

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра технической эксплуатации и ремонта автомобилей

*А.В. Пузаков*

# **ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ**

Методические указания

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлению подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов и специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

Оренбург  
2020

УДК 629.33(075.8)

ББК 39.33-04я73

П 88

Рецензент – доцент, кандидат технических наук Р.Х. Хасанов

**Пузаков, А.В.**

П 88 Исследование работы асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором: методические указания / А.В. Пузаков; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2020. – 21 с.

Методические указания содержат описание лабораторной работы и методику ее выполнения.

Методические указания предназначены для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлению подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов при изучении дисциплины «Электротехника и электрооборудование транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования»; по специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства при изучении дисциплины и «Электротехника и электрооборудование автомобилей».

УДК 629.33(075.8)

ББК 39.33-04я73

© Пузаков А.В., 2020

© ОГУ, 2020

## Содержание

1 Цель работы .....	4
2 Содержание работы.....	4
3 Оборудование .....	4
4 Порядок выполнения работы .....	5
4.1 Исследование работы асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором.....	5
4.2 Расчет и построение механической характеристики асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором.....	11
5 Контрольные вопросы .....	13
Список использованных источников .....	16
Приложение А Бланк лабораторной работы .....	17

## **1 Цель работы**

Приобрести практические навыки исследования параметров асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором. Рассчитать и построить рабочие характеристики асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором. Рассчитать механическую характеристику асинхронного двигателя по формуле Клосса и сравнить ее с экспериментальной.

## **2 Содержание работы**

1. Собрать схему испытания асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором.
2. Записать показания приборов в режиме холостого хода и под нагрузкой.
3. Рассчитать полезную мощность и вращающий момент асинхронного электродвигателя и построить его рабочие характеристики.
4. Произвести расчет механической характеристики асинхронного электродвигателя по формуле Клосса.
5. Построить расчетную и экспериментальную механические характеристики в одних координатах и определить их расхождение.
6. Сделать вывод.

## **3 Оборудование**

Асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором ДПТ-П-21-4-С, нагрузочный генератор ПЛ-072Д, аккумуляторная батарея 6СТ55L, лабораторный реостат РСРС-3-9, электроизмерительные приборы (амперметры, вольтметры, ваттметры), соединительные провода,

лабораторный автотрансформатор ЛАТР-2М, цифровой тахометр АТ-6, конденсатор (30 мкФ).

## **4 Порядок выполнения работы**

### **4.1 Исследование работы асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором**

Для исследования характеристик асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором к нему подключают конденсатор, для обеспечения работы трехфазного электродвигателя от однофазной сети переменного тока, а также электроизмерительные приборы: амперметр, вольтметр и ваттметр.

Шкив электродвигателя посредством ременной передачи связан со шкивом нагрузочного генератора постоянного тока параллельного возбуждения. Обмотка возбуждения генератора подключается в аккумуляторной батарее. Обмотка якоря генератора соединяется с нагрузочным реостатом. Для измерения полезной мощности используются вольтметр и амперметр в цепи нагрузочного генератора.

Измерение частоты вращения вала электродвигателя производится бесконтактным способом с помощью цифрового тахометра. Схема подключения приборов представлена на рисунке 1.

Включают асинхронный электродвигатель путем плавного увеличения напряжения с помощью лабораторного автотрансформатора. Устанавливают номинальное напряжение и записывают параметры, соответствующие холостому ходу в таблицу по форме таблицы 1.

Устанавливают реостат в положение максимального сопротивления и подключают обмотку возбуждения нагрузочного генератора к аккумуляторной батарее. Записывают показания приборов в таблицу по форме таблицы 1.

