



Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Автоматизированный электропривод»

**В. В. Тодарев, И. В. Дорощенко, В. В. Брель**

## **СПЕЦИАЛЬНЫЕ РЕЖИМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН**

**ПОСОБИЕ**

**по дисциплине «Электрические машины»  
для студентов технических специальностей**

**Гомель 2017**

УДК 621.313(075.8)  
ББК 31.261я73  
Т50

*Рекомендовано научно-методическим советом  
факультета автоматизированных и информационных систем  
ГГТУ им. П. О. Сухого  
(протокол № 8 от 28.03.2016 г.)*

Рецензент: доц. каф. «Электроснабжение» ГГТУ им. П. О. Сухого  
канд. техн. наук, доц. *О. Г. Широков*

**Тодарев, В. В.**  
Т50 Специальные режимы электрических машин : пособие по дисциплине «Электрические машины» для студентов техн. специальностей / В. В. Тодарев, И. В. Дорощенко, В. В. Брель. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2017. – 89 с. – Систем. требования: РС не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Содержит описание и порядок проведения лабораторных работ.  
Для студентов технических специальностей.

УДК 621.313(075.8)  
ББК 31.261я73

© Учреждение образования «Гомельский  
государственный технический университет  
имени П. О. Сухого», 2017

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1**

### **ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ РАБОТА ТРАНСФОРМАТОРОВ**

*Цель работы:*

- изучить условия включения трансформаторов на параллельную работу и принцип распределения нагрузки между параллельно работающими трансформаторами;
- приобрести практические навыки по включению трехфазных трансформаторов на параллельную работу.

#### **Краткие теоретические сведения**

При включении двух трансформаторов на параллельную работу необходимо, чтобы соблюдались следующие условия:

- 1) Равны коэффициенты трансформации.
- 2) Равны напряжения короткого замыкания.
- 3) Группы соединения одинаковы.

При несоблюдении условия равенства коэффициентов трансформации, включенных на параллельную работу трансформаторов уже в режиме холостого хода по обмоткам трансформаторов протекают уравнивающие токи, вызванные различием в величинах вторичных ЭДС ( $\Delta E$ ). Так как токи ограничены лишь сопротивлением вторичных обмоток трансформаторов, то даже при малых значениях  $\Delta E$  величина их значительная. Уравнивающие токи накладываются на токи нагрузки у трансформатора с меньшим  $K_{тр}$  – суммируясь, у трансформатора с большим  $K_{тр}$  вычитаясь.

Таким образом, при двух параллельно работающих трансформаторов и токах нагрузки равных номинальным, трансформатор с меньшим  $K_{тр}$  будет перегружен, а с большим  $K_{тр}$  – недогружен.

При различных напряжениях короткого замыкания внешняя характеристика трансформатора с большим  $U_K$  будет менее жесткая и при параллельной работе на общие шины вторичного напряжения он окажется недогружен по сравнению с номинально загруженным трансформатором с меньшим  $U_K$ .

Библиотека ГГТУ им. П.О.Сухого

## 1. Фазировка

1. Собрать схему, представленную на рис. 7.
2. Перед включением стенда необходимо убедиться, что все тумблеры, управляющие включением преобразователей (SA23, SA24, SA25, SA26), находятся в положении «выключено», все регуляторы заданий выходных величин преобразователей (RP1, RP2, RP3, RP4, RP5) находятся в крайнем левом положении, все дополнительные переключатели (SA2, SA3, SA4, SA6, SA7) находятся в выключенном положении, а также на панели стенда присутствуют только необходимые для проведения данного опыта переключки.
3. Подключить стенд к трехфазной сети (включить три автоматических выключателя, расположенных в левой нижней части стенда – надпись «Сеть»).
4. Тумблером SA1 подключить к сети схему управления.
5. Включить тумблер SA2 (тем самым включить пускатель К3 и замкнуть контактами пускателя дроссели L1, L2, L3).
6. Установить выключатель SA30 в положение «PV1», выключатель SA32 в положение «PV3».
7. Подключить исследуемые трансформаторы к питающей сети, нажав кнопку SB3.
8. При выключенном SA6 вольтметр PV3 должен показывать 0. Перейти к выполнению п.3.

