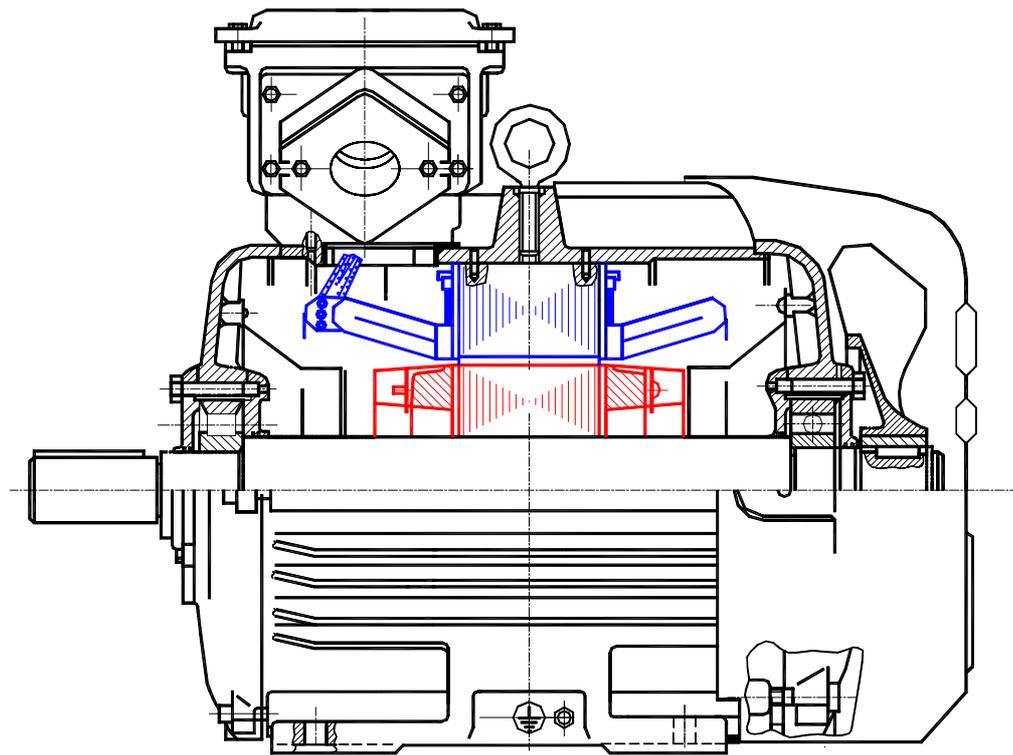


Институт механики и энергетики  
Кафедра Электропривода и электротехнологий



# Электрические машины

## Часть 2. АСИНХРОННЫЕ МАШИНЫ

Лабораторная работа #5

МОСКВА \* 2014

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

# ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА

### Оглавление

1. Цель работы .....	3
2. Программа работы .....	3
3. Основы теории .....	
4. Экспериментальные исследования .....	4
4.1. Пуск двигателя постоянного тока .....	4
4.2. Расчет значения фазной емкости .....	4
4.3. Опыт холостого хода генератора .....	7
4.4. Опыт нагрузки. Рабочие характеристики .....	7
5. Содержание отчета .....	10
6. Контрольные вопросы .....	10
Рис. 5.1, лист 1. Схема включения двигателя постоянного тока смешанного возбуждения .....	5
Рис. 5.1, лист 2. Схема установки для исследования асинхронного генератора при его работе в автономной сети .....	6
Рис. 5.2. Фотография приборной панели лабораторного стенда для исследования асинхронного генератора .....	12
Рис. 5.3. Фотография исследуемого агрегата «Асинхронный генератор – приводной двигатель постоянного тока» .....	12
Приложение.	
График зависимости КПД двигателя постоянного тока от тока якоря .....	11

## ***1. Цель работы***

Ознакомиться с генераторным режимом асинхронной машины. Рассчитать емкость батареи конденсаторов необходимую для самовозбуждения генератора. Выполнить опыты по снятию характеристик асинхронного генератора в режиме самовозбуждения.

## ***2. Программа работы***

**2.1.** На основании номинальных данных асинхронной машины рассчитать величину емкости конденсаторной батареи, необходимой для самовозбуждения генератора до номинального напряжения.

