

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ГОМЕЛЬСКОГО ОБЛАСТНОГО  
ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО КОМИТЕТА

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «БУДА-КОШЕЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»

***РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ  
ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ***

**ДИСЦИПЛИНА «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ»**

специальность: 2-74 06 31-01 «Энергетическое обеспечение  
сельскохозяйственного производства»

**Выполнил(а):** учащийся \_\_\_\_ курса, группы «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_  
ФИО

**Принял:** преподаватель \_\_\_\_\_

г. Буда–Кошелёво

202 г.

## ЛАБОРАТОНАЯ РАБОТА № 1

**ТЕМА:** СНЯТИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ГЕНЕРАТОРОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА ПАРАЛЛЕЛЬНОГО И НЕЗАВИСИМОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ.

**Цель работы:** ЗАПУСТИТЬ В РАБОТУ МАШИНУ В РЕЖИМЕ ГЕНЕРАТОРА; ИЗМЕНЯЯ ВЕЛИЧИНУ НАГРУЗКИ СНЯТЬ ВНЕШНЮЮ ХАРАКТЕРИСТИКУ ДЛЯ СХЕМ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО И НЕЗАВИСИМОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ; ПО ПОЛУЧЕННЫМ РЕЗУЛЬТАТАМ ПОСТРОИТЬ ГРАФИК ВНЕШНЕЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ; СДЕЛАТЬ ВЫВОД О НЕСОВПАДЕНИИ ХАРАКТЕРА КРИВЫХ ВНЕШНЕЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЕНЕРАТОРОВ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО И НЕЗАВИСИМОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ.

**Место выполнения работы:** лаборатория «Электрические машины».

**Дидактическое и методическое обеспечение:** Лабораторный стенд НТЦ-23, установка синхронный генератор – двигатель постоянного тока, методические указания, соединительные провода.

### Литература:

Электрические машины: Марк Михайлович Кацман. – Издательский центр «Академия», 2006. [387-392с.]

Электрические машины: Шевчик Н. Е., Подгайский Г. Д.. – Дизайн ПРО, 2000. [124-127с.]

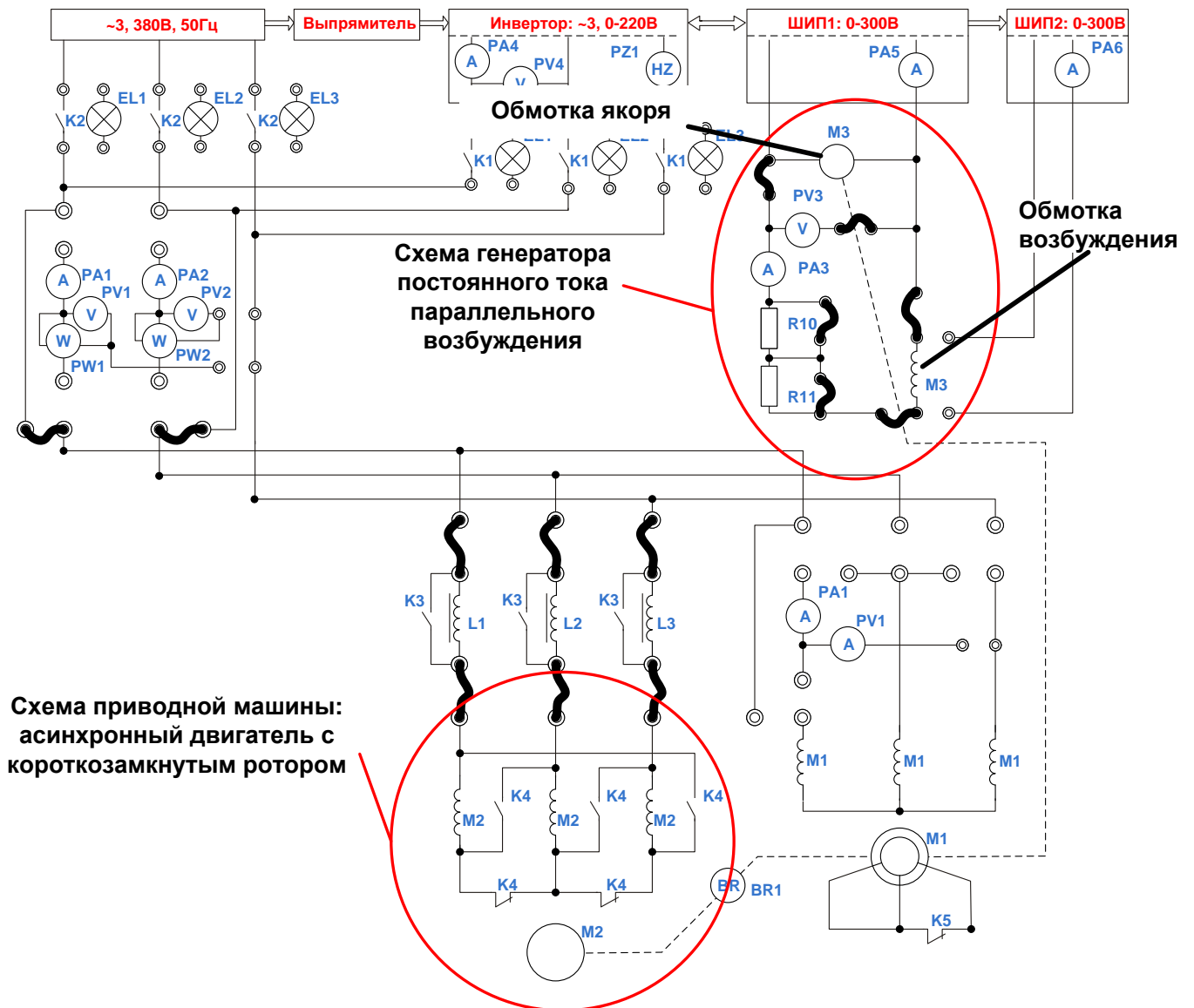
Электрические машины: Марк Михайлович Кацман. – Высш. Школа, 1983, 1990. [79-86с.]

Электрические машины: Данилов И.А., Лотоцкий К.В.. – Колос, 1972. [221-225с.]

Инструкция по охране труда прилагается отдельно.

Снятие внешней характеристики генератора параллельного возбуждения.

1. Собрать схему, представленную на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Схема включения генератора постоянного тока параллельного возбуждения с приводной машиной**

2. Установить все тумблеры на лицевой панели стенда в нижнее положение.
3. Включить стенд, автоматический выключатель «Сеть».
4. Включить тумблер **SA1** (вверх). Тумблером **SA2** включить пускатель K3, тумблером **SA3** включить пускатель K4.
5. Включить пускатель K1 кнопкой **SB1**.
6. Выставить режим работы **Инвертора** - « $U/f=\text{const}$ » SA27. Установить рукоятку «Задание частоты» RP4 в крайнее левое положение. Включить **Инвертор** – тумблер SA26 вверх.

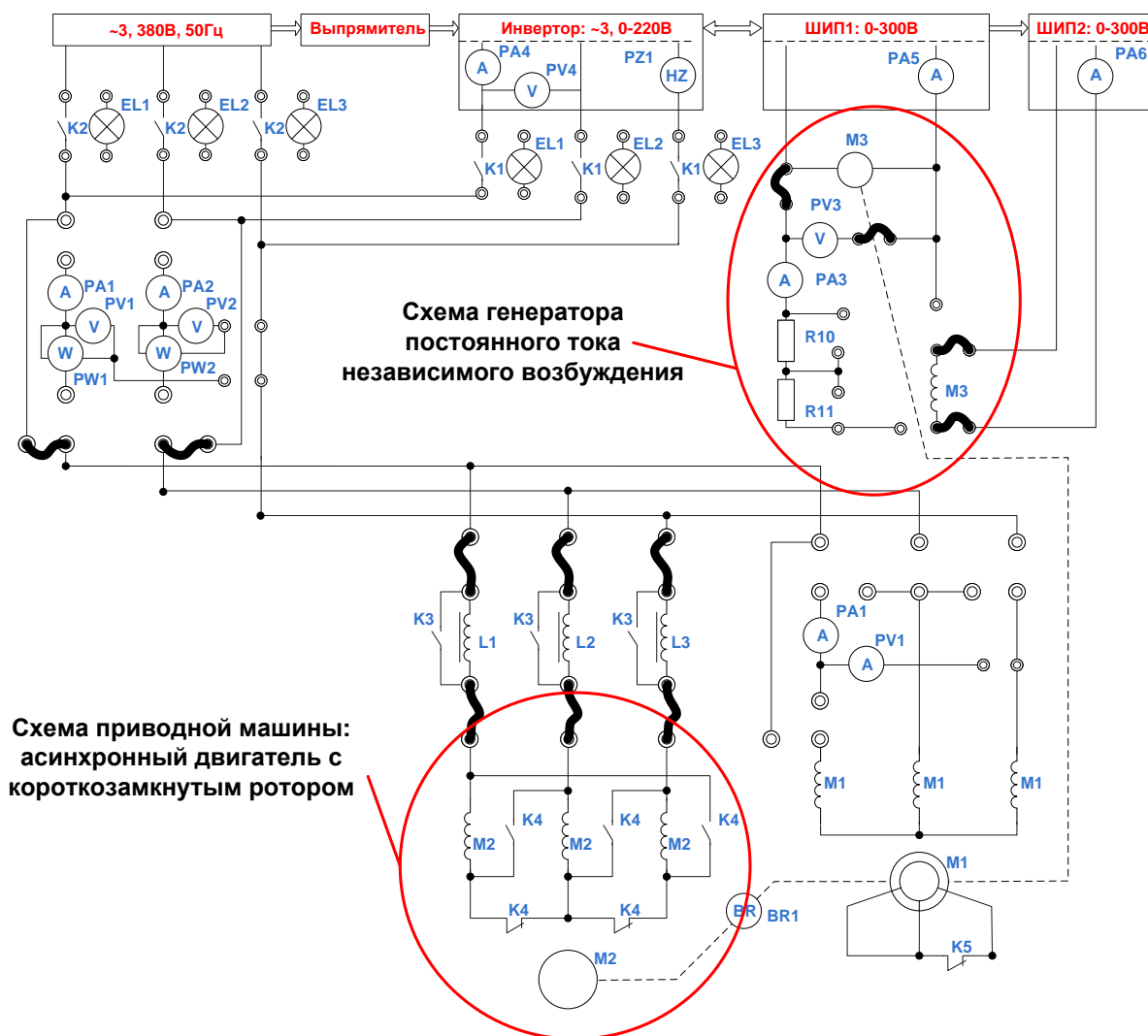
7. Поворачивая рукоятку «**Задание частоты**» RP4 вправо, увеличить скорость вращения ротора приводного двигателя до  $\omega = 157$  рад/с (прибор BR1). Напряжение генератора должно равняться около 220В (прибор PV3).
8. Выключить **Инвертор** - тумблер SA26 вниз.
9. Выставить режим работы **ШИП1** – «отключить замкнутую СУ» SA20. Установить рукоятку «**Задание**» RP1 в крайнее левое положение. Включить **ШИП1** SA23.
10. Поворачивая рукоятку «**Задание**» **ШИП1** вправо увеличить частоту вращения до  $\omega = 157$  рад/с (прибор BR1).
11. Включить **Инвертор** - тумблер SA26 вверх
12. Подбирая задание **ШИП1** RP1 и задание частоты **Инвертора** RP4 так, чтобы при скорости 157 рад/с, ток якоря был равен нулю (прибор PA5).
13. Уменьшая задание **ШИП1** RP1 снять пять точек внешней характеристики (ток  $I_a$  – PA5, напряжение  $U$  – PV3), при этом скорость вращения нужно поддерживать постоянной, увеличивая частоту **Инвертор** RP4 - вправо.
14. Зафиксировать значение тока якоря  $I_a$  (прибор PA5) и напряжения генератора  $U$  (прибор PV3) в таблицу 1.
15. Отключить **ШИП1** SA23 и **Инвертор** SA26. Выключите стенд, автоматический выключатель «**Сеть**».

