

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ГОМЕЛЬСКОГО ОБЛАСТНОГО  
ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО КОМИТЕТА

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

***РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ  
ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ***  
(третья часть)

**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 № 11

**ТЕМА:** СНЯТИЕ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРЕХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ.

**Цель работы:** ИЗУЧИТЬ УСТРОЙСТВО ТРЁХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С К.З. РОТОРОМ И ПРИОБРЕСТИ ПРАКТИЧЕСКИЕ НАВЫКИ В СБОРКЕ СХЕМ И СНЯТИИ ХАРАКТЕРИСТИК.

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

**Дидактическое и методическое обеспечение:** Лабораторный стенд НТЦ-23, 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.

### 1. Записать паспортные данные асинхронного двигателя:

Двигатель асинхронный

ТИП  №

### 2. Собрать схему, представленную на рисунке 1.

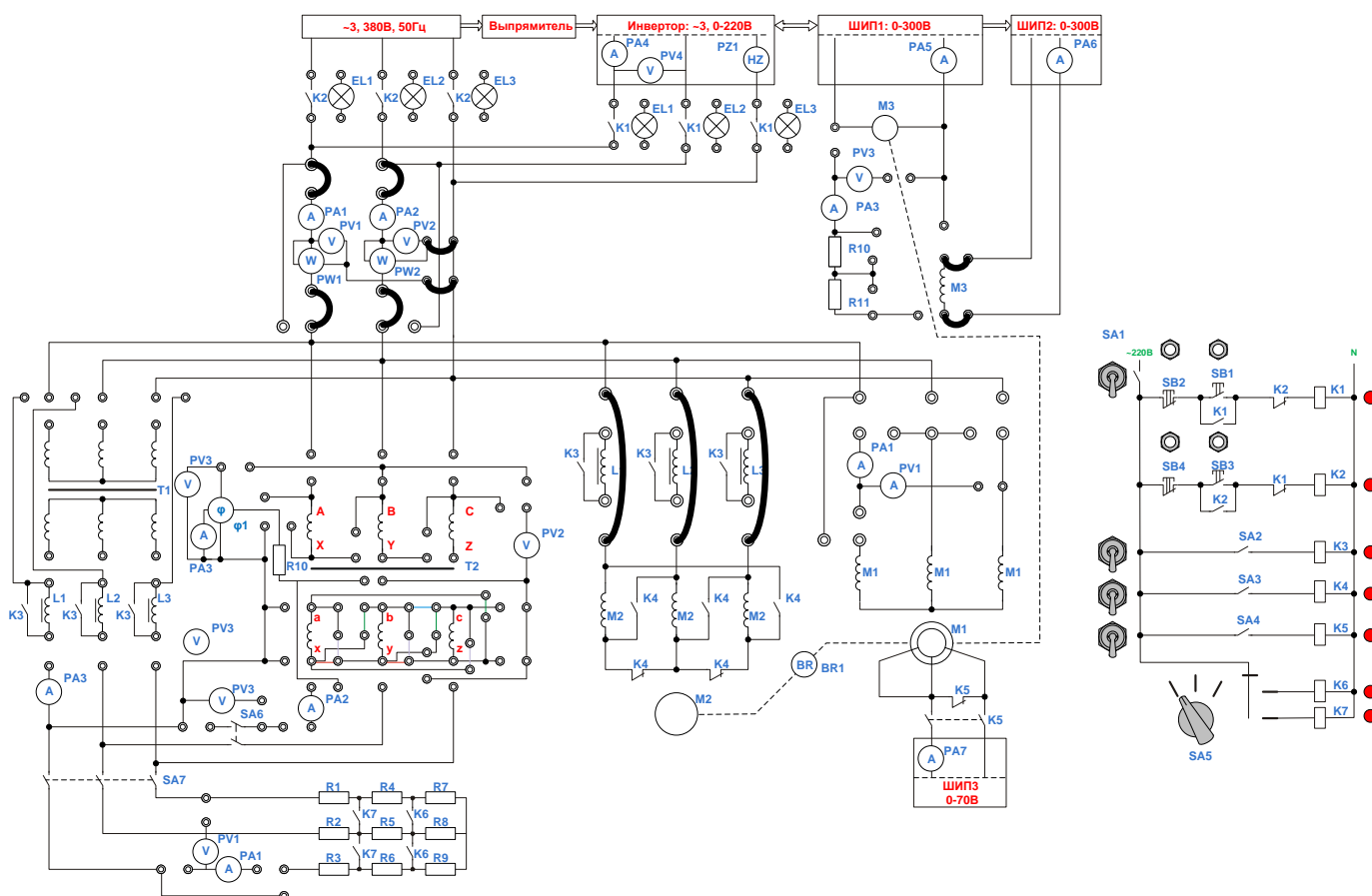


Рисунок 1- Схема включения асинхронного двигателя для снятия рабочих характеристик.

- Опыт проводить по схеме (рисунок 1) в следующей последовательности:
- Включить автоматический выключатель “СЕТЬ”.
- Включить выключатель SA1.

- установить выключатель PV1/PW1 в положение “PV1”;
  - установить выключатель PV2/PW2 в положение “PW2”;
  - установить выключатель PV3/ PW3 в положение “PV3”;
6. Подключить исследуемый двигатель к питанию 400В, нажав кнопку SB2.
  7. Прогреть асинхронный двигатель в течение 5 минут.
  8. Чтобы создать механическую нагрузку на валу исследуемого двигателя, нужно подключить к сети вспомогательную машину М3, которая работает в генераторном режиме.
  9. Для этого необходимо:
    - установить выключатель ШИП2 в положение “Включено”;
    - с помощью регулятора “Задание тока” ШИП2 установить номинальное значение тока возбуждения  $I_B = 0,5 \text{ A}$ , вспомогательной машины М3 (контролировать по амперметру РА6).
  10. Установить режим работы ШИП1: “Включить замкнутую СУ”, “Задание тока”, “Генераторный режим”.
  11. Включить ШИП1 – тумблер в положение “Вкл”.
  12. Увеличивая ток в цепи якоря вспомогательной машины М3 с помощью регулятора “Задание” ШИП1, снять по 5 показаний приборов при разной нагрузке асинхронного двигателя, при этом номинальное напряжение и частота тока должно быть постоянными:  $U_{1H} = \text{const}$ ,  $f_1 = \text{const}$ . Данные опыта занести в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты измерений и вычислений для построения рабочих характеристик

№	Измерено						Вычислено						
	$I_r, \text{ A}$ (pA5)	$U_r, \text{ A}$ (pV3)	$I_1, \text{ A}$ (pA1)	$U_1, \text{ B}$ (pV2)	$P_1, \text{ BA}$ (pW2)	$\omega$ , рад/с (BR1)	$n_1$ , об/мин	$n_2$ , об/мин	s	$P_2$ , Вт	$\cos\varphi$	$M_2$ , Н·м	$\eta$
1													
2													
3													
4													
5													

Завершив эксперимент, необходимо:

1. С помощью регулятора “Задание” ШИП1 уменьшить напряжение до нуля (контролировать по прибору PV3);
2. Выключить ШИП1 – тумблер в положение “Выкл”;
3. Отключить исследуемый двигатель, нажав кнопку SB2;
4. С помощью регулятора “Задание тока” ШИП2 установить значение тока возбуждения вспомогательной машины М3 равное нулю (контролировать по амперметру РА6).
5. Установить выключатель ШИП2 в положение “Выключено”;
6. Выключить выключатель SA1.
7. Выключить автоматический выключатель “СЕТЬ”.
8. По опытным данным построить в одной системе координат рабочие характеристики асинхронного двигателя с к.з. ротором:  $I_1, P_1, n, s, \cos\varphi, M, \eta=f(P_2)$ .

Производим расчет величин для построения рабочих характеристик асинхронного двигателя с к.з. ротором.

Определяем синхронную частоту вращения магнитного поля статора:

$$n_1 = \frac{60 \cdot f}{P}, \text{ об/мин}$$

где  $f$  - частота тока, Гц

$P$  – количество пар полюсов, (из серии электродвигателя), шт

Определяем частоту вращения ротора:

$$n_2 = \frac{30 \cdot \omega}{\pi}, \text{ об/мин}$$

где  $\omega$  - угловая скорость, рад/с

Определяем скольжение асинхронного электродвигателя:

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \cdot 100\%$$

Определяем мощность на валу асинхронного электродвигателя:

$$P_2 = I_r \cdot U_r, \text{ Вт}$$

Определяем полезный момент на валу двигателя:

$$M_2 = 9,55 \cdot \frac{P_2}{n_2}, \text{ Нм}$$

Определяем коэффициент мощности:

$$\cos \varphi = \frac{P_1}{3 \cdot U_\phi \cdot I_\phi}$$

где  $U_\phi$  - фазное напряжение сети, В

$I_\phi$  – фазный ток в сети, А

Определяем КПД асинхронного двигателя:

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

По опытным данным, согласно расчетов (таблица 1), построить в одной системе координат рабочие характеристики:  $I_1, P_1, n, s, \cos \varphi, M, \eta = f(P_2)$ .