**2.2.** Возбудить генератор на холостом ходу до номинального напряжения при синхронной частоте вращения и снять характеристику холостого хода  $U_x = f(I_c)$ .

**2.3.** Снять рабочие характеристики асинхронного генератора с самовозбуждением  $U_1, I_L, I_c, I_{нг}, f_1, s, \eta_{г} = f(P_1)$ , где  $P_1$  – механическая первичная мощность на валу генератора.

**2.4.** Построить и объяснить зависимости  $U_x = f(I_c)$  и  $U_1, I_L, I_c, I_{нг}, f_1, s, \eta_{г} = f(P_1)$ .

### 3. Основы теории

.....

### 4. Экспериментальные исследования

Исследуется трехфазный асинхронный генератор, работающий на автономную нагрузку. В режиме асинхронного генератора используется трехфазная асинхронная машина (двигатель типа А41/4). Лабораторная установка включает: асинхронную машину в режиме генератора; батарею конденсаторов  $CB$ , необходимую для самовозбуждения генератора; нагрузочный реостат  $RR_{нг}$ ; двигатель постоянного тока типа ПН-17,5; пусковой реостат  $RR_{п}$ , предназначенный для ограничения пускового тока в обмотке якоря двигателя. На рис. 5.1, лист 1 приведена схема включения двигателя постоянного тока смешанного возбуждения и его номинальные данные. На рис. 5.1, лист 2 приведена схема включения асинхронного генератора с самовозбуждением и его номинальные данные. На рис. 5.2. и рис. 5.3 фотографии приборной панели лабораторного стенда и исследуемого агрегата.

Валы приводного двигателя постоянного тока и асинхронного генератора механически сопряжены. Полезная механическая мощность, вырабатываемая двигателем постоянного тока, подводится к валу асинхронного генератора. Электрическая мощность, вырабатываемая генератором, питает автономную нагрузку  $RR_{нг}$ .

#### 4.1. Пуск двигателя постоянного тока

Пуск двигателя (на холостой ход) осуществить следующим образом (рис. 5.1, лист 1).

1. Установить пусковой реостат  $RR_{п}$  в положение “Пуск”;
2. Включить автомат  $QF2$ : двигатель подключен к сети постоянного тока; **плавно** перевести реостат  $RR_{п}$  в положение “Работа”; якорь двигателя вращается.
3. Регулируя реостат  $RR_{в,д}$  в цепи обмотки возбуждения  $LM1$  двигателя, установить частоту вращения якоря примерно равной 1500 об/мин. Пуск двигателя завершен.

Измерить частоту вращения бесконтактным цифровым тахометром (**отражающая метка** расположена на периферии муфты, сопрягающей валы двигателя и асинхронного генератора).

4. Для отключения двигателя необходимо перевести реостат  $RR_{п}$  в положение “Пуск”, а затем выключить автомат  $QF2$ .

#### 4.2. Расчет значения фазной емкости

Величину фазной емкости  $C_{\phi}$ , необходимую для самовозбуждения генератора до напряжения  $U_1 \approx U_{1ном} = 220$  В при частоте вращения ротора  $n \approx 1500$  об/мин, рассчитать по формуле (см. схему на рис. 5.1, лист 2):

$$C_{\phi} = 10^6 \cdot I_{x,ам} / \sqrt{3} \cdot U_{1ном} \cdot 2\pi f_1, \text{ мкФ}, \quad (1)$$

где  $I_{x,ам} \approx 3,3$  А – линейный ток холостого хода асинхронной машины в режиме двигателя (тип А41/4) при номинальном напряжении  $U_{1ном} = 220$  В и частоте  $f_1 = 50$  Гц.

В общем случае, для ориентировочного расчета, величина тока холостого хода асинхронного двигателя может быть принята в пределах  $I_{x,ам} \approx (0,4 \dots 0,6) \cdot I_{1ном}$ .