**Таблица 1 – Данные внешней характеристики генератора постоянного тока параллельного возбуждения**

№ п.п.	параллельное возбуждение	
	$U, В$ (PV3)	$I_a, А$ (PA5)
1		
2		
3		
4		
5		

### Снятие внешней характеристики генератора независимого возбуждения.

16. Собрать схему, представленную на рисунке 2.



**Рисунок 2 – Схема включения генератора постоянного тока независимого возбуждения с приводной машиной**

17. Включить стенд, автоматический выключатель **«Сеть»**.
18. Включить пускатель К1 кнопкой **SB1**.
19. Включить **Инвертор** - тумблер SA26 вверх.
20. Рукояткой **«Задание частоты»** RP4 установить частоту вращения якоря до  $\omega = 157$  рад/с (прибор BR1).
21. Установить рукоятку **«Задание тока»** RP3 **ШИП2** в крайнее левое положение. Включить **ШИП2** SA25.
22. Поворачивая рукоятку **«Задание тока»** **ШИП2** вправо увеличить ток возбуждения  $I_b$  (прибор PA6), что бы напряжение генератора равнялось 220В (прибор PV3).
23. Установить рукоятку **«Задание»** RP1 в крайнее левое положение. Включить **ШИП1** SA23.
24. Поворачивая рукоятку **«Задание»** **ШИП1** вправо снять пять точек внешней характеристики (ток  $I_a$  – PA5, напряжение  $U$  – PV3), ток якоря не должен превышать  $I_a = 2A$ .

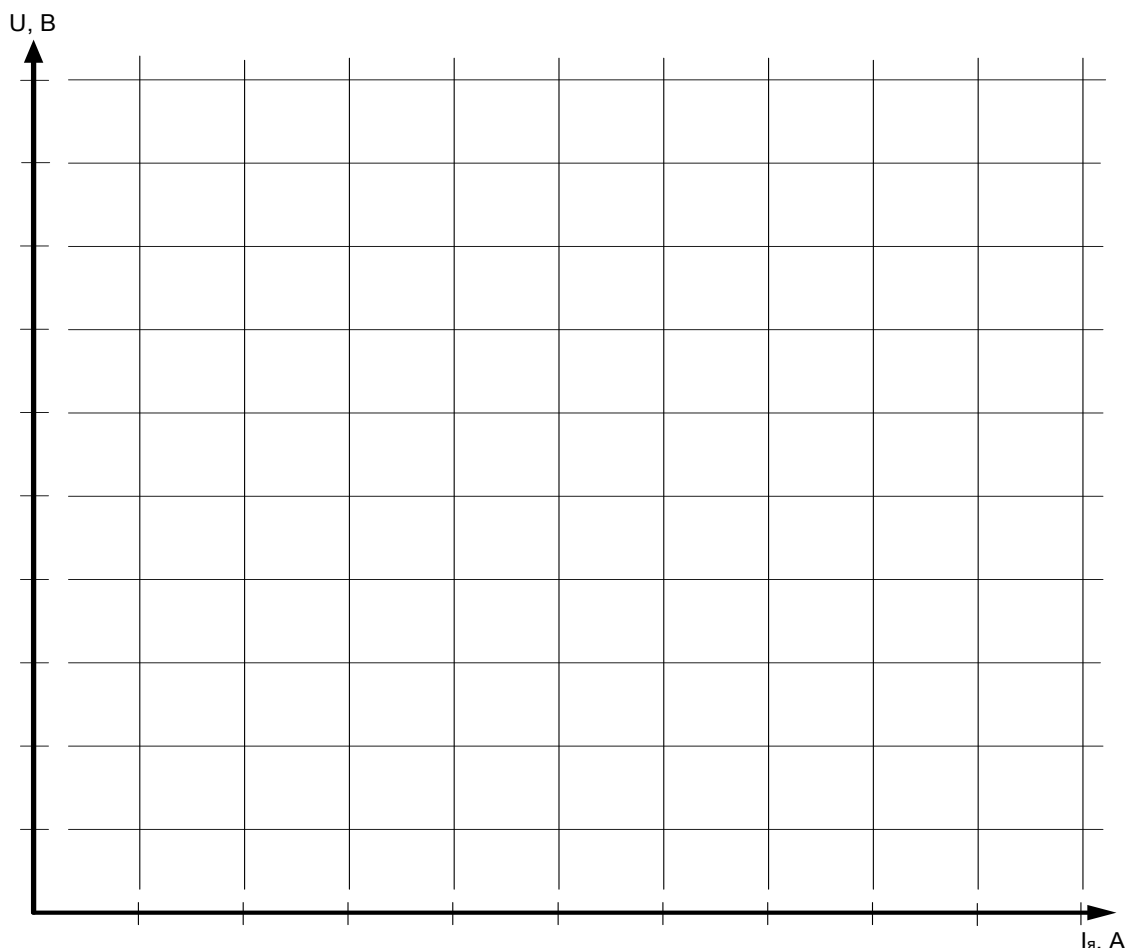
25. Зафиксировать значение тока якоря  $I_a$  (РА5) и напряжения генератора  $U$  (PV3) в таблицу 2.

**Таблица 1 – Данные внешней характеристики генератора постоянного тока независимого возбуждения**

№ п.п.	независимое возбуждение	
	$U, В$ (PV3)	$I_a, А$ (РА5)
1		
2		
3		
4		
5		

Построение графика внешней характеристики генераторов независимого и параллельного возбуждения

26. По данным таблиц 1 и 2 в одних координатных осях построить графики функций  $U=f(I_a)$ ,  $n = \text{const}$  внешней характеристики.



**Рисунок 3 – Внешние характеристики генераторов постоянного тока параллельного и независимого возбуждения.**

### Анализ результатов лабораторной работы

27. Сравнивая характеристики при параллельном и независимом способах возбуждения, необходимо объяснить физический смысл явлений, вызывающих разницу формы характеристик.

---

---

---

---

---

28. Рассчитать номинальное изменение напряжения при сбросе нагрузки для двух способов возбуждения:

$$\Delta U = \frac{E_0 - U_H}{U_H} 100\%, \quad (1)$$

где  $E_0$  - ЭДС при отсутствии нагрузки ( $E_0 = 220\text{В}$ );

$U_H$  - напряжение генератора при номинальном токе нагрузки генератора  $I_a = 1,8\text{А}$ .

параллельное возбуждение:  $\Delta U = \text{—————} 100\%$

независимое возбуждение:  $\Delta U = \text{—————} 100\%$

29. Сделать вывод о проделанной работе:

---

---

---

---

Отметка о выполнении работы \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## ЛАБОРАТОНАЯ РАБОТА № 2

**ТЕМА:** ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ: ПУСК, РЕВЕРС, РЕГУЛИРОВАНИЕ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ, СНЯТИЕ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК.

**Цель работы:** ИССЛЕДОВАТЬ РАБОТУ ДПТ, НАУЧИТЬСЯ ИЗМЕНЯТЬ НАПРАВЛЕНИЕ ВРАЩЕНИЯ, РЕГУЛИРОВАТЬ ЧАСТОТУ ВРАЩЕНИЯ ДПТ.

**Место выполнения работы:** лаборатория «Электрические машины».

**Дидактическое и методическое обеспечение:** Лабораторный стенд НТЦ-23, установка синхронный генератор – двигатель постоянного тока, методические указания, соединительные провода.

### Литература:

Электрические машины: Марк Михайлович Кацман. – Издательский центр «Академия», 2006. [387-392с.]

Электрические машины: Шевчик Н. Е., Подгайский Г. Д.. – Дизайн ПРО, 2000. [124-127с.]

Электрические машины: Марк Михайлович Кацман. – Высш. Школа, 1983, 1990. [79-86с.]

Электрические машины: Данилов И.А., Лотоцкий К.В.. – Колос, 1972. [221-225с.]

Инструкция по охране труда прилагается отдельно.



## Методика выполнения работы.

### Пробный запуск двигателя постоянного тока

1. Записать паспортные данные двигателя постоянного тока:

ТИП <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 100px; height: 1.2em; vertical-align: middle;"></span>				
	кВт	В	А	мин <sup>-1</sup>
Ном.	<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 50px; height: 1.2em; vertical-align: middle;"></span>	<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 50px; height: 1.2em; vertical-align: middle;"></span>	<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 50px; height: 1.2em; vertical-align: middle;"></span>	<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 50px; height: 1.2em; vertical-align: middle;"></span>
Макс.	<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 50px; height: 1.2em; vertical-align: middle;"></span>	<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 50px; height: 1.2em; vertical-align: middle;"></span>	<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 50px; height: 1.2em; vertical-align: middle;"></span>	<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 50px; height: 1.2em; vertical-align: middle;"></span>
Возб.	<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 50px; height: 1.2em; vertical-align: middle;"></span>	<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 50px; height: 1.2em; vertical-align: middle;"></span> В	<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 50px; height: 1.2em; vertical-align: middle;"></span> А	
IP	<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 50px; height: 1.2em; vertical-align: middle;"></span>	Режим	<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 50px; height: 1.2em; vertical-align: middle;"></span>	Кл.Из. <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 50px; height: 1.2em; vertical-align: middle;"></span> КПД <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 50px; height: 1.2em; vertical-align: middle;"></span>
Масса		<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 100px; height: 1.2em; vertical-align: middle;"></span>		

2. Собрать схему, представленную на рисунке 1.

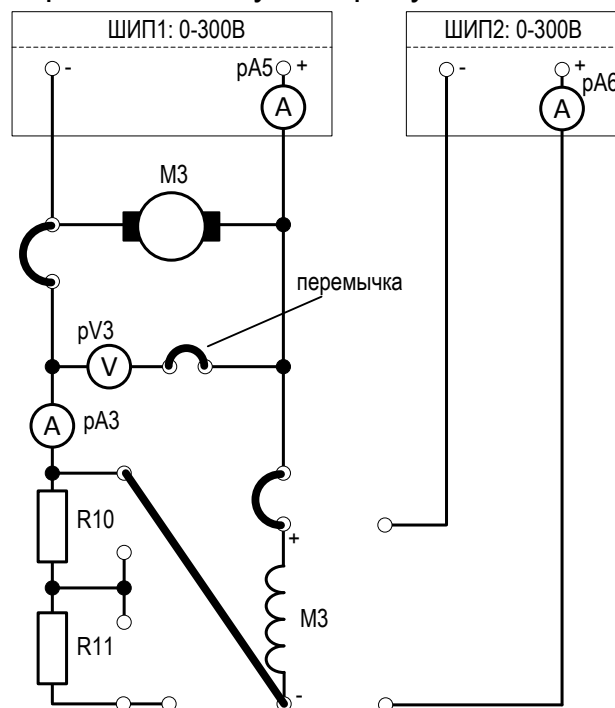


Рисунок 1- Схема пуска ДПТ параллельного возбуждения.

