

Лабораторно - практическое занятие №6 ТРЕХФАЗНЫЕ ЦЕПИ. СХЕМА СОЕДИНЕНИЯ «ЗВЕЗДА»

Типовые задачи

Задача 6.1. Трехфазный асинхронный двигатель включен в сеть 380 В по схеме «звезда». Параметры обмоток следующие: $R_{\phi} = 2 \text{ Ом}$, $X_{\phi} = 8 \text{ Ом}$.

Требуется, используя данные таблицы 6.1, изобразить схему включения двигателя в сеть, определить фазные и линейные токи, определить потребляемую активную мощность, построить векторную диаграмму токов и напряжений, рассмотреть два аварийных режима – обрыв и короткое замыкание фазы A .

Решение

Трехфазный асинхронный двигатель является *симметричной* активно-индуктивной нагрузкой, поэтому включается в сеть по схеме «звезда» без нейтрального провода. Его схема замещения представлена на рис. 6.1.

Номинальное напряжение сети является линейным напряжением, то есть $U_{\text{л}} = U_{\text{сети}} = 380 \text{ В}$, тогда фазное напряжение

$$U_{\phi} = \frac{U_{\text{л}}}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220 \text{ В.}$$

Поскольку нагрузка симметричная, то расчет можно проводить для одной фазы.

Полное сопротивление фазы

$$Z_{\phi} = \sqrt{R_{\phi}^2 + X_{\phi}^2} = \sqrt{2^2 + 8^2} = 8,25 \text{ Ом.}$$

Фазный ток

$$I_{\phi} = \frac{U_{\phi}}{Z_{\phi}} = \frac{220}{8,25} = 26,7 \text{ А.}$$

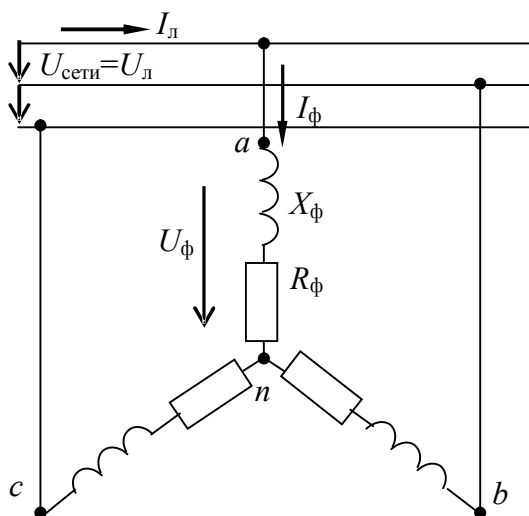


Рис. 6.1

Для схемы «звезда» линейный ток $I_{л} = I_{\phi} = 26,7 \text{ А}$.

Потребляемая активная мощность:

$$P = 3U_{\phi} I_{\phi} \cos \varphi = \sqrt{3} U_{л} I_{л} \cos \varphi = \\ = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 26,7 \cdot \cos 76^{\circ} = 4270,9 \text{ Вт},$$

где φ – фазовый угол,

$$\varphi = \arctg \frac{X_{\phi}}{R_{\phi}} = \arctg \frac{8}{2} = 76^{\circ}.$$

Векторная диаграмма токов и напряжений показана на рис. 6.2.

Для построения векторной диаграммы необходимо выбрать масштабы напряжений m_U и токов m_I .

