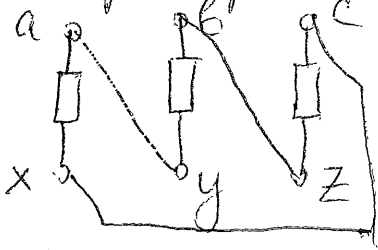


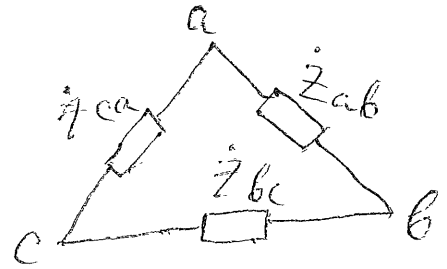
# Трёхфазные цепи.

## Соединение треугольник

У трёхфазного потребителя соединяются проводами начала и концы соседних фаз, например:

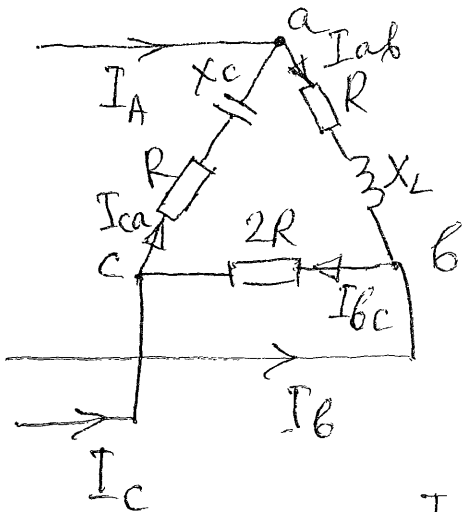


или схему изображают так:



Три соединения "Δ" выполняются сочетаниями  $U_l = U_{\phi}$ ;  $I_l \neq I_{\phi}$

Пример расчета несимметричного потребителя!  
 Дано:  $U_l = 220$  (В);  $R = X_L = X_C = 10$  (Ом)



Найти: все токи и мощности

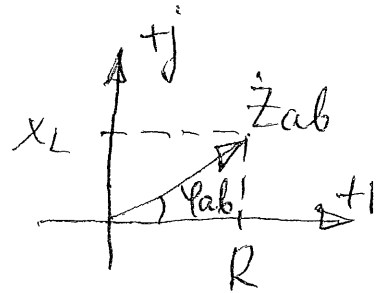
Решение:

Потребитель несимметричный, поэтому расчет ведем по каждой фазе!

фаза "ab":

$$I_{ab} = \frac{U_{\phi}}{|Z_{ab}|} = \frac{U_l}{\sqrt{R^2 + X_L^2}} =$$

$$= \frac{220}{\sqrt{10^2 + 10^2}} \approx 16 \text{ (A)}; \quad \varphi_{ab} = \arctg \frac{X_L}{R} = 45^\circ$$



Т.к. в фазе присутствует катушка, то на угол  $\varphi_{ab}$  ток фазы отстает от напряжения.

фаза "bc":

$$I_{bc} = \frac{U_{\phi}}{|Z_{bc}|} = \frac{U_l}{2R} = \frac{220}{2 \cdot 10} = 11 \text{ (A)}$$

$\varphi_{bc} = 0^\circ$ , т.к. в фазе включен только резистор. Ток и напряжение фазы не имеют фазового угла.

фаза "ca":

$$I_{ca} = \frac{U_{\phi}}{|Z_{ca}|} = \frac{U_l}{|Z_{ca}|} = \frac{U_l}{\sqrt{R^2 + X_C^2}} =$$

$$= \frac{220}{\sqrt{10^2 + 10^2}} \approx 16 \text{ (A)}$$

$\begin{matrix} +j \\ \uparrow \\ R \\ \rightarrow \\ \pi \\ \downarrow \\ \angle \end{matrix}$ 
 $\varphi_{ca} = \arctg \frac{x_c}{R} = 45^\circ$ , т.к. в фазе включен конденсатор, то на угол  $\varphi_{ca}$  напряжение отстает от тока фазой.

