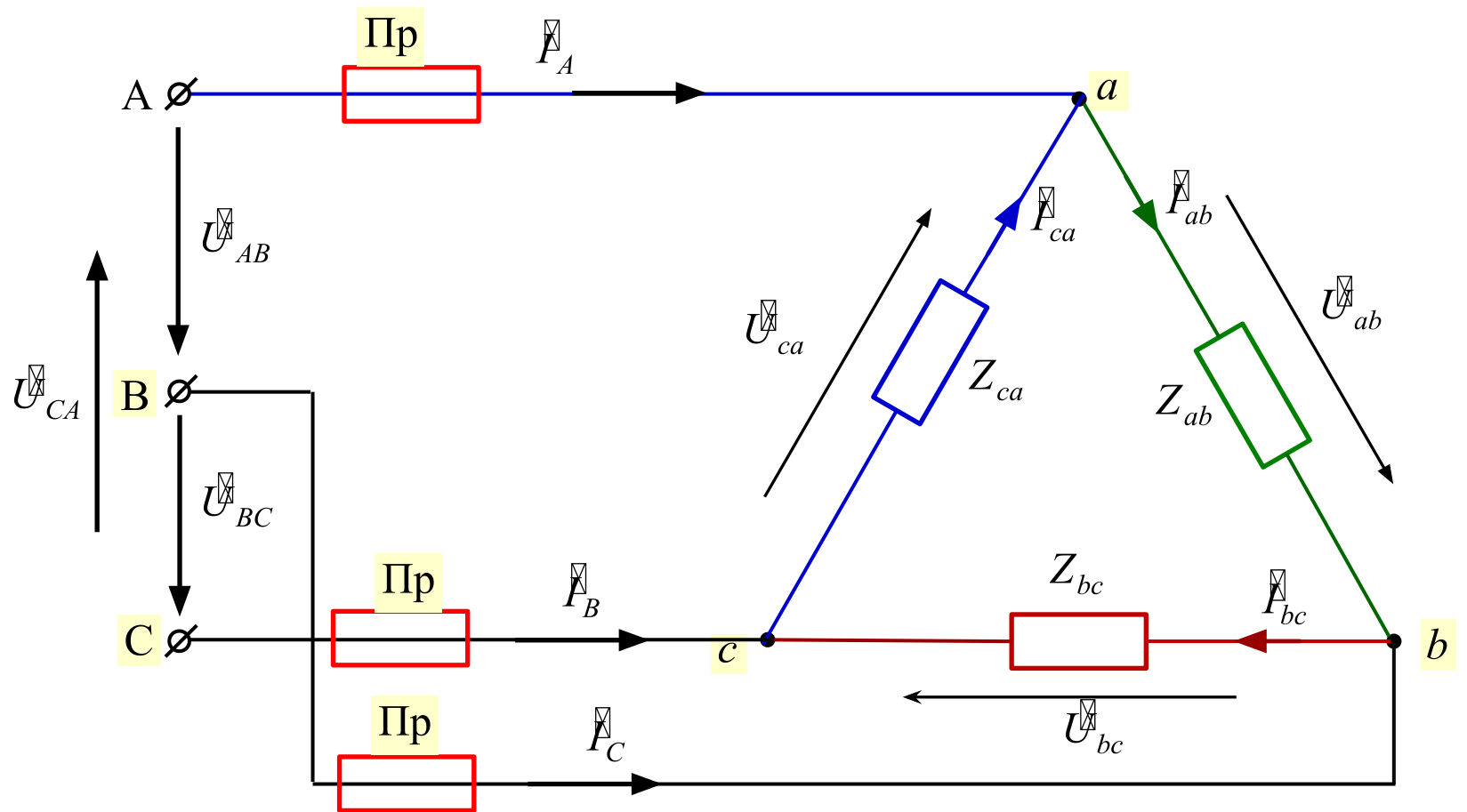


БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова
кафедра электротехники, О8

Лекция 7

Трёхфазные электрические цепи
Соединение треугольником

Соединение нагрузки фаз приемника «треугольником»