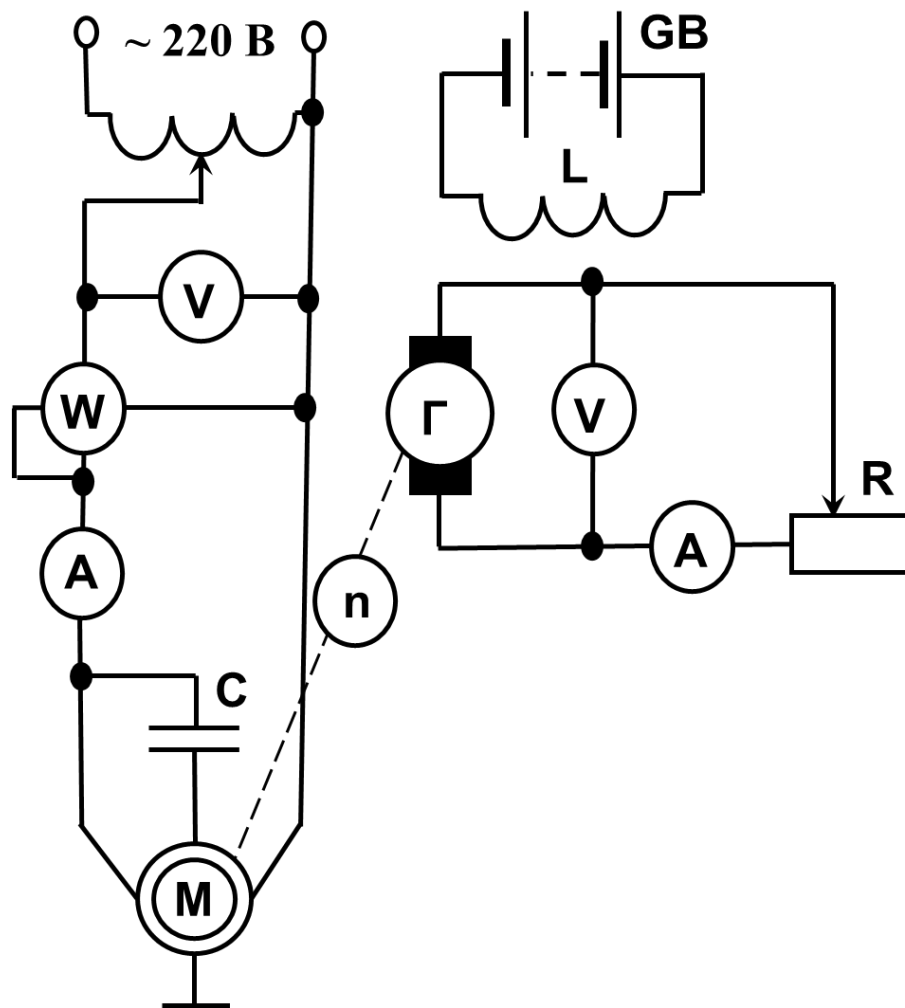


Рисунок 1 – Схема исследования работы асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором

Далее уменьшают сопротивление реостата, тем самым увеличивая нагрузку на асинхронный электродвигатель и получают еще 5-6 рабочих точек. Записывают показания приборов в таблицу по форме таблицы 1.

Используя данные таблицы 1, производят расчет круговой частоты, скольжения, мощности нагрузочного генератора, мощности потерь и полезной мощности, вращающего момента, коэффициента мощности и коэффициента полезного действия. Результаты заносят в таблицу по форме таблицы 2.

Таблица 1 – Результаты измерения параметров асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором

Параметры асинхронного двигателя				Параметры нагрузочного генератора	
Напряжение	Сила тока	Потребляемая мощность	Частота вращения ротора	Напряжение	Сила тока
$U_1, В$	$I_1, А$	$P_1, Вт$	$n, 1/мин$	$U_Г, В$	$I_Г, А$

Круговая частота  $\omega, 1/с$

$$\omega = n/9,55, \quad (1)$$

где  $n$  – частота вращения вала электродвигателя, 1/мин.

Скольжение  $s, о.е.$

$$s = (n_0 - n)/n_0, \quad (2)$$

где  $n_0$  – частота вращения идеального холостого хода асинхронного электродвигателя, 1/мин.

Мощность нагрузочного генератора  $P_Г, Вт$

$$P_Г = U_Г \cdot I_Г, \quad (3)$$

где  $U_{\Gamma}$  – напряжение нагрузочного генератора, В;

$I_{\Gamma}$  – сила тока нагрузочного генератора, А.

Мощность потерь в нагрузочном генераторе  $\Delta P$ , Вт

$$\Delta P = I_{\Gamma}^2 \cdot r_{\text{я}}, \quad (4)$$

где  $r_{\text{я}} = 0,67$  Ом – сопротивление обмотки якоря нагрузочного генератора.

Полезная мощность на валу асинхронного электродвигателя  $P_2$ , Вт

$$P_2 = P_{\Gamma} + \Delta P + P_{\text{р}}, \quad (5)$$

где  $P_{\text{р}} = 30$  Вт – потери в ременной передаче.

