

**Федеральное государственное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Вологодская государственная молочнохозяйственная академия  
имени Н.В. Верещагина»  
(ФГОУ ВПО ВГМХА им. Н.В. Верещагина)**

**Кафедра энергетических средств и технического сервиса**

# **ЭЛЕКТРОПРИВОД И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ**

## **Часть 2**

*Методические указания  
к лабораторным работам*  
по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия»

**Вологда - Молочное  
2023**

УДК 613.3-83(071)  
ББК 40.76 р30  
Э455

С о с т а в и т е л и :  
профессор ***В.Н. Острецов***  
к.т.н. доцент ***А.В. Палицын***

Р е ц е н з е н т –  
к.т.н. доцент ***Е.А. Берденников***

**Э455**    **Электропривод** и электрооборудование. Часть 2: Методические указания/ Сост. В.Н. Острецов, А.В. Палицын. – Вологда–Молочное: ИЦ ВГМХА, 2023. – 27 с.

Методические указания предназначены для подготовки и выполнения первого цикла лабораторных работ по курсу «Электропривод и электрооборудование» в соответствии с учебно-методическим комплексом дисциплины.

Методические указания одобрены методической комиссией факультета механизации сельского хозяйства.

УДК 613.3-83(071)  
ББК 40.76 р30

© Острецов В.Н., Палицын А.В., 2023  
© ИЦ ВГМХА, 2023

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

**Значение коэффициента мощности ( $\cos\varphi$ ). Факторы, понижающие коэффициент мощности. Способы его увеличения. Синхронный двигатель – компенсатор реактивного тока**

### **Цель работы:**

- 1) Научиться определять коэффициент мощности двигателя с помощью электроизмерительных приборов.
- 2) Изучить влияние загрузки двигателя на коэффициент мощности ( $\cos\varphi$ ).
- 3) Изучить влияние на коэффициент мощности способа подключения электродвигателя ( $\Delta$  или  $Y$ ).
- 4) Изучить влияние на коэффициент мощности статического компенсатора (конденсаторной батареи).
- 5) Ознакомиться с устройством и работой синхронной машины при различных режимах.
- 6) Произвести регулирование коэффициента мощности ( $\cos\varphi$ ) синхронной машиной.

### ***Приборы и оборудование:***

Источники питания переменного и постоянного тока (трехфазная сеть переменного тока напряжением 220 В, регулируемый источник постоянного тока), исследуемые электродвигатели (синхронный и асинхронный), конденсаторная батарея, измерительный комплект К – 505, контрольно измерительные приборы.

### **Порядок выполнения работы для синхронной машины:**

- 1) Ознакомиться с приборами и оборудованием стенда, определить цену деления приборов измерительного комплекта К – 505 (амперметра, ваттметра и вольтметра) и амперметра постоянного тока.
- 2) Установить на стенде переключатель QF2 в позицию 1, а переключатель ВЗ на измерительном комплекте К – 505 в пози-

цию 0. (**ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ F1 СИНХРОНОЙ МАШИНЫ УСТАНОВЛЕН НА «У»**).

- 3) Запустить синхронную машину в работу, включив общее питание стенда переключателем QF1.
- 4) Переключатель ВЗ на измерительном комплекте К – 505 установить в позицию А
- 5) Записать в таблицу №1 полученные значения с измерительного комплекта К - 505, для режима работы синхронной машины с отключенной обмоткой возбуждения.
- 6) Проверить отсутствие напряжения на источнике постоянного тока (**ЛАТР ВЫВЕДЕН НА НОЛЬ**), переключателем F2 подключить обмотку возбуждения синхронной машины (**ЗЕЛЕНАЯ КНОПКА СО СВЕТОВОЙ ИНДИКАЦИЕЙ**).
- 7) Регулируя ток обмотки возбуждения установить по фазо-метру значения  $\cos \varphi$  согласно данным таблицы №1. Полученные значения с измерительного комплекта К – 505 и амперметра постоянного тока занести в таблицу №1.

Таблица №1

Измерено						Вычислено	
№	$\cos \varphi$	$I_{\text{дв.}}$ (А)	$I_{\text{возб.}}$ (А)	U (В)	$W_{\text{акт.}}$ (кВт)	$W_{\text{реакт.}}$ (кВр)	S (кВА)
С отключенной обмоткой возбуждения							
1							
С подключенной обмоткой возбуждения							
2	0,55						
3	0,6						
4	0,7						
5	0,8						
6	0,9						
7	1,0						
8	0,9						
9	0,8						
10	0,7						
11	0,6						
12	0,5						

8) По результатам измерений построить графические зависимости  $\text{Cos}\varphi=f(I_{\text{дв.}})$  и  $\text{Cos}\varphi=f(I_{\text{возб.}})$

**Порядок выполнения работы для асинхронной машины:**

9) Установить на стенде переключатель QF2 в позицию 2, а переключатель ВЗ на измерительном комплекте К – 505 в позицию 0. (**ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ QF3 АСИНХРОНОЙ МАШИНЫ УСТАНОВЛЕН НА «У»**).

10) Запустить асинхронную машину в работу, включив общее питание стенда переключателем QF1.

