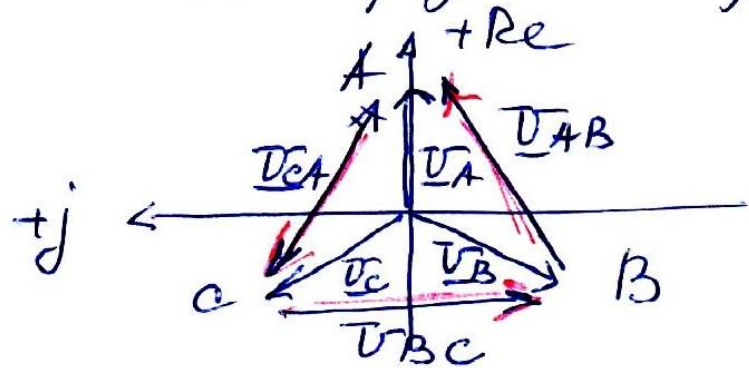


$$\varphi_A = \arctg \frac{X_{AL} - X_{AC}}{R_A}$$

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

Векторная диаграмма

Построение аналогично вект. диагр. для источника, фаза которого соуд. в \angle



Связь фаз и т.д.
Линейные токи

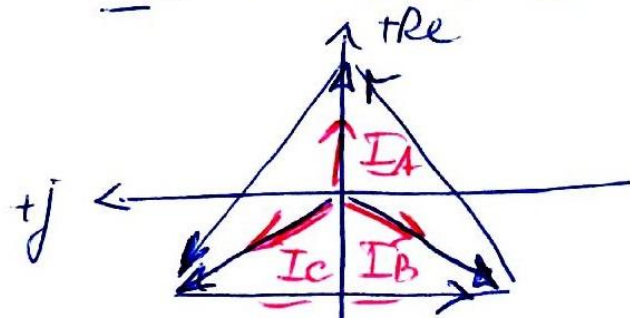
$$U_L = \sqrt{3} U_{\text{ф}}$$

I_A, I_B, I_C

Далее надо показать векторы тока
Их положение определяется углами $\varphi_A, \varphi_B, \varphi_C$.

Возможны различные случаи.

а) Активной хр нагрузки
 $\underline{z}_A = R_A, \underline{z}_B = R_B, \underline{z}_C = R_C$ $\varphi = 0$

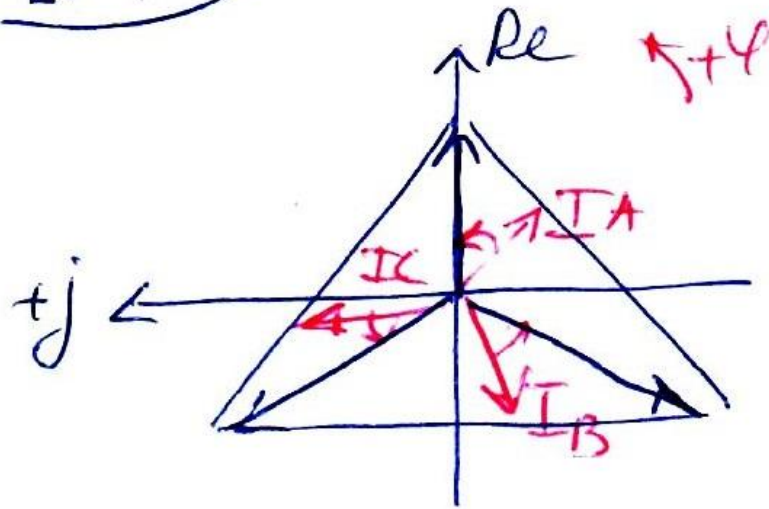


а) Активно-индуктивно.