Вращающий момент на валу асинхронного электродвигателя  $M$ , Н·м

$$M = P_2 / \omega \quad (6)$$

Коэффициент мощности асинхронного электродвигателя  $\cos\varphi$

$$\cos\varphi = P_1 / \sqrt{3} \cdot U_1 \cdot I_1, \quad (7)$$

где  $P_1$  – потребляемая мощность асинхронного электродвигателя, Вт;

$U_1$  – напряжение на выводах асинхронного электродвигателя, В;

$I_1$  – сила тока, потребляемая асинхронным электродвигателем, А.



Коэффициент полезного действия асинхронного электродвигателя  $\eta$

$$\eta = P_2/P_1 \quad (8)$$

Таблица 2 – Результаты вычисления параметров асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором

Круговая частота	Скольжение	Мощность нагрузочного генератора	Мощность потерь	Полезная мощность	Вращающий момент	КПД	Коэффициент мощности
$\omega, 1/c$	$S, \text{о.е.}$	$P_{\Gamma}, \text{Вт}$	$\Delta P, \text{Вт}$	$P_2, \text{Вт}$	$M, \text{Н}\cdot\text{м}$	$\eta$	$\cos\varphi$

По данным таблицы 2 производят построение рабочих характеристик асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором. При построении характеристик следует проводить сглаженные линии, равноудаленные от экспериментально полученных точек. Примерный вид рабочих характеристик приведен на рисунках 2 и 3.

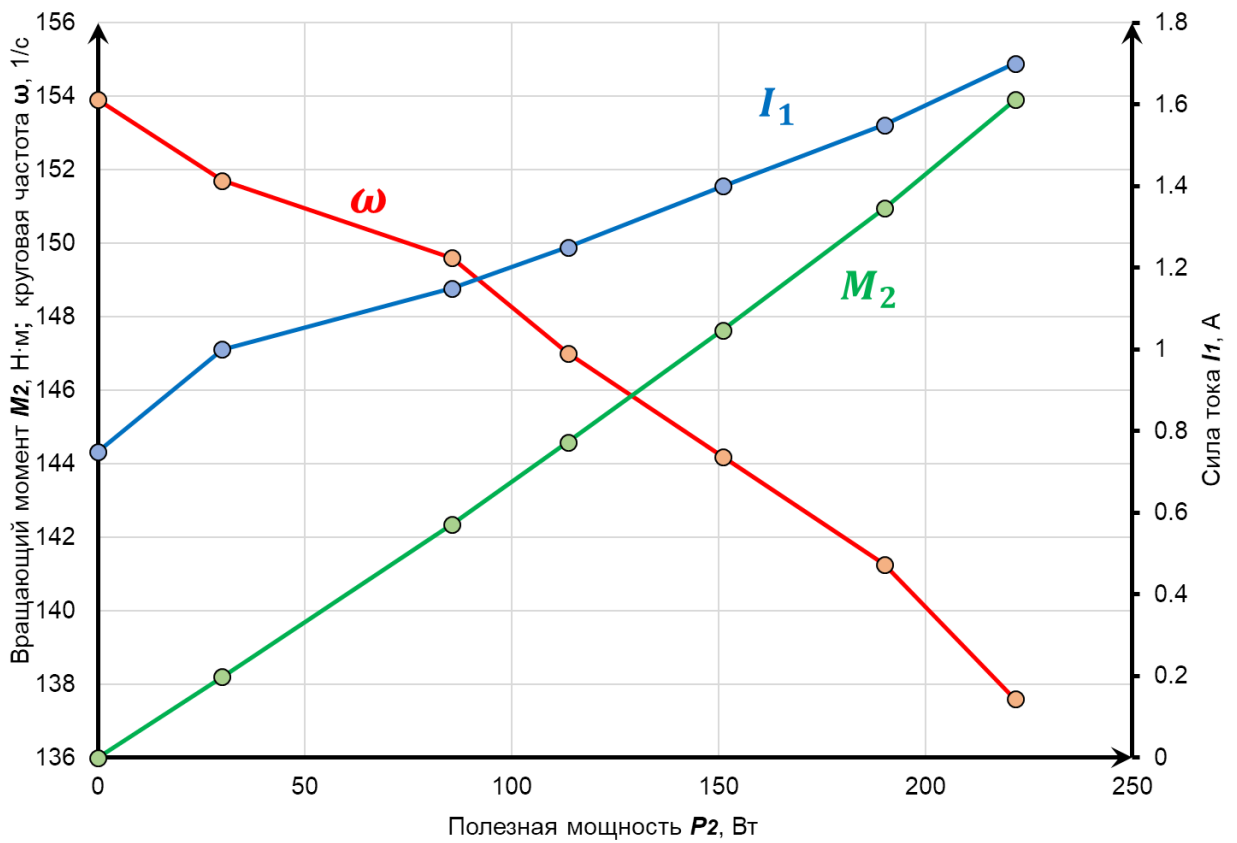


Рисунок 2 – Рабочие характеристики асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором (Часть 1)