11) Переключатель ВЗ на измерительном комплекте К – 505 установить в позицию А

12) Регулируя загрузку электродвигателя задвижкой воздушного тормоза, согласно установленных значений, записать в таблицу №2 полученные значения с измерительного комплекта К - 505.

13) Переключатель асинхронной машины QF3, установить на «Δ».

14) Регулируя загрузку электродвигателя задвижкой воздушного тормоза, согласно установленных значений, записать в таблицу №2 полученные значения с измерительного комплекта К - 505.

15) Переключатель асинхронной машины QF3, установить на «У», закрыть задвижку воздушного тормоза и произвести изменение  $\text{Cos}\varphi$  асинхронного электродвигателя подключением конденсаторной батареи к фазным обмоткам электродвигателя. Записать в таблицу №2 полученные значения с измерительного комплекта К - 505.

16) Переключатель асинхронной машины QF3, установить на «Δ», закрыть задвижку воздушного тормоза и произвести изменение  $\text{Cos}\varphi$  асинхронного электродвигателя подключением конденсаторной батареи к фазным обмоткам электродвигателя. Записать в таблицу №2 полученные значения с измерительного комплекта К - 505.

17) По результатам измерений построить графические зависимости  $\text{Cos}\varphi=f(I_{\text{дв.}})$ , для различных режимов в одной системе координат.

Таблица №2

№	Измерено			Вычислено			
	$I_{\phi}$ (A)	$P_{\phi}$ (кВт)	$U_{\phi}$ (В)	К Коэффициент загрузки	$\cos\phi$	$I_a$ Активный ток	$I_p$ Реактивный ток
<b><u>Соединение треугольником</u></b>							
1)при открытой задвижке							
2)при 3/4 открытой задвижке							
3)при 2/4 открытой задвижке							
4)при 1/4 открытой задвижке							
5)при закрытой задвижке							
<b><u>Соединение звездой</u></b>							
1)при открытой задвижке							
2)при 3/4 открытой задвижке							
3)при 2/4 открытой задвижке							
4)при 1/4 открытой задвижке							
5)при закрытой задвижке							
<b><u>Соединение треугольником</u></b>							
C1							
C1+C2							
C1+C2+C3							
C1+C2+C3+C4							
<b><u>Соединение звездой</u></b>							
C1							
C1+C2							
C1+C2+C3							
C1+C2+C3+C4							

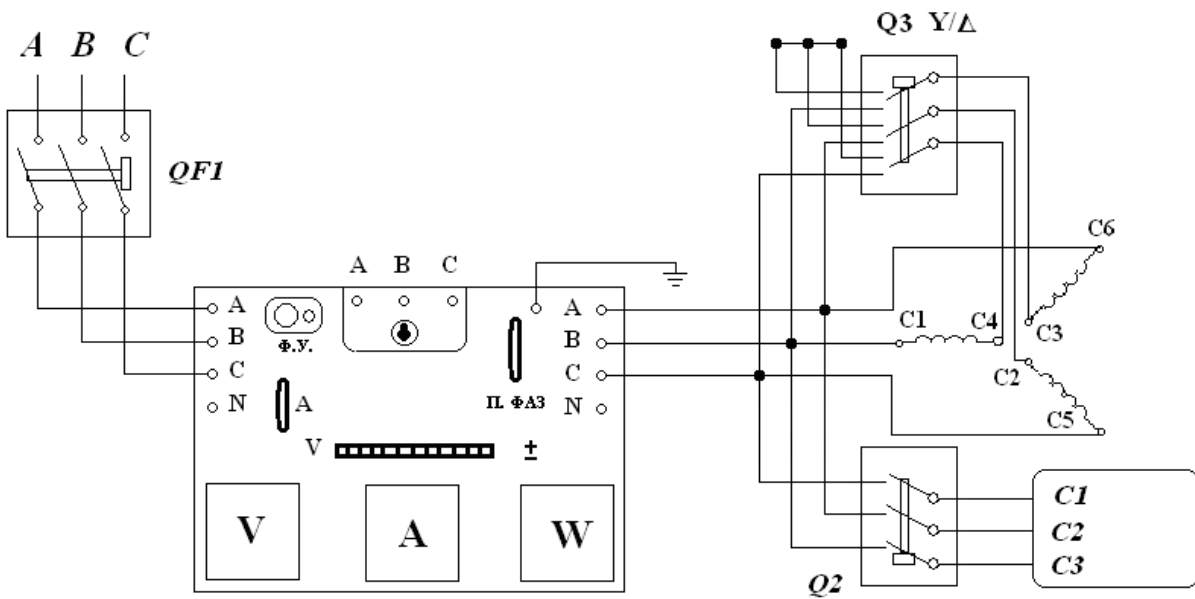


Рис.1. Принципиальная электрическая схема установки для испытания асинхронного электродвигателя.

