

## КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ № 4

### ИЗМЕРЕНИЕ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ЦЕПЯХ ТРЕХФАЗНОГО ТОКА

Для измерения активной мощности трехпроводной цепи трехфазного тока с потребителем в виде симметричной активно-индуктивной нагрузки, включенной «звездой» или «треугольником», необходимо выбрать два ваттметра с пределами измерения по току  $I_N$  и напряжению  $U_N$  и пределом изменения сигнала измерительной информации  $u_N = 150$  делений.

Требуется рассчитать заданную схему для двух режимов работы.

1. Для нормального режима работы:

- доказать, что активную мощность симметричной трехпроводной цепи трехфазного тока можно представить в виде суммы двух слагаемых;
- начертить схему включения ваттметров в цепь потребителя;
- построить в масштабе векторную диаграмму, выделив на ней векторы напряжений и токов, под действием которых находятся параллельные и последовательные обмотки ваттметров, а также углы сдвига фаз между этими векторами;
- определить мощности  $P_1$  и  $P_2$ , измеряемые каждым из ваттметров;
- определить количественные значения  $u_1$  и  $u_2$  сигнала измерительной информации обоих ваттметров.

2. Для режима обрыва одной фазы приемника энергии:

- начертить схему включения ваттметров в цепь потребителя;
- построить в масштабе векторную диаграмму, выделив на ней векторы напряжений и токов, под действием которых находятся параллельные и последовательные обмотки ваттметров, а также углы сдвига фаз между этими токами и напряжениями;
- определить мощности  $P_1$  и  $P$ , измеряемые каждым из ваттметров;
- определить количественные значения  $u_1$  и  $u_2$  сигнала измерительной информации обоих ваттметров.

Результаты расчетов для нормального режима работы и режима обрыва одной фазы приемника представлены в табл. 1.

Дано:  $S = 5000 \text{ В}\cdot\text{А}$ ;  $\cos\phi = 0.84$ ;  $U_{\Phi} = 380 \text{ В}$ ; схема включения - *треугольник*;  
последовательные обмотки ваттметров включены в провода  $B$  и  $C$ ; обрыв фазы  $BC$ .

1. По данным варианта для нормального режима работы цепи:  
 а) начертим схему включения ваттметров в цепь (рис. 1).

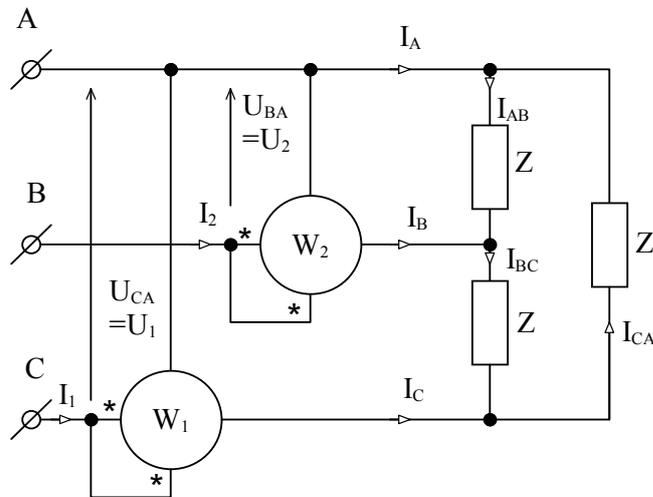


Рис. 1. Схема включения ваттметров в цепь.

б) докажем, что активную мощность трехпроводной цепи трехфазного тока можно представить в виде суммы двух слагаемых.

При равномерной нагрузке вне зависимости от способа соединения в звезду или треугольник полная мощность  $S$ , активная мощность  $P$ , реактивная мощность  $Q$  цепи

$$S = \sqrt{3}U_{Л}I_{Л} = 3U_{\phi}I_{\phi};$$

$$P = S \cos \phi;$$

$$Q = S \sin \phi.$$

Для цепи (рис. 1)

$$\begin{aligned} p &= p_{AB} + p_{BC} + p_{CA} = \\ &= u_{AB} \cdot i_{AB} + u_{BC} \cdot i_{BC} + u_{CA} \cdot i_{CA} = \{u_{AB} + u_{BC} + u_{CA} = 0\} = \\ &= u_{AB} \cdot i_{AB} + (-u_{AB} - u_{CA}) \cdot i_{BC} + u_{CA} \cdot i_{CA} = \\ &= -u_{AB}(i_{BC} - i_{AB}) + u_{CA}(i_{CA} - i_{BC}) = u_{BA} \cdot i_B + u_{CA} \cdot i_C = p_2 + p_1. \end{aligned}$$