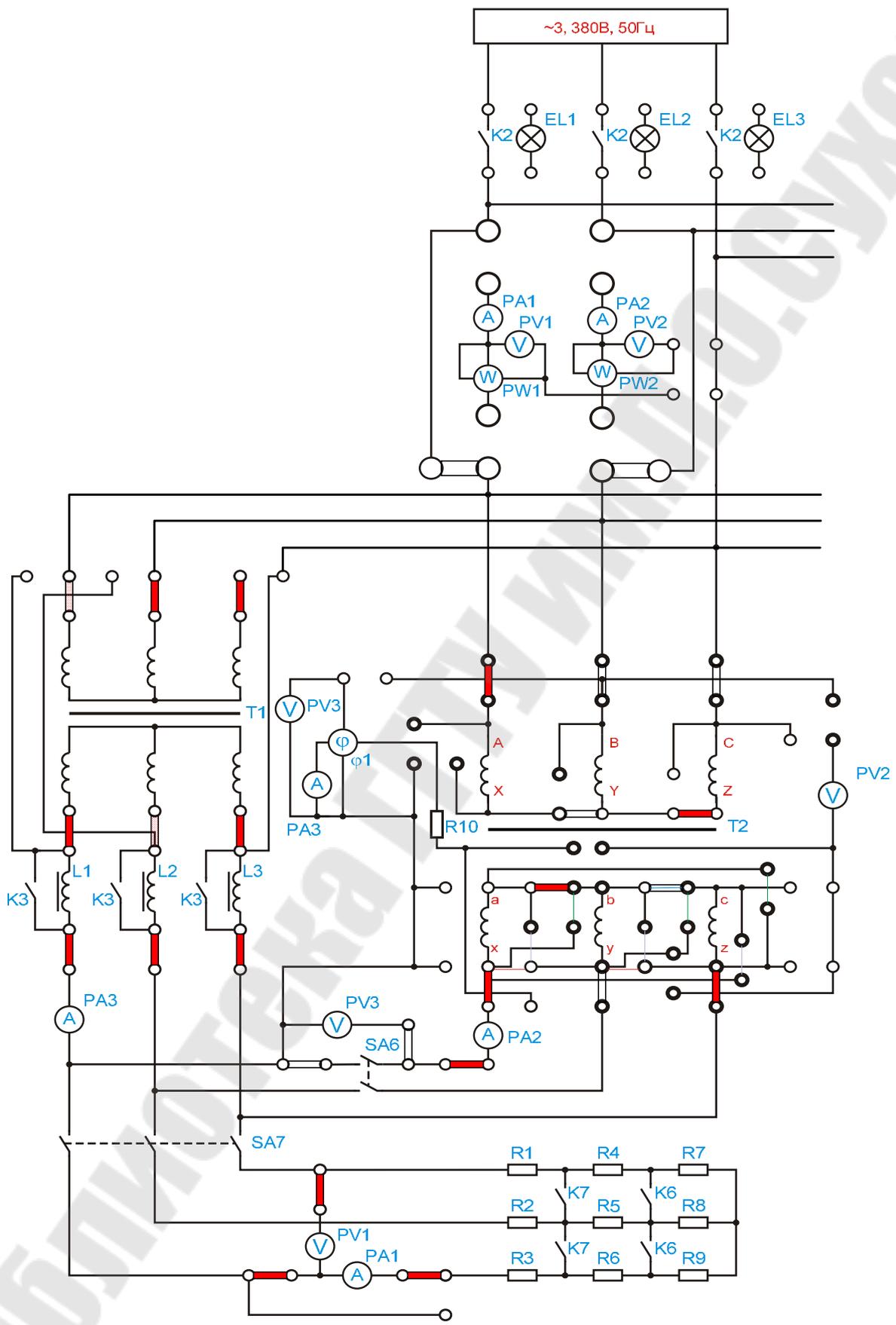


Рисунок 1. Схема включения трансформаторов на параллельную работу

## 2. Снятие внешней характеристики при $U_{K1} = U_{K2}$ .

1. Включить тумблер SA6 (включить трансформаторы на параллельную работу).
2. Переключатель SA5 перевести в крайнее левое положение.
3. Тумблером «SA7» подключить нагрузку к выходам трансформаторов. Изменяя переключателем SA5 величину нагрузки, занести показания приборов PA1, PA2, PA3 в таблицу 4.1.

**Тумблер SA7 включать на минимальное время снятия параметров.**

Таблица 4.1 – Внешняя характеристика

№	$R_H, \text{ Ом}$	Измерено			
		$I_{\text{нагр}}, \text{ А}$	$U_{\text{нагр}}, \text{ В}$	$I_2, \text{ А}$	$I_3, \text{ А}$
		PA1	PV1	PA2	PA3
$U_{K1} = U_{K2}$					
1	188				
2	144				
3	100				
$U_{K1} \neq U_{K2}$					
1	188				
2	144				
3	100				

**Завершив эксперимент, необходимо:**

- переключатель SA5 перевести в крайнее левое положение;

- тумблером «SA7» отключить нагрузку от выходов трансформаторов;
- тумблером «SA6» отключить параллельную работу трансформаторов;
- отключить исследуемые трансформаторы от питающей сети, нажав кнопку SB4;
- отключить тумблер SA2;
- перейти к п.4;

### **3. Снятие внешней характеристики при $U_{K1} \neq U_{K2}$**

1. Убедитесь, что тумблер SA2 отключен;
2. Подключить исследуемые трансформаторы к питающей сети, нажав кнопку SB3.
3. Тумблером SA6 включить трансформаторы на параллельную работу.
4. Убедитесь что переключатель SA5 находится в крайнем левом положении.
5. Тумблером «SA7» подключить нагрузку к выходам трансформаторов. Изменяя переключателем SA5 величину нагрузки, занести показания приборов PA1, PA2, PA3 в таблицу 4.1.

#### **Завершив эксперимент, необходимо:**

- переключатель SA5 перевести в крайнее левое положение;
- тумблером «SA7» отключить нагрузку от выходов трансформаторов;
- тумблером «SA6» отключить параллельную работу трансформаторов;
- отключить исследуемые трансформаторы от питающей сети, нажав кнопку SB4;
- отключить тумблер SA1;
- выключить автоматический выключатель «Сеть».

**Снятие внешней характеристики при  $K_{тр1} \neq K_{тр2}$  возможно для стенда НТЦ 23.000**

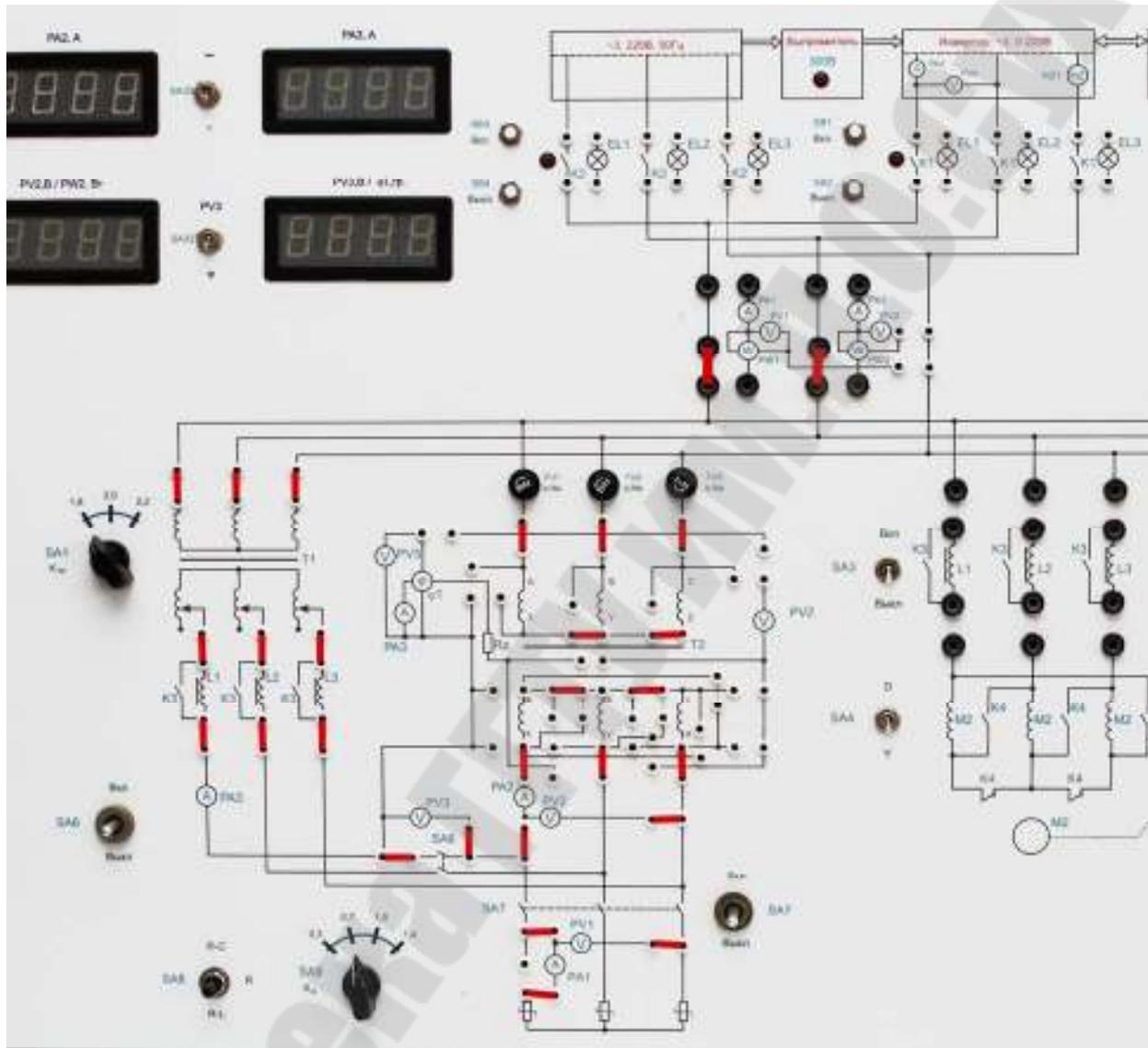


Рисунок 2. Схема включения трансформаторов на параллельную работу

**Снятие внешней характеристики при  $K_{тр1} \neq K_{тр2}$**

1. Собрать схему представленную на рисунке 2.
2. Убедиться, что тумблер SA7 отключен;
3. Переключить тумблер SA1 в положение заданное преподавателем (1,8 или 2,2);
4. Подключить исследуемые трансформаторы к питающей сети, нажав кнопку SB1;

5. Включить тумблер SA3 (тем самым закортитив дроссели L1 - L3);

6. Тумблером SA6 включить трансформаторы на параллельную работу.