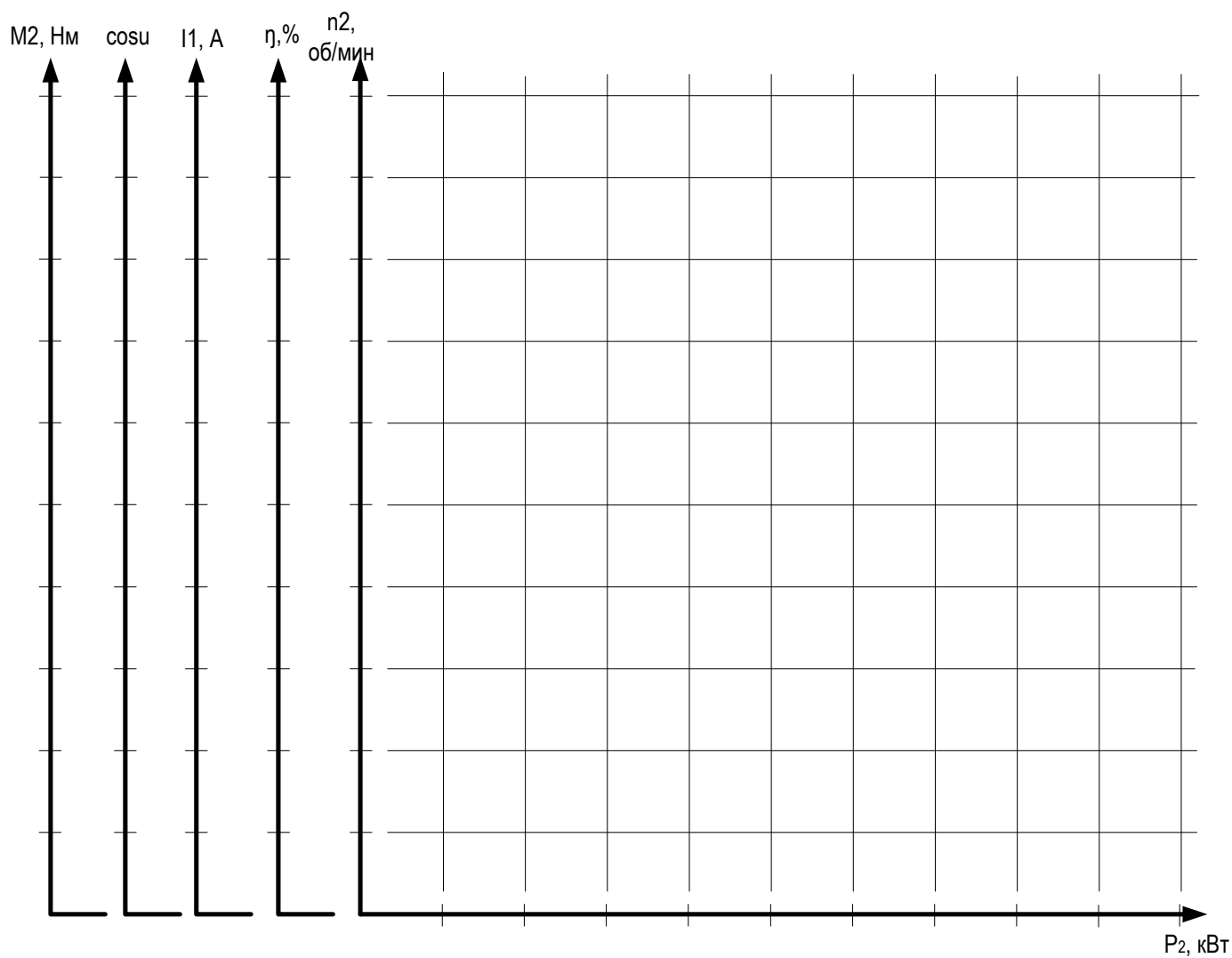


Рисунок 1 – рабочие характеристики АД с к.з. ротором

1. Сделать вывод о проделанной работе:

---



---



---



---

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

## ЛАБОРАТОНАЯ РАБОТА № 12

**ТЕМА:** СБОРКА СХЕМ, СПОСОБЫ ПУСКА АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ ПОЛНОМ И ПОНИЖЕННОМ НАПРЯЖЕНИИ. ИЗМЕНЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ВРАЩЕНИЯ.

**Цель работы:** НАУЧИТЬСЯ ПРОИЗВОДИТЬ ПУСК АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ ПОЛНОМ И ПОНИЖЕННОМ НАПРЯЖЕНИИ, ИЗМЕНЯТЬ НАПРАВЛЕНИЕ ВРАЩЕНИЯ РОТОРА.

**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.



10. Снять показания пускового тока и напряжения при пуске двигателя. Данные занести в таблицу 1.
11. Выключить пускатель  $K2$  кнопкой  $SB3$ .

Пуск асинхронного электродвигателя переключением обмотки статора со звезды на треугольник.

12. Тумблером  $SA2$  включить пускатель  $K3$ .
13. Тумблером  $SA3$  включить схему соединения обмотки статора  $M2$  «звезда» (положение тумблера  $SA3$  отключено).
14. Включить пускатель  $K1$  кнопкой  $SB1$ .
15. После разгона двигателя, тумблером  $SA3$  переключить схему соединения обмотки статора со «звезды» на «треугольник». Убедиться, что бросок тока меньше, чем при прямом пуске электродвигателя.
16. Снять показания пускового тока и напряжения при пуске двигателя. Данные занести в таблицу 1.
17. Выключить пускатель  $K1$  кнопкой  $SB2$ .

Частотный пуск асинхронного электродвигателя.

18. Тумблером  $SA2$  включить пускатель  $K3$ .
19. Тумблером  $SA3$  включить схему соединения обмотки статора  $M2$  «треугольник» (положение тумблера  $SA3$  включено).
20. Включить режим работы инвертора « $U/f=const$ ». Задать частоту равную 0 Гц и включить инвертор.
21. Включить пускатель  $K1$  кнопкой  $SB1$ .
22. Плавное увеличение частоты напряжения до 50 Гц, разогнать двигатель.
23. Частотный пуск можно сделать и в режиме работы инвертора «независимое управление напряжением и частотой». При этом при изменении частоты необходимо изменять и напряжение.
24. Снять показания пускового тока и напряжения при пуске двигателя. Данные занести в таблицу 1.
25. Выключить пускатель  $K1$  кнопкой  $SB2$ .

Таблица 1

Способ пуска асинхронного электродвигателя	$I_n, A$	$U, B$	$K_i = \frac{I_n}{I_n}$
Вывод: (дать заключение, какой из способов пуска является наиболее оптимальным)			

26. Сделать вывод о проделанной работе:

---

---

---

---

---

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

## ЛАБОРАТОНАЯ РАБОТА № 13

**ТЕМА:** СБОРКА СХЕМ, РЕГУЛИРОВАНИЕ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ И ФАЗНЫМ РОТОРОМ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТРАНСФОРМАЦИИ И ЧАСТОТЫ ТОКА В РОТОРЕ.

**Цель работы:** ПРОИЗВЕСТИ РЕГУЛИРОВКУ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ РОТОРА ДВИГАТЕЛЯ С ФАЗНОГО И МНОГОСКОРОСТНОГО ДВИГАТЕЛЯ КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ. РАССЧИТАТЬ КОЭФФИЦИЕНТ ТРАНСФОРМАЦИИ, ЧАСТОТУ ТОКА В ЦЕПИ ОБМОТКИ РОТОРА.

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

**Дидактическое и методическое обеспечение:** Лабораторный стенд НТЦ-23, ЭМ, 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.

Расчет коэффициента трансформации: Соберите схему, изображенную на рис 1 без подключения регулировочных реостатов  $R1, R2, R3$  (выводы  $P1, P2, P3$  разомкнуты). Подключите к выводам  $P1$  и  $P2$  вольтметр  $PV3$ . Включите двигатель и снимите, и запишите в тетрадь значения  $U_1$  и  $U_2$  по показаниям вольтметров соответственно  $PV2$  и  $PV3$ . Коэффициент трансформации можно рассчитать по формуле:

$$k_{mp} = \frac{U_1}{U_2}, \quad (1)$$

Результат занесите в таблицу 1

Включение и регулирование частоты вращения двигателя с фазным ротором: Соберите схему, изображенную на рис 1. Перед пуском нужно убедиться в том, что сопротивления пусковых реостатов  $R1, R2, R3$  полностью введены в цепь ротора, т.е. рукоятки реостатов установлены против отметки «Пуск». После этого автоматическим выключателем  $QF1$  подаем напряжение сети на обмотку статора, и ротор двигателя приходит в движение. По мере разгона ротора уменьшаем сопротивление пускового реостата до отметки «Работа». Скорость вращения станет близкой к номинальной, затем увеличивая сопротивления реостатов, и тем самым изменяя скорость вращения ротора, снимаем данные по показаниям приборов ( $U_1 - PV2; I_1 - PA2$ ) и заносим в таблицу 1. Частоту вращения ротора  $n_2$  снимаем по показаниям тахометра, выданного преподавателем. Возвратив положение рукояток реостатов в положение «Пуск» отключаем двигатель.

Таблица 1 – Результаты регулирования частоты вращения двигателя с фазным ротором

№ п.п.	Опыт				Расчет			
	$U_1,$ В	$I_1,$ А	$n_2,$ мин <sup>-1</sup>	$U_2,$ В	$S,$ о.е.	$f_{2спасч},$ Гц	$U_{2сп},$ В	$k_{mp}$
1								
2								
3								
4								
5								

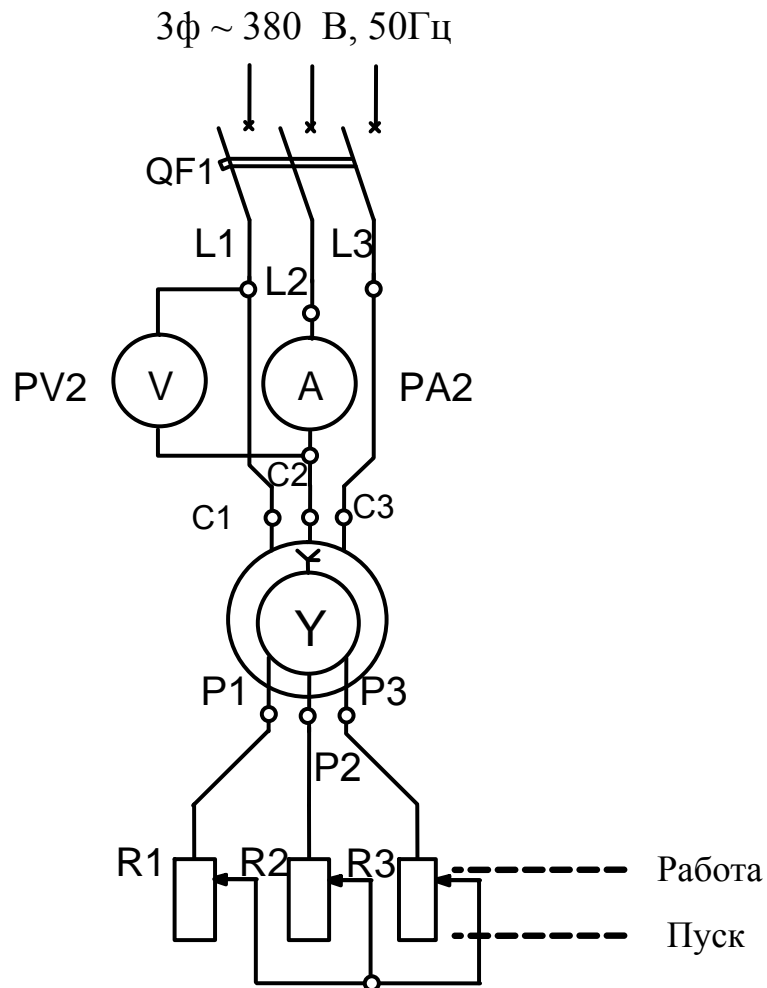


Рисунок 1 – Схема включения асинхронного двигателя с фазным ротором

Синхронная частота вращения кругового магнитного поля статора  $n_1$  :

$$n_1 = \frac{60 \times f}{p}, \quad (2)$$

где

$f$  — частота тока сети, Гц;  $p$  — число пар полюсов обмотки статора, выбирается из маркировки двигателя.