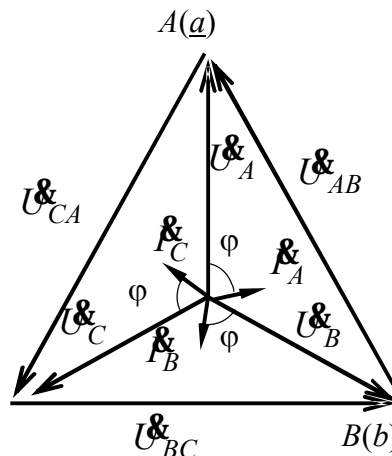


Рис. 6.2

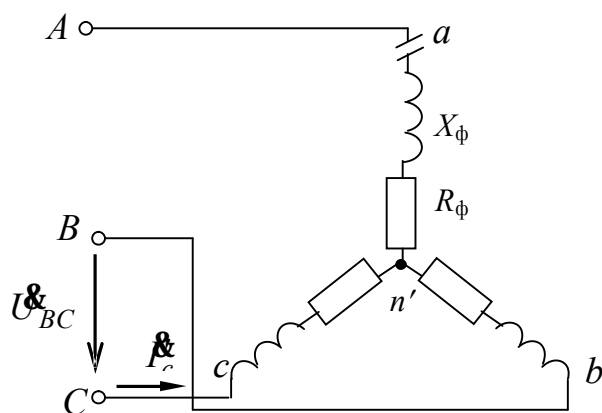


Рис. 6.3

Рассмотрим аварийный режим работы – обрыв фазы А (рис.6.3).

В этом случае трехфазная цепь превращается в однофазную $I_A = 0$, причем фазы b и c оказываются включенными последовательно на линейное напряжение U_{BC} , т. е. на каждую из этих фаз падает напряжение $U'_{\phi} = U_{л}/2$.

Фазные и линейные токи

$$I'_{\phi} = I'_{л} = \frac{U_{л}}{2Z_{\phi}} = \frac{380}{2 \cdot 8,25} = 23,03 \text{ А}.$$

Потребляемая мощность

$$P = 2U'_{\phi} I'_{\phi} \cos \varphi = 2 \cdot 190 \cdot 23,03 \cdot \cos 76^{\circ} = 2117,15 \text{ В}$$

Как видно из расчета, потребляемая мощность снизилась почти в два раза.

Если обрыв фазы произошел внутри самого двигателя (обрыв обмотки), то эта обмотка оказывается под повышенным напряжением U'_A , что видно из векторной диаграммы (рис. 6.4).

Неповрежденные обмотки находятся под пониженным напряжением, что не опасно для них.

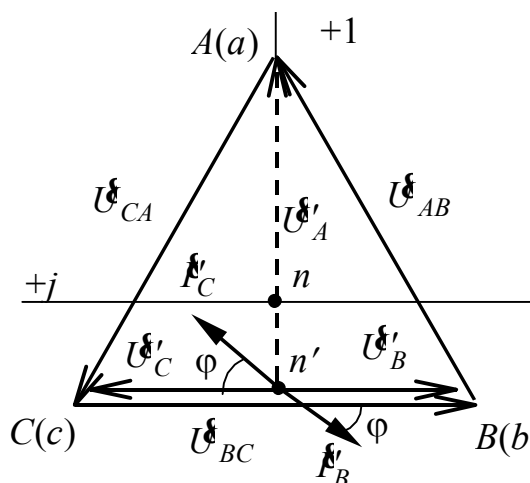


Рис. 6.4

Рассмотрим аварийный режим работы – короткое замыкание фазы «а» (рис. 6.5, а, б).

При коротком замыкании фазы нейтральная точка оказывается связана с питающей точкой А, значит, неповрежденные фазы b и c окажутся включенными на линейное напряжение $U'_B = U_{AB}$, $U'_C = U_{CA}$, что видно из векторной диаграммы.

Токи в неповрежденных фазах

$$I'_B = I'_C = \frac{U_\phi}{Z_\phi} = \frac{380}{8,25} = 46,1 \text{ А.}$$

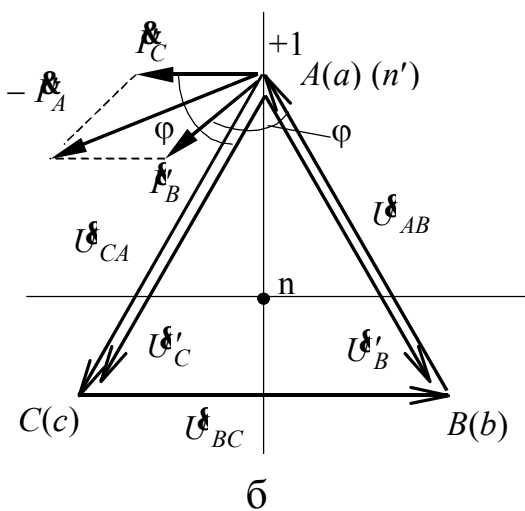
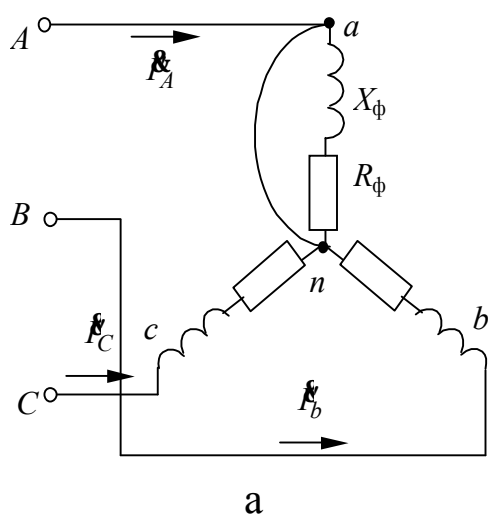