7. Убедится, что переключатель SA9 ( $K_H$ ) находится в крайнем левом положении.

8. Тумблером «SA7» подключить нагрузку к выходам трансформаторов. Изменяя переключателем SA9 величину нагрузки, занести показания приборов PA1, PA2, PA3 в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Внешняя характеристика

№	$K_H$	Измерено			
		$I_{нагр}, A$	$U_{нагр}, B$	$I_2, A$	$I_3, A$
		PA1	PV1	PA2	PA3
$K_{тр1} \neq K_{тр2}$					
1	0,3				
2	0,7				
3	1				
4	1,4				

**Завершив эксперимент, необходимо:**

- переключатель SA9 перевести в крайнее левое положение;
- тумблером «SA7» отключить нагрузку от выходов трансформаторов;
- тумблером «SA6» отключить трансформаторы с параллельной работы;
- отключить исследуемые трансформаторы от питающей сети, нажав кнопку SB2;
- выключить автоматический выключатель «Сеть».

### Содержание отчета:

1. Цель работы;
2. Схема лабораторного стенда;
3. Таблицы измерений и вычислений;
4. Внешние характеристики  $U = f(I)$  при  $U_{K1} = U_{K2}$  и при  $U_{K1} \neq U_{K2}$ ;
5. Выводы.

### Контрольные вопросы

1. Почему при различных коэффициентах трансформации даже в режиме холостого хода во вторичных обмотках параллельно работающих трансформаторов протекают токи?
2. Почему возникает уравнивающий ток при параллельном включении трансформаторов?
3. Почему при различных  $K_{тр}$  загрузка двух параллельно включенных трансформаторов различна?
4. С какой целью применяют параллельную работу трансформаторов?
5. Как скажется на параллельной работе трансформаторов условия, если модули напряжения короткого замыкания равны т.е.  $U_{к(1)} = U_{к(2)}$  а составляющие – нет, т. е.  $U_{ка(1)} \neq U_{ка(2)}$ ;  $U_{кр(1)} \neq U_{кр(2)}$ .
6. Каковы условия включения трансформаторов на параллельную работу?
7. Почему не допускается включение на параллельную работу трансформаторов с разными группами соединения, даже при одинаковых вторичных напряжениях?
8. Каковы допуски на различие коэффициентов трансформации и напряжений к. з. для трансформаторов, включаемых на параллельную работу?
9. Что такое фазировка трансформаторов, для чего и как она выполняется?
10. От чего зависит распределение нагрузки между параллельно работающими трансформаторами?
11. Каким условиям должны удовлетворять трансформаторы для того, чтобы они нагружались пропорционально их мощностям?
12. Можно ли соединить параллельно трансформаторы с соединением обмоток:  $Y/\Delta$  и  $Y/Y$ ?

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2** **ОПЫТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРУПП СОЕДИНЕНИЯ** **ТРЕХФАЗНОГО ТРАНСФОРМАТОРА**

*Цель работы:* Освоить методику экспериментального определения групп соединения трехфазных трансформаторов.

### **Краткие теоретические сведения**

Под группой соединения трехфазного трансформатора понимают угол между одноименными векторами линейных напряжений первичной и вторичной обмоток, выраженный в часах, причем вектор напряжения первичной обмотки представляет минутную стрелку часов, вектор вторичной обмотки – часовую. В обозначениях трехфазных трансформаторов указываются схема и группа соединения обмоток, например,  $Y/Y-10$ ;  $Y/\Delta-1$ ;  $\Delta/\Delta-2$  и т. д. Запрещается включать на параллельную работу трансформаторы, имеющие различные схемы и группы соединения обмоток. Группу соединения трансформатора можно определить как расчетным, так и экспериментальным путем.

### **Выполнение опыта**

1) Соединить обмотки трансформатора по схеме, заданной преподавателем (рисунок 2 – 5), установив перемычку между выводами А и а.

2) Перед включением стенда необходимо убедиться, что все тумблеры, управляющие включением преобразователей (SA23, SA24, SA25, SA26), находятся в положении «выключено», все регуляторы заданий выходных величин преобразователей (RP1, RP2, RP3, RP4, RP5) находятся в крайнем левом положении, все дополнительные переключатели (SA2, SA3, SA4, SA6, SA7) находятся в выключенном положении, а также на панели стенда присутствуют только необходимые для проведения данного опыта перемычки.

3) Подключить стенд к трехфазной сети (включить три автоматических выключателя, расположенных в левой нижней части стенда – надпись «Сеть»).

4) Тумблером SA1 подключить к сети схему управления.

5) Установить выключатель SA31 в положение «PV2», выключатель SA32 в положение «PV3».

- 6) Подключить исследуемый трансформатор к питающей сети, нажав кнопку SB3.
- 7) Снять показания приборов PV3, PV2. Данные занести в таблицу 1
- 8) Отключить исследуемый трансформатор от питающей сети, нажав кнопку SB4.
- 9) Выключить автоматический выключатель «Сеть».

Таблица 1 Экспериментальные данные

$U_A$	$U_B$	$U_C$	$U_{AB}$	$U_{BC}$	$U_{CA}$	$U_a$	$U_b$	$U_c$	$U_{ab}$	$U_{bc}$	$U_{ca}$	$U_{Bb}$	$U_{Bc}$	$U_{Cb}$	$U_{Cc}$
В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В

### Обработка результатов

В выбранном масштабе строят векторную диаграмму фазных и линейных напряжений первичной обмотки трансформатора. Совмещают точки **A** и **a** первичной и вторичной обмоток как имеющие равный потенциал. Циркулем с радиусами равными в масштабе  $U_{Bb}$  и  $U_{Cb}$  проводят окружности, их пересечение дает вершину **b** треугольника вторичных напряжений. Аналогично ( $U_{Bc}$  и  $U_{Cc}$ ) находят вершину **c**. Соединяя вершины, строят треугольник вторичных напряжений. Далее определяют группу соединения трансформатора, вынося произвольную пару одноименных линейных напряжений первичной и вторичной обмоток. Пример построения показан на рис. 1.