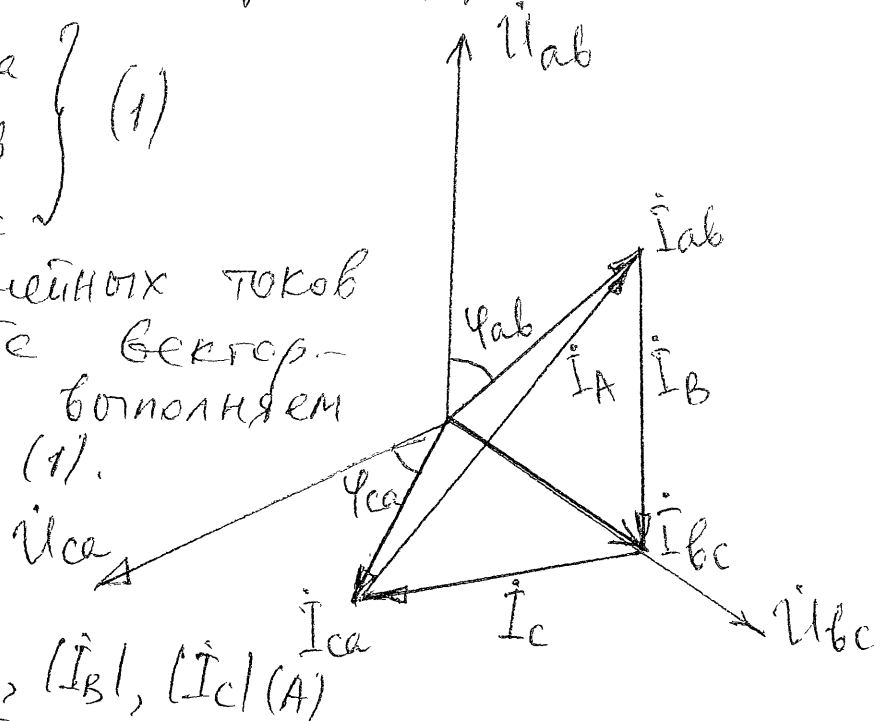
Мы определили фазные токи. Для определения линейных токов запишем 1з Кирхгофа для узлов схем (в векторной форме):

$$\left. \begin{aligned} \text{узел "a": } \dot{I}_A &= \dot{I}_{ab} - \dot{I}_{ca} \\ \text{узел "b": } \dot{I}_B &= \dot{I}_{bc} - \dot{I}_{ab} \\ \text{узел "c": } \dot{I}_C &= \dot{I}_{ca} - \dot{I}_{bc} \end{aligned} \right\} (1)$$

Для нахождения линейных токов строим в масштабе векторную диаграмму и выполняем векторные разности (1).

В итоге путем измерения находим

линейные токи  $|\dot{I}_A|, |\dot{I}_B|, |\dot{I}_C|$  (А)



Расчет мощностей: фаза "ab":  $P_{ab} = \dot{I}_{ab}^2 \cdot R$  (Вт)

$$Q_{ab} = \dot{I}_{ab}^2 \cdot x_L \text{ (ВАр)}; S_{ab} = \sqrt{P_{ab}^2 + Q_{ab}^2} \text{ (ВА)}$$

фаза "bc":  $P_{bc} = \dot{I}_{bc}^2 \cdot 2R$  (Вт);  $Q_{bc} = 0$ ;

$$S_{bc} = P_{bc} \text{ (ВА)}$$

фаза "ca":  $P_{ca} = \dot{I}_{ca}^2 \cdot R$  (Вт);  $Q_{ca} = -\dot{I}_{ca}^2 \cdot x_c$  (ВАр);

$$S_{ca} = \sqrt{P_{ca}^2 + Q_{ca}^2} \text{ (ВА)}$$

Для всего потребителя:

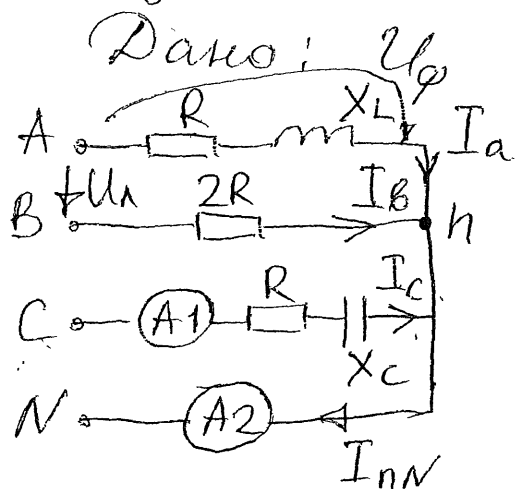
$$P = P_{ab} + P_{bc} + P_{ca} = 2 \dot{I}_{ab}^2 \cdot R + \dot{I}_{bc}^2 \cdot 2R \text{ (Вт)}$$

$$Q = Q_{ab} + Q_{bc} + Q_{ca} = \dot{I}_{ab}^2 \cdot x_L - \dot{I}_{ca}^2 \cdot x_c \text{ (ВАр)}$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \text{ (ВА)}$$

# Трёхфазные цепи

## Соединение "звезда"



$U_{\Delta} = 380 \text{ (В)}, R = X_L = X_C = 10 \text{ (Ом)}$

Найти:  $(A1), (A2), P, Q, S$

Решение:

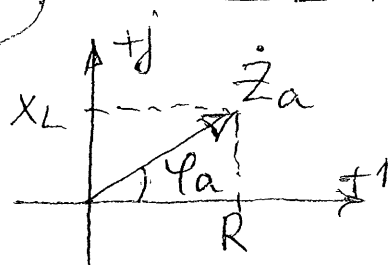
Это несимметричная цепь, поэтому расчет ведем по каждой фазе:

фаза "а":

П.к. схема "звезда", то имеют место соотношения между величинами:

$$U_{\Delta} = U_{\phi} \cdot \sqrt{3}; \quad I_{\Delta} = I_{\phi};$$

$$I_a = \frac{U_{\phi}}{|Z_{\phi}|} = \frac{U_{\Delta}}{\sqrt{3}|Z_{a1}|} = \frac{U_{\Delta}}{\sqrt{3}\sqrt{R^2 + X_L^2}} = \frac{380}{\sqrt{3}\sqrt{10^2 + 10^2}} = 15 \text{ (А)}$$



$$\phi_a = \arctg \frac{X_L}{R} = \arctg 1 = 45^\circ$$

Т.к. в фазе "а" индуктивность, то на угол  $\phi_a$  отстает ток

фаза "б":

$$I_b = \frac{U_{\phi}}{|Z_{\phi}|} = \frac{U_{\Delta}}{\sqrt{3}|Z_{b1}|} = \frac{U_{\Delta}}{\sqrt{3} \cdot 2R} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot 10} = 11 \text{ (А)}$$

$\phi_b = 0^\circ$ . Т.к. в фазе "б" только резистор, то ток и напряжение совпадают по фазе.

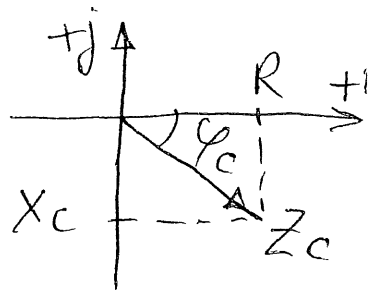
фаза "с":  $(A1) = I_c$

$$I_c = \frac{U_{\phi}}{|Z_{\phi}|} = \frac{U_{\Delta}}{\sqrt{3}|Z_{c1}|} = \frac{U_{\Delta}}{\sqrt{3}\sqrt{R^2 + X_C^2}} = \frac{380}{\sqrt{3}\sqrt{10^2 + 10^2}} = 15 \text{ (А)}$$