в) построим в масштабе векторную диаграмму (рис. 2), выделив на ней векторы напряжений и токов, под действием которых находятся параллельные и последовательные обмотки ваттметров

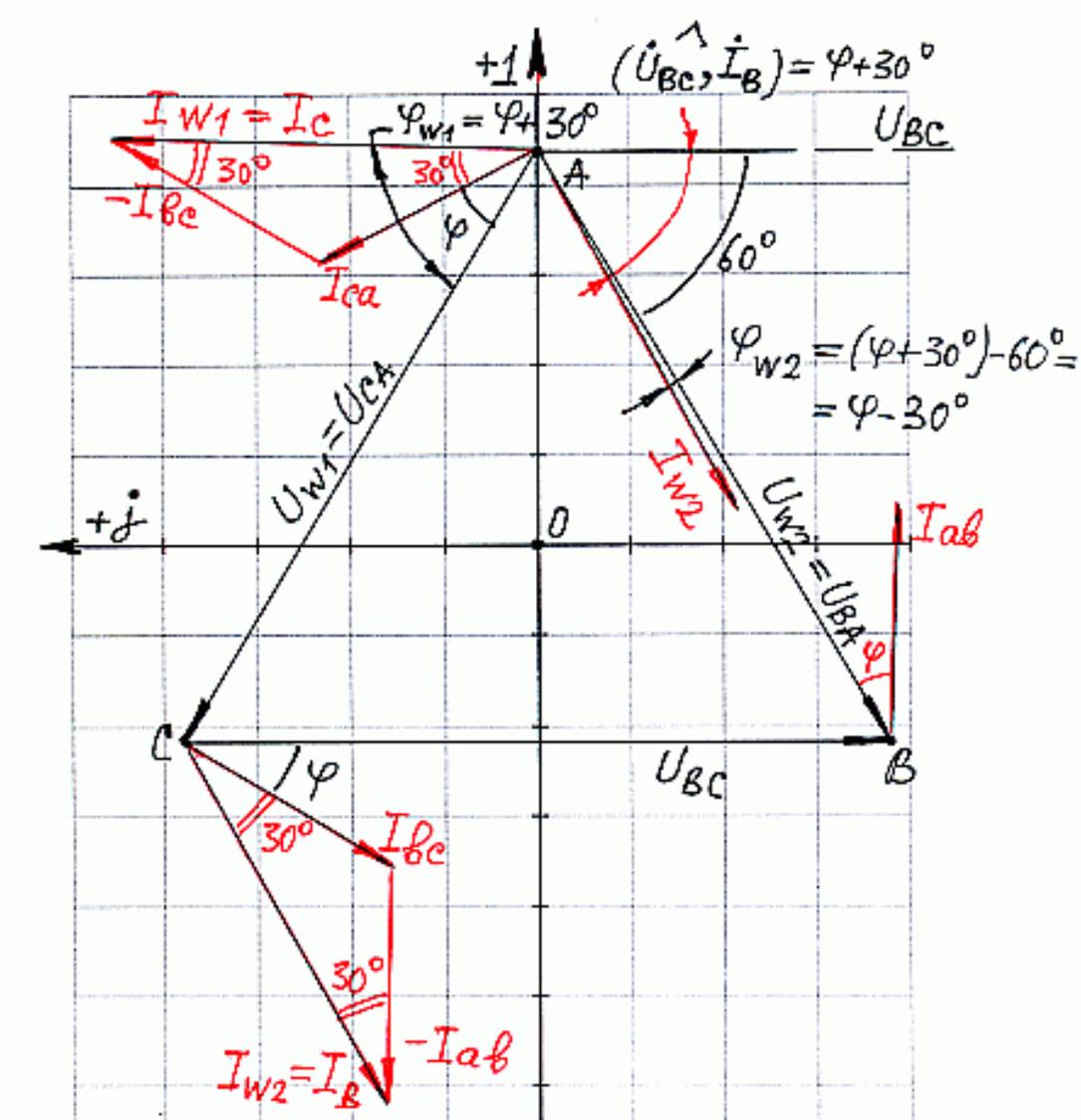


Рис. 2. Векторная диаграмма токов и напряжений  
(1 дел = 50 В, 1 дел = 2 А).