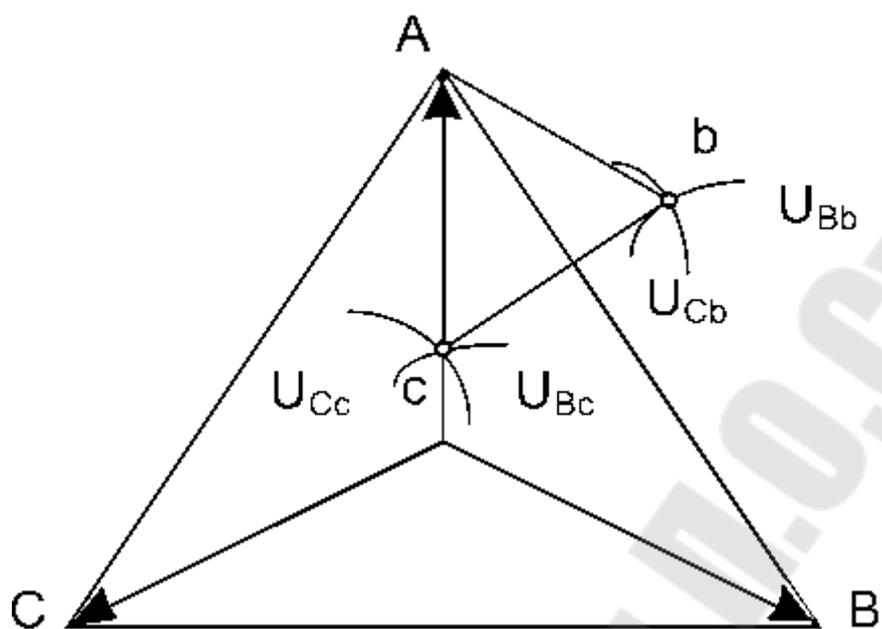


Рисунок 1 - Пример построения векторной диаграммы для определения группы соединения трансформатора.

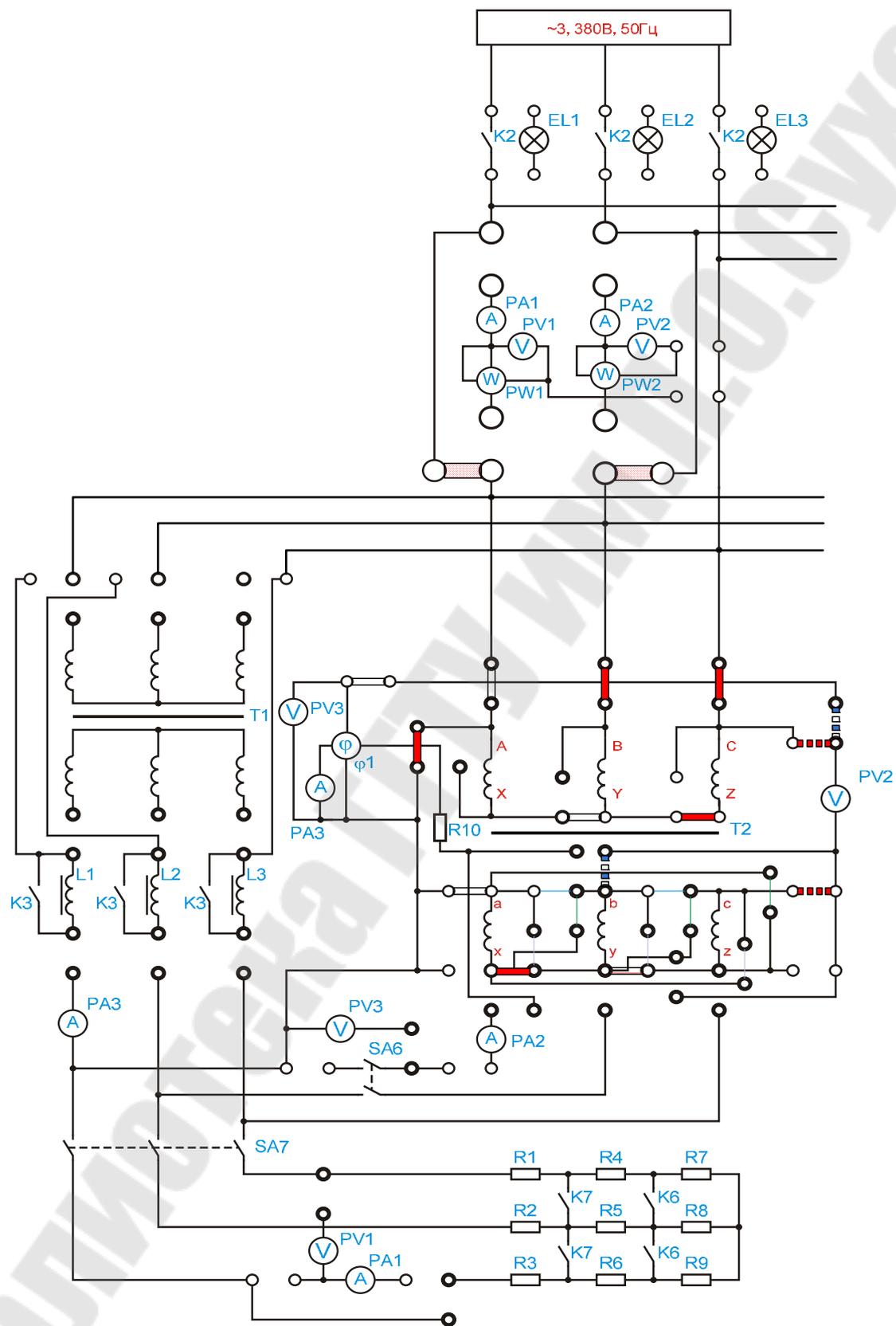


Рисунок 2 – Прямая звезда. Метод вольтметра.

