

## ЗАДАЧА № 4 (Шифр 50)

### ИЗМЕРЕНИЕ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ЦЕПЯХ ТРЕХФАЗНОГО ТОКА

Для измерения активной мощности трехпроводной цепи трехфазного тока с симметричной активно-индуктивной нагрузкой, соединенной *звездой* или *треугольником*, необходимо выбрать два одинаковых ваттметра с номинальным током  $I_H$ , номинальным напряжением  $U_H$  и числом деления шкалы  $\alpha_H = 150$  дел.

1. По данным варианта для нормального режима работы цепи:
  - а) начертить схему включения ваттметров в цепь;
  - б) доказать, что активную мощность трехпроводной цепи трехфазного тока можно представить в виде суммы двух слагаемых;
  - в) построить в масштабе векторную диаграмму, выделив на ней векторы напряжений и токов, под действием которых находятся параллельные и последовательные обмотки ваттметров;
  - г) определить мощности  $P_1$  и  $P_2$ , измеряемые каждым из ваттметров;
  - д) определить число делений шкалы  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ , на которые отклоняются стрелки ваттметров.
2. По данным варианта при обрыве одной фазы приемника энергии:
  - а) начертить схему включения ваттметров в цепь;
  - б) построить в масштабе векторную диаграмму, выделив на ней векторы напряжений и токов, под действием которых находятся параллельные и последовательные обмотки ваттметров;
  - в) определить мощности  $P_1$  и  $P_2$ , измеряемые каждым из ваттметров;
  - г) определить число делений шкалы  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ , на которые отклоняются стрелки ваттметров.

Результаты расчетов записать в табл. 1.

**Примечание.** Заданная трехпроводная цепь трехфазного тока представляет собой соединение трех неподвижных магнитно-несвязанных катушек

Дано:  $S = 3000 \text{ В}\cdot\text{А}$ ;  $\cos\phi = 0.78$ ;  $U_{\phi} = 127 \text{ В}$ ; схема включения - *звезда*;  
последовательные обмотки ваттметров включены в провода  $A$  и  $B$ ; обрыв фазы  $A$ .

1. По данным варианта для нормального режима работы цепи:

а) начертим схему включения ваттметров в цепь (рис. 1).

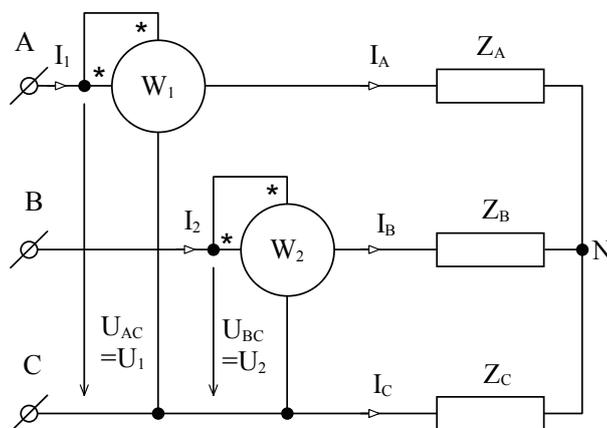


Рис. 1. Схема включения ваттметров в цепь.

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

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

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

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

Для цепи (рис. 1)

$$\begin{aligned} P &= P_1 + P_2 = \\ &= U_1 I_1 \cos \phi_1 + U_2 I_2 \cos \phi_2 = \\ &= U_{AC} I_A \cos \phi_1 + U_{BC} I_B \cos \phi_2 = \\ &= U_{\text{Л}} I_{\text{Л}} \cos[-30^\circ - (-\phi)] + U_{\text{Л}} I_{\text{Л}} \cos[-90^\circ - (-120^\circ - \phi)] = \\ &= U_{\text{Л}} I_{\text{Л}} [\cos(\phi - 30^\circ) + \cos(\phi + 30^\circ)] = \\ &= U_{\text{Л}} I_{\text{Л}} 2 \cos\left(\frac{\phi - 30^\circ + \phi + 30^\circ}{2}\right) \cos\left(\frac{\phi - 30^\circ - (\phi + 30^\circ)}{2}\right) = \\ &= U_{\text{Л}} I_{\text{Л}} 2 \cos \phi \cos 30^\circ = U_{\text{Л}} I_{\text{Л}} 2 \cos \phi \frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3} U_{\text{Л}} I_{\text{Л}} \cos \phi = P \end{aligned}$$