г) мощности  $P_1$  и  $P_2$ , измеряемые каждым из ваттметров.

Для симметричного треугольника

$$I_{\text{л}} = \frac{S}{\sqrt{3}U_{\phi}} = \frac{5000}{\sqrt{3} \cdot 380} = 7.597 \text{ А};$$

$$I_{\phi} = \frac{I_{\text{л}}}{\sqrt{3}} = \frac{7.597}{\sqrt{3}} = 4.386 \text{ А};$$

$$U_{\text{л}} = U_{\phi} = 380 \text{ В};$$

$$\phi = \arccos(\cos \phi) = \arccos(0.84) = 32.86^\circ;$$

$$P_1 = U_{II} I_{II} \cos(\phi + 30^\circ) = 380 \cdot 7.597 \cdot \cos(32.86^\circ + 30^\circ) = 1317 \text{ Вт};$$

$$P_2 = U_{II} I_{II} \cos(\phi - 30^\circ) = 380 \cdot 7.597 \cdot \cos(32.86^\circ - 30^\circ) = 2883 \text{ Вт};$$

$$P = P_1 + P_2 = 1317 + 2883 = 4200 \text{ Вт};$$

$$P = S \cdot \cos \phi = 5000 \cdot 0.84 = 4200 \text{ Вт}.$$

д) число делений шкалы  $y_1$  и  $y_2$ , на которые отклоняются стрелки ваттметров;  
постоянная ваттметра:

$$C_P = \frac{U_N I_N}{y_N} = \frac{600 \cdot 10}{150} = 40 \text{ Вт/дел};$$

$$y_1 = \frac{P_1}{C_P} = \frac{1317}{40} = 33 \text{ дел};$$

$$y_2 = \frac{P_2}{C_P} = \frac{2883}{40} = 72 \text{ дел}.$$

2. при обрыве фазы  $BC$  приемника энергии:

а) схему включения ваттметров в цепь изображена на рис. 3.

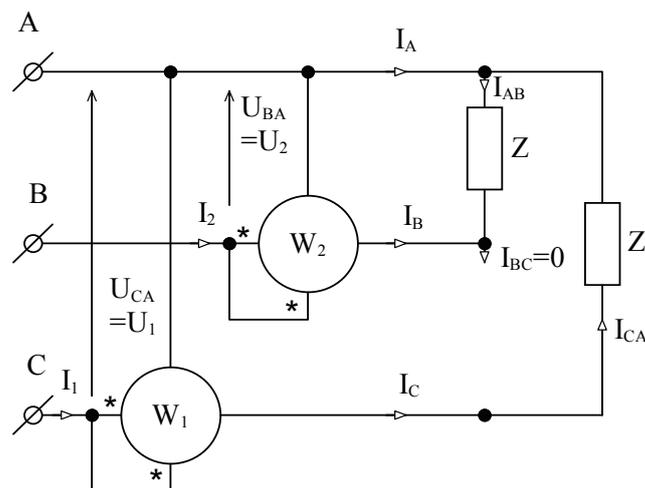


Рис. 3. Схема включения ваттметров в цепь при обрыве фазы  $BC$ .

б) векторная диаграмма (рис. 4).