Скольжение  $S$  :

$$S = \frac{n_1 - n_2}{n_1}, \quad (3)$$

где

$n_2$  — частота вращения ротора,  $\text{мин}^{-1}$ .

Расчетная частота тока в роторе  $f_{2\text{Спасч}}$ :

$$f_{2\text{Спасч}} = Sf, \quad (4)$$

Расчетное напряжение во вращающемся роторе  $U_{2\text{Спасч}}$ :

$$U_{2S_{расч}} = U_2 S, \quad (5)$$

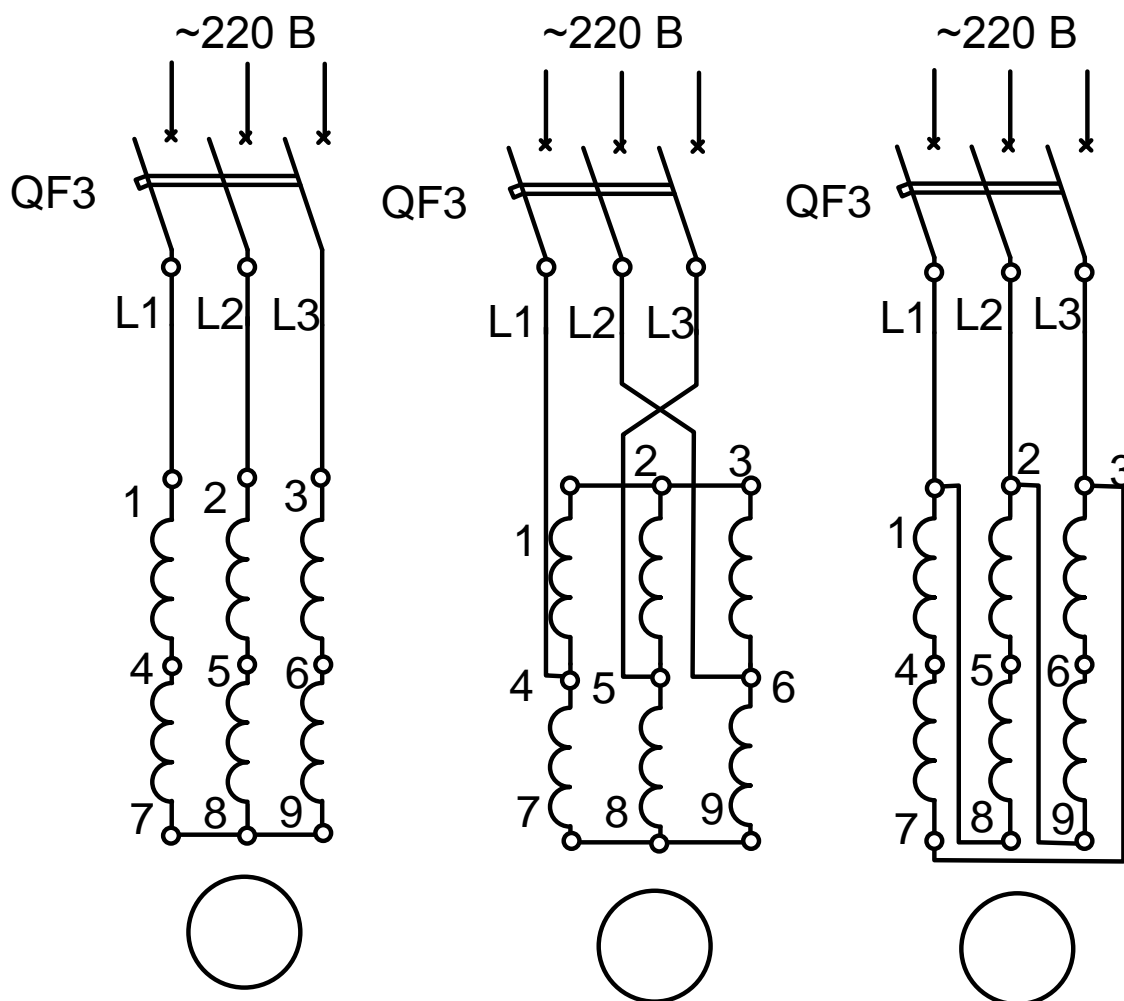


Рисунок 2 – Схемы включения многоскоростного двигателя

### Анализ результатов лабораторной работы

При анализе результатов лабораторной работы следует сделать вывод о соответствии полученных данных теоретическим положениям. Каково влияние сопротивления в цепи обмотки ротора на частоту вращения ротора, скольжение, частоту тока в роторе. При анализе работы трехскоростного двигателя необходимо указать о влиянии числа полюсов на работу машины.

Сделать вывод о проделанной работе:

---



---



---



---

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

## ЛАБОРАТОНАЯ РАБОТА № 14

**ТЕМА:** ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОФАЗНЫХ КОНДЕНСАТОРНЫХ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ: ОЗНАКОМЛЕНИЕ С КОНСТРУКЦИЯМИ, СБОРКА СХЕМ, ПУСК И ИЗМЕНЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ВРАЩЕНИЯ.

**Цель работы:** ИЗУЧИТЬ УСТРОЙСТВО, СХЕМЫ ПУСКА, РЕВЕРСИРОВАНИЕ И РАБОТУ ОДНОФАЗНОГО КОНДЕНСАТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ.

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

**Дидактическое и методическое обеспечение:** лабораторный стенд нтц-23, исследуемый однофазный конденсаторный асинхронный двигатель, 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.

### Пуск однофазного двигателя.

1. Записать паспортные данные однофазного двигателя:

Двигатель  
асинхронный

		№ _____					
1~	___ HZ		r/min	A	kW	КПД %	cosφ
IP	___ V						
режим	S		конденсатор рабочий ___ mF ___ V				
кл. изол.	___		ГОСТ _____				
___ кг							

2. С помощью мультиметра определить выводные концы рабочей и пусковой обмоток (сопротивление рабочей обмотки меньше сопротивления пусковой обмотки):

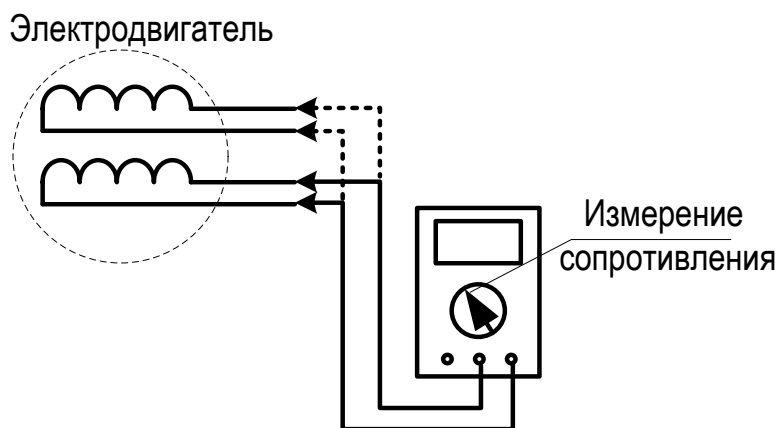


Рисунок 1- Схема определения выводных концов рабочей и пусковой обмоток.

3. Данные занести в таблицу 1.

Таблица 1.

Обмотки двигателя	Сопротивление обмоток, Ом
Рабочая обмотка U1-U2	
Пусковая обмотка Z1-Z2	

4. Собрать схему, представленную на рисунке 2.