$X_L > X_C$

$\varphi > 0$

$Z = R + jX_L$

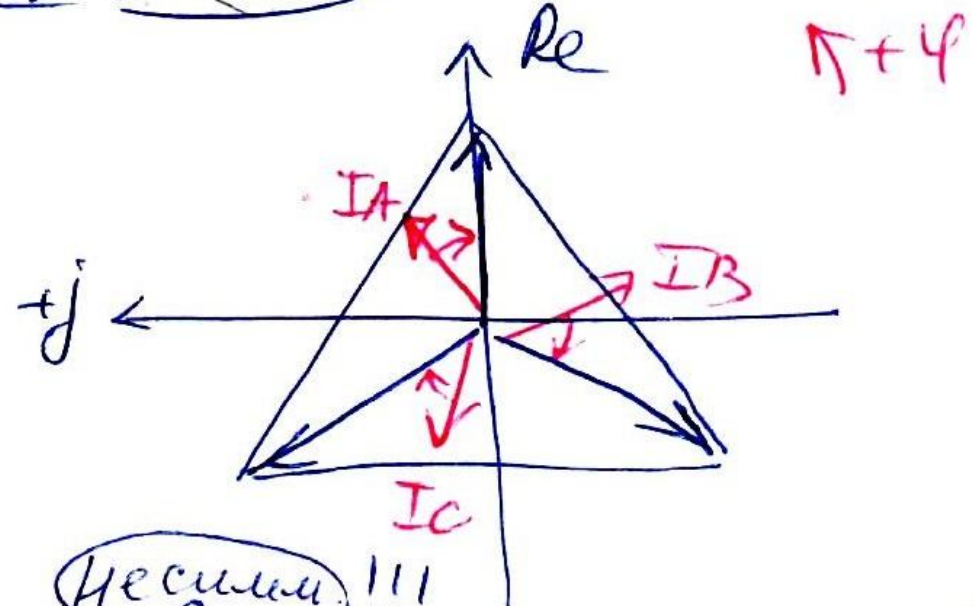


б) Активно-емкостной

$X_L < X_C$

$\varphi < 0$

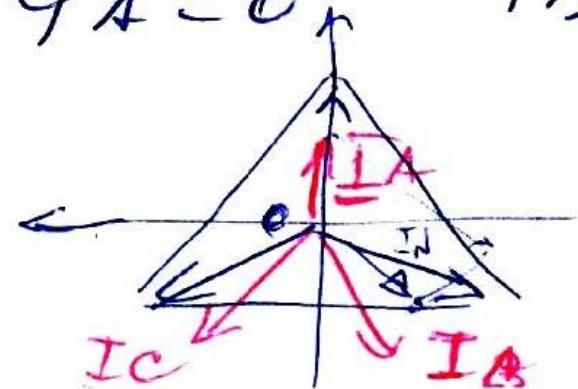
$Z = R - jX_C$



Несимм.!!!

Для случая смешанной нагрузки, на-
пример $\varphi_A = 0$ $\varphi_B > 0$ $\varphi_C < 0$:

с N-провод.



— Для системы без N-пр.
т.о. сместится в
такое положение, чтобы
 $\sum \underline{I} = 0$.