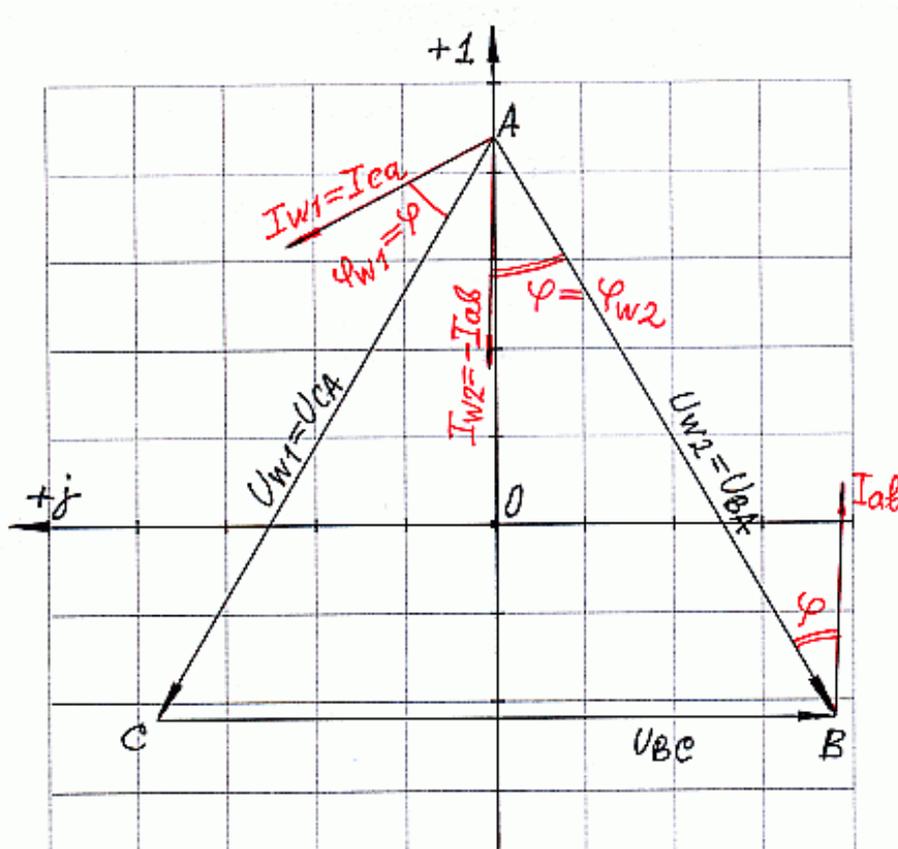


Рис. 4. Векторная диаграмма токов и напряжений при обрыве фазы BC (1 дел = 50 В, 1 дел = 2 А).

в) мощности  $P'_1$  и  $P'_2$ , измеряемые каждым из ваттметров

$$\underline{U}'_1 = \underline{U}_{CA} = U_{\text{Л}} e^{j150^\circ}; \quad \underline{U}'_2 = -\underline{U}_{AB} = U_{\text{Л}} e^{-j150^\circ};$$

$$\underline{I}'_1 = \underline{I}_{CA} = I_{\phi} e^{j(150^\circ - \phi)}; \quad \underline{I}'_2 = -\underline{I}_{AB} = -I_{\phi} e^{j(30^\circ - \phi)} = I_{\phi} e^{j(210^\circ - \phi)};$$

$$P'_1 = U'_1 I'_1 \cos(\phi_1^\circ) = 380 \cdot 4.386 \cdot \cos(32.86^\circ) = 1400 \text{ Вт};$$

$$P'_2 = U'_2 I'_2 \cos(\phi_2^\circ) = 380 \cdot 4.386 \cdot \cos(32.86^\circ) = 1400 \text{ Вт};$$

$$P' = P'_1 + P'_2 = 1400 + 1400 = 2800 \text{ Вт}.$$

Таблица 1

## Результаты расчетов

	Наименование величин	Единица измерения	Результаты расчета
По п. 1	Мощность цепи $P$	Вт	4200
	Линейное напряжение $U_l$	В	380
	Линейный ток $I_l$	А	7,597
	Номинальное напряжение ваттметра $U_n$	В	600
	Номинальный ток ваттметра $I_n$	А	10
	Постоянная ваттметра $C_p$	Вт/дел	40
	Мощность, измеряемая первым ваттметром $P_1$	Вт	1317
	Мощность, измеряемая вторым ваттметром $P_2$	Вт	2883
	Число делений шкалы $y_1$	дел	33
	Число делений шкалы $y_2$	дел	72
По п. 2	Мощность, измеряемая первым ваттметром $P_1$	Вт	1400
	Мощность, измеряемая вторым ваттметром $P_2$	Вт	1400
	Число делений шкалы $y'_1$	дел	35
	Число делений шкалы $y'_2$	дел	35