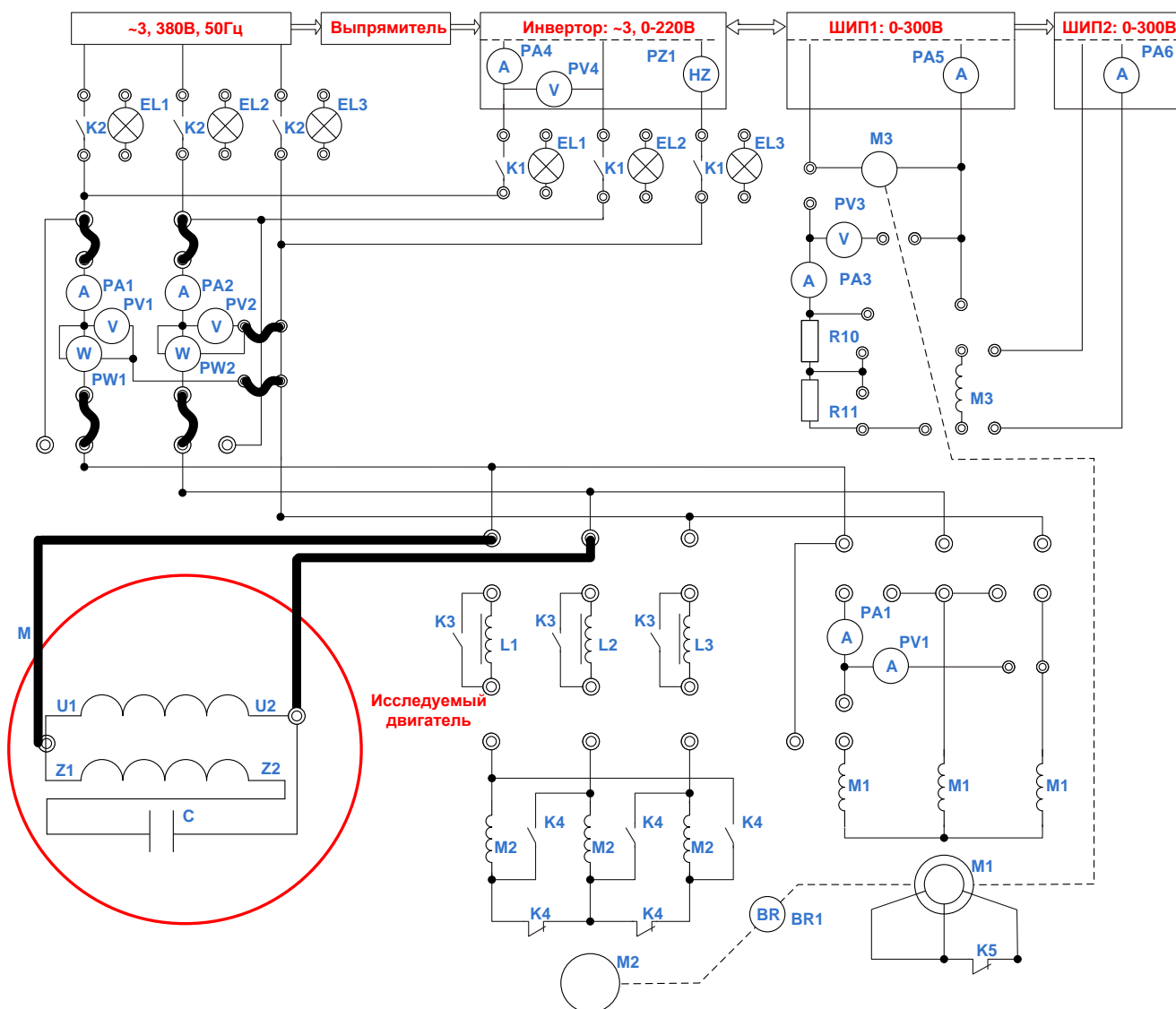
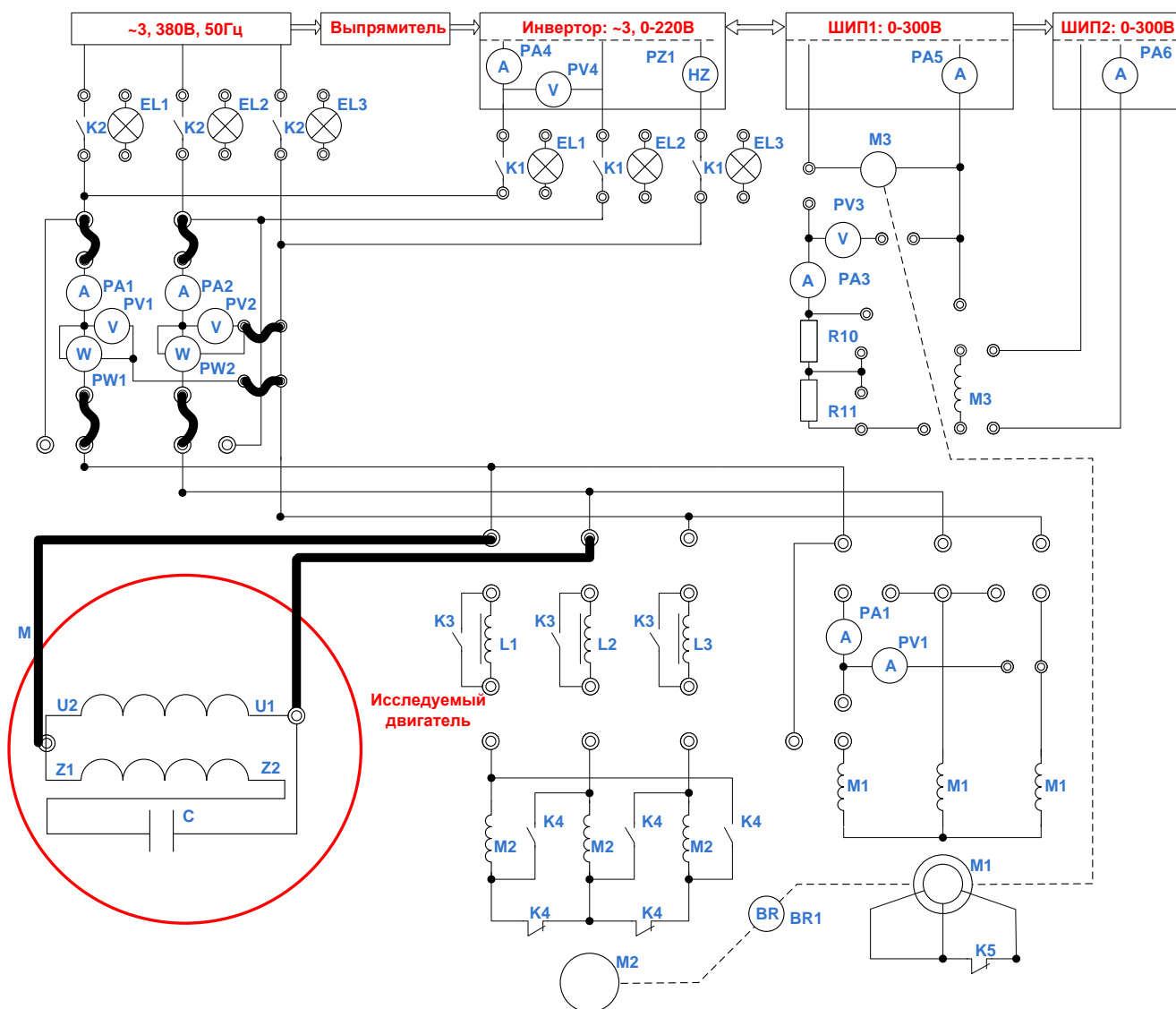


Рисунок 2 – Схема пуска однофазного двигателя.

5. Установить все тумблеры на лицевой панели стенда в нижнее положение.
6. Включить стенд, автоматический выключатель «Сеть».
7. 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).
8. Включить тумблер SA1 (вверх).
9. Включить пускатель K1 кнопкой SB1.

## Реверс однофазного асинхронного двигателя.

10. Для создания реверса необходимо изменить направления вращающегося магнитного поля («перевернуть» одну из обмоток, как показано на рисунке 3).



**Рисунок 3 – Схема реверса однофазного двигателя.**

11. Установить все тумблеры на лицевой панели стенда в нижнее положение.
12. Включить стенд, автоматический выключатель «Сеть».
13. 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).
14. Включить тумблер SA1 (вверх).
15. Включить пускатель K1 кнопкой SB1.
16. При этом направление вращения ротора должно измениться.

### Снятие и построение характеристик холостого хода.

2. Произвести пуск двигателя по схеме, изображенной на рисунке 3, при этом подводимое напряжение необходимо изменять с помощью инвертора в пределах от  $U_x = 0,4U_H$  до  $U_x = 1,15 U_H$ . Снять 5 значений, с обязательной точкой  $U_x = U_H$ . Данные опыта записать в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты опыта и расчетов

п./п.	Измерения		Вычисления					
	$U_x,$ В	$I_x,$ А	$\Delta P_x,$ Вт	$S_x,$ ВА	$\cos\varphi_x,$ о.е.	$\Delta P_{\Sigma},$ Вт	$\Delta P_M,$ Вт	$\Delta P_{\text{мех.д}},$ Вт
1								
2								
3								
4 ( $U_H$ )								
5								

9. По измеренным и расчетным данным построить в одной системе координат характеристики холостого хода однофазного асинхронного двигателя. Характеристики х.х. представляют собой зависимость  $I_x$ ,  $\Delta P_x$  и  $\cos\varphi_x = f(U_x)$  при  $P_2=0$ .

Производим расчет величин для построения характеристик холостого хода однофазного асинхронного двигателя.

Определяем синхронную частоту вращения магнитного поля статора:

$$n_1 = \frac{60 \cdot f}{P}, \text{ об/мин}$$

где  $f$  - частота тока, Гц

$P$  – количество пар полюсов, (из серии электродвигателя), шт

Определяем частоту вращения ротора:

$$n_2 = \frac{30 \cdot \omega}{\pi}, \text{ об/мин}$$

где  $\omega$  - угловая скорость, рад/с

Определяем скольжение асинхронного электродвигателя:

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \cdot 100\%$$

Определяем мощность на валу асинхронного двигателя.

Ваттметр рW измеряет активную мощность  $P_0$ , потребляемую двигателем в режиме х.х., которая включает в себя электрические потери в обмотке статора  $P_{\Sigma 1} = m_1 \cdot I_0^2 \cdot r_1$ , магнитные потери в сердечнике статора  $P_M$  и механические потери  $P_{\text{мех}}$  (Вт):  $P_0 = m_1 \cdot I_0^2 \cdot r_1 + P_M + P_{\text{мех}}$

где  $r_1$  - активное сопротивление фазы обмотки статора (Ом), измеренное непосредственно после отключения двигателя от сети, чтобы обмотка не успела охладиться.