- Включить стенд, автоматический выключатель «Сеть».
- Включить режим работы **ШИП1 «Отключить замкнутую СУ»**. Установить рукоятку «Задание» в крайнее левое положение. Включить **ШИП1**.
- Поворачивая рукоятку «Задание» **ШИП1** вправо увеличить напряжение двигателя до  $U_d = 220\text{В}$  (PV3).
- Записать в таблицу 1 значения: частоты вращения якоря  $\omega$  (BR1), тока возбуждения  $I_v$  (PA3), напряжения двигателя  $U_d$  (PV3), ток якоря  $I_a$  (PA5). Сравнить показания приборов с паспортными данными ДПТ, сделать вывод.

Таблица 1

$\omega, \text{рад/с}$	$n = \frac{30 \cdot \omega}{\pi}, \text{мин}^{-1}$	$I_v, \text{А}$	$I_a, \text{А}$	$U_d, \text{В}$
Вывод:				

- ## Реверс двигателя постоянного тока параллельного возбуждения.

- 

9. Включить стенд, автоматический выключатель «Сеть».
10. Включить режим работы **ШИП1 «Отключить замкнутую СУ»**. Установить рукоятку «Задание» в крайнее левое положение. Включить **ШИП1**.
11. Поворачивая рукоятку «Задание» **ШИП1** вправо увеличить напряжение двигателя до  $U_d=220\text{В}$  (PV3). Визуально убедиться в том, что якорь ДПТ изменил направление вращения.
12. Установить рукоятку «Задание» **ШИП1** в крайнее левое положение. Отключите **ШИП1**. Отключите стенд, автоматический выключатель «Сеть».

## Регулирование частоты вращения двигателя постоянного тока, снятие рабочих характеристик.

Регулирование частоты вращения, изменением магнитного потока (изменением тока в обмотке возбуждения), путем подключения добавочного сопротивления в цепь ОВ.

- 
- 10

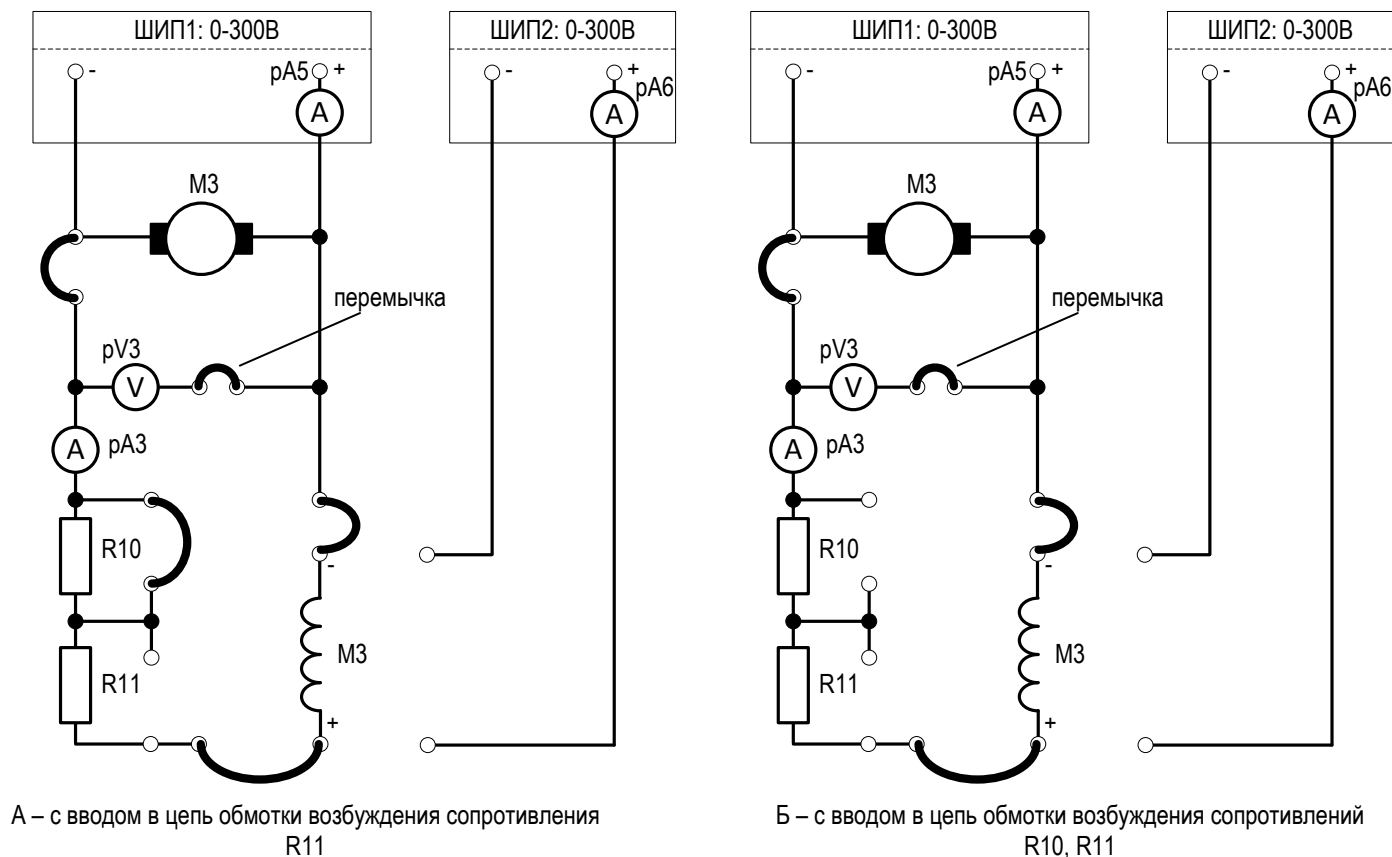


Рисунок 3- Схема регулирования частоты вращения, изменением магнитного потока ДПТ параллельного возбуждения.

14. Включить режим работы **ШИП1 «Отключить замкнутую СУ»**. Установить рукоятку «Задание» в крайнее левое положение. Включить **ШИП1**.
15. Поворачивая рукоятку «Задание» **ШИП1** вправо увеличить напряжение двигателя до  $U_d = 220\text{В}$  (PV3), при этом зафиксировать значения  $n$ ,  $\text{мин}^{-1}$ ,  $I_B$ , A,  $I_a$ , A при вводе в цепь обмотки возбуждения поочередно сопротивлений R11; R10 и R11. Данные занести в таблицу 2.

Таблица 2

	$I_B$ , A	$I_a$ , A	$n$ , $\text{мин}^{-1}$
R11+OB			
R10+R11+OB			
Вывод:			

### Регулирование частоты вращения, изменением подводимого напряжения на обмотки двигателя постоянного тока.

16. Собрать схему, представленную на рисунке 1.
17. Включить режим работы **ШИП1 «Отключить замкнутую СУ»**. Установить рукоятку «Задание» в крайнее левое положение. Включить **ШИП1**.

18. Поворачивая рукоятку **«Задание» ШИП1** вправо увеличивая и уменьшая подводимое напряжение визуально убедится в том, что якорь ДПТ изменяет частоту вращения.

### Снятие рабочих характеристик.

19. Собрать схему, представленную на рисунке 4.

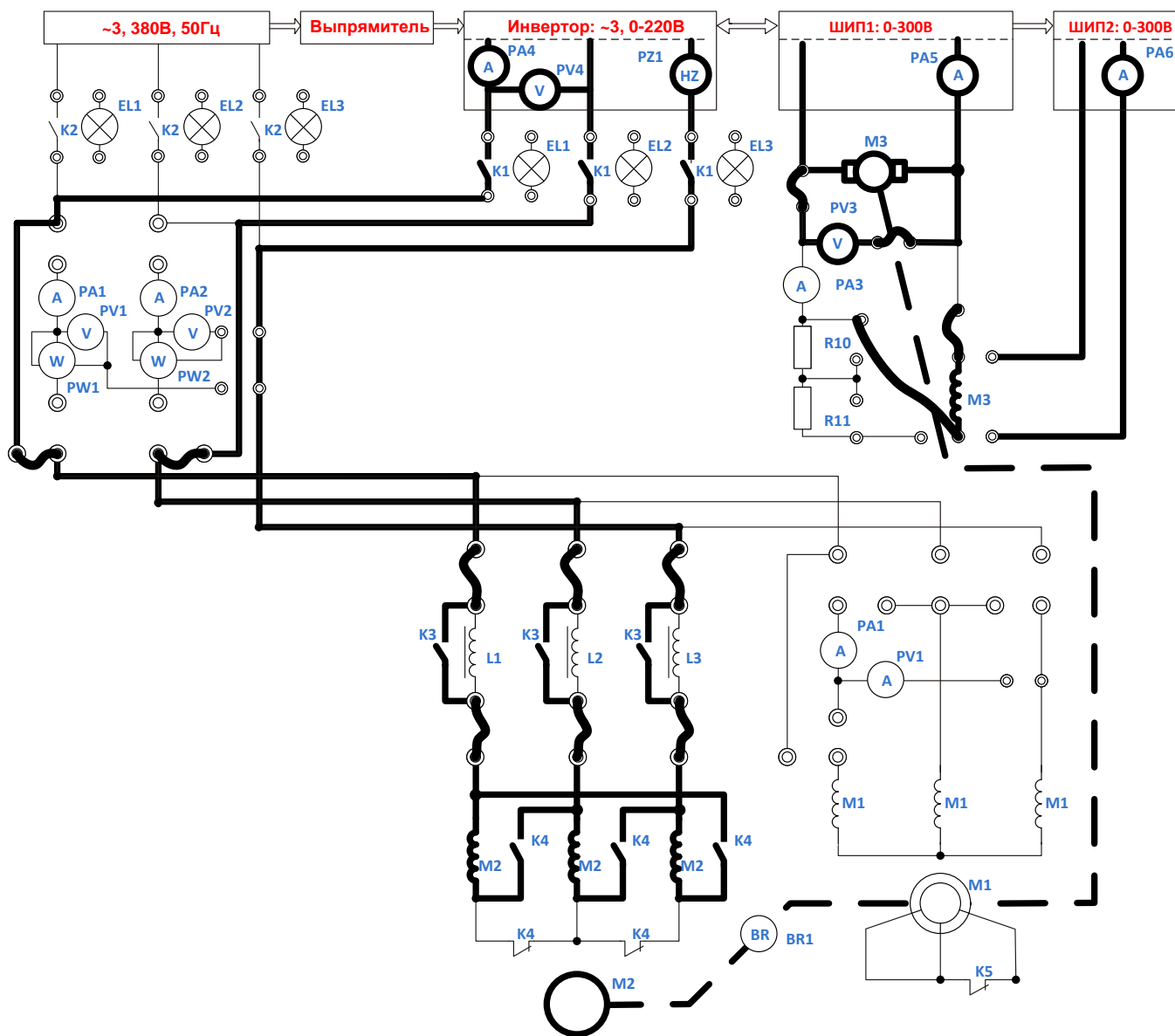


Рисунок 3- Схема для снятия рабочих характеристик ДПТ.

20. Включить автоматический выключатель **«СЕТЬ»**.
21. Включить **выключатель SA1**.
22. Для включения обмотки статора **двигателя M2** по схеме «треугольник» установить **переключатель SA3** в положение **«Включено»**.
23. Установить режим работы инвертора:
  - Независимое управление – положение **«Включено»**.
  - $U/f = \text{const}$  – положение **«Выключено»**.