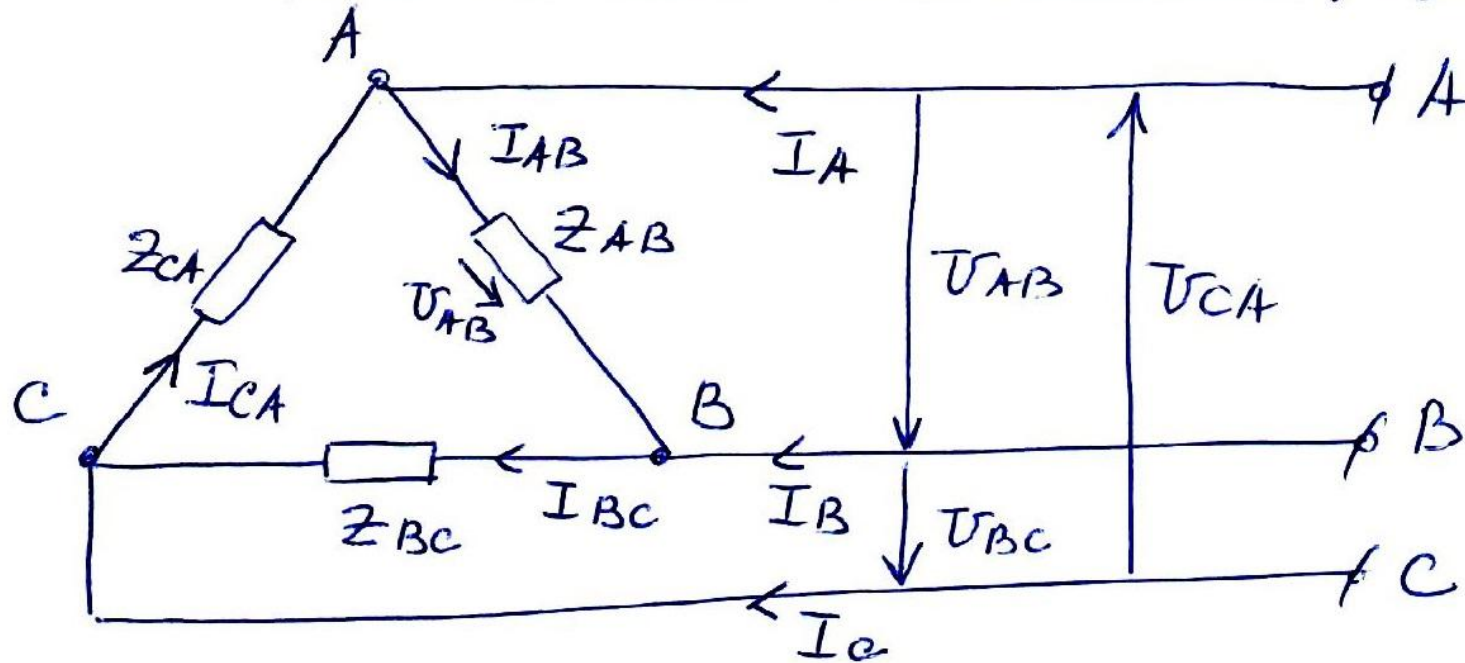
Запомнить!

Для звезды

$$\begin{cases} I_1 = I_{\text{ф}} \\ U_1 = \sqrt{3} U_{\text{ф}} \end{cases}$$

-36-

Симметричной 3-фазной потребителем,
включенной по схеме треугольника



Условие симметрии:

$$\begin{cases} \underline{Z}_{AB} = \underline{Z}_{BC} = \underline{Z}_{CA}, & \text{или} \\ \underline{U}_{AB} = \underline{U}_{BC} = \underline{U}_{CA} = \underline{U}_1 = \underline{U}_{\text{ф}} \end{cases} \begin{cases} R_{AB} = R_{BC} = R_{CA} \\ X_{AB} = X_{BC} = X_{CA} \end{cases}$$

$\underline{I}_A, \underline{I}_B, \underline{I}_C$ - линейные токи (I_L)

$\underline{I}_{AB}, \underline{I}_{BC}, \underline{I}_{CA}$ - фазные токи (I_Φ)

Основные соотношения

1) Линейные (фазные) напряжения

$$\underline{U}_{AB} = U_1 e^{j0} = U_1 \quad \text{- направление } \underline{U}_{AB} \text{ по векц. осе}$$

$$\underline{U}_{BC} = U_1 e^{-j120^\circ} = U_1 \left(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}\right)$$

$$\underline{U}_{CA} = U_1 e^{j120^\circ} = U_1 \left(-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}\right)$$

2) Фазные токи

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

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

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

3) Линейные токи

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

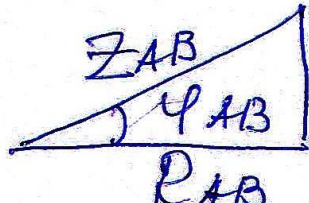
$$\underline{I}_A = \underline{I}_{AB} - \underline{I}_{CA}$$

Аналогично:

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

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

4) Разные углы

Для угла AB  $\varphi_{AB} = \arctg \frac{X_{ABL} - X_{ABC}}{R_{AB}}$

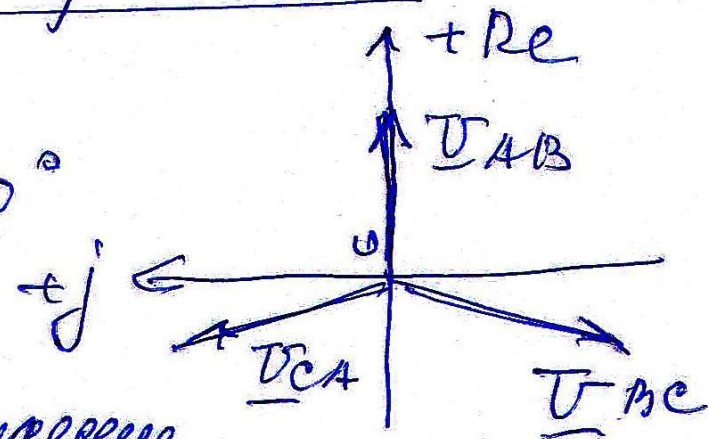
Аналогично: $\varphi_{BC} = \arctg \frac{X_{BCL} - X_{BCS}}{R_{BC}}$