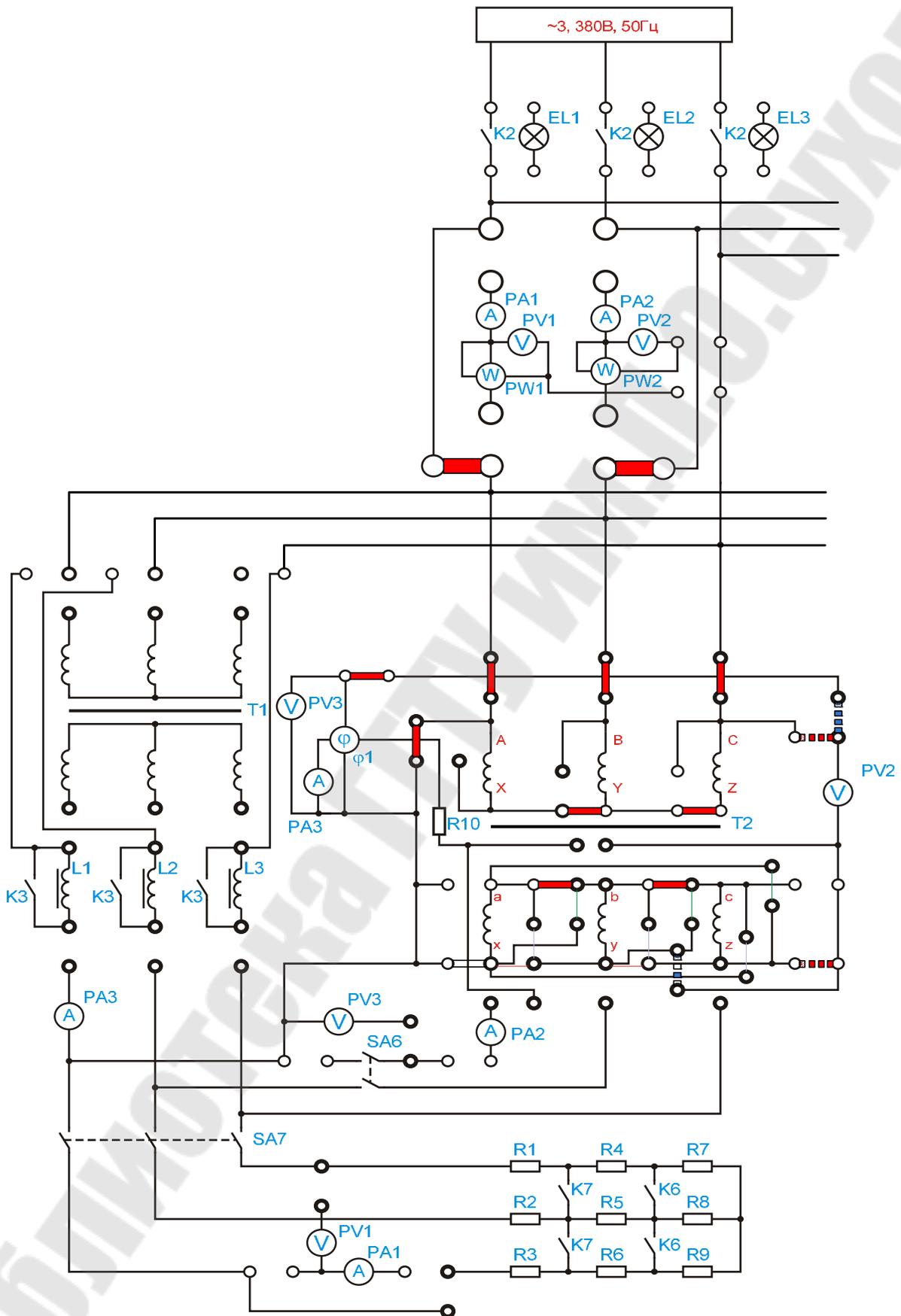


Рисунок 3 – Обратная звезда. Метод вольтметра.

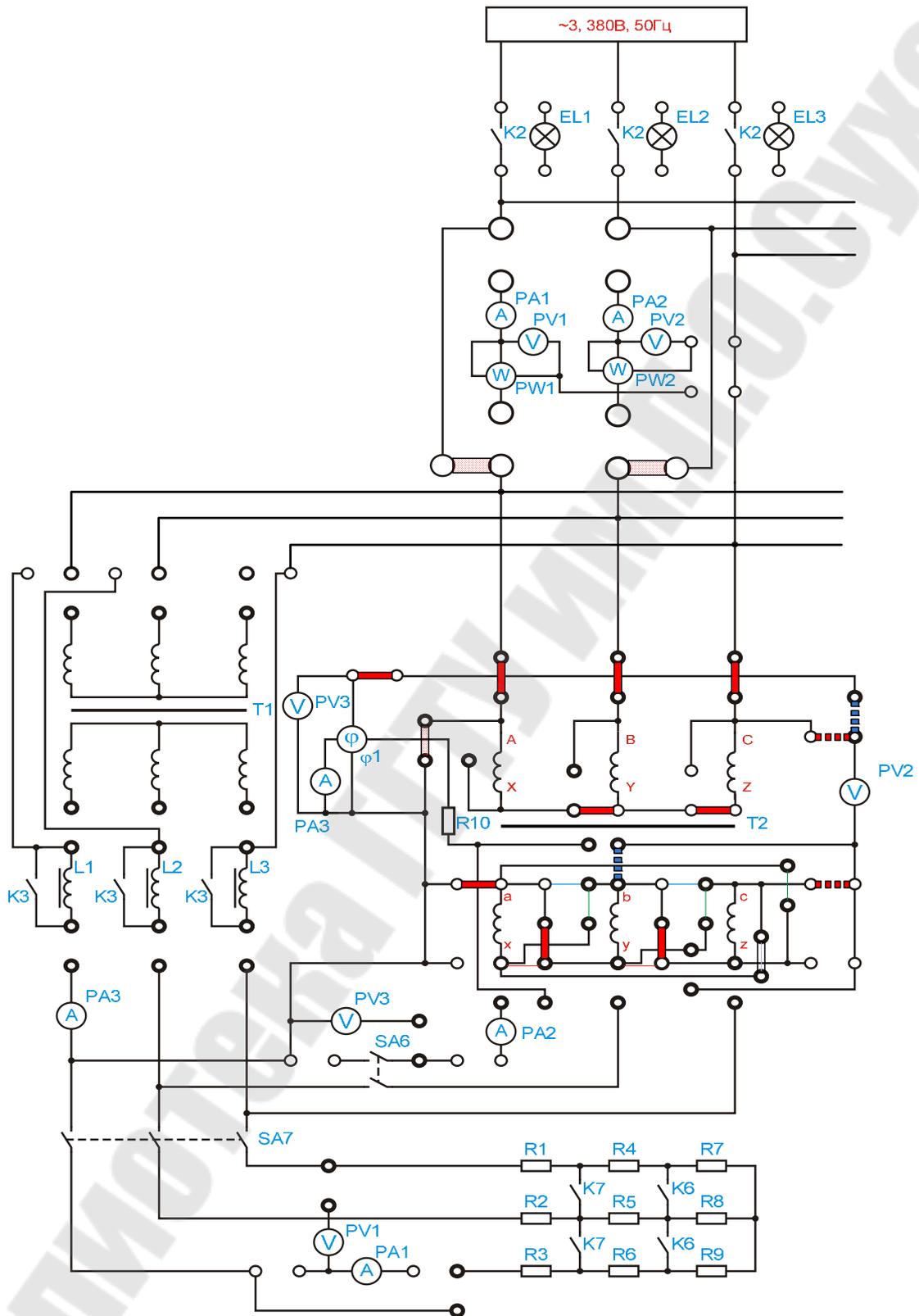


Рисунок 4 – Прямой треугольник. Метод вольтметра.