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

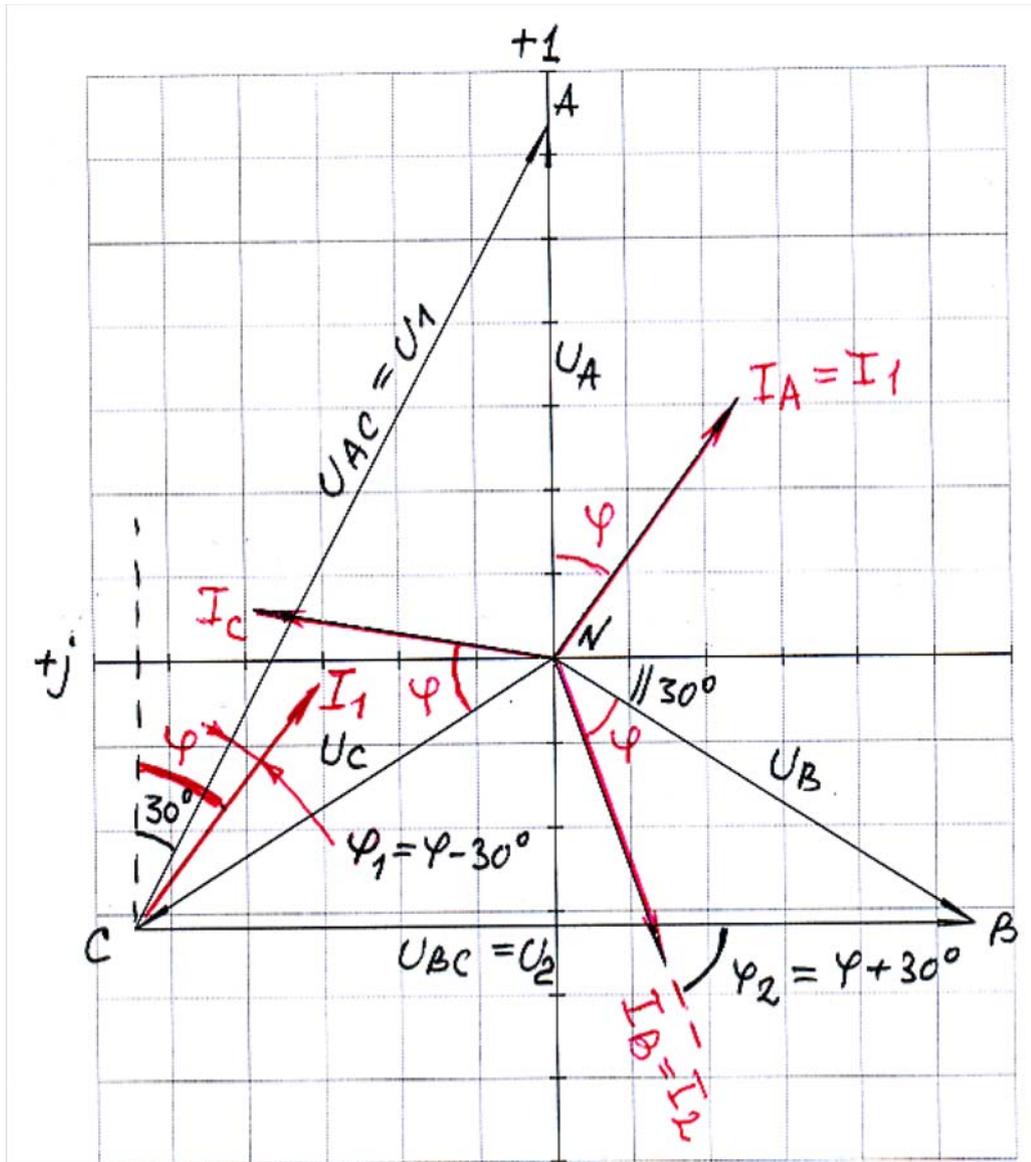


Рис. 2. Векторная диаграмма токов и напряжений  
(1 дел = 20 В, 1 дел = 2 А).

