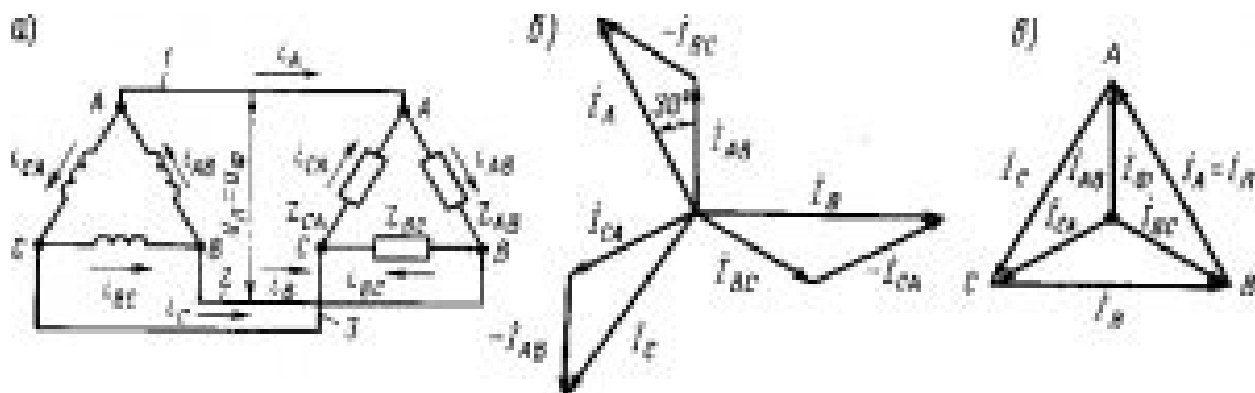


27. Соединение фаз приемника треугольником

Из лекций :



Из интернета :

При соединении источника питания треугольником (рис. 3.12) конец X одной фазы соединяется с началом В второй фазы, конец Y второй фазы – с началом С третьей фазы, конец третьей фазы Z – с началом первой фазы А. Начала А, В и С фаз подключаются с помощью трех проводов к приемникам.

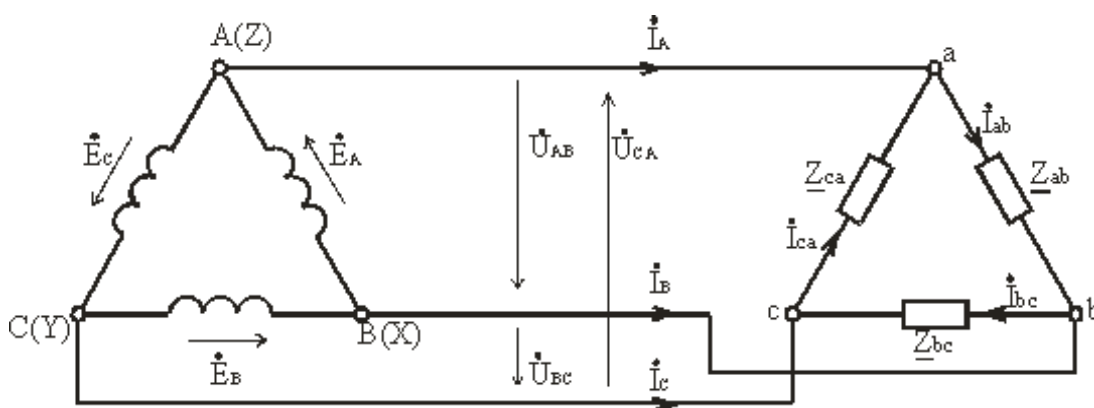


Рис. 3.12

Соединение фаз источника в замкнутый треугольник возможно при симметричной системе ЭДС, так как

(3.17)

$$\dot{E}_A + \dot{E}_B + \dot{E}_C = 0.$$

Если соединение обмоток треугольником выполнено неправильно, т.е. в одну точку соединены концы или начала двух фаз, то суммарная ЭДС в контуре треугольника отличается от нуля и по обмоткам протекает большой ток. Это аварийный режим для источников питания, и поэтому недопустим.

Напряжение между концом и началом фазы при соединении треугольником – это напряжение между линейными проводами. Поэтому при соединении треугольником линейное напряжение равно фазному напряжению.

(3.18)

$$U_{\text{л}} = U_{\text{ф}}.$$

Пренебрегая сопротивлением линейных проводов, линейные напряжения потребителя можно приравнять линейным напряжениям источника питания: $U_{ab} = U_{AB}$, $U_{bc} = U_{BC}$, $U_{ca} = U_{CA}$. По фазам Z_{ab} , Z_{bc} , Z_{ca} приемника протекают фазные токи \dot{I}_{ab} , \dot{I}_{bc} и \dot{I}_{ca} . Условное положительное направление фазных напряжений \dot{U}_{ab} , \dot{U}_{bc} и \dot{U}_{ca} совпадает с положительным направлением фазных токов. Условное положительное направление линейных токов \dot{I}_A , \dot{I}_B и \dot{I}_C принято от источников питания к приемнику.