- С помощью регулятора «Задание напряжения» установить значение 0 Вольт (контролировать по вольтметру PV4).
24. Установить режим работы ШИП1: положение «Отключить замкнутую СУ», «Задание скорости», «Двигательный режим».
  25. Установить регулятор «Задание» в крайнее положение, соответствующее значению скорости равное нулю.
  26. Включить ШИП1 – тумблер в положение «Вкл».
  27. Плавное увеличение напряжения на якоре двигателя М3 до номинального значения  $U=220В$  и поддерживать его постоянным в течении всего опыта (контролировать по вольтметру PV4).
  28. Чтобы создать механическую нагрузку на валу исследуемого двигателя М3, нужно подключить двигатель М2 к выходу Инвертора, который работает в генераторном режиме, нажав кнопку SB1.
  29. При помощи регулятора «Задание напряжения» плавно увеличивая напряжение на статоре АД увеличить механическую нагрузку на валу исследуемого двигателя М3 до значения тока  $I_a=1,2I_{ном}$ . Затем плавно разгружают двигатель М3 до значения тока  $I_a=0$ , уменьшая напряжение на статоре АД, снять 5 значений тока и напряжения в цепи якоря двигателя М3.
  30. Данные занести в таблицу 3

Таблица 3 – Данные для построения рабочих характеристик двигателя постоянного тока параллельного возбуждения

№	Измерено					Вычислено				
	$I_a, A$	$U_a, B$	$\omega, \text{ рад/с}$	$I_r, A$	$U_r, B$	$P_1, Bт$	$P_{2г}, Bт$	$n, \text{ об/мин}$	$\eta, \%$	$M, H \cdot m$
1										
2										
3										
4										
5										

Расчетные формулы:

- частота вращения двигателя:  $n = \frac{30 \cdot \omega}{\pi}, \text{ мин}^{-1}$
- Мощность, потребляемая двигателем:  $P_1 = I_a \cdot U_a, Bт$
- Мощность, отдаваемая нагрузочным генератором:  $P_2 = I_r \cdot U_r, Bт$
- КПД двигателя:  $\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\%$
- Момент на валу двигателя:  $M = 9,55 \frac{P_2}{n} Hм$

31. По опытным данным, согласно данных таблицы 3, построить в одной системе координат рабочие характеристики:  $I_a, P_1, n, M, \eta=f(P_2)$ .

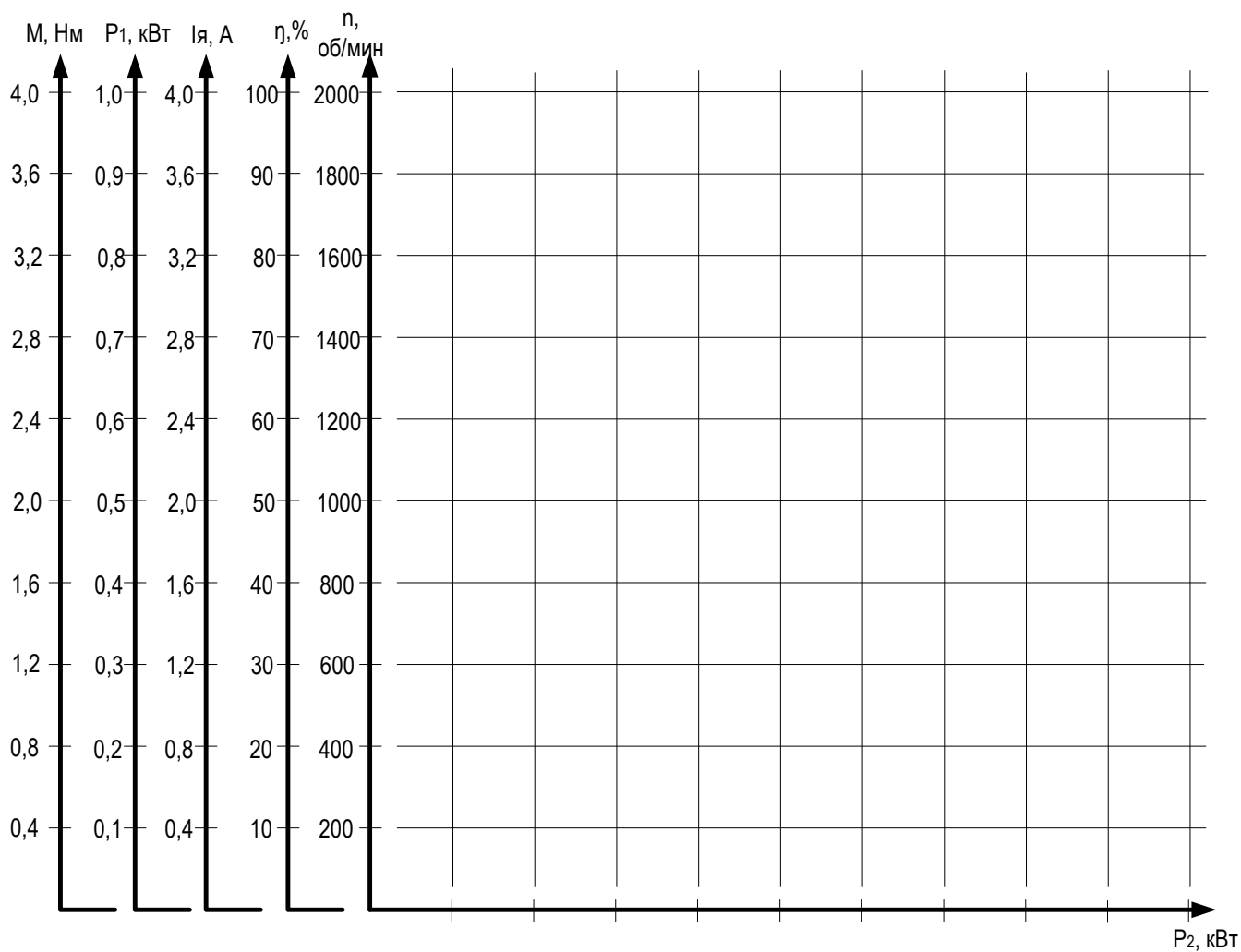


Рисунок 1 – рабочие характеристики ДПТ

32. Сделать вывод о проделанной работе:

---



---



---



---

Отметка о выполнении работы \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

### ЛАБОРАТОНАЯ РАБОТА № 3

**ТЕМА:** ВЫПОЛНЕНИЕ СБОРКИ И РАЗБОРКИ ТРАНСФОРМАТОРА, ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ОБОЗНАЧЕНИЕ НАЧАЛА И КОНЦОВ ОБМОТОК ТРАНСФОРМАТОРА.

**Цель работы:** ОЗНАКОМИТСЯ С ЭЛЕМЕНТАМИ КОНСТРУКЦИИ ТРАНСФОРМАТОРОВ: СИЛОВОГО, АВТОТРАНСФОРМАТОРА, ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ, СВАРОЧНОГО ТРАНСФОРМАТОРА, МНОГООБМОТОЧНЫХ. ИЗУЧИТЬ СХЕМЫ ВКЛЮЧЕНИЯ И НАЗНАЧЕНИЕ ЭТИХ ТРАНСФОРМАТОРОВ. НАУЧИТСЯ ПО ВНЕШНЕМУ ВИДУ И ПАСПОРТНЫМ ОПРЕДЕЛЯТЬ ЕГО ЦЕЛЕВОЕ НАЗНАЧЕНИЕ. НАУЧИТСЯ ОПРЕДЕЛЯТЬ И МАРКИРОВАТЬ ВЫВОДЫ.

**Место выполнения работы:** лаборатория «Электрические машины».

**Дидактическое и методическое обеспечение:** Лабораторный стенд НТЦ-23, трансформаторы, методические указания, соединительные провода.

#### Литература:

Электрические машины: Марк Михайлович Кацман. – Издательский центр «Академия», 2006. [387-392с.]

Электрические машины: Шевчик Н. Е., Подгайский Г. Д.. – Дизайн ПРО, 2000. [124-127с.]

Электрические машины: Марк Михайлович Кацман. – Высш. Школа, 1983, 1990. [79-86с.]

Электрические машины: Данилов И.А., Лотоцкий К.В.. – Колос, 1972. [221-225с.]

Инструкция по охране труда прилагается отдельно.

Маркировка выводов обмоток однофазного трансформатора.

1. Собрать схему, представленную на рисунке 1.

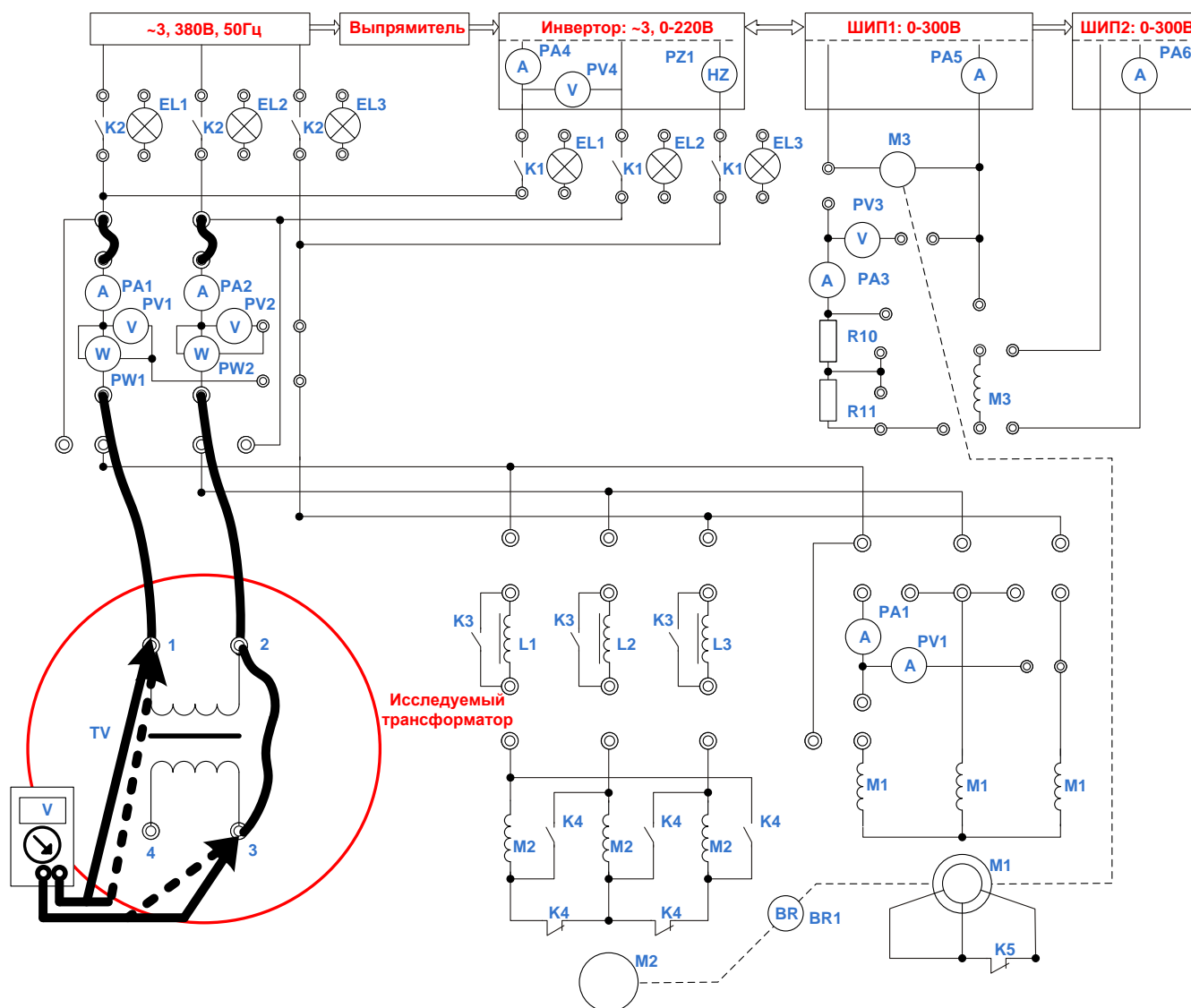


Рисунок 1- Схема маркировки выводов однофазного трансформатора.