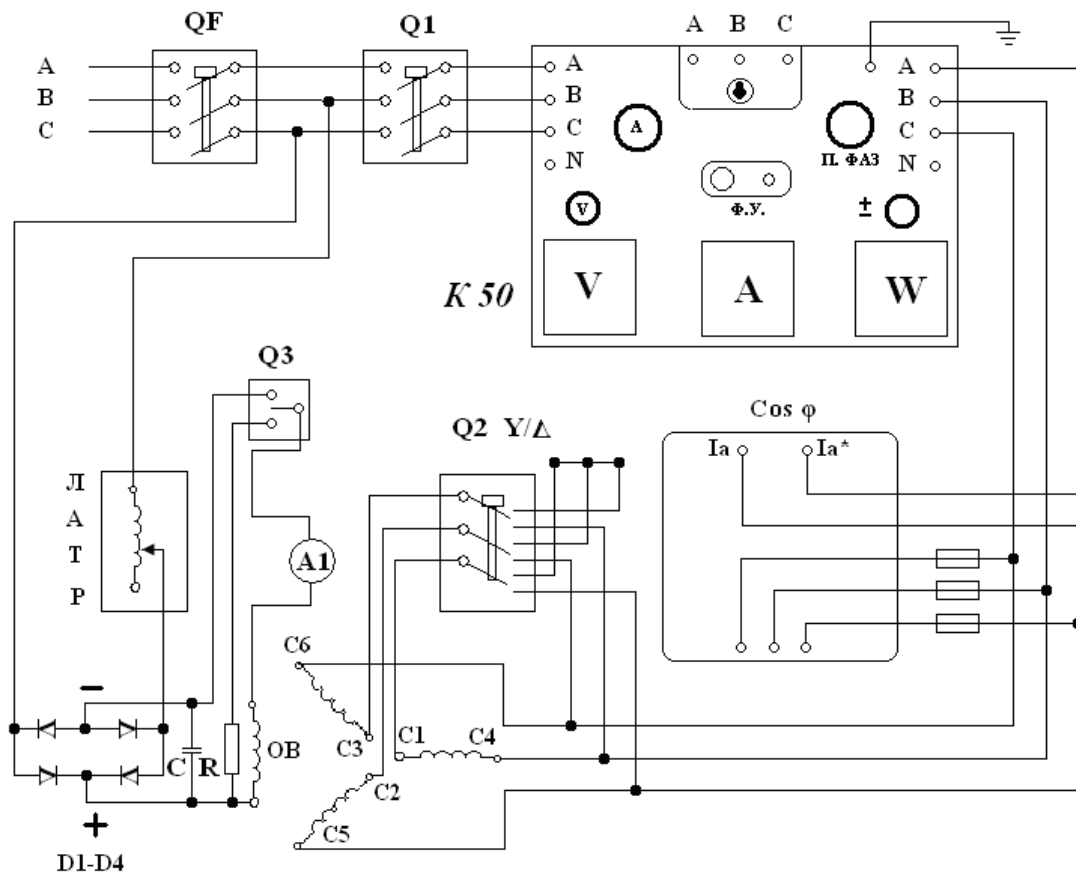
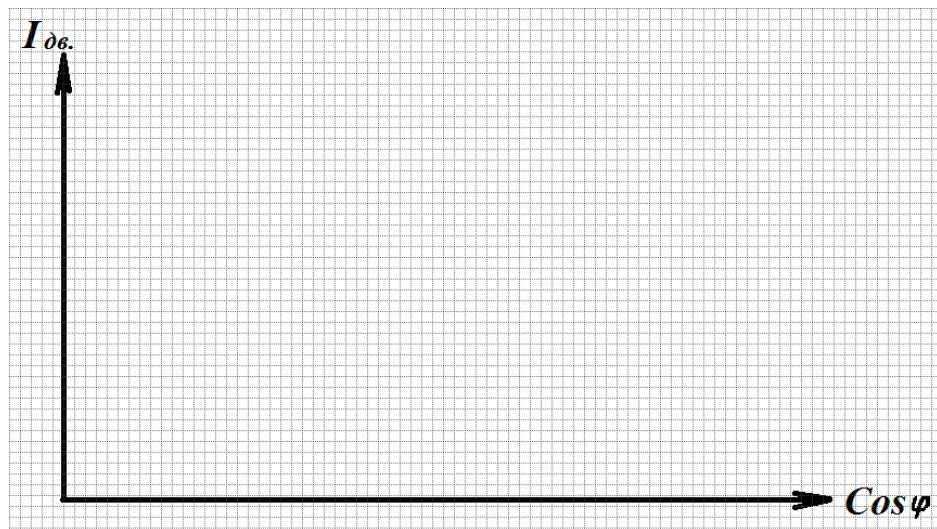
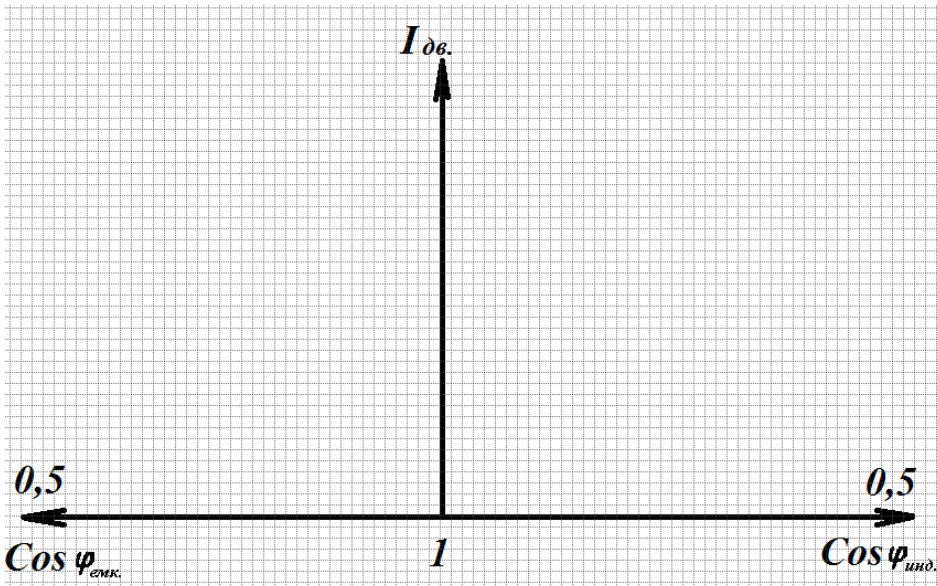
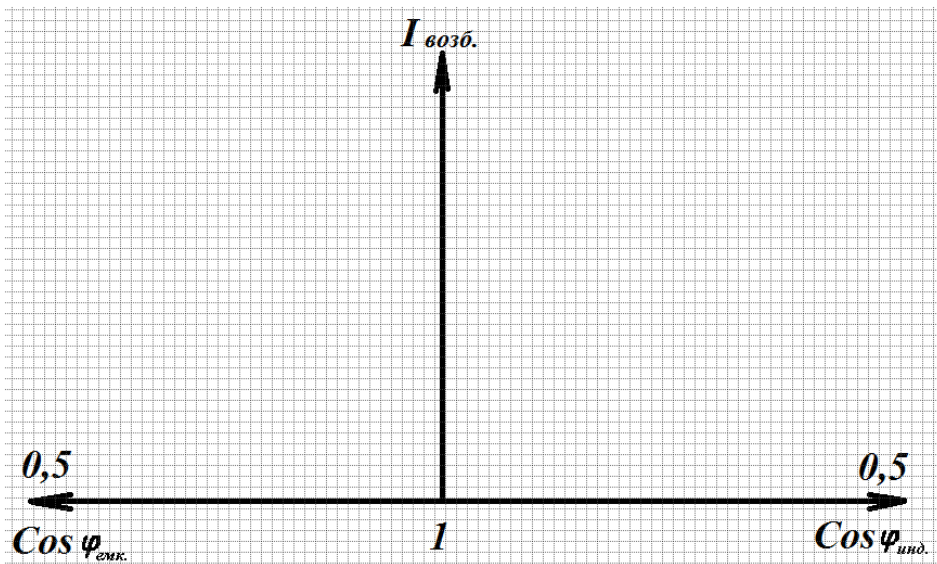