$$\varphi_{CA} = \arctg \frac{X_{CAL} - X_{CAS}}{R_{CA}}$$

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

Векторная диаграмма

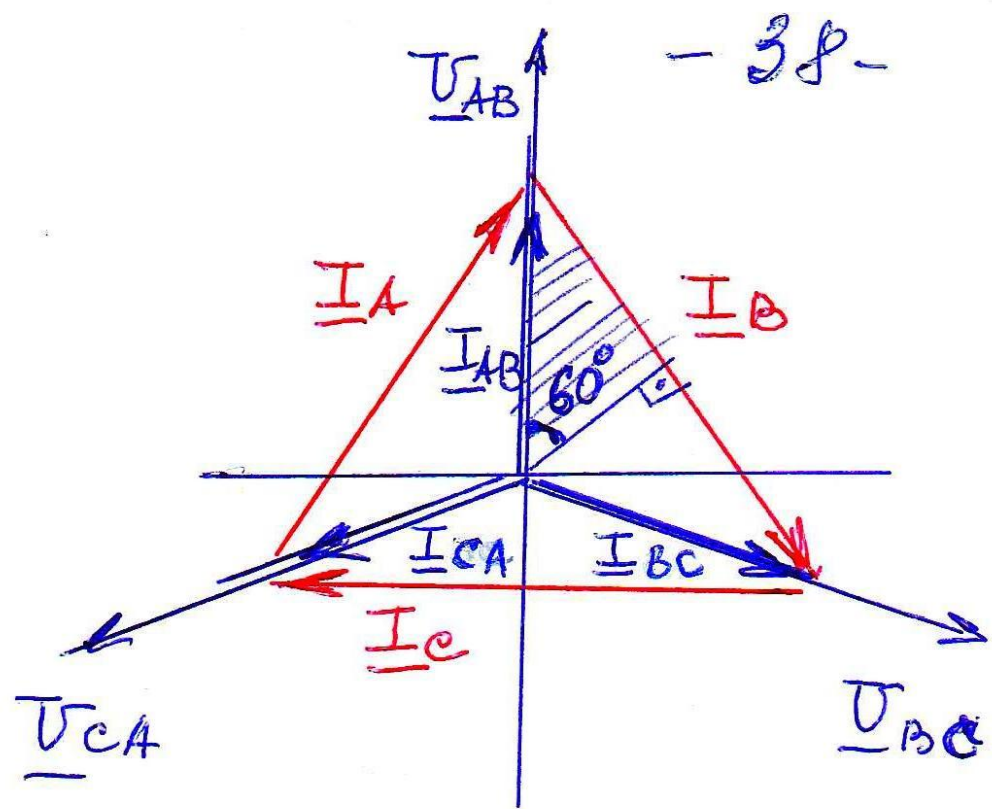
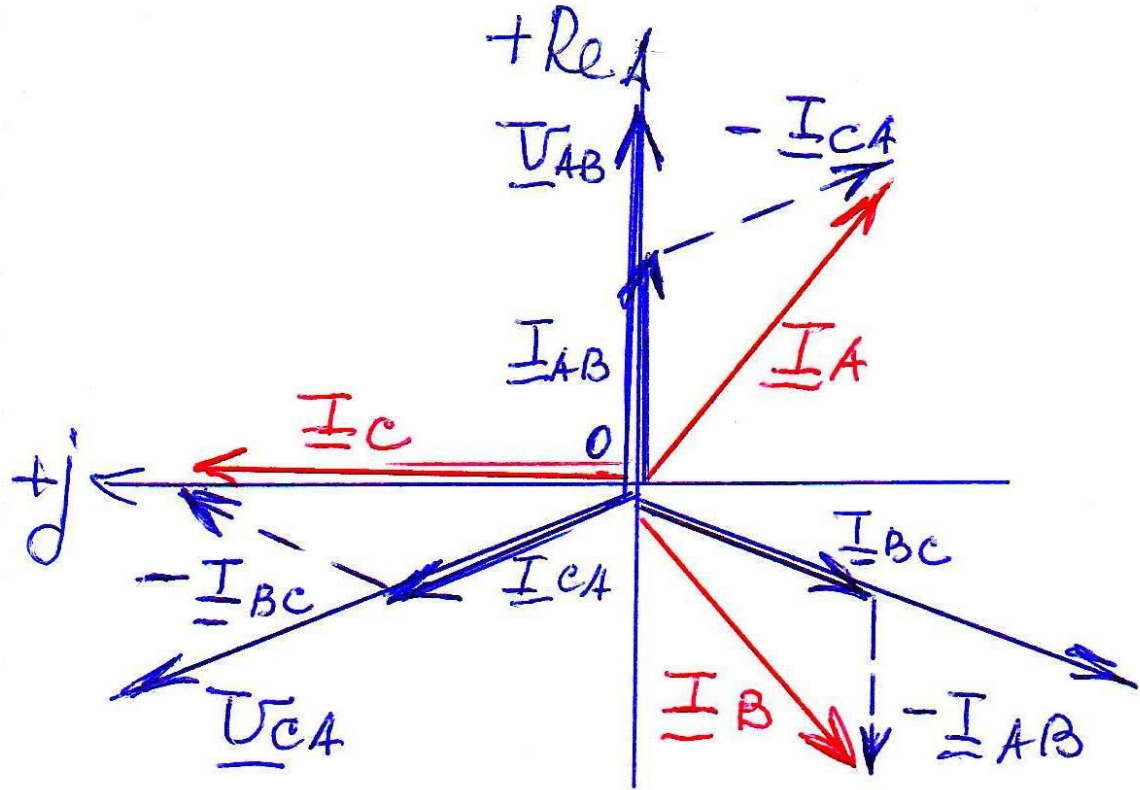
Векторы \underline{U}_{AB} , \underline{U}_{BC} , \underline{U}_{CA}
смещены на угол 120°