Сумма магнитных и механических потерь двигателя (Вт)

$$P_0^* = P_M + P_{\text{мех}} = P_0 - m_1 \cdot I_0^2 \cdot r_1$$

Коэффициент мощности для режима х.х.

$$\cos \varphi_0 = \frac{P_0}{m_1 \cdot U_1 \cdot I_0}$$

Электрические потери  $P_3$ , Вт, в обмотках и всех токоведущих частях электрической машины рассчитывают по формуле

$$P_3 = \sum I_i^2 r_{vi},$$

где  $r_{vi}$  — сопротивление данной обмотки или  $i$ -го участка токопровода, по которому протекает ток  $I_i$ , рассчитанное при необходимости с учетом влияния эффекта вытеснения тока, Ом.

$$r_1 = r_{1.20} [1 + \delta (I_{\text{раб}} - 20)]$$

Для расчета потерь сопротивление  $r_v$  должно быть приведено к расчетной температуре: для обмоток с изоляцией классов нагревостойкости А, Е и В —  $75^\circ \text{C}$ , с изоляцией класса F или H —  $115^\circ \text{C}$  (соответственно  $r_{75^\circ}$  и  $r_{115^\circ}$ ). Если по обмотке протекает постоянный ток, то для расчета электрических потерь часто используют выражение

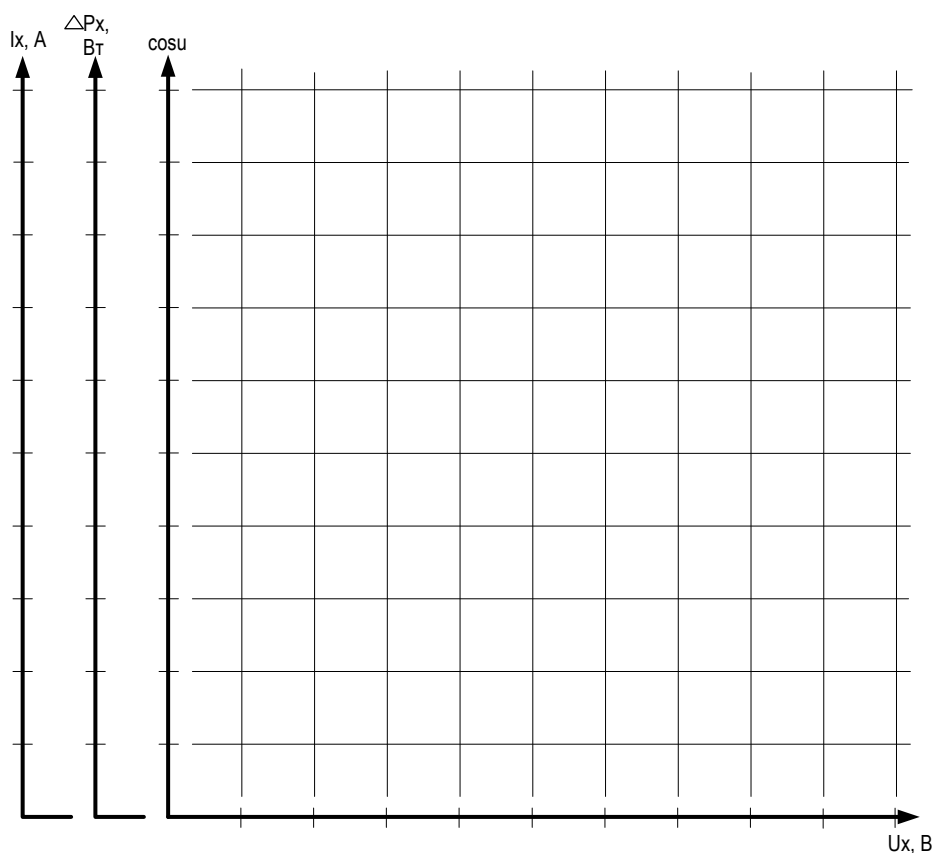


Рисунок 1 – характеристики холостого хода однофазного асинхронного двигателя.

17. Сделать анализ результатов лабораторной работы:

Опыт х.х.:

---

---

---

---

18. Сделать вывод о проделанной работе:

---

---

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

## ЛАБОРАТОНАЯ РАБОТА № 15

**ТЕМА:** ВКЛЮЧЕНИЕ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ В РЕЖИМЕ ГЕНЕРАТОРА С ВОЗБУЖДЕНИЕМ ОТ СЕТИ И ОТ КОНДЕНСАТОРОВ.

**Цель работы:** ИЗУЧИТЬ РАБОТУ АСИНХРОННОЙ МАШИНЫ В РЕЖИМЕ ГЕНЕРАТОРА. ПРОИЗВЕСТИ ЗАПУСК АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА С ВОЗБУЖДЕНИЕМ ОТ СЕТИ И ОТ КОНДЕНСАТОРОВ. СНЯТЬ ПАРАМЕТРЫ МАШИНЫ ПРИ НАГРУЗКЕ. ПОСТРОИТЬ ВЫХОДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЕНЕРАТОРА.

**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.

## Методика выполнения работы.

Схема включения, правильность включения генератора с возбуждением от сети: Исследуемая установка состоит из двигателя постоянного тока параллельного возбуждения и асинхронного трехфазного двигателя с короткозамкнутым ротором. Для измерения тока возбуждения двигателя пост. тока служит амперметр PA1, для измерения тока в цепи якоря – PA2. Вольтметр PV1 служит для измерения постоянного напряжения, подводимого к двигателю, PV2 – для измерения напряжения на выходе генератора, Hz – частотомер, для измерения частоты тока генератора. Ваттметр PW – служит для измерения мощности отдаваемой генератором в сеть. Ручной тахометр Т – для измерения скорости вращения ротора генератора.

**Перед включением асинхронной машины в сеть необходимо проверить, совпадает ли направление вращения поля, создаваемого обмоткой статора, с направлением вращения ротора, приводимого в движение от двигателя постоянного тока.** Для этого при разомкнутом автоматическом выключателе QF3 пускают в ход двигатель постоянного тока и замечают, какую сторону вращается ротор (рис. 1, а). Затем отключают автомат QF2, пускают вход асинхронную машину в режиме двигателя, включая в сеть автомат QF3. Направление вращения ротора должно быть таким же.

При несовпадении направлений вращения изменяют направление вращения поля статора, переключив два любых провода, подходящих к обмотке статора.

Снятие данных генератора с возбуждением о сети: При отключенном автомате QF3 разворачивают ротор асинхронной машины до синхронной скорости и включают статор асинхронной машины в сеть автоматом QF3. В этом случае асинхронная машина будет потреблять из сети только реактивный намагничивающий ток.

Для загрузки машины увеличивают постепенно скорость вращения двигателя постоянного тока с помощью регулировочного реостата R<sub>рег</sub>. Следует иметь в виду, что номинальную мощность асинхронный генератор развивает примерно при том же скольжении, что и при работе двигателем, поэтому не нужно сильно увеличивать скорость вращения его ротора.

Увеличивая нагрузку на генератор, записываем показания приборов и записываем в таб.1

Таблица 1 – Результаты опыта и расчетов генератора с возбуждением от сети

п./п.	Измерения							Вычисления	
	$P_1, \text{кВт}$	$n_2, \text{мин}^{-1}$	$U, \text{В}$	$f_1, \text{Гц}$	$U_1, \text{В}$	$I_B, \text{А}$	$I_A, \text{А}$	$P_2, \text{кВт}$	$s, \%$
1									
2									
3									
4									
5									

Полученные позволяют определить следующие величины:

— скольжение

$$-s\% = \frac{n_1 - n_2}{n_1} 100, \quad (1)$$

где

$n_1 = \frac{60f_1}{p}$  – скорость вращения поля статора, мин<sup>-1</sup>;

$n_2$  – скорость вращения ротора генератора, мин<sup>-1</sup>.

— подводимую к генератору механическую мощность от двигателя постоянного тока

$$P_2 = U(I_{\text{я}} + I_{\text{в}})\eta_{\text{ДВ}}, \quad (2)$$

где

$U$  – напряжение постоянного тока, подводимое к двигателю, В;

$I_{\text{я}}$  – ток в цепи якоря двигателя, А;

$I_{\text{в}}$  – ток возбуждения двигателя, А;

$\eta_{\text{ДВ}}$  – КПД двигателя при данной нагрузке.

Снятие данных генератора с конденсаторным возбуждением: Перед включением необходимо рассчитать емкость конденсаторов для самовозбуждения асинхронного генератора по формуле:

$$C = \frac{kI_{\text{н}}10^6}{2\pi f_1 U_{\text{ф}}} \text{ мкФ}, \quad (3)$$

где

$C$  – емкость конденсаторов на одну фазу при соединении их в звезду для обеспечения номинального напряжения при холостом ходе генератора, мкФ;

$k$  – отношение тока холостого хода  $I_0$  двигателя, используемого в качестве асинхронного генератора, к номинальному току  $I_{\text{н}}$  этого двигателя (в зависимости от мощности двигателя  $k=0,25-0,6$ );

$U_{\text{ф}}$  – фазное напряжение, на которое рассчитан двигатель, В.

При соединении батареи конденсаторов в треугольник необходимая емкость уменьшится в 3 раза.

Собрав схему рис. 1, б и запустив в ход асинхронный генератор с конденсаторным возбуждением, сообщают ротору генератора синхронную скорость вращения  $n_2$ , возбуждают генератор при холостом ходе.



Если сталь ротора утратила остаточный магнетизм и генератор не возбуждается, то остаточный магнетизм может быть восстановлен включением в сеть трехфазного тока статора асинхронной машины на несколько секунд.

Затем, поддерживая скорость вращения ротора  $n_2$  постоянной, загружают генератор симметричной активной нагрузкой (ламповым реостатом  $R_{нг}$ ), записывая при этом показания приборов, указанных в схеме в табл. 2.