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема установки для испытания синхронного компенсатора.





## **ВЫВОДЫ:**

1) Анализируя результаты исследования работы синхронной машины в режиме синхронного компенсатора, можно сделать вывод, что .....

2) Анализируя результаты исследования работы асинхронной машины в нагрузочном режиме, при различных схемах подключения фазных обмоток, можно сделать вывод, что .....

3) Анализируя результаты исследования работы асинхронной машины в режиме холостого хода, при различных схемах подключения фазных обмоток и различной емкости подключенных конденсаторов, можно сделать вывод, что .....

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

**Исследование механических характеристик трехфазного асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором.**

### **Цель работы:**

- 1) Изучить устройство трехфазной асинхронной машины с короткозамкнутым ротором.
- 2) Испытать асинхронный двигатель в двигательном режиме, нагружая его электродвигателем с фазным ротором, для получения естественной механической характеристики.
- 3) Испытать асинхронный двигатель в двигательном режиме, нагружая его электродвигателем с фазным ротором, для получения искусственной механической характеристики (по питающему напряжению).
- 4) Испытать асинхронный двигатель в двигательном режиме, нагружая его электродвигателем с фазным ротором, для получения искусственной механической характеристики (по частоте питающего тока).
- 5) Построить по опытным данным механические характеристики асинхронного двигателя в одной системе координат, провести их анализ и сделать выводы.

### ***Приборы и оборудование:***

Источник питания (трехфазная сеть переменного тока напряжением 380 В), оптический тахометр «ДО – 03», измерительный комплект К - 505, частотный преобразователь С 200-4Т-0037, электроизмерительные клещи – ваттметр АРРА - 133, электромагнитный стенд КИ-541 (СТЭ - 7) ГОСНИТИ, исследуемый электродвигатель переменного тока.