Далее надо показать положение
векторов тока — 3 фазы и 3 линейных

а) Рассмотрим случай чисто активной
нагрузки, т.е. $\chi_\varphi = \chi_{\varphi L} - \chi_{\varphi C} = 0$
 $\underline{Z}_\varphi = R_\varphi$

Тогда $\varphi_\varphi = \arctg \frac{0}{R_\varphi} = \arctg 0 = 0$, т.е.
векторы \underline{I}_φ и \underline{U}_φ совпадают по
направлению.



По известному построению:

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

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

т.е. $I_A = I_B = I_C = I_\lambda = I_\varphi \sqrt{3}$

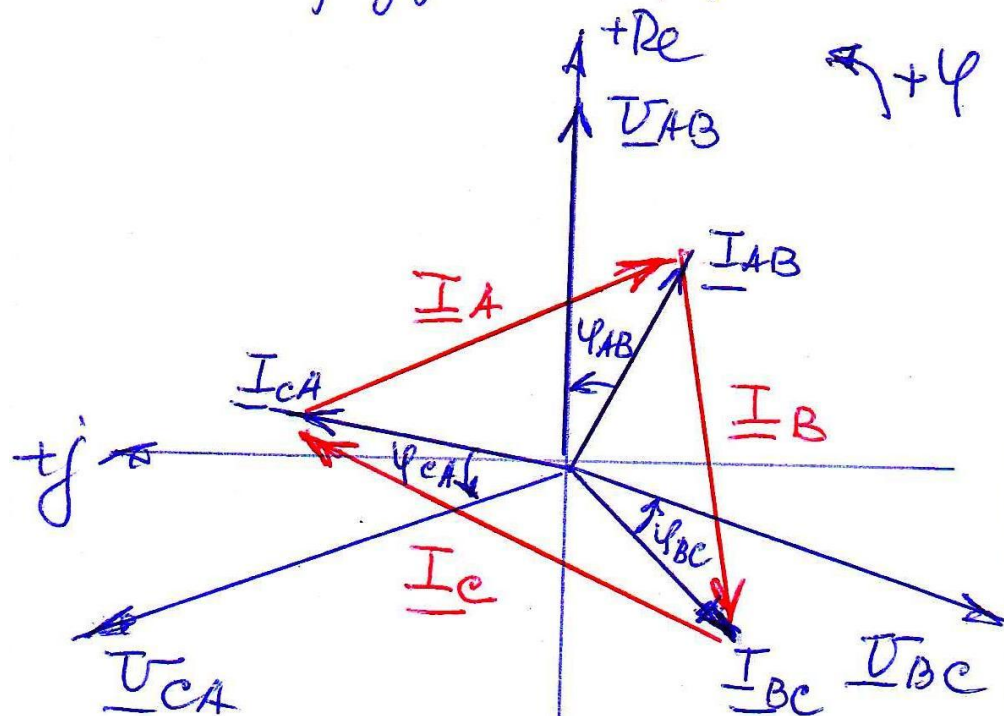
Заполняем!

Для силы тр-ко

$$\boxed{ \begin{array}{l} U_\lambda = U_\varphi \\ I_\lambda = \sqrt{3} I_\varphi \end{array} }$$

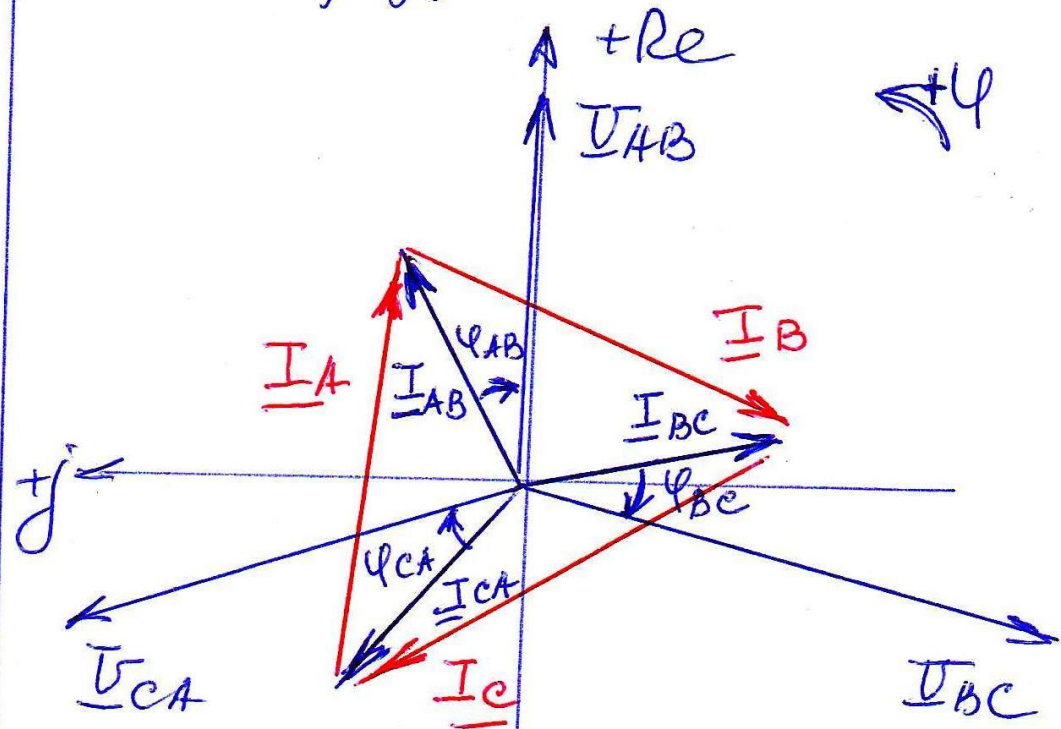
Три наиболее реактивной составляющей
 вид векторной диаграммы имеет:

б) Активно-индуктивная
 нагрузка, $\varphi > 0$



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

в) Активно-емкостная
 нагрузка, $\varphi < 0$



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