

112 Расчёт несимметричной трёхфазной цепи при соединении источника и приёмника звездой с нулевым проводом

Ток нулевого (нейтрального) провода равен сумме фазных токов в линейных проводах (сумма векторная в комплексном виде).

Рассмотрим расчет токов в трехфазной четырехпроводной цепи (рис. 14.1).

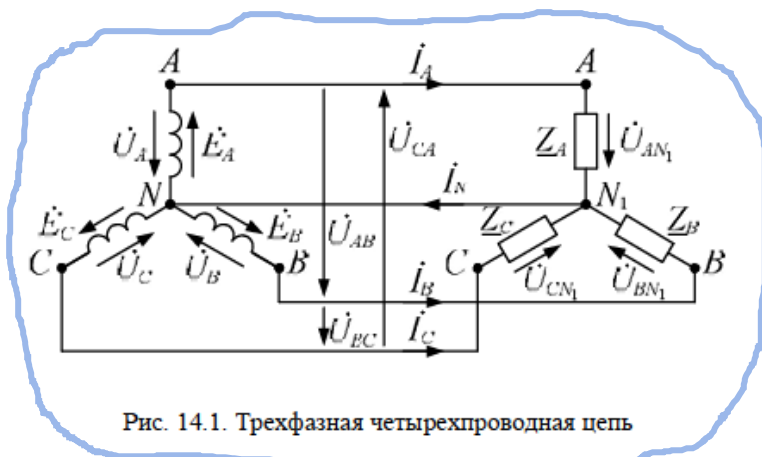


Рис. 14.1. Трёхфазная четырехпроводная цепь

Допустим, $Z_A \neq Z_B \neq Z_C$, т. е. приёмник несимметричный. Сопротивление нейтрального провода мало и им можно пренебречь: $Z_N = 0$.

По второму закону Кирхгофа для контура AN_1NA (см. рис. 14.1) составим уравнение: $-\dot{U}_A + \dot{U}_{AN_1} = 0$, откуда $\dot{U}_{AN_1} = \dot{U}_A$. Аналогично $\dot{U}_{BN_1} = \dot{U}_B$, $\dot{U}_{CN_1} = \dot{U}_C$, т. е. напряжения на фазах приёмника равны напряжениям на фазах генератора.

Токи в фазах приёмника определяем по закону Ома:

$$\dot{I}_A = \frac{\dot{U}_{AN_1}}{Z_A} = \frac{\dot{U}_A}{Z_A}; \quad \dot{I}_B = \frac{\dot{U}_{BN_1}}{Z_B} = \frac{\dot{U}_B}{Z_B}; \quad \dot{I}_C = \frac{\dot{U}_{CN_1}}{Z_C} = \frac{\dot{U}_C}{Z_C}.$$

Ток в нейтральном проводе $\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C$.

Анализируя трехфазную цепь при соединении звездой с нейтральным проводом, приходим к выводу, что изменение нагрузки в любой фазе приводит к изменению тока в данной фазе и тока в нейтральном проводе. Приемники работают по этой схеме независимо друг от друга, как и в схемах с электрически несвязанными фазами.

Пример 14.1. Определить токи в трехфазной цепи (см. рис. 14.1), если фазное напряжение генератора $U_\phi = 220$ В, сопротивления фаз приемника: $Z_A = 10$ Ом, $Z_B = j10$ Ом, $Z_C = -j10$ Ом, сопротивление нейтрального провода $Z_N = 0$ Ом. Построить топографическую диаграмму напряжений и векторную диаграмму токов.

Решение. Если $Z_N = 0$, то фазные напряжения генератора равны фазным напряжениям приемника:

$$\dot{U}_A = \dot{U}_{AN_1} = U_\phi = 220 \text{ В};$$

$$\dot{U}_B = \dot{U}_{BN_1} = \dot{U}_A e^{-j120^\circ} = 220 (-0,5 - j0,866) = -110 - j190 \text{ В};$$

$$\dot{U}_C = \dot{U}_{CN_1} = \dot{U}_A e^{j120^\circ} = 220 (-0,5 + j0,866) = -110 + j190 \text{ В}.$$