$$16 \text{ (A)}; \varphi_c = \arctg \frac{X_c}{R} = 45^\circ$$

Г.к в фазе "с" емкость, то

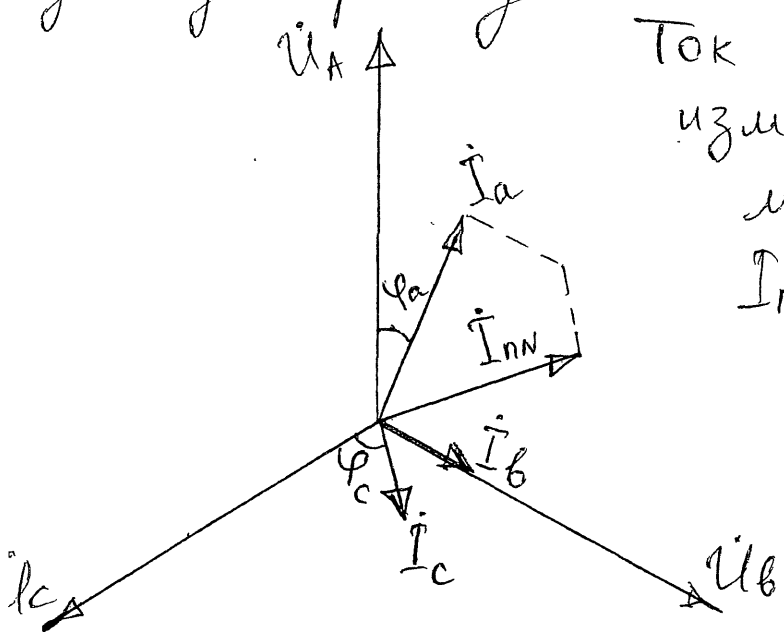
а угол  $\varphi_c$  отстает напряжение  $X_c$



по 1з. Кирхгофа для узла n:

$\dot{I}_{nN} = \dot{I}_a + \dot{I}_b + \dot{I}_c$ . Для нахождения тока

в нейтрале строим в масштабе векторную диаграмму:



Ток  $\dot{I}_{nN} = 19 \text{ (A)}$  находим путем измерения  $\dot{I}_{nN}$  с учетом масштаба

$$I_{nN} = 19 \text{ (A)}$$

Расчет мощностей: фаза "а":  $P_a = I_a^2 R \text{ (Вт)}$ ,

$$Q_a = I_a^2 X_L \text{ (ВАр)}; S_a = \sqrt{P_a^2 + Q_a^2} \text{ (ВА)}$$

фаза "б":  $P_b = I_b^2 \cdot 2R \text{ (Вт)}; Q_b = 0; S_b = P_b \text{ (ВА)}$

фаза "с":  $P_c = I_c^2 \cdot R \text{ (Вт)}; Q_c = -I_c^2 \cdot X_c \text{ (ВАр)}$ ;

$$S_c = \sqrt{P_c^2 + Q_c^2} \text{ (ВА)}$$

Для всего потребителя:

$$P = P_a + P_b + P_c = 2 I_a^2 \cdot R + I_b^2 \cdot 2R \text{ (Вт)}$$

$$Q = Q_a + Q_b + Q_c = I_a^2 X_L - I_c^2 X_c \text{ (ВАр)}$$

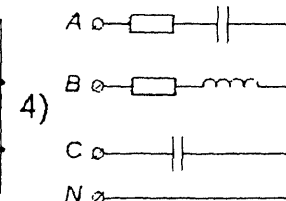
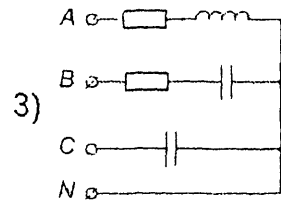
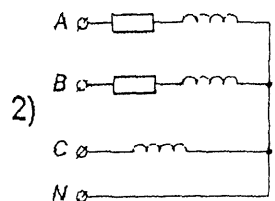
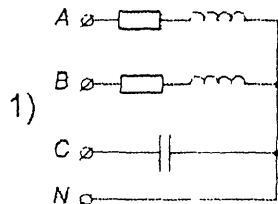
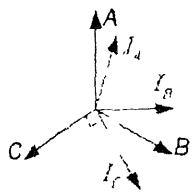
$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \text{ (ВА)}$$

2.

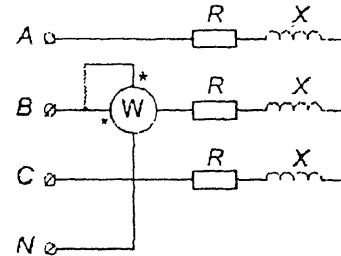
2. Указать ошибку в приведенных определениях.

- 1) Напряжение между нейтральными точками источника и потребителя называется напряжением смещения нейтрали
- 2) Напряжение между началом и концом фазы называется линейным напряжением
- 3) Ток в фазе потребителя называется фазным током
- 4) Ток в линейном проводе называется линейным током

42. По векторной диаграмме составить схему замещения цепи.