2. Включить автоматический выключатель **«СЕТЬ»**.
3. Установить режим работы инвертора:
  - Независимое управление – положение **«Включено»**.
  - $U/f = \text{const}$  – положение **«Выключено»**.
  - С помощью регулятора **«Задание напряжения»** установить значение **30** Вольт (контролировать по вольтметру PV4).
4. Включить **выключатель SA1**.
5. Для подачи питания на исследуемый трансформатор, необходимо запитать магнитный пускатель K1 кнопкой **SB1**.



6. С помощью мультиметра измерить напряжения на зажимах трансформатора. Обмотку низшего напряжения НН соединяют перемычкой с обмоткой высшего напряжения ВН. Вольтметр *PV* соединяют одним проводом с зажимом 1 обмотки ВН, а вторым с общей точкой обмоток ВН и НН 2-3 показания мультиметра записать в таблицу как напряжение  $U_1$ , затем подсоединить второй конец мультиметра на зажим 4, и измерить напряжение, результат записать в таблицу как  $U_2$ .

Таблица 1 – Данные измерений

Марка трансформатора	$U_1, В$	$U_2, В$	Соотношение напряжений	Результат

**Пояснения:**

Если напряжение  $U_1 > U_2$ , что соответствует рис 2а, то выводы 2 и 3 соединенные между собой одноименные. В этом случае ЭДС индуктируемые в обмотках, вычитаются. Если напряжение  $U_1 < U_2$ , то выводы 2 и 3 соединенные между собой разноименные, например X и a (рис. 2б). В этом случае ЭДС индуктируемые в обмотках, складываются.

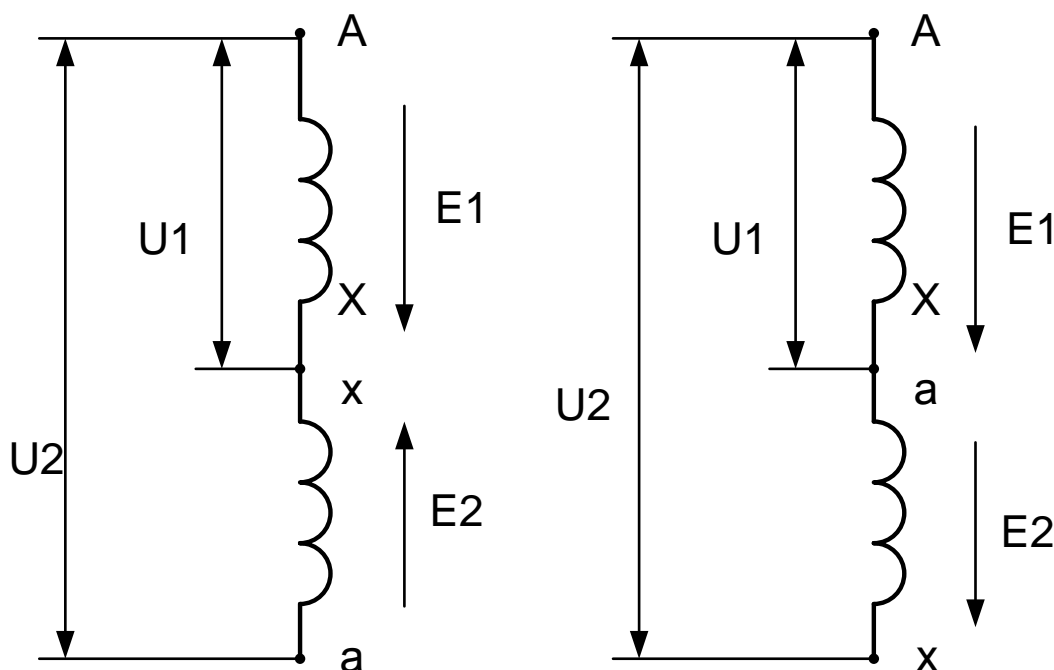


Рисунок 2- К объяснению правильной маркировки.

## Маркировка выводов обмоток трехфазного трансформатора.

7. Собрать схему, представленную на рисунке 3.

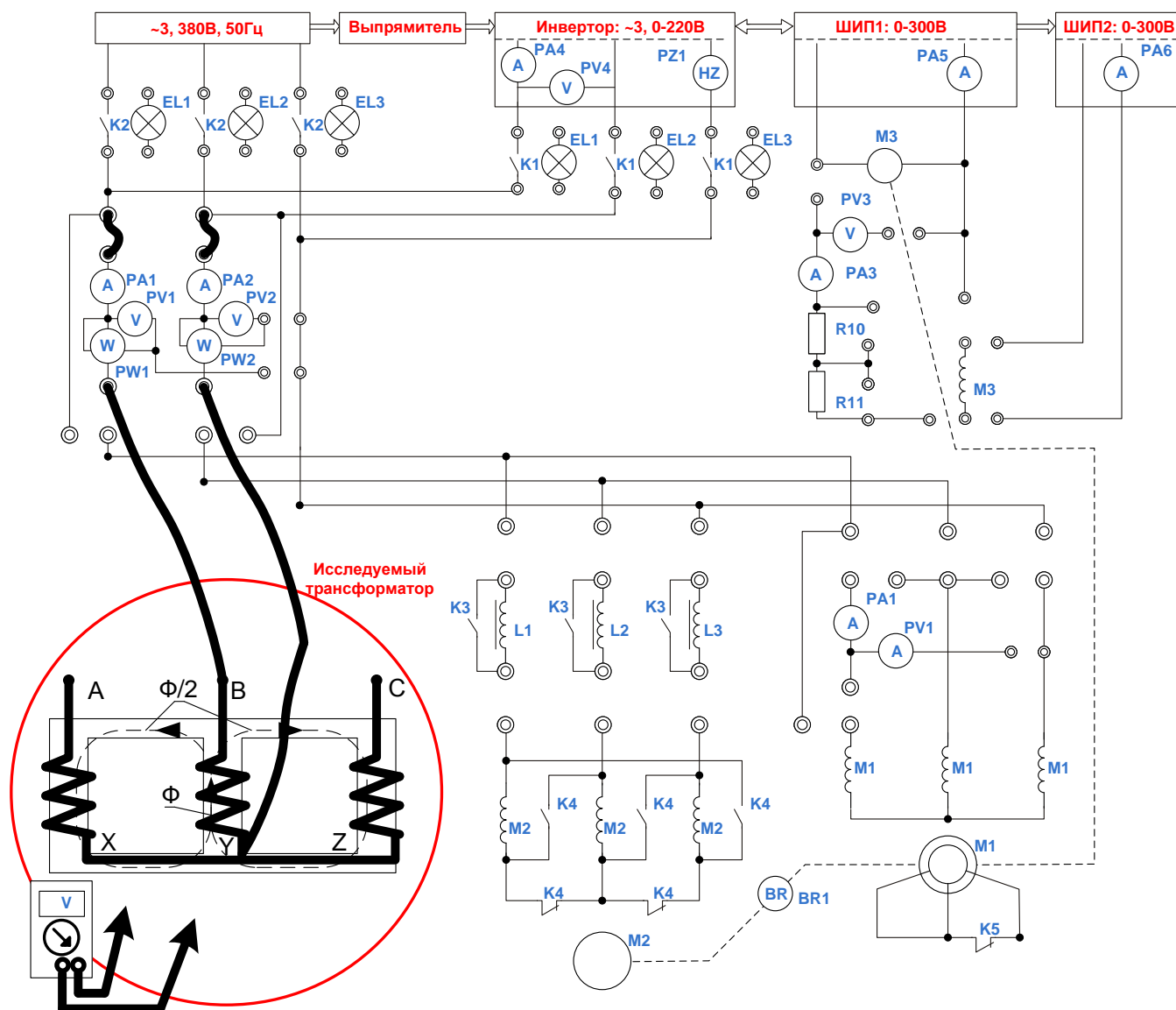


Рисунок 3- Схема маркировки выводов трехфазного трансформатора.

8. Включить автоматический выключатель «СЕТЬ».
9. Установить режим работы инвертора:
  - Независимое управление – положение «Включено».
  - $U/f = \text{const}$  – положение «Выключено».
  - С помощью регулятора «Задание напряжения» установить значение 220 Вольт (контролировать по вольтметру PV4).
10. Включить выключатель SA1.
11. Для подачи питания на исследуемый трансформатор, необходимо запитать магнитный пускатель K1 кнопкой SB1.

12. Для определения маркировки выводов обмоток трехфазного трансформатора, обмотки соединяем звездой рис. 2. К средней фазе и нулевой точке подводят напряжение переменного тока  $U$ . Индуцируемый при этом в среднем стержне магнитный поток  $\Phi$  будет замыкаться через крайние стержни, причем в каждом крайнем стержне величина магнитного потока составит  $\Phi/2$  и ЭДС индуцируемая им будет меньше подведенного напряжения в 2 раза. При правильном соединении выводов в звезду напряжение  $AB$  и  $BC$  будут равны по  $1,5U$  каждое, при неправильном соединении по  $0,5U$ , следовательно, необходимо поменять начало и конец обмоток.
13. Данные измерений заносим в таблицу 2.

Таблица 1 – Данные измерений

Марка трансформатора	$U_n$ , В	$U_{AB}$ , В	$U_{BC}$ , В	Соотношение напряжений к $U_n$	Результат

14. Произвести анализ результатов лабораторной работы

---

---

---

---

---

---

---

**При анализе следует уделить вниманию соответствует ли маркировка трехфазного трансформатора на стенде, маркировке в результате опыта. Также следует дать основные достоинства и недостатки трехстержневой системы трехфазных трансформаторов. В чем достоинства витых магнитопроводов.**

15. Сделать вывод о проделанной работе:

---

---

---

---

Отметка о выполнении работы \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

## ЛАБОРАТОНАЯ РАБОТА № 4

**ТЕМА:** ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ И СНЯТИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ХОЛОСТОГО ХОДА И КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ ТРАНСФОРМАТОРА.

**Цель работы:** УСВОИТЬ ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ЛАБОРАТОРНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ТРАНСФОРМАТОРА МЕТОДОМ ХОЛОСТОГО ХОДА И КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ.

**Место выполнения работы:** лаборатория «Электрические машины».

**Дидактическое и методическое обеспечение:** Лабораторный стенд НТЦ-23, установка синхронный генератор – двигатель постоянного тока, исследуемый трансформатор, методические указания, соединительные провода.