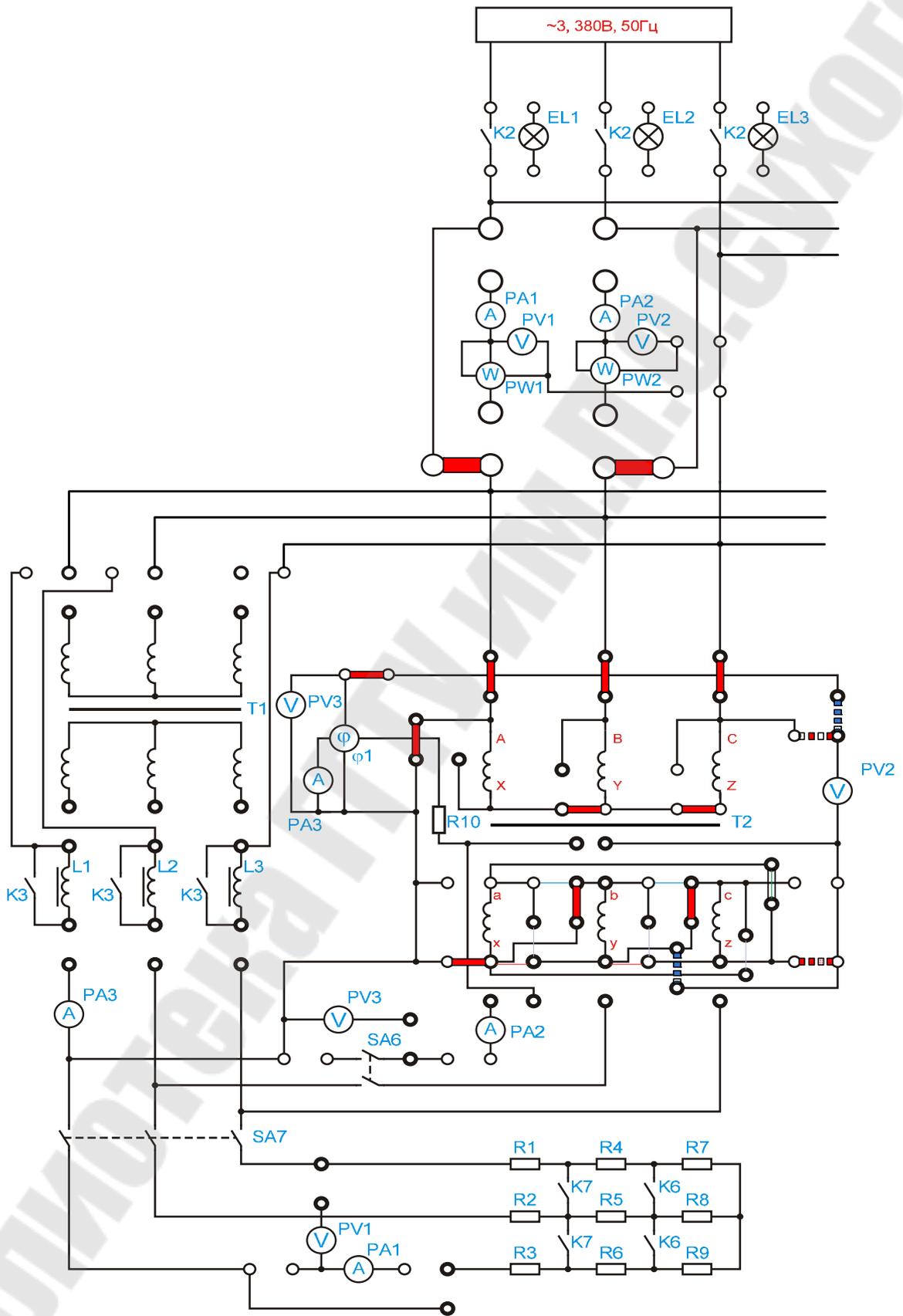


Рисунок 5 – Обратный треугольник. Метод вольтметра.

### **Содержание отчета:**

- 1.Цель работы.
- 2.Схема испытательного стенда.
- 3.Таблица измеренных параметров.
- 4.Векторные диаграммы.
- 5.Определенная группа соединения.
- 6.Выводы.

### **Контрольные вопросы.**

1. Какие могут быть типы и группы соединения обмоток трехфазных трансформаторов?
2. Как определяют с помощью вольтметра группу соединения обмоток трехфазного трансформатора?
3. Чем определяется группа соединения трансформатора?
- 4.Какие группы соединения могут быть получены при одинаковой схеме соединения обмоток ВН и НН?
- 5.Перечислите группы соединения, предусмотренные ГОСТ, нарисуйте соответствующие им схемы соединения обмоток и топографические диаграммы.
6. Каким образом, зная схему включения первичной и вторичной обмоток определить группу соединения трансформатора?
7. Пояснить, как правильно соединить выводы первичной и вторичной обмоток, если задана группа соединения трансформатора?

### Лабораторная работа № 3

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ В ОДНОФАЗНОМ РЕЖИМЕ

*Цель работы:* изучить схемы включения трехфазного двигателя в однофазную сеть, определить его рабочие характеристики в однофазном режиме.

### Краткие теоретические сведения

Работа трехфазного асинхронного двигателя в однофазном режиме сети возможна либо в аварийном режиме при отключении одной фазы в случае перегорания предохранителя или обрыве провода, либо при наличии собственно однофазной сети, например, для работы бытовых потребителей.

При подключении в однофазную цепь в статоре трехфазного двигателя создается пульсирующее электромагнитное поле, которое можно разложить на двух круговых вращающихся в противоположных направлениях. Механическая характеристика в таком режиме проходит через ноль, то есть пусковой момент равен нулю. Обратное вращающееся электромагнитное поле не только уменьшает электромагнитный момент двигателя, но и увеличивает потери, снижая КПД и увеличивая его нагрев за счет протекания токов обратной составляющей по обмоткам статора и ротора.

Улучшить показатели двигателя можно создав в статоре двигателя не пульсирующее, а вращающееся электромагнитное поле, для чего, третью фазу двигателя подключают к сети через емкостной, активный или индуктивный фазосдвигающий элемент. И хотя вращающееся электромагнитное поле будет эллиптическим, обратная составляющая поля значительно уменьшится, появится пусковой момент двигателя, снижаются потери мощности и растет КПД, уменьшается нагрев.

Упрощенная схема лабораторной установки для исследования АД с короткозамкнутым ротором представлена на рис.3.1, схема лабораторного стенда на рис. 3.2.

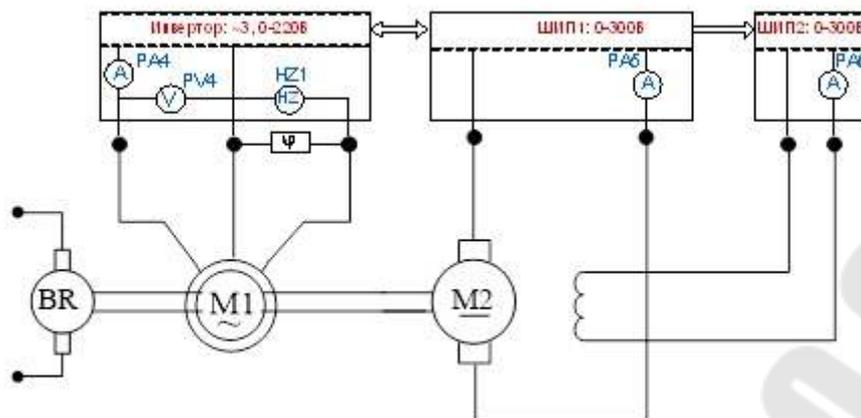


Рис. 3.1. Упрощенная схема лабораторной испытательной установки

### Особенности работы стенда

#### Включение стенда.

Перед включением стенда необходимо убедиться, что все тумблеры, управляющие включением преобразователей, находятся в положении «выключено».

После включения стенда происходит тест индикаторов. Если какой либо из ШИП включен, то после теста соответствующий индикатор выводит надпись «OOPS». После выключения тумблеров, плата ШИП переходит в нормальный режим работы.

#### Срабатывание защиты преобразователей.

Силовая часть преобразователей построена на силовом модуле, который имеет встроенную защиту от токов короткого замыкания и от недостаточного напряжения в цепях управления (при напряжении меньше 13В).

При срабатывании защиты инвертора на индикаторах РА4, PV4, HZ1 моргает «OOPS».

При срабатывании защиты ШИП обмотки якоря ДПТ и обмотки возбуждения СД (питаются от силового модуля) на индикаторах РА5 и РА7 моргают последние измеренные значения.

При срабатывании защиты ШИП обмотки возбуждения ДПТ на индикаторе РА6 моргает последнее измеренное значение. При этом выключается питание обмотки возбуждения и питание обмотки якоря.

При срабатывании защиты необходимо выключить и включить преобразователь.