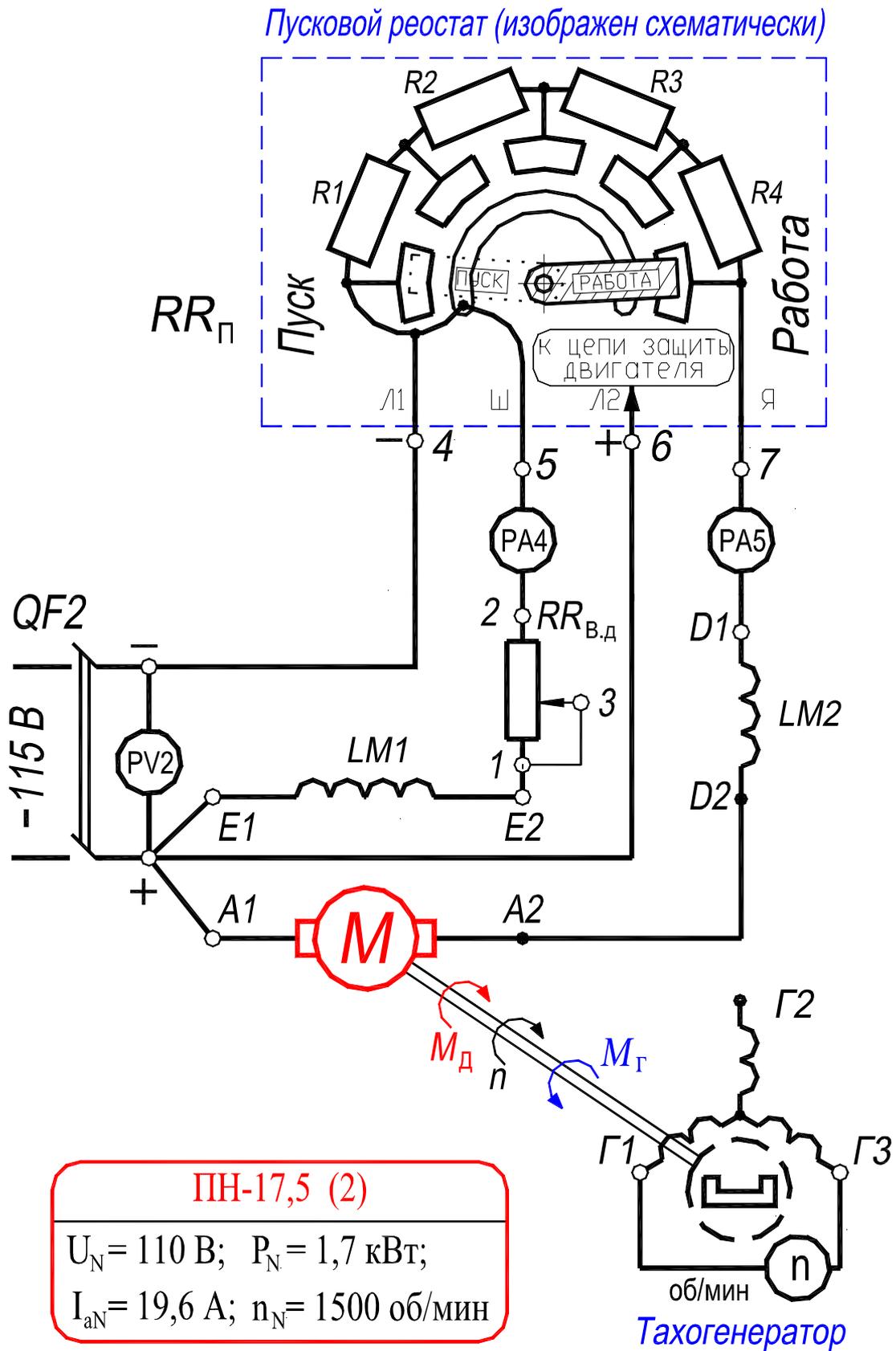