Таблица 1 – Результаты опыта и расчетов генератора с самовозбуждением от конденсаторов

п./п.	Измерения										Вычисления	
	$P_1$ , кВт	$n_2$ , мин <sup>-1</sup>	$U$ , В	$f_1$ , Гц	$U_1$ , В	$I_B$ , А	$I_{я}$ , А	$I_1$ , А	$I_{нг}$ , А	$I_C$ , А	$P_2$ , кВт	$s$ , %
1												
2												
3												
4												
5												

Далее необходимо построить (в одних координатных осях) графики зависимостей  $U_1$ ,  $f_1$ ,  $s = f(I_{нг})$  при  $n_2 = \text{const.}$

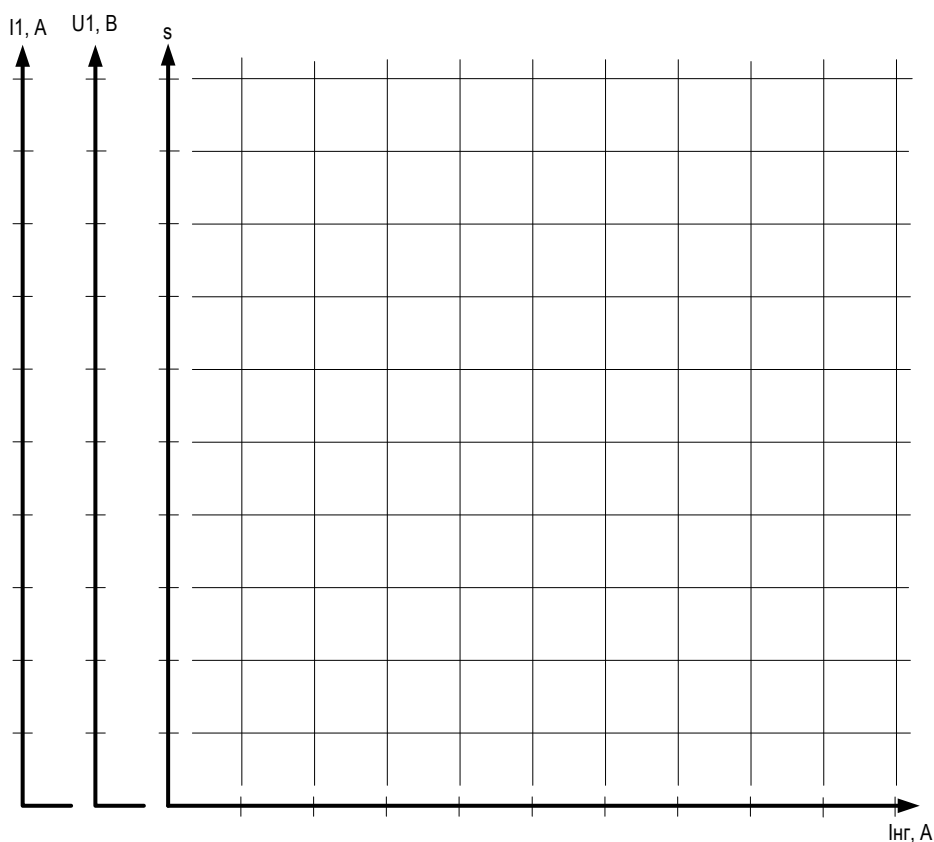


Рисунок 1 – Графики зависимости  $U_1$ ,  $f_1$ ,  $s = f(I_{нг})$  при  $n_2 = \text{const.}$

### Анализ результатов лабораторной работы

При анализе необходимо исследовать зависимости  $U_1$ ,  $f_1$ ,  $s = f(I_{\text{нз}})$  в генераторе с конденсаторным возбуждением, указать как зависят напряжение, частота и скольжение от нагрузки. В обоих генераторах необходимо сравнить мощность, отдаваемую в сеть генератором с номинальной мощностью асинхронного двигателя и механической мощностью от двигателя постоянного тока.

1. Сделать вывод о проделанной работе:

---

---

---

---

---

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

## ЛАБОРАТОНАЯ РАБОТА № 16

**ТЕМА:** ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЁХФАЗНОГО ИНДУКЦИОННОГО РЕГУЛЯТОРА. ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКА ЗАВИСИМОСТИ НАПРЯЖЕНИЯ НА ВЫХОДЕ ОТ УГЛА ПОВОРОТА РОТОРА. ПОСТРОЕНИЕ ВЕКТОРНЫХ ДИАГРАММ НАПРЯЖЕНИЙ.

**Цель работы:** СФОРМИРОВАТЬ УМЕНИЯ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ТРЁХФАЗНОГО ИНДУКЦИОННОГО РЕГУЛЯТОРА. НАУЧИТЬСЯ СТРОИТЬ ГРАФИКИ ЗАВИСИМОСТИ НАПРЯЖЕНИЯ НА ВЫХОДЕ ОТ УГЛА ПОВОРОТА РОТОРА.

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

**Дидактическое и методическое обеспечение:** Лабораторный стенд НТЦ-23, установка синхронный генератор – двигатель постоянного тока, исследуемый двигатель с фазным ротором, 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.]

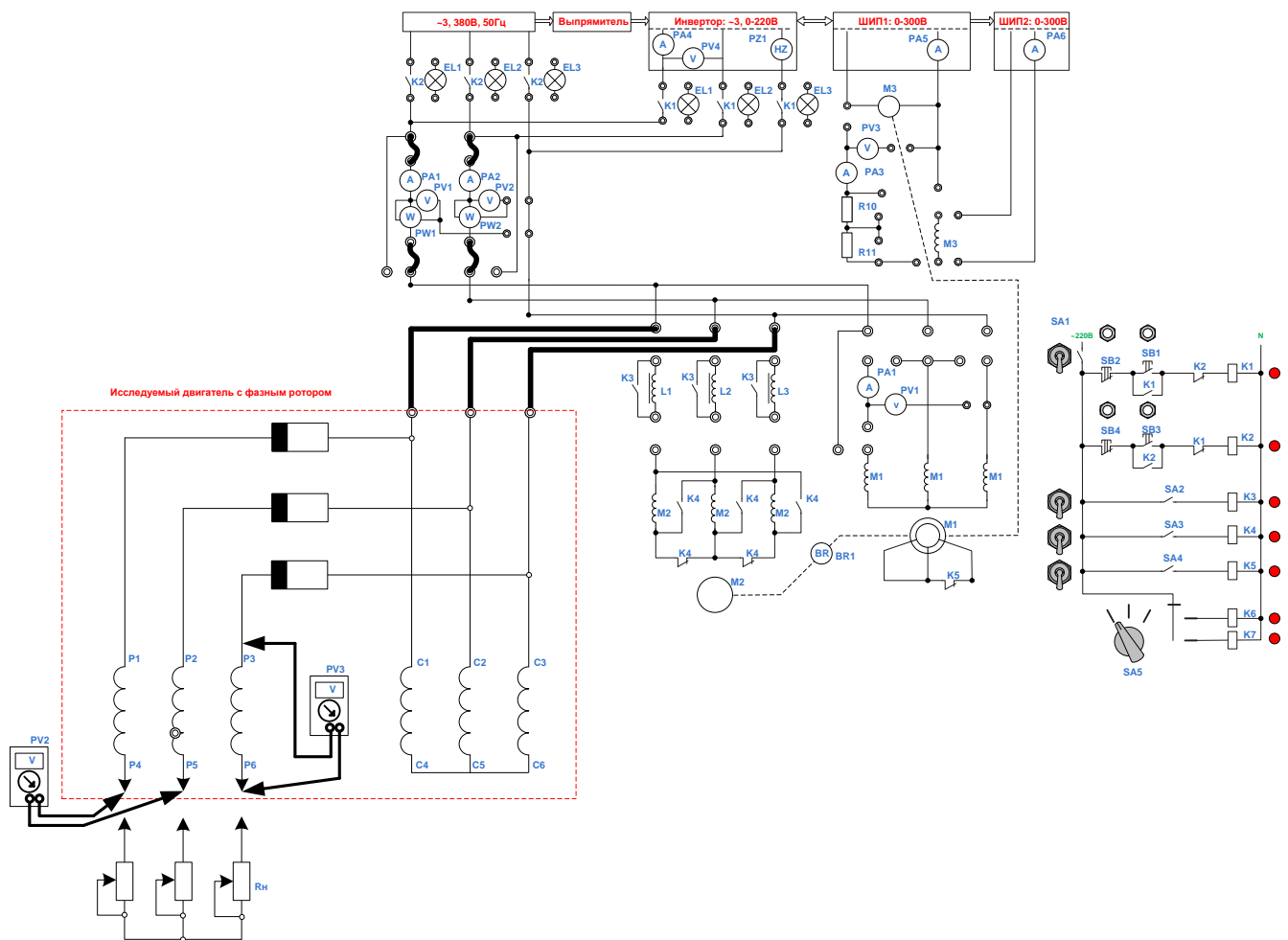
Электрические машины: Марк Михайлович Кацман. – Высш. Школа, 1983, 1990. [79-86с.]

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

Инструкция по охране труда прилагается отдельно.

Опыт холостого хода.

1. Собрать схему, представленную на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Схема включения индукционного регулятора.**

1. Собрать схему, представленную на рисунке 1.
2. Установить все тумблеры на лицевой панели стенда в нижнее положение.
3. Включить стенд, автоматический выключатель «Сеть».
4. Включить переключатель SA1, кнопкой **SB1** подать питание на катушку пускателя **K1**, установите при помощи инвертора напряжение 220В, 50Гц, контролировать по вольтметру pV1. При этом нагрузка Rn должна быть отключена.
5. Затем, поворачивая ротор, находят такое его положение, при котором напряжение на выходе регулятора  $U_{20} = U_{2\text{наиб.}}$  (вольтметр PV2). Это положение принимают за исходное, т. е. считают, что угол  $\alpha = 0$ .
6. Измеряют напряжение на входе регулятора  $U_1$  (вольтметр PV1), ЭДС на статоре  $E_2$  (вольтметр PV3) и напряжение на выходе регулятора  $U_{20}$  (вольтметр PV2) и записывают в таблицу 1. Полученные значения величин должны удовлетворять уравнению  $U_2 = U_1 + E_2$ .

Таблица 1.