## Порядок выполнения работы:

- 1) Ознакомиться с приборами и оборудованием на рабочем месте.
- 2) Переключатель  $QF_2$  на стенде установить в позицию «двигательный режим», проверить положение жидкостного реостата (**РЕОСТАТ ДОЛЖЕН БЫТЬ ПОДНЯТ ИЗ ЭЛЕКТРОЛИТА**).
- 3) Переключателем  $QF_1$  включить питание стенда.
- 4) Включить оптический тахометр.
- 5) Кнопкой SD на стенде произвести запуск исследуемого электродвигателя.
- 6) Сделав выдержку 3 – 5 минут, произвести нагружение исследуемого электродвигателя, отпуская жидкостной реостат в электролит и контролируя загрузку по весовому механизму. (**ШАГ НАГРУЗКИ 0,5 КГ ДЛЯ ОДНОГО ОПЫТА**). Зафиксировать полученные экспериментальные данные в таблице.
- 7) Произвести нагружение исследуемого электродвигателя, отпуская жидкостной реостат в электролит и контролируя загрузку по весовому механизму. Зафиксировать полученные экспериментальные данные в таблице.
- 8) И.т.д. Для двигательного режима необходимо провести шесть опытов, делая выдержку между опытами в 3 – 5 минут.
- 9) По окончании опытов с исследуемым электродвигателем в двигательном режиме, снять нагрузку с электродвигателя (**РЕОСТАТ ПОДНЯТЬ ИЗ ЭЛЕКТРОЛИТА**), кнопкой SD на стенде произвести отключение исследуемого электродвигателя.
- 10) По результатам обработки экспериментальных данных заполнить таблицу № 1.
- 11) Построить механические характеристики испытуемого двигателя в координатах  $M = f(S)$  и в координатах  $M = f(n)$ . В тех же координатах нанести точки скольжения и момента нагрузочного двигателя, но не соединять их.

### Описание лабораторной установки

#### 1. Испытуемый короткозамкнутый электродвигатель типа А

$$P_H = 1.0 \text{ кВт}; n_H = 930 \text{ мин}^{-1}; I_H = Y / \Delta - 2,8/4,8 \text{ А};$$

$$U_H = Y / \Delta - 380/220 \text{ В.}$$

**2. Нагрузочный двигатель** – асинхронный двигатель с фазным ротором марки АК. Статор двигателя закреплен шарнирно и связан с весовым механизмом для измерения вращающихся и тормозных моментов.

**3. Весовой механизм** для измерения моментов имеет шкалу в (кг). Для получения значений моментов (М) в ньютон-метрах (Нм), при действующем плече весового механизма 0,176 м показания весового механизма ( $M_x$ ) нужно умножить на 7

$$M_{(Нм)} = 7 M_x \quad (1)$$

Таблица №1

Измерено										Вычислено		
№ опыта.	Сила F, кг	Число оборотов двигателя, мин <sup>-1</sup>	К - 505			К - 50			С 200-4Т-0037	f(Гц)	Скольжение электродвигателя с к/з ротором, S	Момент, развиваемый электродвигателем, Н*м
			I (А)	V (В)	W(Вт)	I (А)	V (В)	W(Вт)				
Естественная характеристика												
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
Искусственная характеристика $Mf(U)$												
1												