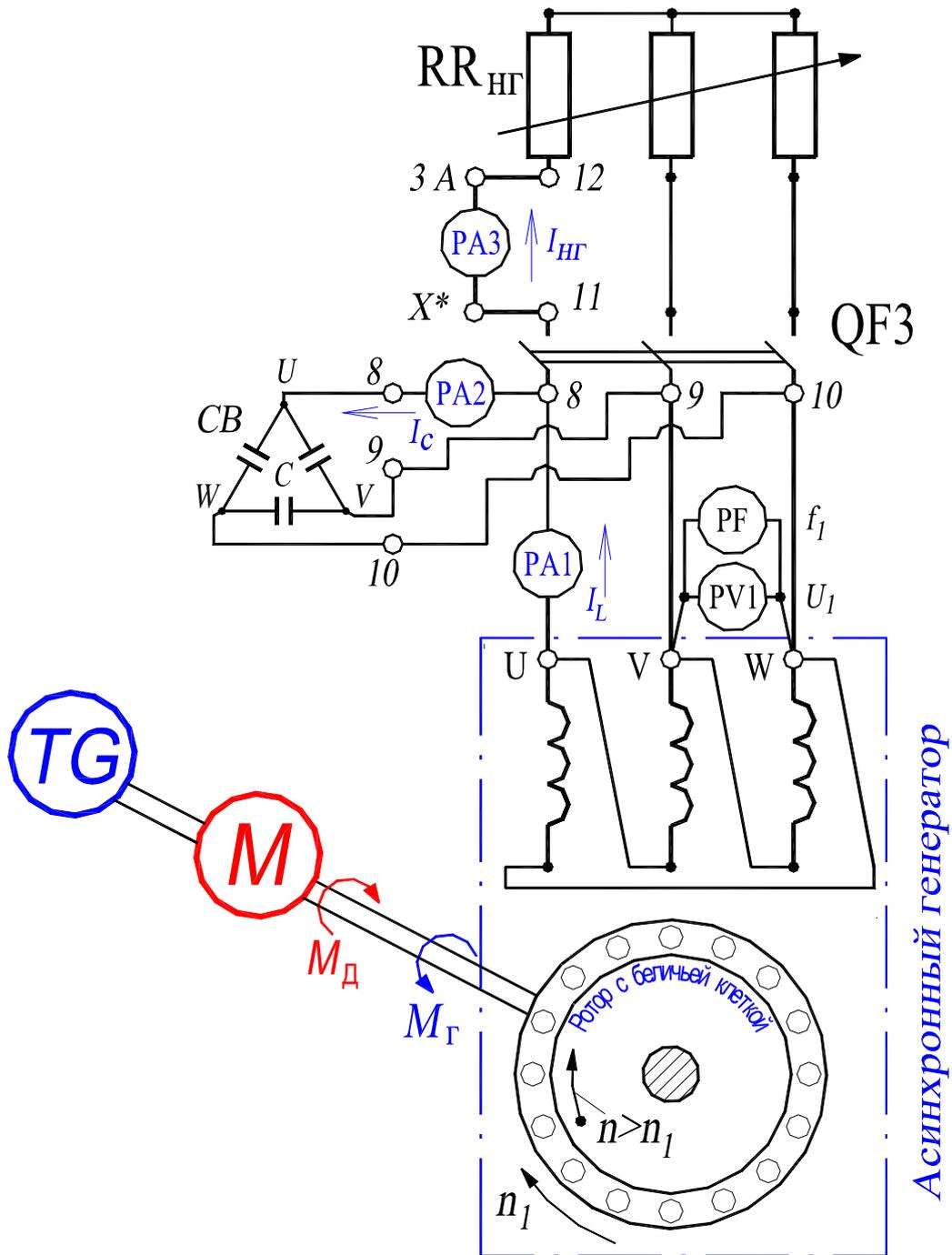