Рис. 6.5

Ток в фазе а равен геометрической сумме токов I'_B и I'_C (по векторной диаграмме составляет примерно 69 А).

Задача 6.2. Три однофазных приемника включены в трехфазную сеть с напряжением 380 В по схеме “звезда с нейтральным проводом”. Сопротивления приемников:

$$\underline{Z}_1 = (30 + j40) \text{ Ом}; \quad \underline{Z}_2 = (24 + j18) \text{ Ом}; \quad \underline{Z}_3 = (80 - j60) \text{ Ом}.$$

Требуется изобразить схему включения приемников; определить токи в проводах сети; построить векторную диаграмму токов и напряжений; вычислить активную, реактивную и полную (кажущуюся) мощности, исходя из данных таблицы 6.2

Решение

Схема включения приемников принципиальная и расчетная представлены на рис. 6.6, а, б.

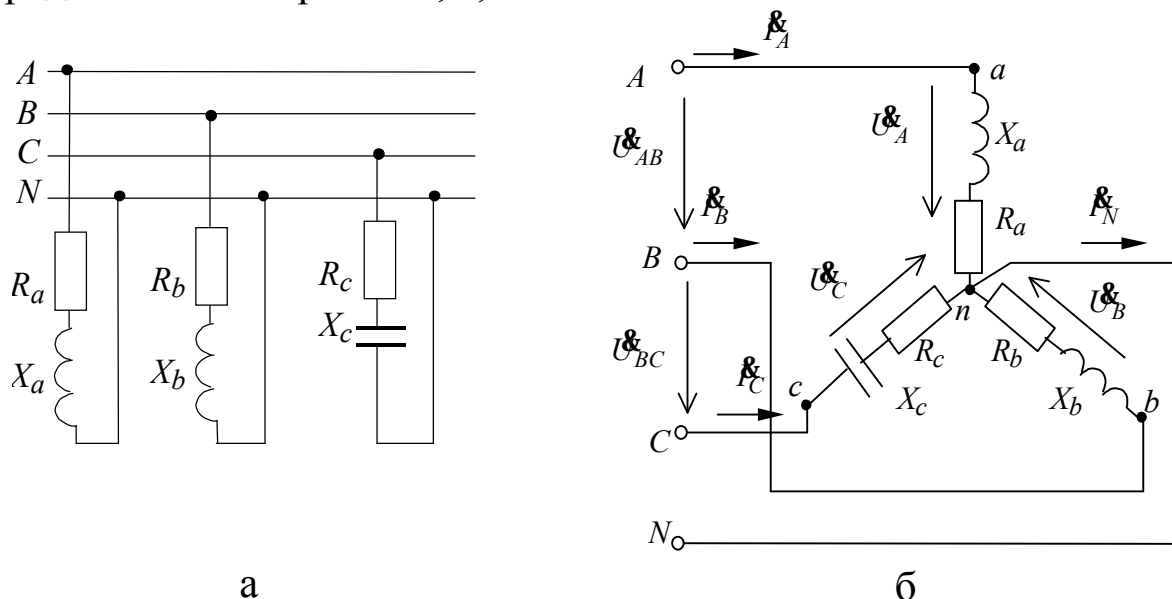


Рис. 6.6

Наличие нейтрального провода обеспечивает симметричную систему фазных напряжений на приемниках. Напряжение сети – линейное напряжение

$$U_{\phi} = \frac{U_{\text{л}}}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220 \text{ В}.$$