### Литература:

Электрические машины: Марк Михайлович Кацман. – Издательский центр «Академия», 2006. [387-392с.]

Электрические машины: Шевчик Н. Е., Подгайский Г. Д.. – Дизайн ПРО, 2000. [124-127с.]

Электрические машины: Марк Михайлович Кацман. – Высш. Школа, 1983, 1990. [79-86с.]

Электрические машины: Данилов И.А., Лотоцкий К.В.. – Колос, 1972. [221-225с.]

Инструкция по охране труда прилагается отдельно.

2. Установить все тумблеры на лицевой панели стенда в нижнее положение.
3. Включить стенд, автоматический выключатель **«Сеть»**.
4. Установить режим работы инвертора:
  - Независимое управление – положение **«Включено»**.
  - $U/f=\text{const}$  – положение **«Выключено»**.
  - С помощью **регулятора «Задание напряжения»** установить значение **0 Вольт** (контролировать по **вольтметру PV4**).
5. Включить тумблер **SA1** (вверх).
6. Включить пускатель K1 кнопкой **SB1**.
7. Плавно увеличить напряжение, подводимое к первичной обмотке исследуемого трансформатора (сторона НН трансформатора TV), напряжение следует

изменять от  $0,5U_{1\text{НОМ}}$  до  $1,2U_{1\text{НОМ}}$  ( $U_{1\text{НОМ}}$  – номинальное напряжение обмотки НН, в зависимости от схемы соединения обмоток трансформатора (см. паспортные данные), контролировать по вольтметрам **PV1, PV2, PV4**. При этом фиксировать токи холостого хода (амперметры **PA1, PA2, PA4**), мощность (ваттметр **PW1**), параллельно измерять линейные и фазные значения напряжений, прикладывая щупы мультиметра к выводам каждой обмотки, а также к началу и концу каждой фазной обмотки трансформатора.

8. Показания приборов занести в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты опыта холостого хода

Измерения при:	Измерения										Вычисления					
	$U_{ab}, \text{В}$	$U_{bc}, \text{В}$	$U_{ca}, \text{В}$	$U_{A0}, \text{В}$	$U_{B0}, \text{В}$	$U_{C0}, \text{В}$	$I_a, \text{А}$	$I_b, \text{А}$	$I_c, \text{А}$	$P_0, \text{Вт}$	$U_1, \text{В}$	$U_{20}, \text{В}$	$I_0, \text{А}$	$i_0, \%$	$\cos\varphi_0$	$k$
$0,5U_{1\text{НОМ}}$																
$0,6U_{1\text{НОМ}}$																
$0,7U_{1\text{НОМ}}$																
$0,8U_{1\text{НОМ}}$																
$0,9U_{1\text{НОМ}}$																
$U_{1\text{НОМ}}$																
$1,2U_{1\text{НОМ}}$																

9. Произвести расчеты по следующим формулам:

$$U_1 = \frac{U_{ab} + U_{bc} + U_{ca}}{3}, \text{ В}$$

$$U_{20} = \frac{U_{A0} + U_{B0} + U_{C0}}{3}, \text{ В}$$

$$I_0 = \frac{I_A + I_B + I_C}{3}, \text{ А}$$

$$i_0 = \frac{I_0}{I_{1\text{Н}}} \cdot 100 \%,$$

$$\cos\varphi = \frac{P_0}{3 \cdot U_1 \cdot I_0},$$

Коэффициент трансформации трехфазного трансформатора определяют, как отношение числа витков обмотки ВН к числу витков обмотки НН, равное отношению напряжений. Но, так как при опыте х.х. первичной является обмотка НН, то  $k$  определяется отношением вторичного напряжения к первичному.

$$K_T = \frac{U_{20}}{U_1},$$

Если величины коэффициентов трансформации при разных напряжениях  $U_1$  неодинаковы, то за коэффициент трансформации следует принять среднее значение:

$$k = (k_1 + k_2 + \dots) / n,$$

где  $n$  – число измерений при опыте х.х.

10. Результаты вычислений занести в таблицу 1. Величины, соответствующие номинальному первичному напряжению  $U_{1НОМ}$ , следует выделить, например, подчеркнув их жирной линией.

11. По данным таблицы построить характеристики х.х. трансформатора (на общей координатной сетке):  $I_0$ ,  $P_0$ ,  $\cos\varphi_0 = f(U_1)$ . На характеристике отмечают точки  $I_{0НОМ}$ ,  $P_{0НОМ}$  и  $\cos\varphi_{0НОМ}$ , соответствующие номинальному напряжению  $U_{1НОМ}$ .

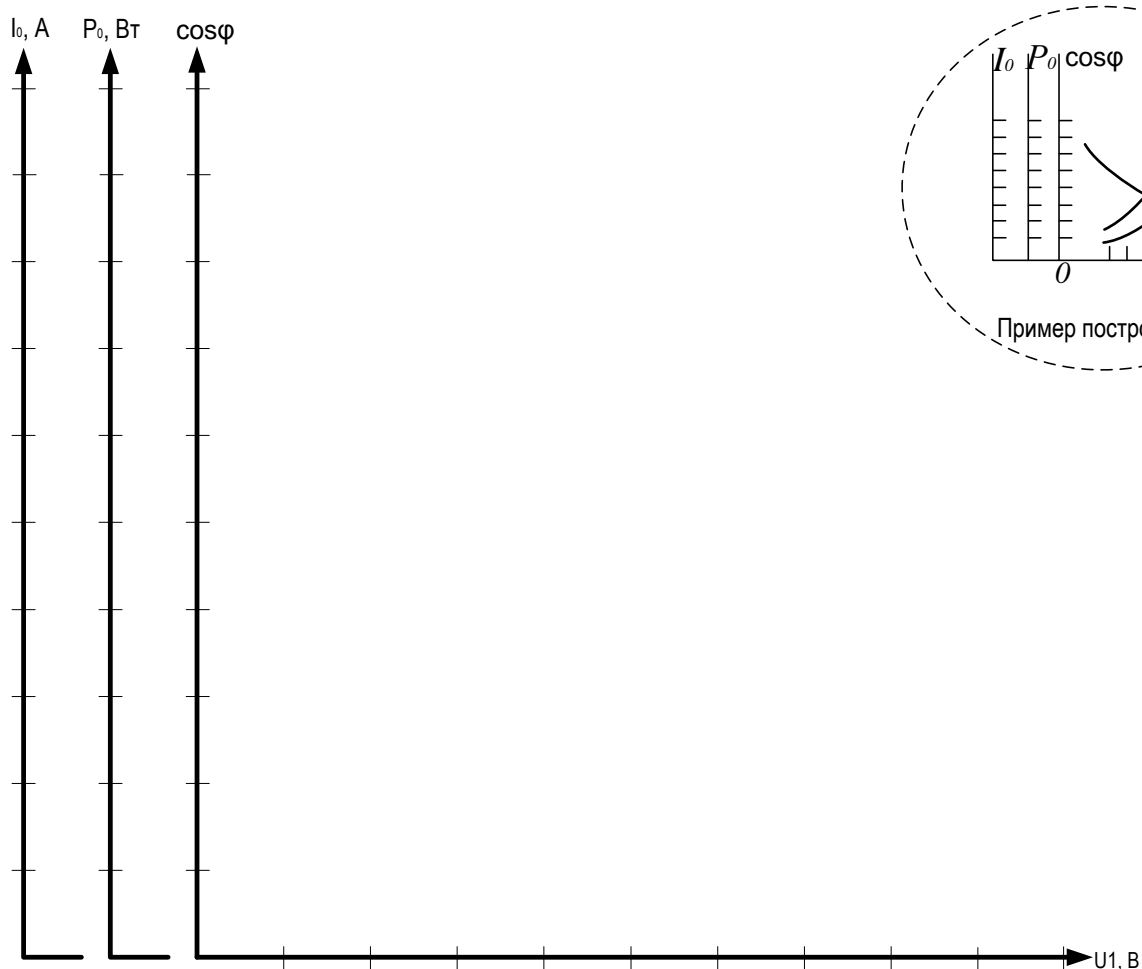


Рисунок 2 – Характеристики х.х. трансформатора

## Проведение опыта короткого замыкания.

12. Собрать схему, представленную на рисунке 3.

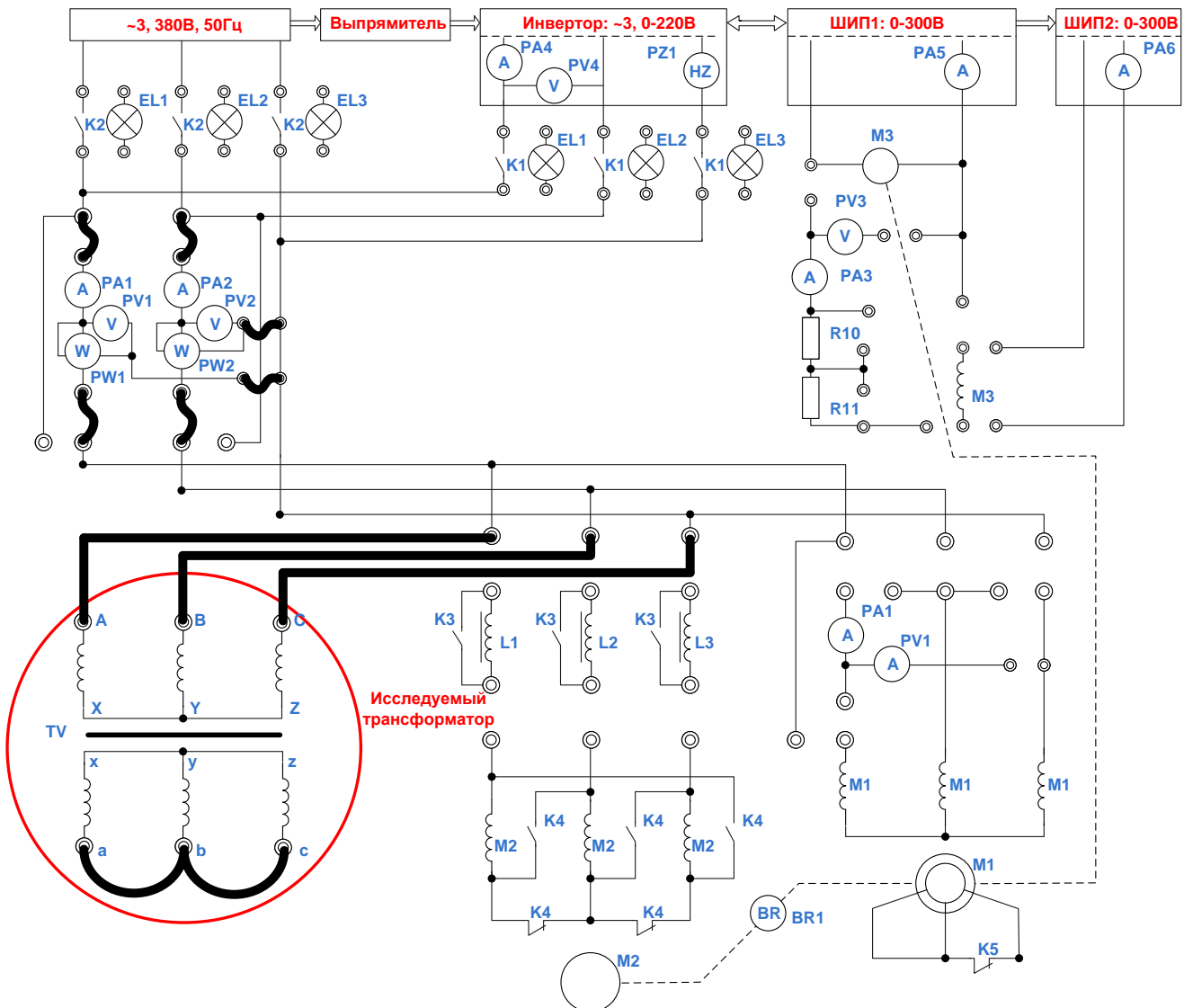


Рисунок 3 – Схема опыта короткого замыкания трансформатора.