### **Инвертор.**

Предназначен для создания симметричной трехфазной сети. Осуществляет плавное регулирование частоты и напряжения. Задание напряжения может осуществляться независимо от задания частоты и в режиме  $U/f = \text{const}$ . Измеряет ток в звене постоянного тока, а также выходное линейное напряжение.

Силовая часть реализована на базе силового модуля Mitsubishi ASIPM PS11035 (для двигателей мощностью до 1,5кВт; с номинальным током 7А).

Диапазон регулирования:

- Диапазон задания частоты 0..163 Гц с дискретностью 0,63Гц.
- Диапазон задания линейного напряжения 0..220В с дискретностью 1В.

**Трансформатор:** ОСМ1 – 0.1У3  $S_n = 100 \text{ ВА}$ ,  $U_1 = 220 \text{ В}$ ,  $U_2 = 110 \text{ В}$ .

### **Типы электродвигателей используемых в стенде:**

1. ДМТФ-011-6 1М1001 1,4 кВт (АД с фазным ротором) или МТН-011-6У1 1,4 кВт;( 220/380 В; 3,1/1,8 А – статор); (114В 8,8 А – ротор).

2. АИР 71В6У3  $\Delta/Y$  220/380 В; 3,1/1,8 А; 0,55кВт; 1000об/мин (с короткозамкнутым ротором) (скольжение:  $S_n = 0.1$ ;  $S_k = 0.49$ )

3. 2ПН90L 0,55кВт  $n_n = 1500$  об/мин.  $2p = 2$  ( $I_n = 1,74 \text{ А}$ )

*Согласно ГОСТ 7217-79 перед проведением опытов необходимо провести обкатку асинхронного двигателя для прогрева подшипников: для АД до 11 кВт – 15 минут, от 11 кВт до 110 кВт – 30 минут, свыше 110 кВт – 75 минут.*

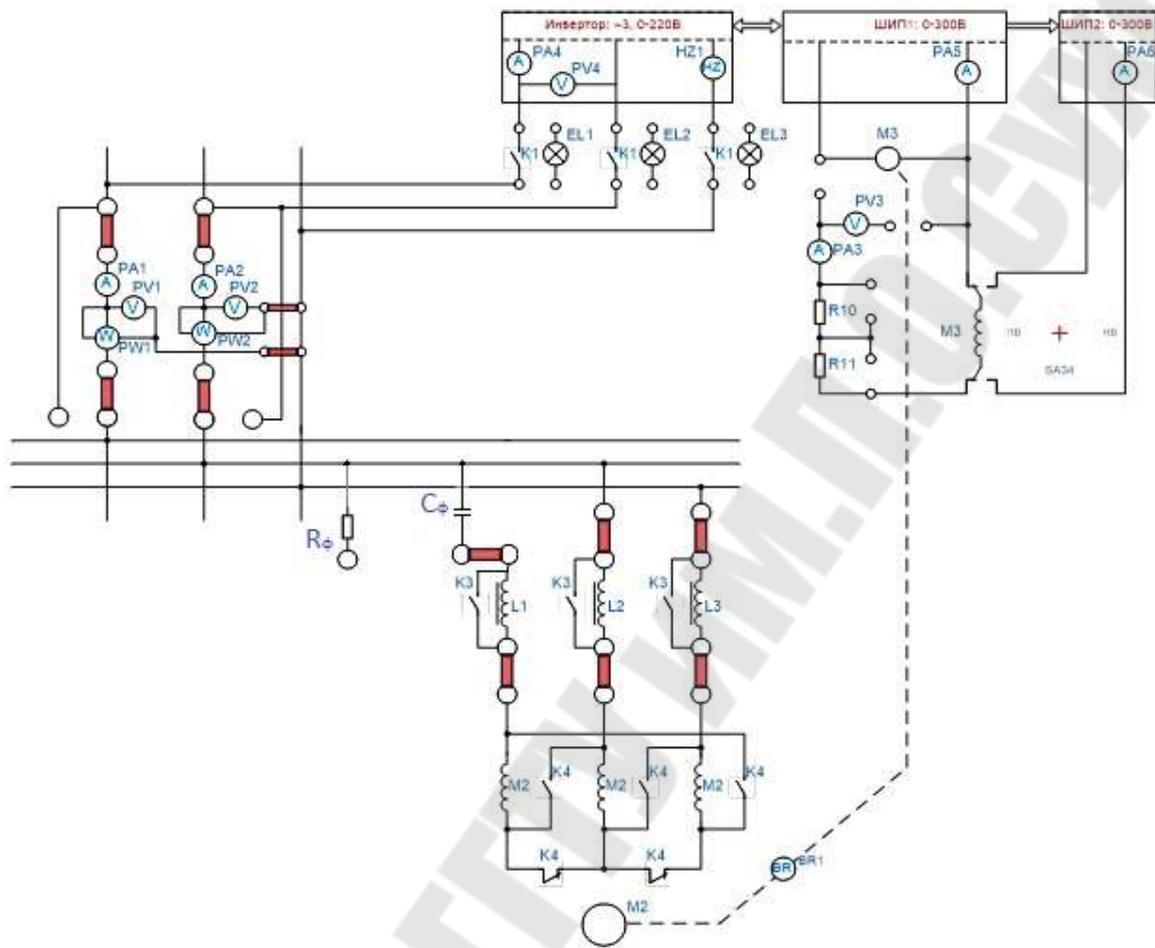


Рис.3.2. Схема лабораторного стенда для исследования асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором однофазном режиме.

## 1. Исследование рабочих характеристик

1) Собрать схему, представленную на рис. 3.2., установить переключатель с фазосдвигающим элементом ( $C_{\phi}$ ).

2) Подключить стенд к трехфазной сети (включить три автоматических выключателя, расположенных в левой нижней части стенда – надпись «Сеть»). Перед включением стенда необходимо убедиться, что все тумблеры, управляющие включением преобразователей (SA23, SA24, SA25, SA26), находятся в положении «выключено», все регуляторы заданий выходных величин преобразователей (RP1, RP2, RP3, RP4, RP5) находятся в крайнем левом положении, все дополнительные переключатели (SA2, SA3, SA4, SA6, SA7) находятся в выключенном положении, а также на панели стенда присутствуют только необходимые для проведения данного опыта переключатели.

*Чтобы создать механическую нагрузку на валу исследуемого двигателя, нужно подключить к сети вспомогательную машину М3, которая будет работать в генераторном режиме.*

3) Тумблер SA34 перевести в положение «НВ».

4) Установить выключатель SA25 ШИП2 в положение «Включено».

5) С помощью регулятора RP3 «Задание тока» ШИП2 установить номинальное значение тока возбуждения (0,5 А) вспомогательной машины М3 (контролировать по амперметру РА6).

6) Установить режим работы ШИП1: SA20 «Отключить замкнутую СУ», SA21 «Задание тока», SA22 «Генераторный режим».

7) Тумблером SA23 включить ШИП1.

8) С помощью регулятора RP1 «Задание» ШИП1», плавно увеличивая напряжение на выходе, разогнать исследуемый двигатель до синхронной частоты вращения ( $\omega = 103 \div 104$  рад/с, контролировать по прибору BR1)

9) Тумблером SA1 подключить к сети схему управления.