Система фазных напряжений в комплексной форме

$$\underline{U}_a = \underline{U}_A = \underline{U}_{\phi} e^{j0} = 220e^{j0}, \text{ В};$$

$$\underline{U}_b = \underline{U}_B = \underline{U}_{\phi} e^{-j120^{\circ}} = 220e^{-j120^{\circ}}, \text{ В};$$

$$\underline{U}_c = \underline{U}_C = \underline{U}_{\phi} e^{j120^{\circ}} = 220e^{j120^{\circ}}, \text{ В}.$$

Сопротивления фаз

$$\underline{Z}_a = R_a + jX_a = 30 + j40 = 50e^{j53^\circ}, \text{ Ом};$$

$$\underline{Z}_b = R_b + jX_b = 24 + j18 = 30e^{j37^\circ}, \text{ Ом};$$

$$\underline{Z}_c = R_c - jX_c = 80 - j60 = 100e^{-j37^\circ}, \text{ Ом}$$

Для схемы “звезда” фазные и линейные токи равны между собой и составляют

$$\underline{I}_A = \frac{\underline{U}_A}{\underline{Z}_A} = \frac{220e^{j0}}{50e^{j53^\circ}} = 4,4e^{-j53^\circ} = (2,6 - j3,5), \text{ А};$$

$$\underline{I}_B = \frac{\underline{U}_B}{\underline{Z}_B} = \frac{220e^{-j120^\circ}}{30e^{j37^\circ}} = 7,3e^{-j157^\circ} = (-6,7 - j2,8), \text{ А};$$

$$\underline{I}_C = \frac{\underline{U}_C}{\underline{Z}_C} = \frac{220e^{j120^\circ}}{100e^{-j37^\circ}} = 2,2e^{j157^\circ} = (-2,0 + j0,8), \text{ А}.$$

Ток в нейтральном проводе

$$\begin{aligned} \underline{I}_N &= \underline{I}_A + \underline{I}_B + \underline{I}_C = 2,6 - j3,5 - 6,7 - j2,8 - 2,0 + j0,8 = \\ &= (-6,1 - j5,5) = 8,2e^{-j138^\circ}, \text{ А}. \end{aligned}$$

При построении векторных диаграмм фазные и линейные напряжения и токи строятся относительно комплексных осей откладываются с учетом начальных фаз. Ток в нейтральном проводе – это результат геометрического сложения векторов фазных токов, и его расположение и длина должны соответствовать расчетному значению \underline{I}_N (рис. 6.7).

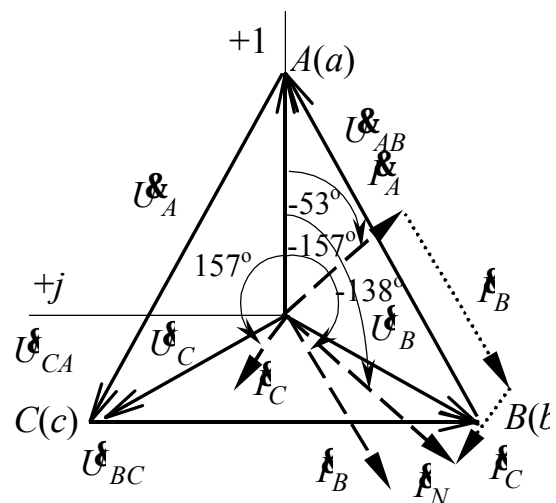


Рис. 6.7

Варианты заданий к самостоятельной работе

Таблица 6.1

Параметры	Вариант							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Напряже- ние сети	220	380	660	1000	220	380	660	1000
R , Ом	4	16	60	80	3	12	80	60
jX , Ом	$j3$	$-j12$	$j80$	$-j60$	$-j4$	$j16$	$j60$	$-j80$

Таблица 6.2

Параметры	Вариант							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Напряже- ние сети	220	380	660	1000	220	380	660	1000
Фаза «a» \underline{Z}_a	$3-j4$	$8-j6$	50	$j100$	$8-j6$	$16-j12$	$60-j80$	$60+j80$
Фаза «b» \underline{Z}_b	$8+j6$	$12+j16$	$-j100$	$60-j80$	$j10$	$-j40$	100	$-j50$
Фаза «c» \underline{Z}_c	$-j10$	$j20$	$80+j60$	$18+j24$	$3+j4$	$6+j8$	$j50$	$30-j40$