Рис. 5.1, лист 1. Схема включения двигателя постоянного тока смешанного возбуждения



<b>A41/4 (2)</b>
$U_N=220В (\Delta); P_N=1,7кВт;$
$I_N=6,7А; n_N=1420об/мин;$
$\eta_N=81,5\%; \cos\varphi_N=0,8$

Рис. 5.1, лист 2. Схема установки для исследования асинхронного генератора при его работе в автономной сети

### 4.3. Опыт холостого хода генератора

Осуществить опыт холостого хода в следующей последовательности.

1. Автомат  $QF3$  установить в положение “Отключен”: нагрузочный реостат  $RR_{нг}$  отключен, генератор включен на холостой ход;
2. На батарее конденсаторов  $CB$ , включая соответствующие тумблеры, набрать в каждой фазе величину емкости  $C_{\phi}$ , рассчитанную по формуле (1);
3. Осуществить пуск двигателя постоянного тока на холостой ход так, как указано в разд. 4.1, п.п. 1...3. Асинхронный генератор самовозбудился: напряжение  $U_x \approx U_{1ном} = 220$  В, частота  $f_1 \approx 50$  гц.

В процессе опыта, регулируя сопротивление реостата  $RR_{в,д}$  в цепи возбуждения двигателя, поддерживать частоту вращения ротора генератора постоянной и равной 1500 об/мин. Измерять частоту вращения бесконтактным цифровым тахометром (отражающая метка расположена на периферии муфты, сопрягающей валы двигателя и асинхронного генератора).

4. Уменьшать значение емкости в каждой фазе батареи конденсаторов  $CB$  с шагом 2 мкФ. При каждом дискретном значении емкости  $C$ , одинаковом во всех фазах, записать в табл. 5.1 значения: емкости в одной фазе  $C$ , линейного тока  $I_c$  батареи конденсаторов  $CB$  (амперметр  $PA2$ ) и линейного (фазного) напряжения генератора  $U_x$  (вольтметр  $PVI$ ).

Опыт прекратить, когда генератор теряет самовозбуждение. **Отключить двигатель** от сети постоянного тока так, как указано в разд. 4.1, п. 4.

По данным опыта построить характеристику холостого хода  $U_x = f(I_c)$  генератора.

Таблица 5.1

$C$	$I_c = I_L$	$U_x$
мкФ	А	В

### 4.4. Опыт нагрузки. Рабочие характеристики

Активная мощность, вырабатываемая асинхронным генератором поступает в нагрузочный реостат  $RR_{нг}$  (рис. 5.1, лист 2).

Частоту вращения ротора генератора в процессе опыта поддерживать неизменной и равной  $n = 1500$  об/мин. Для обеспечения постоянства частоты вращения регулировать величину сопротивления  $RR_{в,д}$  в цепи обмотки возбуждения  $LMI$  приводного двигателя постоянного тока (рис. 5.1, лист 1). Измерять частоту вращения бесконтактным цифровым тахометром.



Расчетные величины определяют в следующем порядке:

1) По зависимости  $\eta_d = f(I_a)$  (см. Приложение, стр. 11) определить значения КПД  $\eta_d$  приводного двигателя для соответствующих значений тока якоря  $I_a$ ;

2) Определить электрическую мощность, потребляемую приводным двигателем постоянного тока

$$P = U_{\text{ном}}(I_B + I_a);$$

3) Определить вторичную механическую мощность на валу приводного двигателя ( $\eta_d P$ ) и, соответственно, механическую первичную мощность на валу асинхронного генератора  $P_1$

$$P_1 = \eta_d P;$$

4) Определить вторичную электрическую мощность асинхронного генератора, поступающую с обмотки статора в активную нагрузку  $RR_{\text{нг}}$  ( $\cos \varphi_1 = 1,0$ )

$$P_2 = \sqrt{3} \cdot U_1 I_{\text{нг}};$$

5) Определить коэффициент полезного действия асинхронного генератора

$$\eta_{\text{г}} = P_2 / P_1;$$

6) Определить скольжение ротора асинхронного генератора

$$s = (f_i - f_1) / f_i,$$

где  $f_1 = f_i = 50$  Гц - частота напряжения асинхронного генератора при токе нагрузки  $I_{\text{нг}} = 0$ ,  $I_L = I_C$ ,  $U_1 \approx U_{1\text{ном}} = 220$  В (результаты измерений в последней строке табл. 5.2);  $f_i$  - текущее значение частоты при токе нагрузки  $I_{\text{нг}} > 0$ .

По опытным и расчетным данным построить и анализировать рабочие характеристики асинхронного генератора с самовозбуждением  $U_1, I_L, I_C, I_{\text{нг}}, f_1, s, \eta_{\text{г}} = f(P_1)$ .

## 5. Содержание и оформление отчета

Отчет должен содержать:

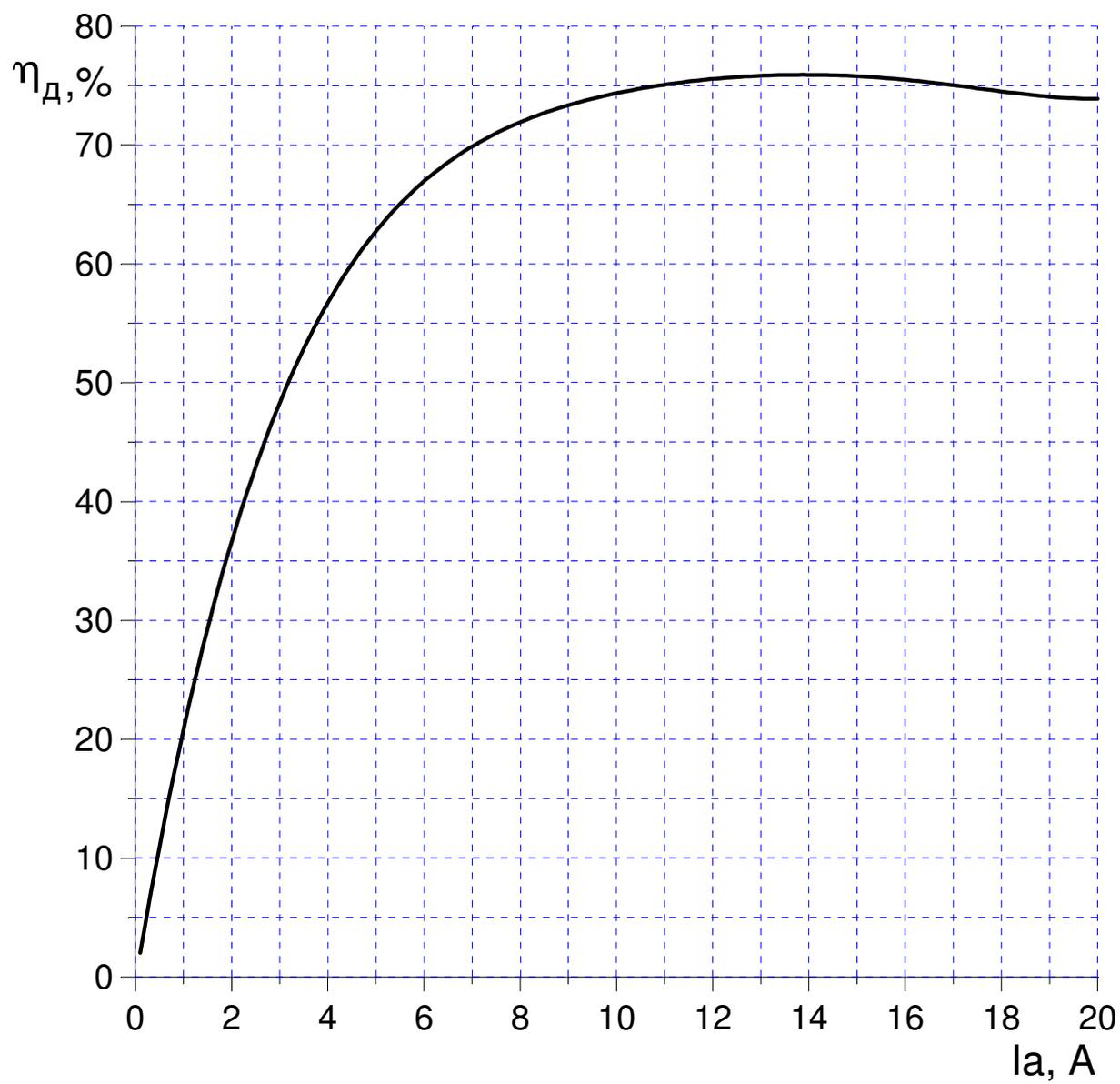
1. Титульный лист.
2. Содержание.
3. Программу лабораторной работы.
4. Номинальные данные асинхронного двигателя.
5. Номинальные данные двигателя постоянного тока.
6. Схемы испытаний.
7. Результаты опытов и расчетов, представленных в таблицах 5.1 и 5.2; ниже каждой таблицы приводятся формулы для расчета величин. Затем размещаются графические зависимости (п.п. 8.1, 8.2), соответствующие таблице.
8. Экспериментальные и расчетные графические зависимости:
  - 8.1.  $U_x = f(I_c)$  – характеристика холостого хода;
  - 8.2.  $U_1, I_L, I_c, I_{нг}, f_1, s, \eta_{г} = f(P_1)$  – рабочие характеристики;

Текст отчета оформить в текстовом процессоре *MS Word* (шрифт *Times New Roman*, 12 пт.). Графики строить в интерактивном графическом пакете *Grapher*. Схему опыта вычертить в интерактивном графическом пакете *AutoCAD*. Отчет подшить в простую папку-скоросшиватель. Листы отчета в файл / файлы не вставлять.