Токи в фазах приемника находим по закону Ома:

$$\dot{I}_A = \frac{\dot{U}_{AN_1}}{Z_A} = \frac{220}{10} = 22 \text{ А, действующее значение } I_A = 22 \text{ А};$$

$$\dot{I}_B = \frac{\dot{U}_{BN_1}}{Z_B} = \frac{-110 - j190}{j10} = -19 + j11 \text{ А, } I_B = \sqrt{19^2 + 11^2} = 22 \text{ А};$$

$$\dot{I}_C = \frac{\dot{U}_{CN_1}}{Z_C} = \frac{-110 + j190}{-j10} = -19 - j11 \text{ А, } I_C = \sqrt{19^2 + 11^2} = 22 \text{ А}.$$

Ток в нейтральном проводе

$$\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 22 - 19 + j11 - 19 - j11 = -16 \text{ А, } I_N = 16 \text{ А}.$$

При построении топографической диаграммы напряжений и векторной диаграммы токов (рис. 14.2) на комплексной плоскости в масштабе откладывают векторы напряжений ($\dot{U}_A$, $\dot{U}_B$, $\dot{U}_C$, $\dot{U}_{AB}$, $\dot{U}_{BC}$, $\dot{U}_{CA}$) и токов ($\dot{I}_A$, $\dot{I}_B$, $\dot{I}_C$, $\dot{I}_N$).

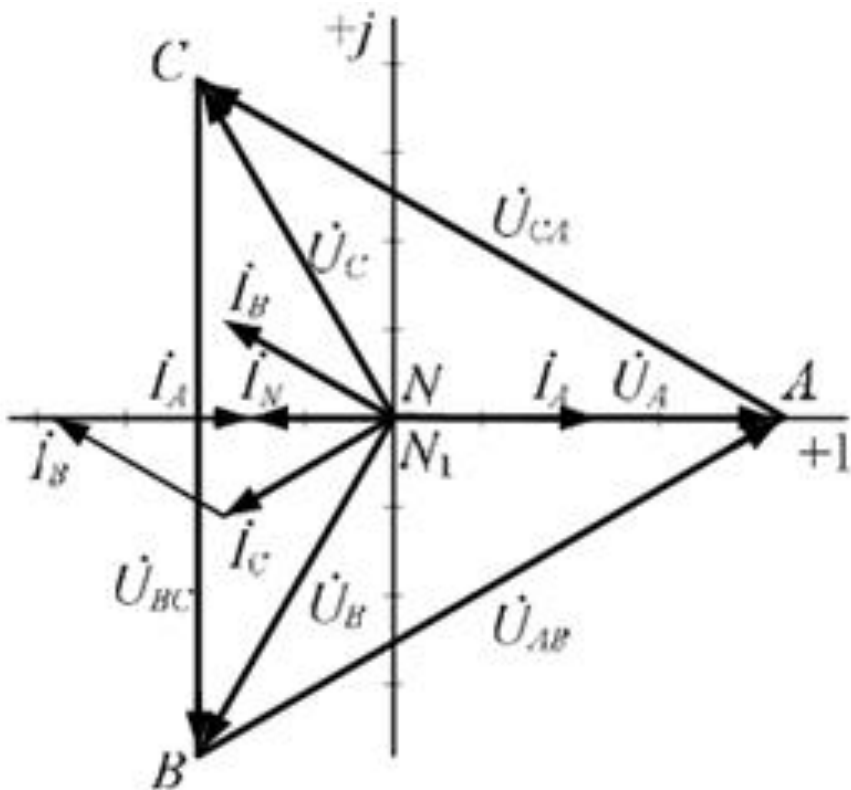


Рис. 14.2. Топографическая диаграмма напряжений и векторная диаграмма токов

Вектор тока $\underline{I}_A$ совпадает по фазе с напряжением $\underline{U}_A$; вектор тока $\underline{I}_B$ отстаёт от вектора напряжения $\underline{U}_B$ на 90° ; вектор тока $\underline{I}_C$ опережает напряжение $\underline{U}_C$ на 90° . Из конца вектора $\underline{I}_C$ проводим вектор $\underline{I}_B$, из его конца проводим вектор $\underline{I}_A$. Получаем сумму фазных токов, она равна току нейтрального провода $\underline{I}_N = \underline{I}_A + \underline{I}_B + \underline{I}_C$.