При опыте к.з. (рис. 3) в качестве первичной используют обмотку ВН (TV), а обмотку НН замыкают перемычкой достаточного поперечного сечения, чтобы не создавать во вторичной цепи трансформатора заметного сопротивления.

13. Установить все тумблеры на лицевой панели стенда в нижнее положение.
14. Включить стенд, автоматический выключатель «Сеть».
15. Установить режим работы инвертора:
  - Независимое управление – положение «Включено».
  - $U/f = \text{const}$  – положение «Выключено».
  - С помощью регулятора «Задание напряжения» установить значение 0 Вольт (контролировать по вольтметру PV4).
16. Включить тумблер SA1 (вверх).



17. Включить пускатель К1 кнопкой **SB1**.
18. Плавно увеличить напряжение подводимое к первичной обмотке исследуемого трансформатора (сторона НН трансформатора TV), напряжение следует изменять при токе к.з. от  $0,5I_{1к}$  до  $1,2I_{1к}$  ( $I_{1к}=I_{1НОМ}$ ). Напряжение контролировать по вольтметрам **PV1, PV2, PV4**, токи контролировать по амперметрам **PA1, PA2, PA4**, мощность (ваттметр **PW1**), Измерения производить приблизительно через одинаковые интервалы тока к.з..
19. Показания приборов занести в таблицу 2.
- Таблица 1 – Результаты опыта короткого замыкания.

№ измерения и вычисления	Измерения							Вычисления					
	$U_{ABK}, В$	$U_{BCK}, В$	$U_{CAK}, В$	$I_{AK}, А$	$I_{BK}, А$	$I_{CK}, А$	$P_K, Вт$	$U_K, В$	$I_{1K}, А$	$U_K, \%$	$\cos\varphi_K$	$P_{K75}, Вт$	$U_{K75}, В$
1													
2													
3													
4													
5													
6													

20. Произвести расчеты по следующим формулам:

$$U_K = \frac{U_{abк} + U_{bcк} + U_{caк}}{3}, В$$

$$I_K = \frac{I_{AK} + I_{BK} + I_{CK}}{3}, А$$

$$U_K = \frac{U_K}{U_{1Н}} \cdot 100 \%,$$

$$\cos\varphi = \frac{P_K}{3 \cdot U_K \cdot I_K},$$

Полученные из опыта к.з. значения  $u_{K.НОМ}$  и  $P_{KНОМ}$  необходимо привести к рабочей температуре  $\theta_2=75^{\circ}C$ .

Приведенное значение мощности к.з. (Вт)

$$P_{K75} = P_{K.НОМ} [1 + \alpha(\theta_2 - \theta_1)],$$

где  $\alpha = 0,004$  – температурный коэффициент для меди и алюминия;  
 $\theta_1$  – температура обмоток трансформатора при проведении опыта, °C.

В связи с тем, что температура обмоток трансформатора влияет лишь на активную составляющую напряжения к.з. то и приводить к рабочей температуре следует лишь активную составляющую напряжения к.з.

$$u_{ка} = u_{к.ном} \cos \phi_k,$$

$$u_{ка75} = u_{ка} [1 + \alpha(\theta_2 - \theta_1)],$$

Приведенное к работе температуре напряжение к.з.

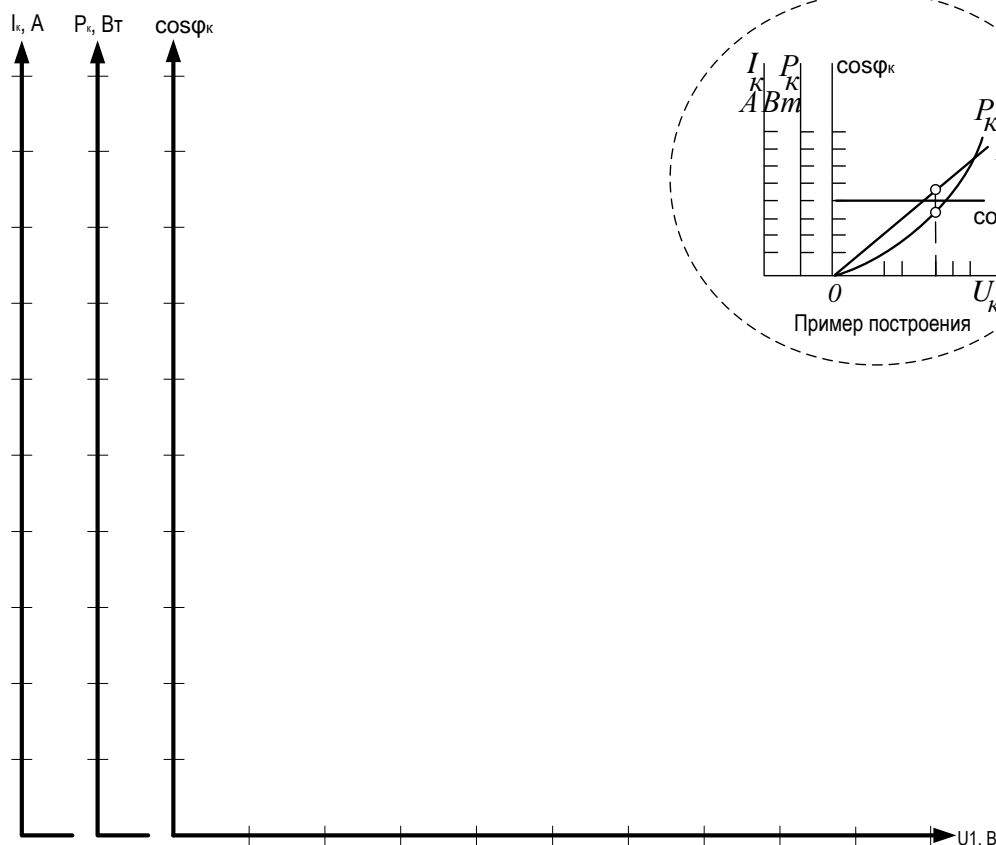
$$u_{к.ном75} = \sqrt{u_{ка75}^2 + u_{кр}^2},$$

$$u_{кр} = \sqrt{u_{к.ном}^2 - u_{ка}^2}$$

где  $U_{ка}$  – реактивная составляющая к.з.

Результаты вычислений занести в таблицу 2. Величины, соответствующие номинальному первичному напряжению  $U_{1ном}$ , следует выделить, например, подчеркнув их жирной линией.

21. По данным таблицы построить характеристики к.з. трансформатора (на общей координатной сетке):  $I_{1к}$ ,  $P_k$ ,  $\cos \phi_k = f(u_k)$ . На этих характеристиках отмечают точки  $u_{к.ном}$  и  $P_{кном}$  соответствующие току к.з.  $I_{1к} = I_{1ном}$ .



## Рисунок 2 – Характеристики к.з. трансформатора

22. Сделать анализ результатов лабораторной работы:

Опыт х.х.:

---

---

---

---

Опыт к.з.:

---

---

---

---

При анализе характеристик х. х. трансформатора следует обратить внимание на их криволинейность, обусловленную магнитным насыщением магнитопровода, уступающим при некотором значении первичного напряжения  $U_1$ . Ток х. х.  $i_{0ном}$  и мощность х. х.  $P_{0ном}$  полученные опытным путем, сравнивают с их значениями по каталогу на исследуемый трансформатор. Значительное превышение опытных значений  $i_{0ном}$  и  $P_{0ном}$  над каталожными указывает на наличие дефектов в трансформаторе: к.з. между частью пластин в магнитопроводе или межвитковое к. з. в небольшой части витков какой-либо из обмоток.

При анализе характеристик к. з. следует обратить внимание на прямолинейность графика тока к. з., обусловленную ненасыщенным состоянием магнитопровода при опыте к. з. из-за малой величины основного магнитного потока, величина которого пропорциональна величине подведенного к обмотке напряжения к. з. (в трансформаторах средней и большой мощности  $u_k < 10\%$ ).

При неравенстве токов х. х. в его фазных обмотках, необходимо объяснить причину:

---

---

23. Сделать вывод о проделанной работе:

---

---

Отметка о выполнении работы \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## ЛАБОРАТОНАЯ РАБОТА № 5

**ТЕМА:** ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕХФАЗНОГО ТРАНСФОРМАТОРА: СБОРКА РАЗЛИЧНЫХ СХЕМ СОЕДИНЕНИЙ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТРАНСФОРМАЦИИ И ГРУПП СОЕДИНЕНИЙ ОБМОТОК ТРАНСФОРМАТОРА.

**Цель работы:** ПРИОБРЕСТИ ПРАКТИЧЕСКИЕ УМЕНИЯ ПО ОПЫТНОМУ ОПРЕДЕЛЕНИЮ КОЭФФИЦИЕНТА ТРАНСФОРМАЦИИ И ГРУПП СОЕДИНЕНИЙ ОБМОТОК ТРАНСФОРМАТОРА.

**Место выполнения работы:** лаборатория «Электрические машины».

**Дидактическое и методическое обеспечение:** Лабораторный стенд НТЦ-23, установка синхронный генератор – двигатель постоянного тока, исследуемый трансформатор, методические указания, соединительные провода.

### Литература:

Электрические машины: Марк Михайлович Кацман. – Издательский центр «Академия», 2006. [387-392с.]

Электрические машины: Шевчик Н. Е., Подгайский Г. Д.. – Дизайн ПРО, 2000. [124-127с.]

Электрические машины: Марк Михайлович Кацман. – Высш. Школа, 1983, 1990. [79-86с.]

Электрические машины: Данилов И.А., Лотоцкий К.В.. – Колос, 1972. [221-225с.]

Инструкция по охране труда прилагается отдельно.

Определение коэффициента трансформации.

1. Собрать схему, представленную на рисунке 1.