В отличие от соединения звездой при соединении треугольником фазные токи не равны линейным. Токи в фазах приемника определяются по формулам

(3.19)

$$\dot{I}_{ab} = \dot{U}_{ab} / Z_{ab}; \dot{I}_{bc} = \dot{U}_{bc} / Z_{bc}; \dot{I}_{ca} = \dot{U}_{ca} / Z_{ca}.$$

Линейные токи можно определить по фазным, составив уравнения по первому закону Кирхгофа для узлов а, b и с (рис 3.12)

(3.20)

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{ab} - \dot{I}_{ca}; \dot{I}_B = \dot{I}_{bc} - \dot{I}_{ab}; \dot{I}_C = \dot{I}_{ca} - \dot{I}_{bc}.$$

Сложив левые и правые части системы уравнений, (3.20), получим

(3.21)

$$\dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 0,$$

т.е. сумма комплексов линейных токов равна нулю как при симметричной, так и при несимметричной нагрузке.

Симметричная нагрузка

При симметричной нагрузке

(3.22)

$$\underline{Z}_{ab} = \underline{Z}_{bc} = \underline{Z}_{ca} = \underline{Z}e^{j\varphi},$$

т.е. $Z_{ab} = Z_{bc} = Z_{ca} = Z$, $\varphi_{ab} = \varphi_{bc} = \varphi_{ca} = \varphi$.

Так как линейные (они же фазные) напряжения U_{AB} , U_{BC} , U_{CA} симметричны, то и фазные токи образуют симметричную систему

$$\dot{I}_{ab} = \dot{U}_{ab} / \underline{Z}_{ab}; \dot{I}_{bc} = \dot{U}_{bc} / \underline{Z}_{bc}; \dot{I}_{ca} = \dot{U}_{ca} / \underline{Z}_{ca}.$$

Абсолютные значения их равны, а сдвиги по фазе относительно друг друга составляют 120° .

Линейные токи

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{ab} - \dot{I}_{ca}; \dot{I}_B = \dot{I}_{bc} - \dot{I}_{ab}; \dot{I}_C = \dot{I}_{ca} - \dot{I}_{bc};$$

образуют также симметричную систему токов (рис.3.13, 3.14).

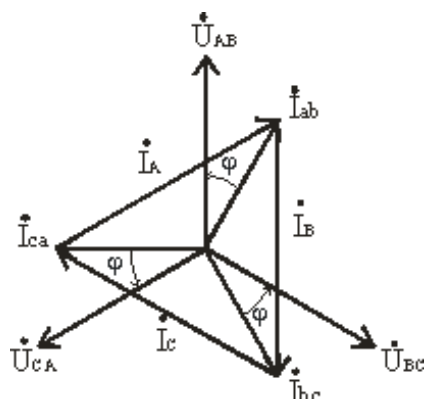


Рис. 3.13

На векторной диаграмме (рис. 3.14) фазные токи отстают от фазных напряжений на угол φ (полагаем, что фазы приемника являются индуктивными, т.е. $\varphi > 0^\circ$). Здесь принято, что напряжение U_{AB} имеет нулевую фазу. Из диаграммы следует, что любой линейный ток больше фазного в $\sqrt{3}$ раз. Линейный ток I_A отстаёт по фазе от фазного тока I_{ab} на угол 30° , на этот же угол отстаёт I_B от I_{bc} , I_C от I_{ca} .

Таким образом, при соединении треугольником действующее значение линейного тока при симметричной нагрузке в $\sqrt{3}$ раз больше действующего значения фазного тока и $U_L = U_\phi$; $I_L = I_\phi$.

При равномерной нагрузке фаз расчет трехфазной цепи соединенной треугольником, можно свести к расчету одной фазы.

Фазное напряжение $U_\phi = U_L$. Фазный ток $I_\phi = U_\phi / Z_\phi$, линейный ток $I_L = I_\phi$, угол сдвига по фазе $\varphi = \arctg(X_\phi / R_\phi)$.

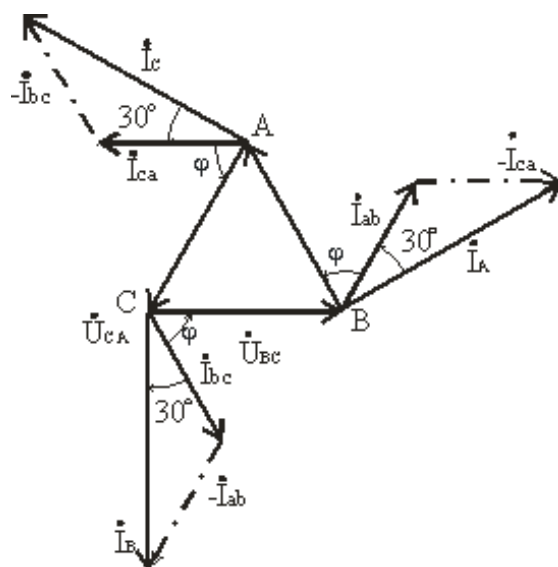


Рис. 3.14

Несимметричная нагрузка приемника

В общем случае при несимметричной нагрузке $Z_{ab} \neq Z_{bc} \neq Z_{ca}$. Обычно она возникает при питании от трехфазной сети однофазных приемников. Например, для нагрузки, рис. 3.15, фазные токи, углы сдвига фаз и фазные мощности будут в общем случае различными.