10) Тумблером SA2 включить пускатель К3 (контактами пускателя закорачиваются дроссели L1, L2, L3).

11) Включить тумблер SA3 (таким образом, выбираем соединение обмоток статора двигателя в треугольник).

12) Тумблером SA27 установить независимый режим управления Инвертора.

13) Установить выключатель SA30 в положение «PW1», SA31 в положение «PW2», выключатель SA32 в положение «PV3».

14) С помощью регулятора RP4 «Задание частоты» установить значение частоты  $f = 50$  Гц (контролировать по прибору HZ1).

15) С помощью регулятора RP5 «Задание напряжения» установить значение напряжения  $U = 0$  В (контролировать по вольтметру PV4).

16) Тумблером SA26 включить Инвертор.

17) Подключить исследуемый двигатель к выходу Инвертора, нажав кнопку SB1.

18) При помощи регулятора RP5 «Задание напряжения» плавно увеличить напряжение на статоре асинхронного двигателя до номинального значения  $U = 220$  В (контролировать по вольтметру PV4).

19) С помощью регулятора RP1 «Задание» ШИП1 **установить ток якоря равным нулю** вспомогательной машины МЗ (контролировать по прибору PA5).

20) **Уменьшая** ток в цепи якоря (амперметр PA5 должен показывать значения со знаком “-”) вспомогательной машины МЗ с помощью регулятора RP1 «Задание» ШИП1 (тем самым создавая нагрузочный момент для исследуемого АД), снять показания в 5-6 точках вниз от исходной скорости вращения (при которой ток амперметра PA5 равен нулю), уменьшая каждый раз на 1 рад/с. Замеры занести в таблицу 3.1.

21) Повторить опыты с  $R_{\phi}$  и без фазосдвигающего элемента.

#### ПРИМЕЧАНИЯ:

*При задании нагрузки на испытуемом АД, ток  $I_{ДПТ}$  (PA5) будет отображаться со знаком «-» (т.к. двигатель постоянного тока работает нагрузочным), но в таблицу его значение записываем со знаком «+».*

*Мощность  $P_1$  необходимо находить как среднюю суммарную мощность приборов PW1 и PW2.*

22) Сняв все показания, ток якоря вспомогательной машины МЗ с помощью регулятора RP1 «Задание» ШИП1 установить равным нулю (контролировать по прибору PA5).

#### **Завершив эксперимент, необходимо:**

- уменьшить напряжение на выходе Инвертора до нуля с помощью регулятора RP5 (контролировать по прибору PV4);

- тумблером SA26 отключить Инвертор;

- отключить исследуемый двигатель, нажав кнопку SB2;
- выключить тумблер SA2;
- выключить тумблер SA3;
- тумблером SA1 отключить от сети схему управления;
- с помощью регулятора RP1 «Задание» ШИП1 уменьшить напряжение до нуля (контролировать по прибору PV3);
- тумблером SA23 выключить ШИП1;
- с помощью регулятора RP3 «Задание тока» ШИП2 установить значение тока возбуждения вспомогательной машины M3 равное нулю (контролировать по амперметру PA6);
- тумблером SA25 выключить ШИП2;
- выключить автоматический выключатель «СЕТЬ».

Таблица 3.1 - Рабочие характеристики

№	Измерено						Вычислено						
	$I_{\text{ДПТ}}$ , А	$I_1$ , А	$U_1$ , В	$P_{1A}$ , Вт	$P_{1B}$ , Вт	$\omega_1$ , с <sup>-1</sup>	$n$ , об/мин	$s$	$\cos \varphi$	$M_{\text{эм}}$ , Н·м	$P_1$ , Вт	$P_2$ , Вт	$\eta$
	РА 5	РА 1	PV 1	PW 1	PW 2	BR 1							
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													

Величины  $n$ ,  $s$ ,  $\cos \varphi$ ,  $M_{\text{эм}}$ ,  $P_2$ ,  $\eta$  определяют по формулам:

Потребляемая мощность:  $P_1 = \frac{P_{1A} + P_{1B}}{2}$ , Вт.

Частота вращения ротора:  $n = \frac{30 \cdot \omega}{\pi}$ , об/мин.

Синхронная частота вращения:  $n_0 = \frac{60 \cdot f}{p_\delta}$ , где  $p_\delta = 3$  - число пар полюсов двигателя.

Скольжение:  $s = \frac{n_0 - n}{n_0} \cdot 100$ , %.

Коэффициент мощности:  $\cos \varphi = \frac{P_1}{U_1 \cdot I_1}$ .

Электромагнитный момент двигателя постоянного тока независимого возбуждения:

$$M_{\text{эм}} = I_{\text{ДПТ}} \cdot C_M \cdot \Phi, \text{ Н}\cdot\text{м},$$

где коэффициент ДПТ:

$$C_M \cdot \Phi = \frac{U_{\text{Н.ДПТ}} - I_{\text{Н.ДПТ}} \cdot R_{\text{я}}}{\omega_{\text{Н.ДПТ}}} = \frac{220 - 4,47 \cdot 7,98}{157} = 1,17 \frac{\text{В} \cdot \text{рад}}{\text{с}}.$$

Полезная мощность асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором:

$$P_2 = \frac{M_{\text{эм}} \cdot n}{9,57}, \text{ Вт.}$$

КПД асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100, \text{ \%}.$$

Рассчитать критическое скольжение и максимальный момент:

$$S_{\text{кр}} = \frac{R'_2}{X_{\text{к}}}; M_{\text{макс}} \approx \frac{m_1 \cdot U_1^2}{2 \cdot \omega_0 \cdot (R_1 + X_{\text{к}})}; R_2' = R_{\text{к}} - R_1,$$

где  $R_1$  – сопротивление фазы обмотки статора  $R_1 = 9,8 \text{ Ом}$ .

По опытным данным построить в одной системе координат рабочие характеристики асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором:  $I_1, P_1, n, \cos\phi, M, \eta = f(P_2)$  и отдельно механическую характеристику  $S(M)$ .

### Содержание отчета:

1. Цель работы.
2. Схема установки.
3. Таблица измерений рабочей характеристики с расчетными формулами и графики.
4. Результаты измерений и вычислений к механической характеристике и графики.

### Контрольные вопросы

1. Какими способами можно запускать двигатель при работе от однофазной сети?
2. Почему при работе в однофазном режиме двигатель потребляет из сети большой ток, чем при такой же нагрузке в трёхфазном режиме?
3. Что будет с двигателем, если в процессе его работы в трёхфазном режиме произойдёт обрыв фазы?
4. Каким будет магнитное поле двигателя в однофазном режиме?

5. Почему к.п.д. двигателя в однофазном режиме ниже чем в трёхфазном?

6. Как осуществляется защита двигателей от работы в однофазном режиме?

7. Почему при работе в однофазном режиме двигатель не развивает пусковой момент, если третья фаза отключена?

**Тодарев Валентин Васильевич  
Дорощенко Игорь Васильевич  
Брель Виктор Валерьевич**

## **СПЕЦИАЛЬНЫЕ РЕЖИМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН**

**Пособие  
по дисциплине «Электрические машины»  
для студентов технических специальностей**

Подписано к размещению в электронную библиотеку  
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного  
учебно-методического документа 17.02.17.

Рег. № 64Е.  
<http://www.gstu.by>