Измерения	$U_2, \text{В}$	$U_1, \text{В}$	$E_2, \text{В}$	$U_2 = U_1 + E_2$

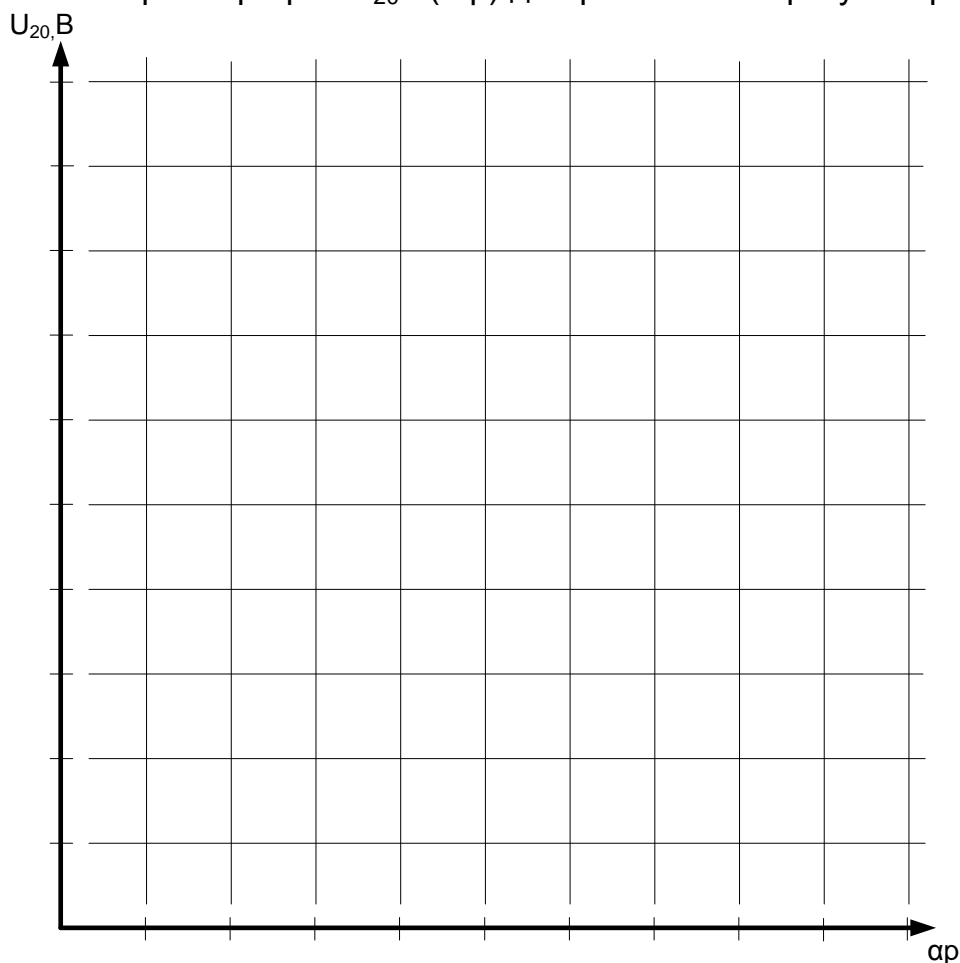
7. Снять данные для построения графика  $U_{20} = f(\alpha p)$ .

8. С этой целью плавно поворачивают ротор и через каждые  $\alpha p = 45$  эл. град. угла поворота измеряют напряжение  $U_{20}$  на выходе регулятора и записывают в таблицу 2. Всего делают восемь измерений, повернув ротор на  $(360/p)$  геом. град. В нашем случае обмотки регулятора четырехполюсные ( $p = 2$ ), напряжение  $U_{20}$  измеряют через каждые  $45/2 = 22,5$  геом. град поворота ротора, а результирующий угол поворота ротора за весь опыт составит  $360/2 = 180^\circ$ .

Таблица 2 - Опыт холостого хода.

$\alpha$ , геом. град	0	22,5	45	67,5	90	112,5	135	180
$\alpha p$ , эл. град	0	45	90	135	180	225	270	360
$U_{20}, \text{В}$								
$U_{2\text{расч}}, \text{В}$								

9. По данным строят график  $U_{20} = f(\alpha p)$  для режима х. х. регулятора.



### Внешняя характеристика.

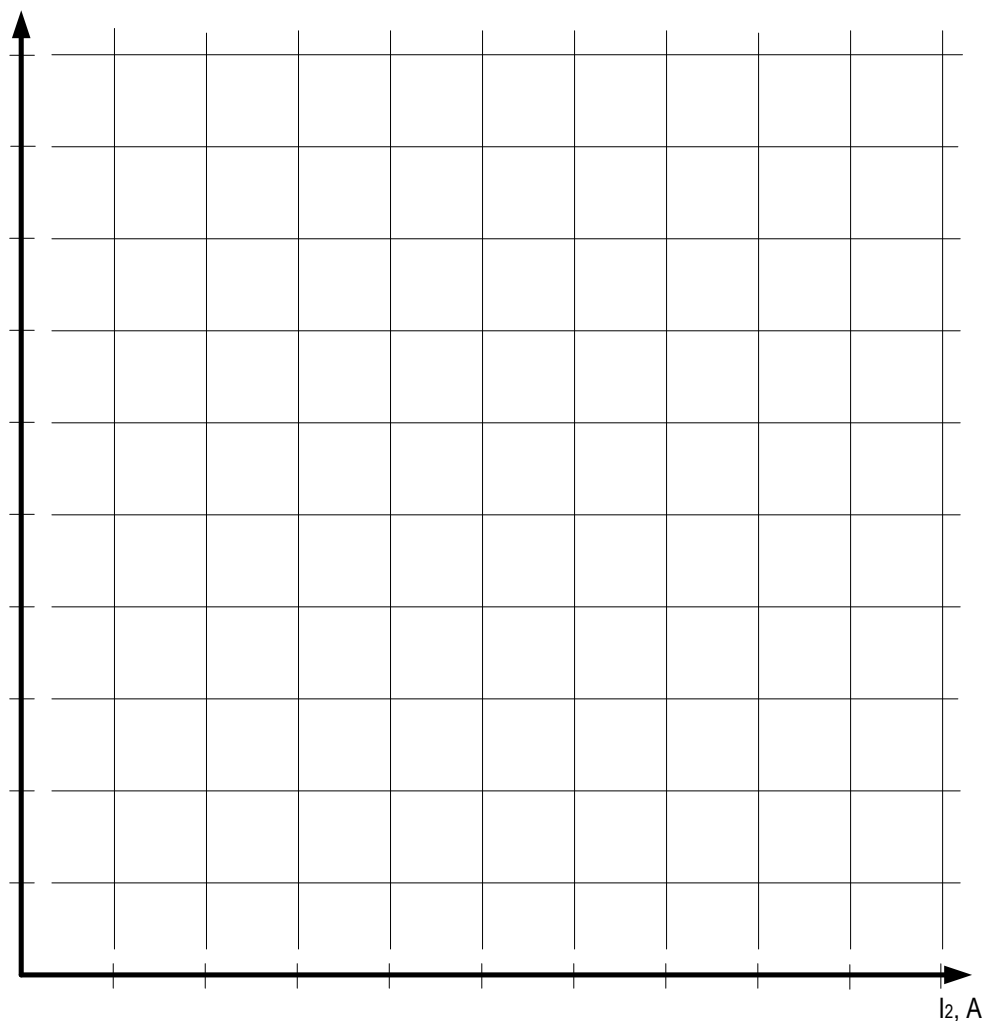
10. Установив на выходе индукционного регулятора напряжение  $U_{20} = 220$  В, подключают к регулятору нагрузку  $R_{\text{НАГР}}$ . Постепенно увеличивают нагрузку и через приблизительно одинаковые интервалы тока нагрузки  $I_2$  снимают показания приборов и заносят их в таблицу 3.
11. Всего делают не менее пяти измерений, при этом первое измерение делают в режиме х. х., а предпоследнее — при номинальной нагрузке.

Таблица 2 — Внешняя характеристика индукционного регулятора

Номер измерения	1	2	3	4	5
$I_2, \text{A}$					
$U_2, \text{В}$					

12. По данным таблицы строят внешнюю характеристику индукционного регулятора  $U_2 = f(I_2)$  при активной нагрузке ( $\cos\varphi_2 = 1$ ).

$U_2, \text{В}$



Выводы по результатам лабораторной работы

Анализируя результаты лабораторной работы, пояснить изменение напряжения на выходе индукционного регулятора от угла поворота ротора.

---

---

---

---

---

Анализируя внешнюю характеристику регулятора, указать причины, вызвавшие изменение напряжения на выходе регулятора при росте нагрузки.

---

---

---

---

---

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

## ЛАБОРАТОНАЯ РАБОТА № 17

**ТЕМА:** ПОДКЛЮЧЕНИЕ И ИЗМЕНЕНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ АСИНХРОННЫХ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ И УНИВЕРСАЛЬНЫХ КОЛЛЕКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ.

**Цель работы:** ПРИОБРЕСТИ ПРАКТИЧЕСКИЕ УМЕНИЯ В СБОРКЕ СХЕМЫ И РЕГУЛИРОВКЕ АСИНХРОННОГО ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ АМПЛИТУДНОМ И АМПЛИТУДНО-ФАЗОВОМ СПОСОБАХ УПРАВЛЕНИЯ; ПОЛУЧИТЬ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ПОДТВЕРЖДЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИМ СВЕДЕНИЯМ О СВОЙСТВАХ АСИНХРОННЫХ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ, ДВИГАТЕЛЕЙ С РАСЩЕПЛЕННЫМИ ПОЛЮСАМИ И УНИВЕРСАЛЬНЫХ КОЛЛЕКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ.

**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.

Схема соединения ИД, пуск и изменение направления вращения: На рис. 1 представлена схема включения асинхронного исполнительного двигателя. В схеме применен однофазный регулировочный автотрансформатор TV1, позволяющие осуществлять независимую регулировку напряжения цепи ОУ.

Переключение ИД с амплитудного управления на амплитудно-фазовое осуществляется переключателем цепи управления с линейного напряжения сети  $U_C$  (рис. 1, а), на линейное напряжение  $U_{AB}$  (рис. 1, б) (цепь управления подключена параллельно цепи возбуждения, а последовательно обмотке возбуждения включен конденсатор С).

Собирают схему по рис. 1, а или б, и после проверки ее преподавателем осуществляют пробный пуск двигателя. Для этого рукоятки регулятора TV1 ставят в положение минимального напряжения, включают автомат QF3. Затем напряжение управления  $U_y$  (вольтметр PV2) постепенно повышают регулятором до номинального значения (36В), наблюдая за нарастающей частотой вращения ИД. После этого, вернув рукоятку TV1 в нулевое положение отключают автомат QF3.