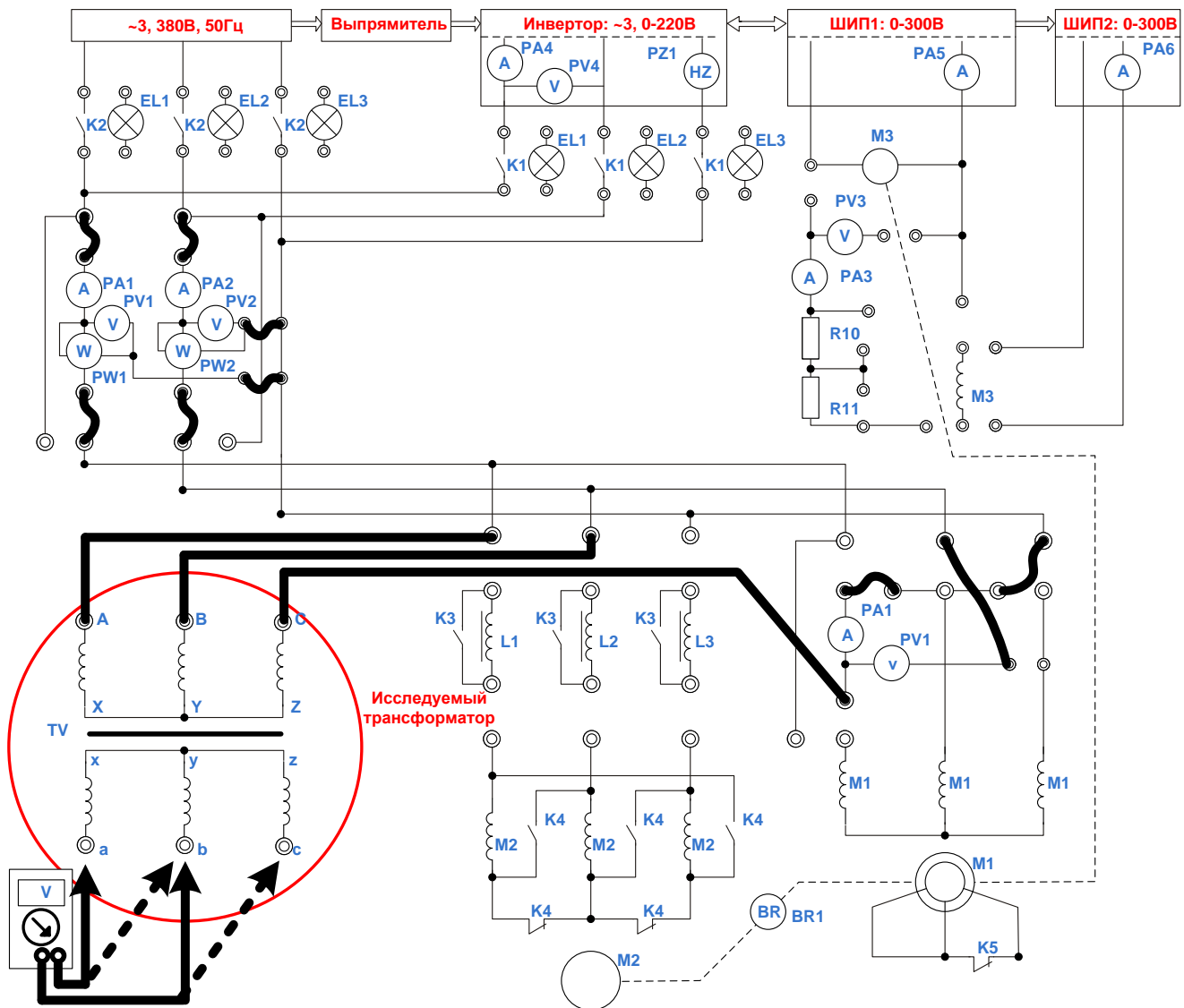


Рисунок 1 – Схема определения коэффициента трансформации силового трансформатора.

2. Установить все тумблеры на лицевой панели стенда в нижнее положение.
3. Включить стенд, автоматический выключатель «Сеть».
4. Включить тумблер **SA1** (вверх).
5. Включить пускатель **K2** кнопкой **SB3**.
6. Зафиксировать напряжения на первичной обмотке трансформатора (вольтметры **PV1**, **PV2**), далее прикладывая щупы мультиметра к выводам обмоток низкого напряжения зафиксировать напряжение на вторичной обмотке.
7. Показания приборов занести в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты измерений и вычислений

Марка трансформатора	U <sub>ВН</sub> , В	U <sub>НН</sub> , В	К <sub>Т</sub> расчетный:	К <sub>Т</sub> по паспортным данным	Отклонение К <sub>Т</sub> расчетное от К <sub>Т</sub> по паспортным данным, %	Допустимое откл. К <sub>Т</sub> расчетное от К <sub>Т</sub> паст., %
	U <sub>AB</sub> =	U <sub>ав</sub> =	K <sub>Т(AB)</sub> =			<b>+/- 2%</b>
	U <sub>BC</sub> =	U <sub>вс</sub> =	K <sub>Т(BC)</sub> =			
	U <sub>CA</sub> =	U <sub>са</sub> =	K <sub>Т(CA)</sub> =			

Расчетные формулы:

$$K_T = \frac{U_{ВН}}{U_{НН}};$$

$$\Delta\%_{AB} = \frac{K_{T(AB)} - K_{T(BC)}}{K_{T(AB)}};$$

$$\Delta\%_{BC} = \frac{K_{T(BC)} - K_{T(CA)}}{K_{T(BC)}};$$

$$\Delta\%_{CA} = \frac{K_{T(CA)} - K_{T(AB)}}{K_{T(CA)}};$$

### Определение группы соединения обмоток трансформатора.

8. Собрать схему, представленную на рисунке 2.

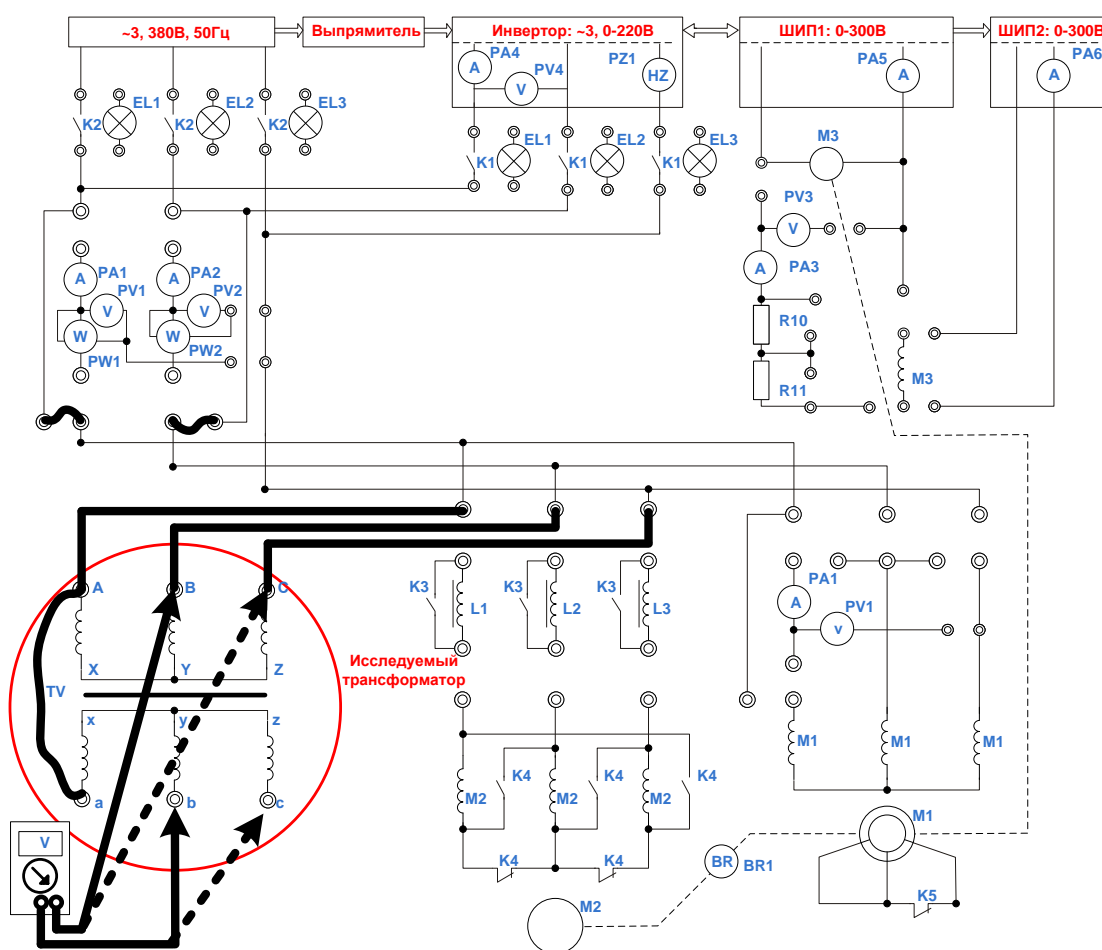


Рисунок 1 – Схема определения группы соединения обмоток трансформатора.

9. Установить все тумблеры на лицевой панели стенда в нижнее положение.
10. Включить стенд, автоматический выключатель «Сеть».
11. Включить тумблер **SA1** (вверх).
12. Включить пускатель К2 кнопкой **SB3**.
13. Прикладывая щупы мультиметра к выводам обмоток трансформатора зафиксировать напряжение  $U_{Bb}, U_{Bc}, U_{Cb}, U_{Cc}$ .
14. Показания приборов занести в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты измерений и вычислений

Марка трансформатора	$U_{Bb}$ , В	$U_{Bc}$ , В	$U_{Cb}$ , В	$U_{Cc}$ , В	$U_{усл}$ , В	Группа соединения обмоток трансформатора

15. Произвести расчет условного напряжения трансформатора по формуле:

$$U_{усл} = U_{нн} \cdot \sqrt{K_T^2 + 1};$$

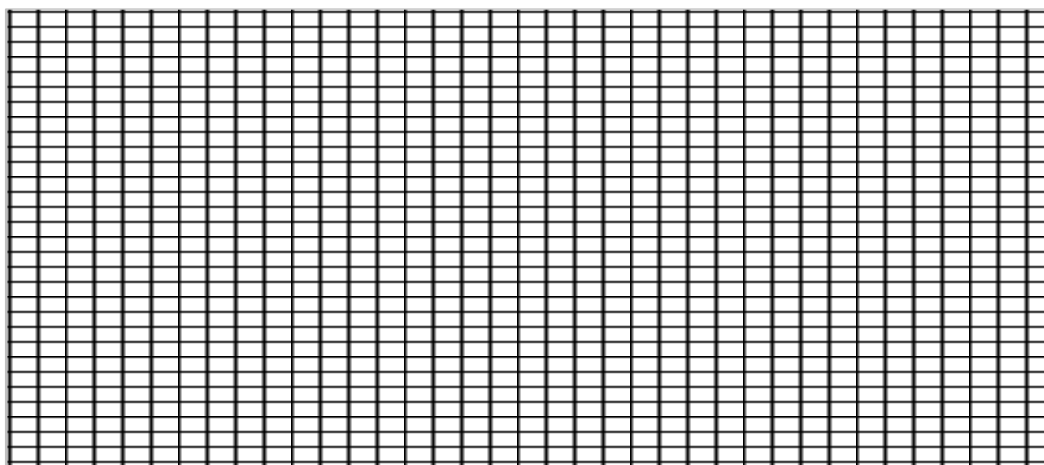
где  $U_{нн}$  – напряжение трансформатора на обмотках низкого напряжения, В  
 $K_T$  – коэффициент трансформации

16. По полученным результатам определить группу соединения обмоток трансформатора.
17. Построить векторную диаграмму ЭДС для полученной группы соединения обмоток. Для построения векторной диаграммы ЭДС дополнительно измерить напряжения относительно точки Аа.
18. Результаты занести в таблицу 3.

Таблица 3.

Марка трансформатора	$U_{BAa}$ , В	$U_{CAa}$ , В	$U_{bAa}$ , В	$U_{cAa}$ , В

19. Построить векторную диаграмму ЭДС.



20. Сделать вывод о проделанной работе:

---

---

---

---

---

Отметка о выполнении работы \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.