2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											

Искусственная характеристика  $Mf(U)$

1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											

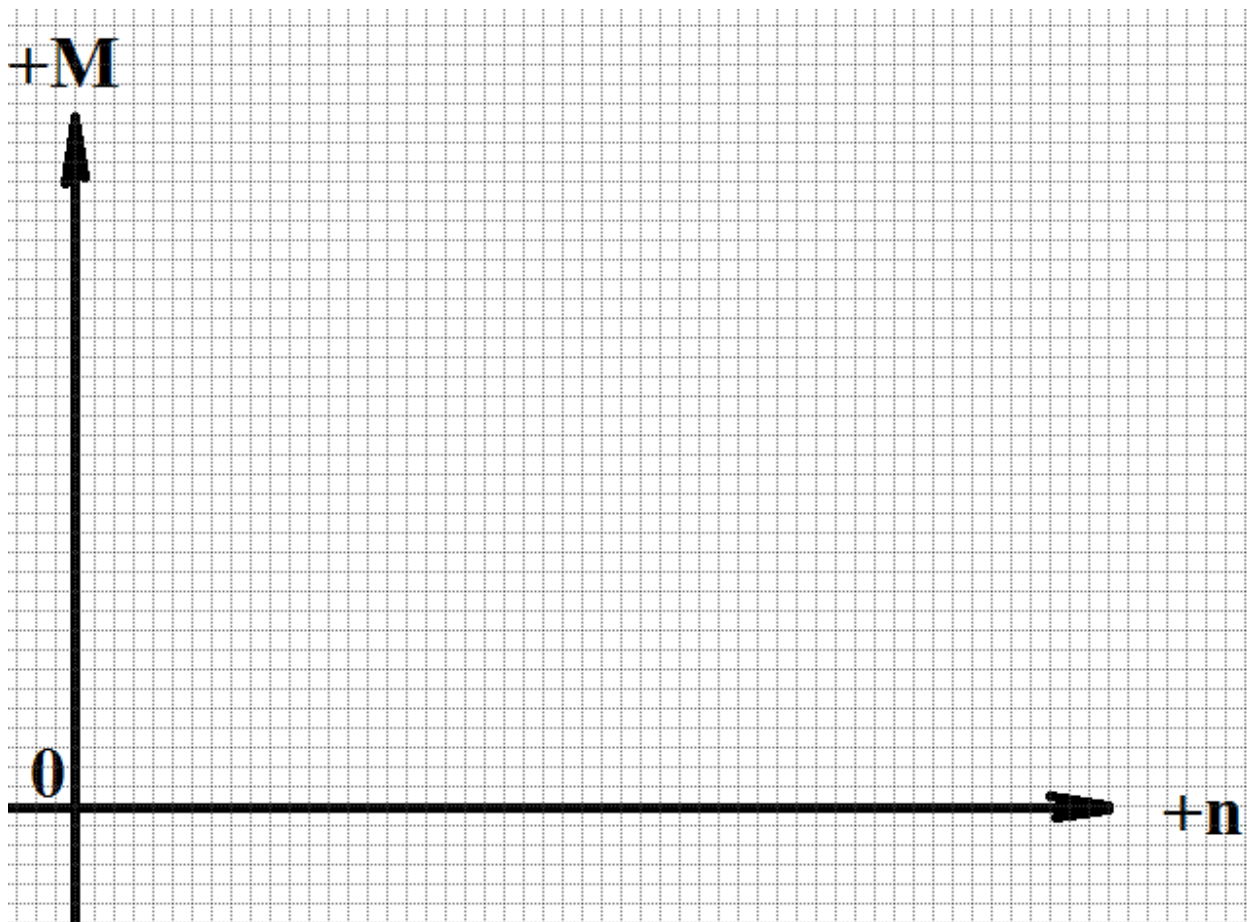
Искусственная характеристика  $Mf(f)$

1											
2											
3											
4											
5											
6											

Искусственная характеристика  $Mf(f)$

1											
2											

3											
4											
5											



**ВЫВОДЫ:**

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

### Механическая характеристика двигателя постоянного тока при различных режимах загрузки и напряжении питающей сети

#### Цель работы:

- 1) Ознакомиться с устройством и работой машины постоянного тока в режиме двигателя.
- 2) Изучить устройство, принцип работы и механические характеристики шунтового, компаундного и серийного двигателей постоянного тока.
- 3) Изучить влияние напряжения питающей сети на механические характеристики электродвигателя.

#### *Приборы и оборудование:*

Источник питания переменного и постоянного тока, ЛАТР, исследуемые электродвигатели (двигатель постоянного тока и тормозной асинхронный электродвигатель), динамометр, оптический тахометр «ДО - 03», контрольно измерительные приборы.

#### **Порядок выполнения работы:**

- 1) Ознакомиться с контрольно – измерительными приборами и переключателями на стенде.
- 2) Переключателем  $F_2$  на источнике питания постоянного тока установить первую ступень напряжения ( $U$ ), а ЛАТР вывести на ноль.
- 3) Переключателем  $QF_1$  включить питание стенда, при этом запустится в работу электродвигатель постоянного тока.
- 4) Включить оптический тахометр и направить на светоотражающую метку, расположенную на соединительной муфте электродвигателя.
- 5) В режиме холостого хода электродвигателя постоянного тока (без нагрузки), зафиксировать показания приборов и записать их в таблицу 1 (динамометр, тахометр, амперметр и вольтметр).
- 6) Затем при помощи ЛАТРа увеличить тормозной момент асинхронного электродвигателя. При этом увеличиться ток потребляемый из сети электродвигателем постоянного тока. **Шаг опыта 1А** по амперметру двигателя постоянного тока.

7) Зафиксировать показания приборов при заданной нагрузке и записать их в таблицу 1 (динамометр, тахометр, амперметр и вольтметр).

8) Провести 3 серии опытов при различных напряжениях источника постоянного тока (переключатель  $F_2$  в позиции I, II и III) по 6 в каждой серии, изменяя ЛАТРОм тормозной момент асинхронного электродвигателя, с шагом опыта в 1А по амперметру двигателя постоянного тока. При этом момент сопротивления тормозного асинхронного электродвигателя изменяется от 0 до максимального значения (остановка двигателя).

9) По опытным данным рассчитать и построить характеристики машины:  $M=f(n)$ ,  $M=f(I_d)$ ,  $M=f(P_d)$ .

Таблица 1

		Измерено				Вычислено	
Серия	№	$I_d$ (А)	$U_d$ (В)	F (кг.)	n (мин <sup>-1</sup> )	$M_d$ (Н*м)	$P_d$ (Вт)
1	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
2	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
3	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						