Для изменения направления вращения двигателя (реверса) следует поставить поменять местами провода, присоединяемые к выводам обмотки управления, и включить двигатель по схеме рис. 1, а или б.

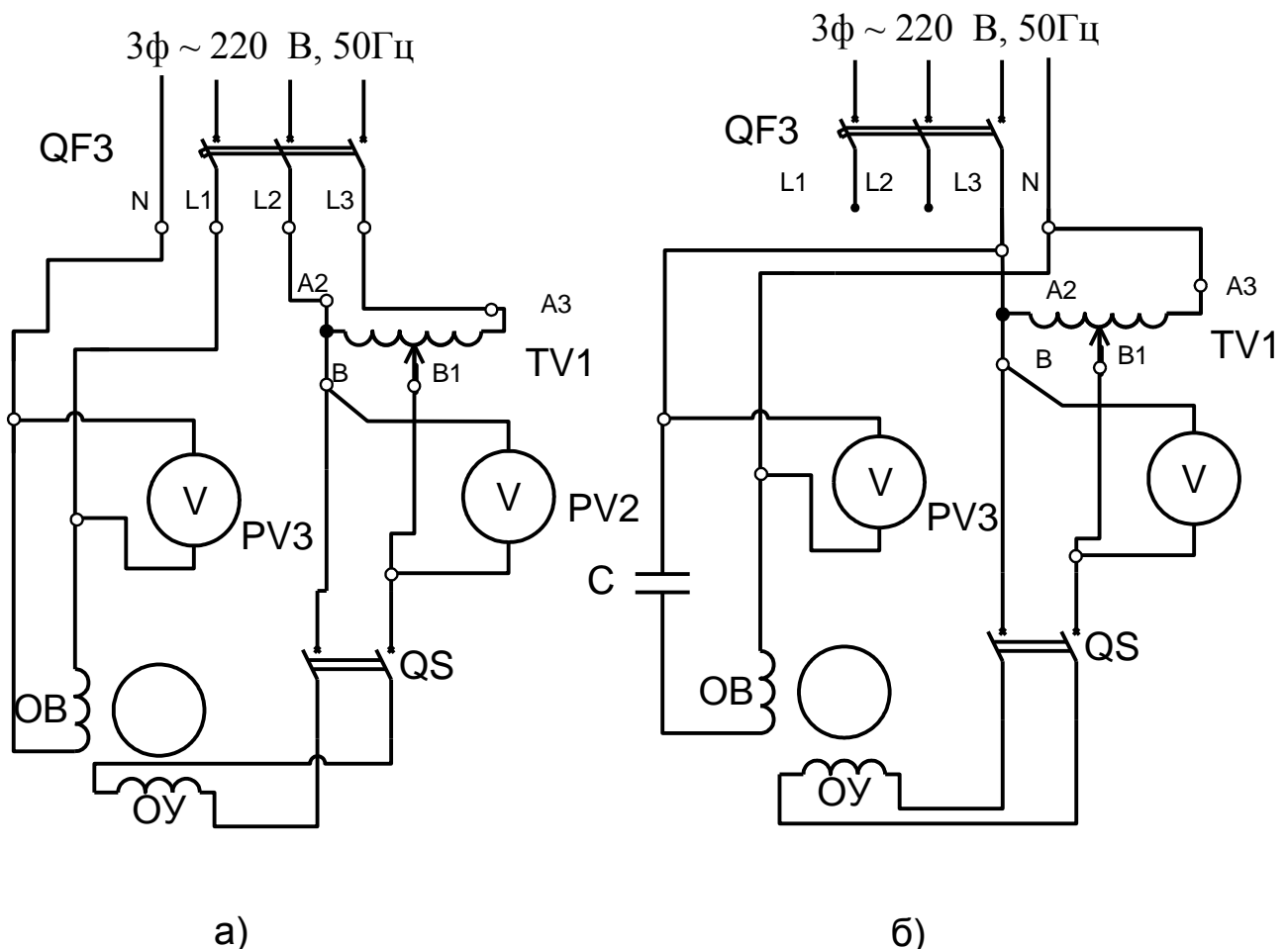


Рисунок 1 – Схемы включения исполнительного двигателя: а – амплитудное управление; б – амплитудно-фазовое управление.

Проверка отсутствия самохода и определение напряжения трогания ИД: Для проверки отсутствия **технологического самохода**, вызванного возможным коротким замыканием

части витков в обмотках статора, асимметрией магнитной системы двигателя или замыканием некоторой части пластин магнитопровода, включают в сеть обмотку возбуждения (ОВ) двигателя. Обмотка управления (ОУ) при этом должна быть отключенной (рубильник QS разомкнут). Если при этом ротор ИД остается неподвижным, то это свидетельствует об отсутствии технологического самохода. Затем проверяют отсутствие в двигателе **параметрического самохода**, обусловленного недостаточным активным сопротивлением ротора. С этой целью включают в сеть обе обмотки статора и с помощью TV1 устанавливают номинальные напряжения на обмотках возбуждения и управления и после достижения двигателем установившейся частоты вращения регулятором TV1 уменьшают до нуля напряжение управления. При этом ротор двигателя должен остановиться (параметрический самоход отсутствует).

Под **напряжением трогания** понимают такое минимальное напряжение в цепи обмотки управления ( $U_{y.TP}$ ), при котором ротор двигателя начинает вращаться. Напряжение на обмотке возбуждения при этом должно быть номинальным. Опыт проводят в следующем порядке. Включив автомат QF3 (рис 1), регулятором TV1 постепенно повышают напряжение на ОУ от нуля до некоторого значения  $U_{y.TP}$ , при котором начнется вращение ротора двигателя. Так как обычно величина напряжения трогания невелика, то при этом опыте применяют вольтметр PV2 с небольшим пределом измерения — не более  $(0,10—0,15)U_{y.ном}$ . Для получения более точного результата опыт повторяют три раза, результаты измерений заносят в табл. 1 и определяют среднее значение напряжения трогания(В)

$$U_{y.TP.CP} = (U_{y.TP1} + U_{y.TP2} + U_{y.TP3}) / 3, \quad (1)$$

Таблица 1 – Определение напряжения трогания

Способ управления	$U_{y.TP1}, В$	$U_{y.TP2}, В$	$U_{y.TP3}, В$	$U_{y.TP.CP}, В$
Амплитудное				
Амплитудно-фазовое				

Регулировочные характеристики ИД: Данные, необходимые для построения регулировочных характеристик ИД при амплитудном управлении, снимают в режиме х. х. ( $M_2 = 0$ ), собрав схему рис. 1. Для этого с помощью TV1 постепенно повышают напряжение управления  $U_y$  от нуля до номинального значения. Одновременно измеряют частоту вращения двигателя  $n_2$ . Всего делают не менее пяти замеров приблизительно через одинаковые интервалы напряжения управления и заносят их в табл. 2.

Относительное значение эффективного коэффициента сигнала

$$\alpha_e = kU_y / U_B, \quad (2)$$

где

$k$ — коэффициент трансформации обмоток возбуждения и управления (его величина указана в паспортных данных двигателях  $k=100/30$ ). Относительную частоту вращения определяют по формуле:

$$\nu = n_2 / n_1, \quad (3)$$

где

$n_1$  —синхронная частота вращения, мин<sup>-1</sup>.

По полученным значениям относительных величин строят регулировочные характеристики двигателя  $v = f(\alpha_e)$  и определяют их нелинейность  $\Delta v$ .

Нелинейность регулировочной характеристики  $\Delta v$  определяют по выражению.

$$\Delta v = (\overline{DB} / \overline{AB}) \cdot 100, \quad (4)$$

Для определения отрезков  $\overline{DB}$  и  $\overline{AB}$  (рис. 2) проводят прямую, соединяющую точки пересечения регулировочной характеристики с осями координат, а затем параллельно этой прямой проводят касательную к регулировочной характеристике и получают точку  $B$ . Из этой точки опускают перпендикуляр  $BA$  на ось абсцисс и получают искомые отрезки  $\overline{DB}$  и  $\overline{AB}$ .

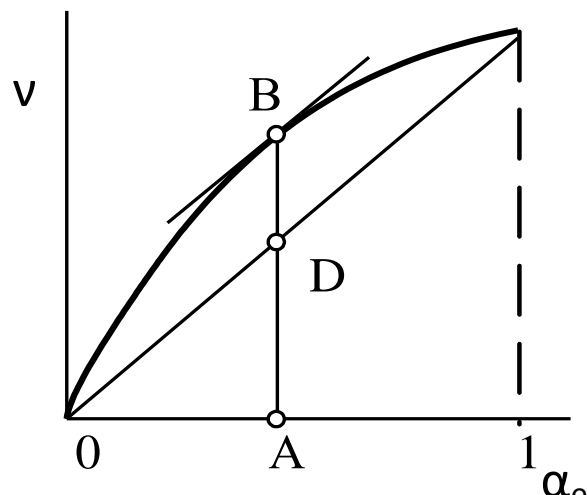


Рисунок 2 – Определение нелинейности регулировочной характеристик

Таблица 19.2 – Снятие регулировочной характеристики

Способ управления	Амплитудное					Амплитудно-фазовое				
$U_{\gamma}, B$										
$p_2, \text{мин}^{-1}$										
$\alpha_e$										
$v$										

### Анализ результатов лабораторной работы

Анализ результатов лабораторной работы состоит главным образом в сравнении свойств асинхронного исполнительного двигателя при амплитудном и амплитудно-фазовом способах управления. При этом сравнивают следующие параметры: напряжение трогания, нелинейность регулировочных характеристик.

Отмечая достоинства или недостатки способа управления по какому-либо параметру, необходимо физически обосновать пояснение. При окончательной оценке преимуществ того или иного способа управления асинхронным исполнительным двигателем необходимо также иметь в виду сложность соединений и наличие в ней дополнительных устройств.

2. Сделать вывод о проделанной работе:

---

---

---

---

---

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