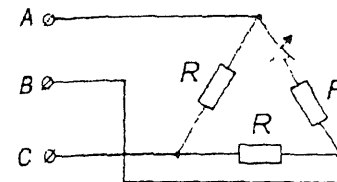
96. Найти показание ваттметра.



Дано:  
 $U_{\text{л}} = 220 \text{ В}$   
 $R = X = 10 \text{ Ом}$

Ввести ответ, округлив до десятков Вт.

122. Как изменятся токи в цепи при размыкании ключа? Указать неправильный ответ.



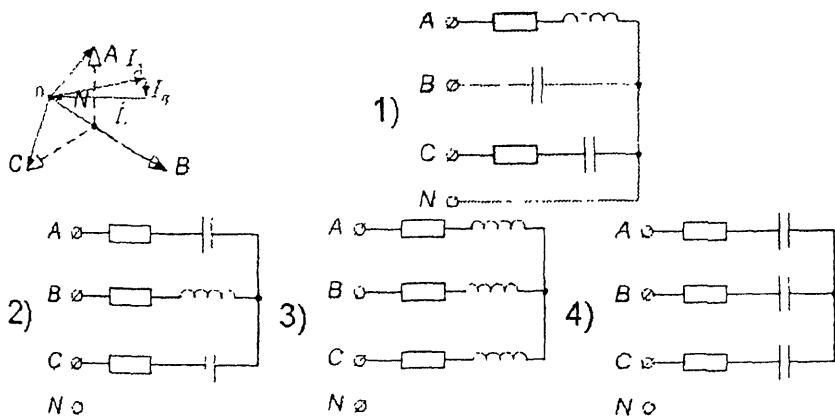
- 1)  $I_{BC}$  не изменится
- 2)  $I_{CA}$  не изменится
- 3)  $I_B$  не изменится
- 4)  $I_A$  уменьшится

3.

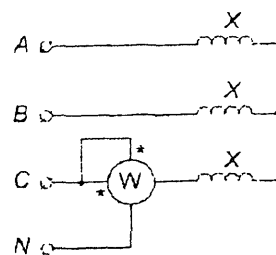
3. В каком из приведенных выражений напряжений для прямого порядка чередования фаз допущена ошибка, если  $U_A = U_m \sin(\omega t)$  ?

- 1)  $U_B = U_m \sin(\omega t - 120^\circ)$
- 2)  $U_C = U_m \sin(\omega t + 120^\circ)$
- 3)  $U_{AB} = \sqrt{3} U_m \sin(\omega t - 30^\circ)$
- 4)  $U_{BC} = \sqrt{3} U_m \sin(\omega t - 90^\circ)$

43. По векторной диаграмме составить схему замещения цепи.



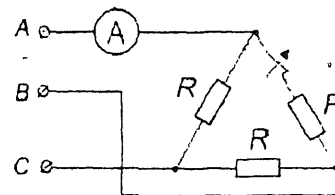
97. Найти показание ваттметра.



Дано:  
 $U_{\text{л}} = 220 \text{ В}$   
 $X = 10 \text{ Ом}$

Ввести ответ, округлив до единиц Вт.

123. Определить показание амперметра при размыкании ключа.



Дано:  
 $U_{\text{л}} = 200 \text{ В}$   
 $R = 40 \text{ Ом}$

Ввести ответ, округлив до единиц ампер.

4

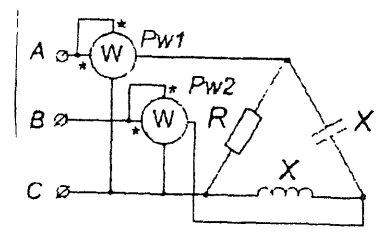
14. Почему обрыв нейтрального провода является аварийным режимом?

- 1) Изменяются фазные напряжения источника
- 2) Изменяются линейные напряжения источника
- 3) Изменяются фазные напряжения потребителя
- 4) Изменяются линейные напряжения потребителя

51. Фазный ток симметричного потребителя, соединенного по схеме звезда, равен 22 А. Сопротивление фазы потребителя  $Z_{\phi} = 10 \text{ Ом}$ . Определить линейное напряжение источника.