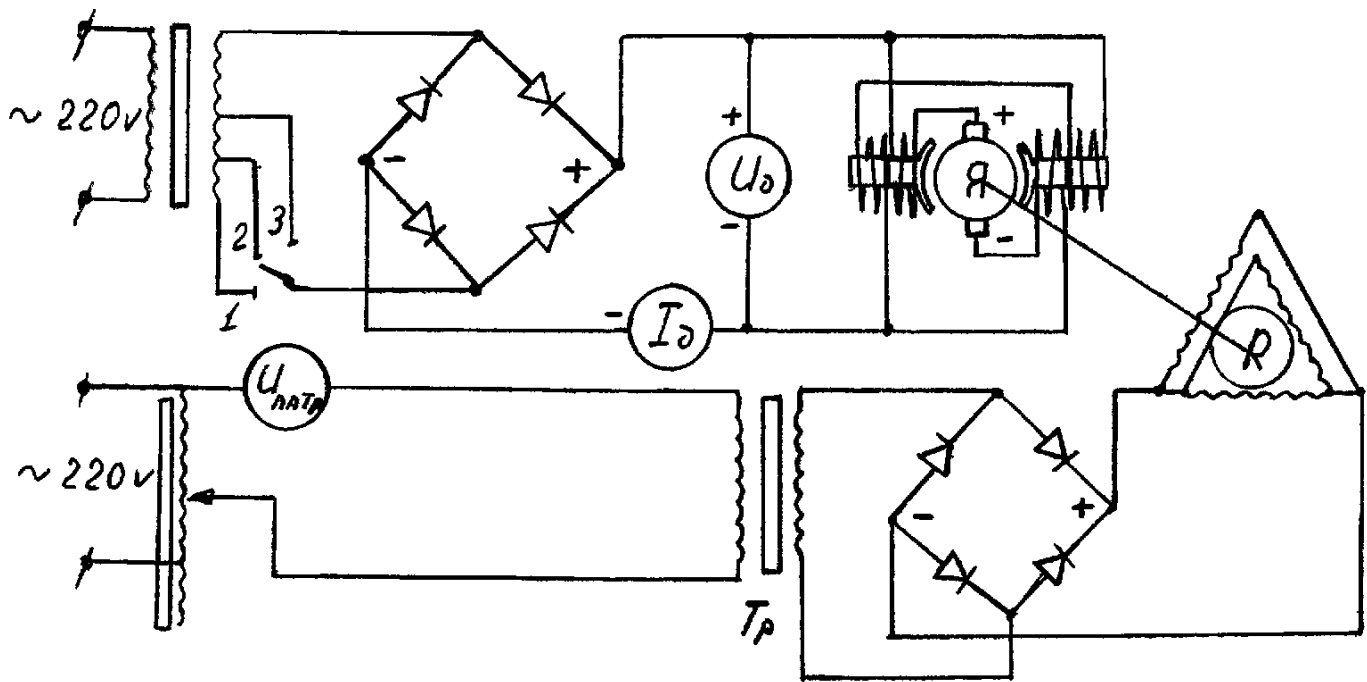
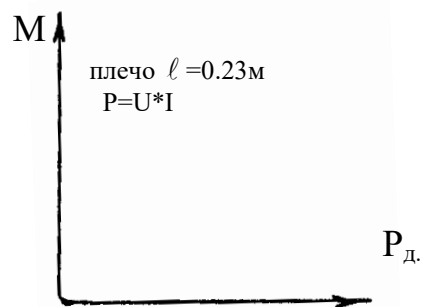
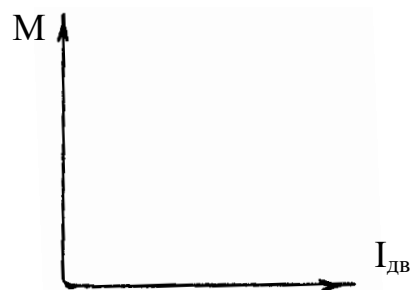
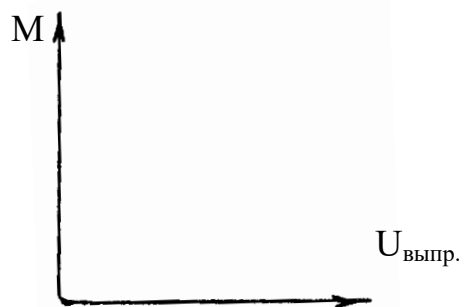
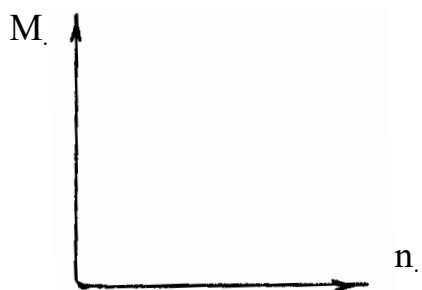


Рис.1. Принципиальная электрическая схема  
испытания машины постоянного тока



## **ВЫВОДЫ**

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

### Характеристики машины постоянного тока, работающей в генераторном режиме

**Цель работы:** Исследовать электрические свойства генератора постоянного тока снятием опытным путем характеристик:

- 1 - холостого хода;
- 2 - внешней;
- 3 - регулировочной.

#### Порядок выполнения лабораторной работы

1. Ознакомиться с приборами, необходимыми для производства работы. Все характеристики снимаются для всех типов генераторов – шунтового, серийного, компаундного, независимого возбуждения через переключатель F на стенде, за исключением указанных в соответствующих пунктах заданий.

2. Характеристика холостого хода  $E=f(I_v)$ . Для этого переключателями  $F_1 - F_6$  разомкнуть внешнюю цепь (выключить). Снять характеристику холостого хода при изменении тока возбуждения. Изменение тока возбуждения производить при помощи шунтового (регулирующего) реостата. В первоначальном положении движок реостата находится на максимуме (в нижнем положении).

Рекомендуется изменять ток так, чтобы э.д.с. устанавливалась через 10 В. **Не делать** данный опыт с **серийным** генератором. Все данные занести в таблицу 1. По данным опыта построить графическую зависимость  $E=f(I_v)$ .