## 6. Контрольные вопросы

1. Что является основным условием перевода асинхронной машины в генераторный режим?
2. Из каких соображений выбирается величина емкости конденсаторов, необходимая для самовозбуждения асинхронного генератора?
3. Почему с увеличением тока нагрузки уменьшается частота напряжения генератора с самовозбуждением?
4. Почему с увеличением тока нагрузки уменьшается величина напряжения генератора с самовозбуждением?
5. Как влияет характер нагрузки на величину и частоту напряжения?
6. Как поддерживать постоянными величину и частоту напряжения генератора при изменениях нагрузки?
7. Для каких целей можно использовать асинхронный генератор с самовозбуждением?

*График зависимости коэффициента полезного действия  $\eta_d$   
двигателя постоянного тока от тока якоря  $I_a$*



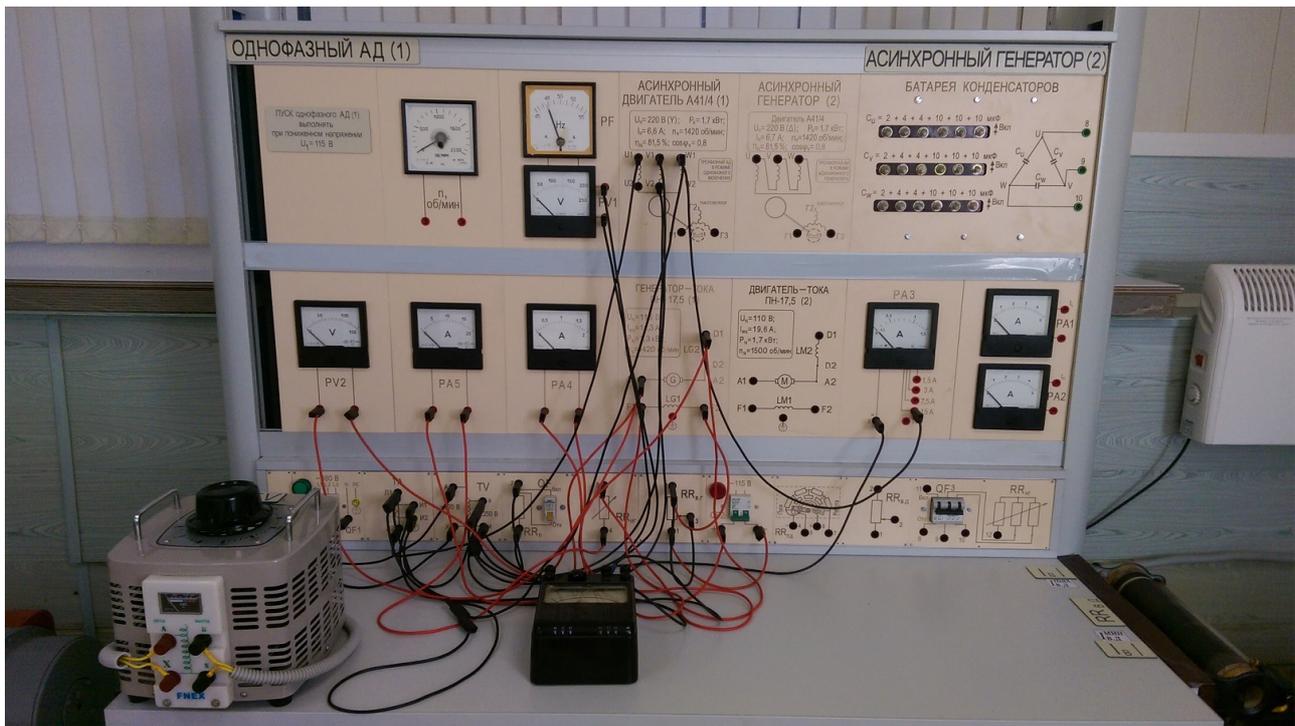


Рис. 5.2. Фотография приборной панели лабораторного стенда для исследования асинхронного генератора



Рис. 5.3. Фотография исследуемого агрегата «Асинхронный генератор – приводной двигатель постоянного тока» (номинальные данные – см. рис. 5.1, лист 1 и 2)