линейные токи: I_A, I_B, I_C

фазные токи приёмника: I_{ab}, I_{bc}, I_{ca}

Фазные напряжения U_{ab}, U_{bc}, U_{ca}

Линейные напряжения U_{AB}, U_{BC}, U_{CA}

Фазные токи и напряжения при соединении нагрузки треугольником

При соединении нагрузки треугольником фазные напряжения равны линейным напряжениям:

$$\dot{U}_{AB} = \dot{U}_{ab}$$

$$\dot{U}_{BC} = \dot{U}_{bc}$$

$$\dot{U}_{CA} = \dot{U}_{ca}$$

$$U_{\text{Л}} = U_{\text{Ф}}$$

Фазные токи приемника определяются по закону Ома:

Комплексные значения
фазных токов:

$$\dot{I}_{ab} = \frac{\dot{U}_{ab}}{Z_{ab}} = \dot{U}_{ab} \cdot Y_{ab} = I_{ab} \cdot e^{j\psi_{ab}}$$

$$\dot{I}_{bc} = \frac{\dot{U}_{bc}}{Z_{bc}} = \dot{U}_{bc} \cdot Y_{bc} = I_{bc} \cdot e^{j\psi_{bc}}$$

$$\dot{I}_{ca} = \frac{\dot{U}_{ca}}{Z_{ca}} = \dot{U}_{ca} \cdot Y_{ca} = I_{ca} \cdot e^{j\psi_{ca}}$$

Действующие значения
фазных токов:

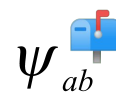
$$I_{ab} = \frac{U_{ab}}{Z_{ab}} = U_{ab} \cdot y_{ab}$$

$$I_{bc} = \frac{U_{bc}}{Z_{bc}} = U_{bc} \cdot y_{bc}$$

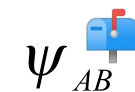
$$I_{ca} = \frac{U_{ca}}{Z_{ca}} = U_{ca} \cdot y_{ca}$$

$$\varphi_{ab} = \arctg \frac{x_{ab}}{r_{ab}} \quad \text{-фазовый сдвиг}$$

$$\psi_{ab} = \psi_{AB} - \varphi_{ab}$$



начальная фаза
тока



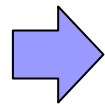
начальная фаза
напряжения

Линейные токи (для узлов a, b, c) определяются по первому закону Кирхгофа:

$$I_A + I_{ca} - I_{ab} = 0$$

$$I_B + I_{ab} - I_{bc} = 0$$

$$I_C + I_{bc} - I_{ca} = 0$$

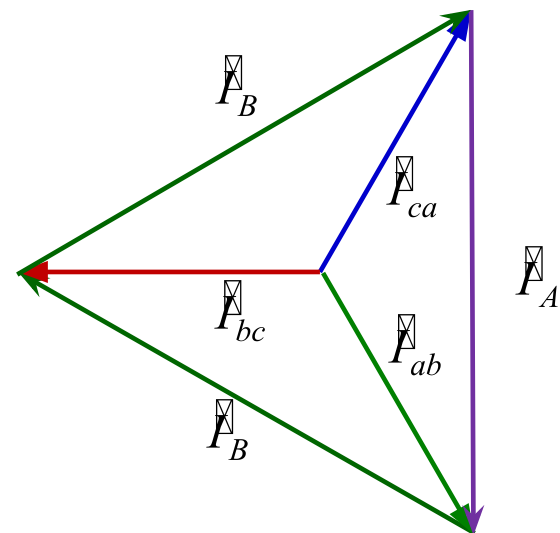


$$I_A = I_{ca} - I_{ab}$$

$$I_B = I_{ab} - I_{bc}$$

$$I_C = I_{bc} - I_{ca}$$

В векторной форме:



Из системы уравнений получим:

$$I_A + I_B + I_C = 0$$

При симметричной нагрузке, когда $Z_{ab} = Z_{bc} = Z_{ca} = Z$

Фазные токи тоже равны и рассчитываются:

$$I_{ab} = I_{bc} = I_{ca} = I_{\Phi} = \frac{U_{\Phi}}{Z_{\Phi}}$$

Линейные и фазные токи связаны соотношением:

$$I_{\text{л}} = I_{\text{ф}} \cdot \sqrt{3}$$

Несимметричные режимы работы трехфазного соединения нагрузки

Когда комплексы фазных сопротивлений имеют различные значения:

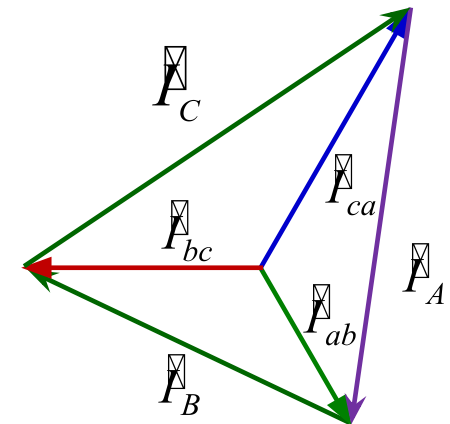
$$Z_{ab} \neq Z_{bc} \neq Z_{ca}$$

Комплексы фазных токов находим по закону Ома:

$$I_{ab} = \frac{U_{ab}}{Z_{ab}}$$

$$I_{bc} = \frac{U_{bc}}{Z_{bc}}$$

$$I_{ca} = \frac{U_{ca}}{Z_{ca}}$$



Линейные токи определяются на основании первого закона Кирхгофа:

$$I_A = I_{ca} - I_{ab}$$

$$I_B = I_{ab} - I_{bc}$$

$$I_C = I_{bc} - I_{ca}$$

При несимметричной нагрузке линейные и фазные токи тоже несимметричны!

Несимметричные режимы работы соединения нагрузки (пример)

Обрыв линейного провода, например **A-a** (перегорел предохранитель)

Примем, что нагрузка в фазах имеет активный характер.

Как видно из схемы, фазы приемника образуют две параллельные ветви
Фазные токи вычислим по закону Ома:

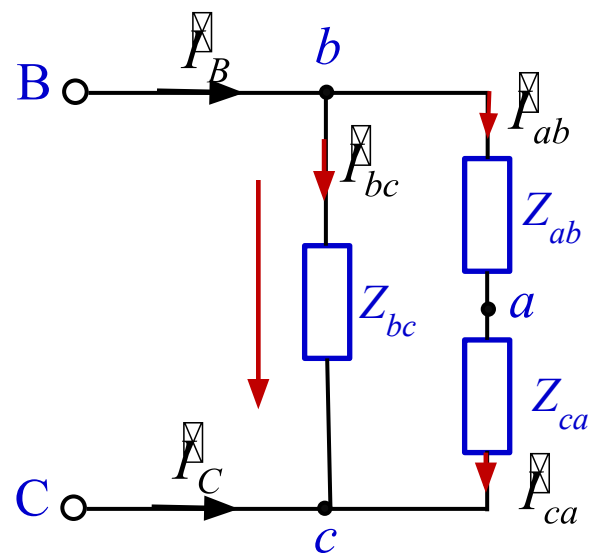
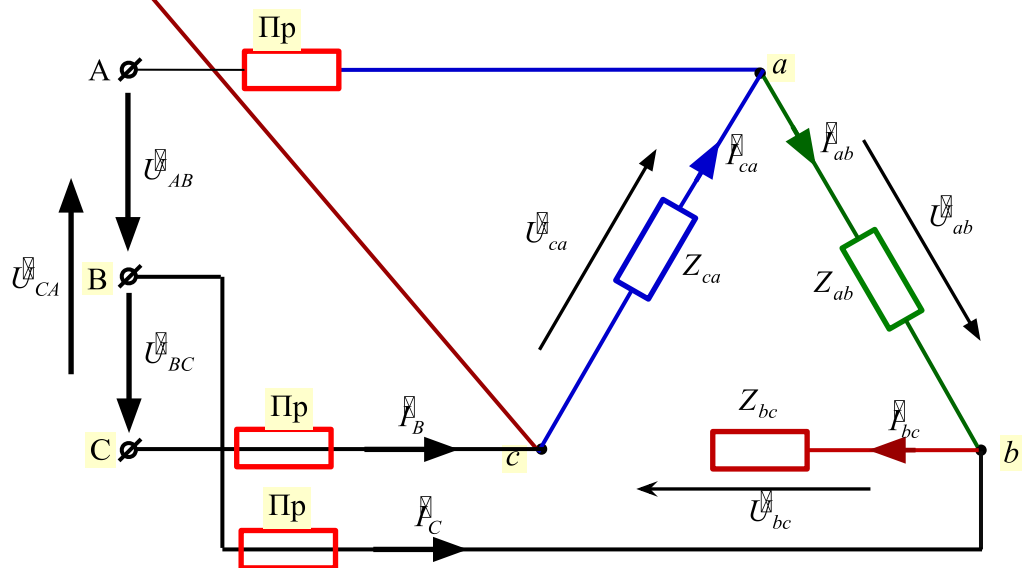
$$I_b = \frac{U_b}{Z_b}$$