Ввести ответ, округлив до единиц ампер.

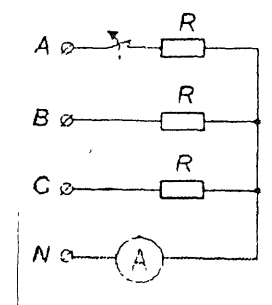
111. Определить показания ваттметров? Указать правильный ответ.



Дано:  
 $U_{\text{л}} = 660 \text{ В}$   
 $R = X = 50 \text{ Ом}$

- |                               |                               |
|-------------------------------|-------------------------------|
| 1) $P_{W1} = 1180 \text{ Вт}$ | 3) $P_{W1} = 3940 \text{ Вт}$ |
| 2) $P_{W2} = 3940 \text{ Вт}$ | 4) $P_{W2} = 4780 \text{ Вт}$ |

136. Определить показание амперметра при размыкании ключа в проводе А.



Дано.  
 $U_{\text{л}} = 380 \text{ В}$   
 $R = 10 \text{ Ом}$

Ввести ответ, округлив до единиц ампер.

5.

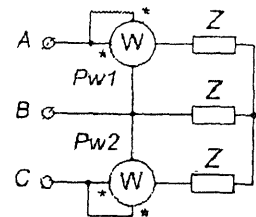
15. Указать правильное определение фазного напряжения.

- 1) Напряжение между началом и концом фазы
- 2) Напряжение между началами фаз
- 3) Напряжение между линейными проводами
- 4) Напряжение между нейтральными точками источника и потребителя

52. Трехфазный двигатель включен в сеть с  $U_{\text{л}} = 220 \text{ В}$  по схеме звезда. Мощность двигателя  $P_{\text{дв}} = 3 \text{ кВт}$ ,  $\cos \varphi_{\text{дв}} = 0,5$ . Определить линейный ток двигателя.

Ввести ответ, округлив до единиц ампер.

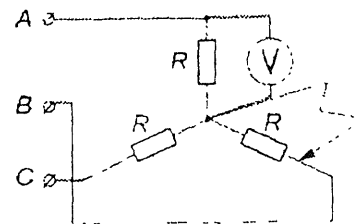
112. Определить показание ваттметра  $P_{W2}$ .



Дано:  
 $U_{\text{л}} = 660 \text{ В}$   
 $I_{\text{ф}} = 10 \text{ А}$   
 $P_{W1} = 0$

Ввести ответ, округлив до сотен Вт.

134. Определить показание вольтметра при коротком замыкании фазы  $B$ .



Дано:  
 $U_{\text{л}} = 380 \text{ В}$

Ввести ответ, округлив до десятков вольт.



6.

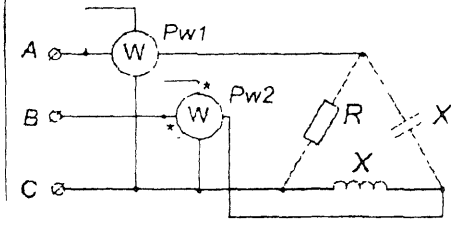
16. Указать правильное определение линейного напряжения.

- 1) Напряжение между началом и концом фазы
- 2) Напряжение между началами фаз
- 3) Напряжение между началом фазы и нейтральным проводом

53. В трехфазную цепь с  $U_n = 380$  В по схеме звезда с нейтральным проводом включены три резистора:  $R_A = 10$  Ом,  $R_B = 15$  Ом,  $R_C = 20$  Ом. Вычислить активную мощность цепи.

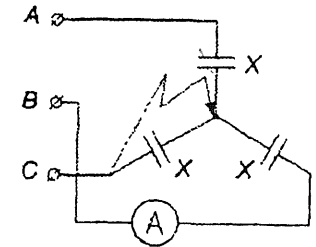
Ввести ответ, округлив до единиц кВт.

118. Сравнить показания ваттметров, если  $R = X$ .



- 1)  $P_{W1} > P_{W2}$
- 2)  $P_{W2} > P_{W1}$
- 3)  $P_{W1} = P_{W2}$

132. Определить показание амперметра при коротком замыкании фазы C.



Дано:  
 $U_n = 100$  В  
 $R = 20$  Ом

Ввести ответ, округлив до единиц ампер.