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

Для симметричной звезды

$$I_{\text{л}} = I_{\phi} = \frac{S}{3U_{\phi}} = \frac{3 \times 10^3}{3 \cdot 127} = 7.874 \text{ А.}$$

$$U_{\text{л}} = \sqrt{3} \cdot U_{\phi} = \sqrt{3} \cdot 127 = 220 \text{ В.}$$

$$\phi = \arccos(\cos \phi) = \arccos(0.78) = 38.74^\circ$$

$$P_1 = U_{II} I_{II} \cos(\phi - 30^\circ) = 220 \cdot 7.874 \cdot \cos(38.74^\circ - 30^\circ) = 1712 \text{ Вт}$$

$$P_2 = U_{II} I_{II} \cos(\phi + 30^\circ) = 220 \cdot 7.874 \cdot \cos(38.74^\circ + 30^\circ) = 628 \text{ Вт}$$

$$P = P_1 + P_2 = 1712 + 628 = 2340 \text{ Вт}$$

$$P = S \cdot \cos \phi = 3000 \cdot 0.78 = 2340 \text{ Вт}$$

д) число делений шкалы  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ , на которые отклоняются стрелки ваттметров

постоянная ваттметра:

$$C_P = \frac{U_H I_H}{\alpha_H} = \frac{300 \cdot 10}{150} = 20 \text{ Вт/дел};$$

$$\alpha_1 = \frac{P_1}{C_P} = \frac{1712}{20} = 86 \text{ дел};$$

$$\alpha_2 = \frac{P_2}{C_P} = \frac{628}{20} = 31 \text{ дел};$$

2. при обрыве фазы  $A$  приемника энергии:

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

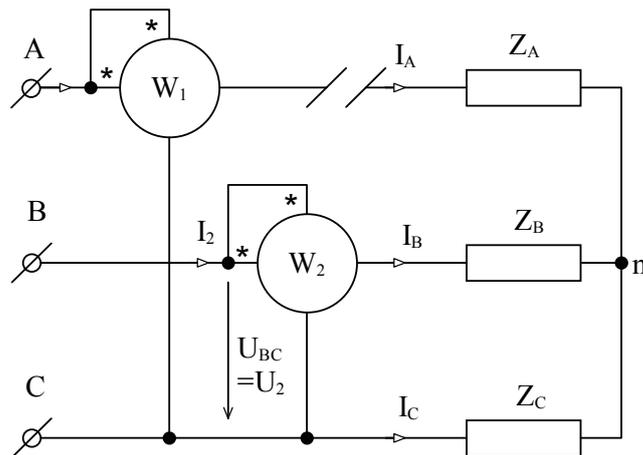


Рис. 3. Схема включения ваттметров в цепь при обрыве фазы  $A$ .

б) векторная диаграмма (рис. 4).