$$I_a = I_c = \frac{U_{bc}}{Z_a + Z_c}$$

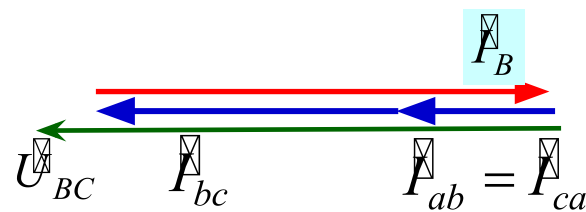
Линейные токи **I_B** и **I_C** найдем по
первому закону Кирхгофа (ток **I_A=0**)

$$I_B = I_{bc} + I_{ac}$$

$$I_C = I_{bc} + I_{ab}$$



Векторная диаграмма



Мощность трёхфазной цепи

Активная P ,
реактивная Q
полная S

мощности трёхфазной цепи определяются также, как и в однофазных цепях:

Полная комплексная мощность фазы

$$S_{\Phi} = U_{\Phi} \cdot I_{\Phi}^* = P_{\Phi} + jQ_{\Phi}$$

I_{Φ}^* - сопряженный ток фазы

Активная мощность фазы

$$P_{\Phi} = UI \cos \varphi$$

Реактивная мощность фазы

$$Q_{\Phi} = UI \sin \varphi$$

Полная мощность фазы

$$S_{\Phi} = \sqrt{P_{\Phi}^2 + Q_{\Phi}^2}$$

Полная комплексная мощность трёхфазной нагрузки вычисляется как сумма комплексов полных мощностей фаз:

$$S = S_A + S_B + S_C = (P_a + P_b + P_c) + j(Q_a + Q_b + Q_c)$$

Мощность трёхфазной цепи

Мощность трёхфазной цепи удобнее считать используя линейные токи и напряжения

Соединение «Звезда»

$$U_{\phi} = \frac{U_{\text{Л}}}{\sqrt{3}}$$

$$I_{\phi} = I_{\text{Л}}$$

Соединение «Треугольник»

$$U_{\phi} = U_{\text{Л}}$$

$$I_{\phi} = \frac{I_{\text{Л}}}{\sqrt{3}}$$

$$S = 3U_{\phi} \cdot I_{\phi} = \sqrt{3}U_{\text{Л}} \cdot I_{\text{Л}} \quad \text{ВА}$$

$$P = 3U_{\phi} \cdot I_{\phi} \cos \varphi = \sqrt{3}U_{\text{Л}} \cdot I_{\text{Л}} \sin \varphi \quad \text{Вт}$$

$$Q = 3U_{\phi} \cdot I_{\phi} \sin \varphi = \sqrt{3}U_{\text{Л}} \cdot I_{\text{Л}} \sin \varphi \quad \text{ВАр}$$

Изменение потребляемой мощности при переключении из треугольника в звезду

$$U_{\text{Л}} = \text{const}$$

$$Z_{\Phi} = \text{const}$$

Для соединения «Звезда»

$$U_{\Phi} = \frac{U_{\text{Л}}}{\sqrt{3}}$$

$$I_{\Phi} = I_{\text{Л}}$$

Для соединения «Звезда»

$$U_{\Phi} = U_{\text{Л}}$$

$$I_{\Phi} = \frac{I_{\text{Л}}}{\sqrt{3}}$$

Активная мощность

$$P_{\Delta} = \sqrt{3} U_{\text{Л}} I_{\text{Л}} \cos \varphi$$

$$P_Y = \frac{U_{\text{Л}}}{\sqrt{3}} I_{\text{Л}} \cos \varphi$$

Отношение мощностей:

$$\frac{P_{\Delta}}{P_Y} = \frac{U_{\text{Л}} I_{\text{Л}} \sqrt{3} \cos \varphi}{\frac{U_{\text{Л}} I_{\text{Л}}}{\sqrt{3}} \cos \varphi} = 3$$