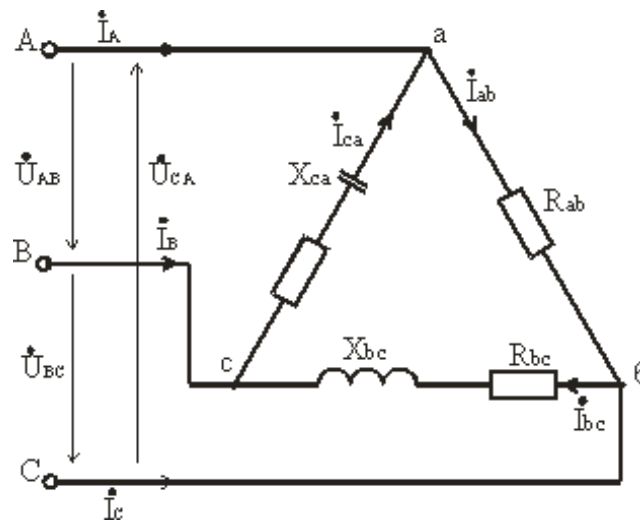


Рис. 3.15

Векторная диаграмма для случая, когда в фазе ab имеется активная нагрузка, в фазе bc – активно-индуктивная, а в фазе са – активно-емкостная приведена на рис. 3.16, топографическая диаграмма – на рис. 3.17.

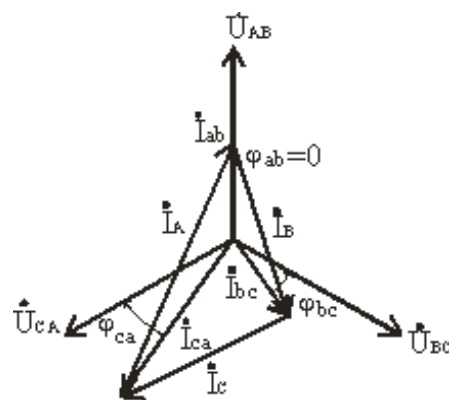


Рис. 3.16

Построение векторов линейных токов произведено в соответствии с выражениями

$$\dot{I}_a = \dot{I}_{ab} - \dot{I}_{ca}; \dot{I}_b = \dot{I}_{bc} - \dot{I}_{ab}; \dot{I}_c = \dot{I}_{ca} - \dot{I}_{bc}.$$

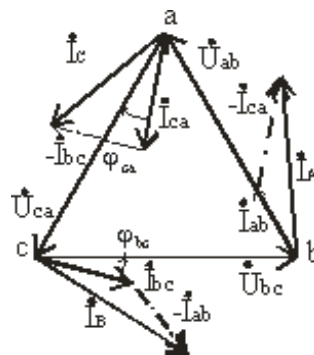


Рис. 3.17

Таким образом, при несимметричной нагрузке симметрия фазных токов \dot{I}_{ab} , \dot{I}_{bc} , \dot{I}_{ca} нарушается, поэтому линейные токи \dot{I}_A , \dot{I}_B , \dot{I}_C можно определить только расчетом по вышеприведенным уравнениям (3.20) или найти графическим путем из векторных диаграмм (рис. 3.16, 3.17).

Важной особенностью соединения фаз приемника треугольником является то, что при изменении сопротивления одной из фаз режим работы других фаз остается неизменным, так как линейные напряжения генератора являются постоянными. Будет изменяться только ток данной фазы и линейные токи в проводах линии, соединенных с этой фазой. Поэтому схема соединения треугольником широко используется для включения несимметричной нагрузки.

При расчете для несимметричной нагрузки сначала определяют значения фазных токов \dot{I}_{ab} , \dot{I}_{bc} , \dot{I}_{ca} и соответствующие им сдвиги фаз φ_{ab} , φ_{bc} , φ_{ca} . Затем определяют линейные токи с помощью уравнений (3.20) в комплексной форме или с помощью векторных диаграмм (рис. 3.16, 3.17).

Классификация приемников в трехфазной цепи

Приемники, включаемые в трехфазную цепь, могут быть либо однофазными, либо трехфазными. К однофазным приемникам относятся электрические лампы накаливания и другие осветительные приборы, различные бытовые приборы, однофазные двигатели и т.д. К трехфазным приемникам относятся трехфазные асинхронные двигатели и индукционные печи. Обычно комплексные сопротивления фаз трехфазных приемников равны между собой: (3.9)

$$\underline{Z}_a = \underline{Z}_b = \underline{Z}_c = Z e^{j\varphi}.$$

Такие приемники называют симметричными. Если это условие не выполняется, то приемники называют несимметричными. При этом, если $Z_a = Z_b = Z_c$, то трехфазный приемник называют равномерным, если $\varphi_a = \varphi_b = \varphi_c$, то однородным.