3. Внешняя характеристика  $U=f(n)$ . Схема остается без изменения. Пустить в ход генератор и установить номинальное напряжение (ЛАТР на max). Нагрузить генератор до номинальной нагрузки включением ламп переключателями  $F_1 - F_6$  на стенде. Затем, не меняя нагрузки генератора произвести регулировку частоты вращения, изменяя напряжение «ЛАТРом. Частоту вращения якоря генератора изменять с шагом  $50 \text{ мин}^{-1}$  в сторону уменьшения. Все данные занести в таблицу 2. По данным опыта построить графическую зависимость  $U=f(n)$ . С серийным гене-

ратом провести данный опыт с одной лампочкой нагрузки (любой).

4. Внешняя (нагрузочная) характеристика  $U=f(I_{\text{нагр.}})$ . Схема остается без изменения. Пустить в ход генератор и установить номинальное напряжение). Нагрузить генератор до номинальной нагрузки включением всех ламп. Затем, не меняя сопротивление цепи возбуждения (реостат выведен на max) выключая лампы ( $F_1 - F_6$ ) уменьшать нагрузку до нуля.

Показания записать в табл. 3. По данным опыта построить график  $U=f(I_{\text{нагр.}})$

5. Регулировочная характеристика  $I_{\text{нагр.}}=f(I_{\text{в.}})$  (кроме серийного генератора). Схема остается без изменения. Пустив генератор, установить максимальное напряжение генератора («ЛАТР» и реостат на max). Производить разгрузку генератора с помощью шунтового реостата уменьшая ток возбуждения, чтобы напряжение изменялось с шагом 10В.

Данные занести в таблицу 4, по ним построить кривую  $I_{\text{нагр.}}=f(I_{\text{в.}})$

6. Составить отчет установленной формы. Проанализировать различные схемы работы генератора (шунтового, компаундного, серийного и с независимой обмоткой возбуждения). Проанализировать графические зависимости и сформулировать выводы.

Таблица 1

Шунтовый генератор			
№	$E_n$ (В)	$n$ (мин <sup>-1</sup> )	$I_{\text{в}}$ (А) (Возбуждение)
1			
2			
3			
4			
5			
6			

Компаундный генератор			
№	$E_H$ (В)	$n$ (мин <sup>-1</sup> )	$I_B$ (А) (Возбуждение)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
Генератор с независимой обмоткой возбуждения			
№	$E_H$ (В)	$n$ (мин <sup>-1</sup> )	$I_B$ (А) (Возбуждение)
1			
2			
3			
4			
5			
6			

Таблица 2

Шунтовый генератор.			
№	$U_H$ (В)	$n$ (мин <sup>-1</sup> )	$I_{\text{нагр.}}$ (А) (Нагрузки)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
Компаундный генератор.			
№	$U_H$ (В)	$n$ (мин <sup>-1</sup> )	$I_{\text{нагр.}}$ (А) (Нагрузки)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Серийный генератор.			
№	$U_H$ (В)	$n$ (мин <sup>-1</sup> )	$I_{нагр.}$ (А) (Нагрузки)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
Генератор с независимой обмоткой возбуждения			
№	$U_H$ (В)	$n$ (мин <sup>-1</sup> )	$I_{нагр.}$ (А) (Нагрузки)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Таблица 3

Шунтовый генератор.				
№	$I_B$ (А) (Возбуждения)	$I_{нагр.}$ (А) (Нагрузки)	$n$ (мин <sup>-1</sup> )	$U_H$ (В)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
Компаундный генератор.				
№	$I_B$ (А) (Возбуждения)	$I_{нагр.}$ (А) (Нагрузки)	$n$ (мин <sup>-1</sup> )	$U_H$ (В)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
Серийный генератор.				
№	$I_B$ (А) (Возбуждения)	$I_{нагр.}$ (А) (Нагрузки)	$n$ (мин <sup>-1</sup> )	$U_H$ (В)
1				
2				
3				
4				
5				
6				



Генератор с независимой обмоткой возбуждения				
№ 1-6	$I_B$ (А) (Возбуждения)	$I_{нагр.}$ (А) (Нагрузки)	$n$ (мин <sup>-1</sup> )	$U_H$ (В)
1				
2				
3				
4				
5				
6				

Таблица 4

Шунтовый генератор.				
№	$U_H$ (В)	$I_B$ (А) (Возбуждения)	$I_{нагр.}$ (А) (Нагрузки)	$n$ (мин <sup>-1</sup> )
1				
2				
3				
4				
5				
6				
Компаундный генератор.				
№	$U_H$ (В)	$I_B$ (А) (Возбуждения)	$I_{нагр.}$ (А) (Нагрузки)	$n$ (мин <sup>-1</sup> )
1				
2				
3				
4				
5				
6				

Генератор с независимой обмоткой возбуждения				
№	$U_H$ (В)	$I_B$ (А) (Возбуждения)	$I_{нагр.}$ (А) (Нагрузки)	$n$ (мин <sup>-1</sup> )
1				
2				
3				
4				
5				
6				

### ГРАФИКИ / ВЫВОДЫ

## Содержание II-го цикла работ

---

---

***Ответственный за выпуск В.Н. Острецов***

Заказ № 338 –Р. Тираж 30 экз. Подписано в печать 02.03.2023 г.  
ИЦ ВГМХА 160555, г. Вологда, с. Молочное, ул. Емельянова, 1