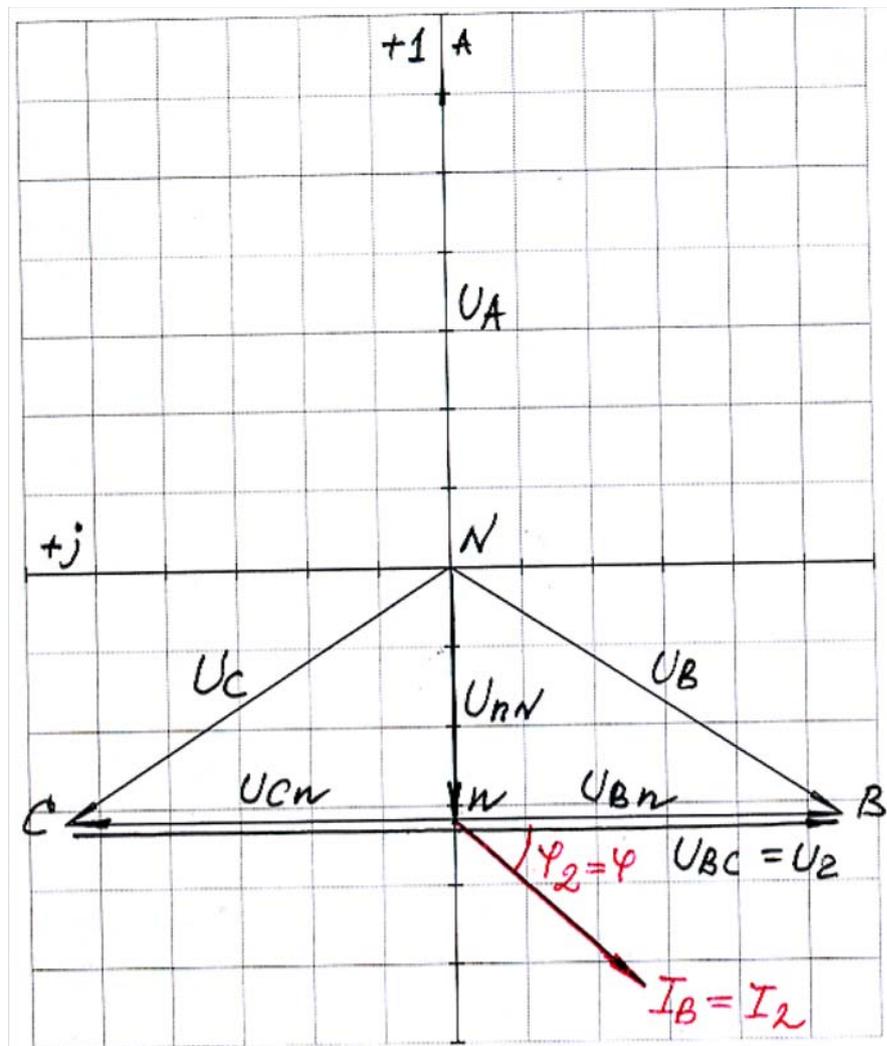


Рис. 4. Векторная диаграмма токов и напряжений при обрыве фазы А  
(1 дел = 20 В, 1 дел = 2 А).

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

$$P'_1 = 0$$

$$Z = \frac{U_\phi}{I_\phi} = \frac{127}{7.874} = 16.129 \text{ Ом};$$

$$U_2 = U_{\text{л}} = 220 \text{ В}$$

$$I'_2 = \frac{U_2}{2Z} = \frac{220}{2 \cdot 16.129} = 6.82 \text{ А};$$

$$P'_2 = U'_2 I'_2 \cos(\phi'_2) = 220 \cdot 6.82 \cdot \cos(38.74^\circ) = 1170 \text{ Вт}$$

Таблица 1

## Результаты расчетов

	Наименование величин	Единица измерения	Результаты расчета
По п. 1	Мощность цепи $P$	Вт	2340
	Линейное напряжение $U_l$	В	220
	Линейный ток $I_l$	А	7,874
	Номинальное напряжение ваттметра $U_n$	В	300
	Номинальный ток ваттметра $I_n$	А	10
	Постоянная ваттметра $C_p$	Вт/дел	20
	Мощность, измеряемая первым ваттметром $P_1$	Вт	1712
	Мощность, измеряемая вторым ваттметром $P_2$	Вт	628,06
	Число делений шкалы $\alpha_1$	дел	86
	Число делений шкалы $\alpha_2$	дел	31
По п. 2	Мощность, измеряемая первым ваттметром $P_1$	Вт	0
	Мощность, измеряемая вторым ваттметром $P_2$	Вт	1170
	Число делений шкалы $\alpha_1$	дел	0
	Число делений шкалы $\alpha_2$	дел	59