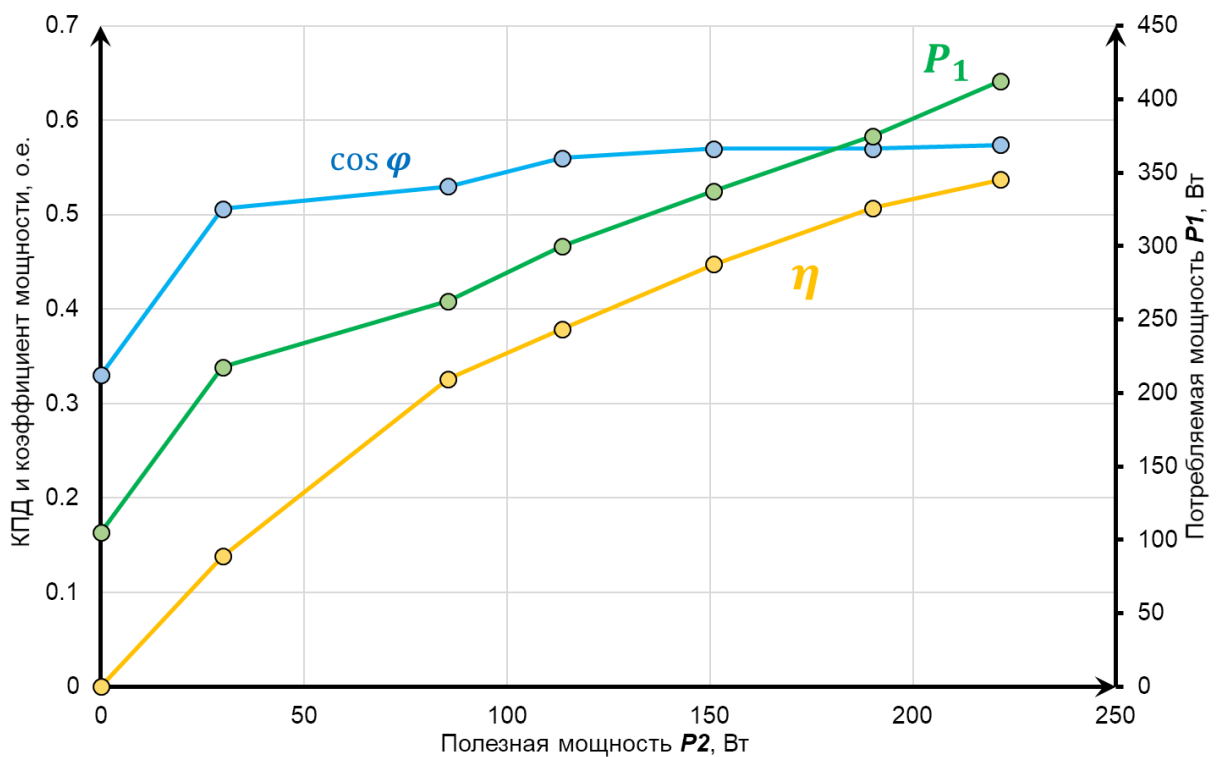


Рисунок 3 – Рабочие характеристики асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором (Часть 2)

## 4.2 Расчет и построение механической характеристики асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором

Для расчета механической характеристики асинхронного электродвигателя  $\omega = f(M)$  используют следующие выражения:

$$M = \frac{2 \cdot M_k}{\frac{s_k + s}{s \cdot s_k}}, \quad (9)$$

где  $M_k = 2 \text{ Н}\cdot\text{м}$  – максимальный (критический) момент асинхронного электродвигателя;

$s_k = 0,25$  – критическое скольжение асинхронного электродвигателя;

$M, s$  – текущие значения скольжения и вращающего момента асинхронного электродвигателя.

$$\omega = \omega_0 \cdot (1 - s), \quad (10)$$

где  $\omega_0$  – круговая частота, соответствующая частоте вращения идеального холостого хода асинхронного электродвигателя, 1/с;

$\omega$  – текущее значение круговой частоты, 1/с.

Задаваясь значениями скольжения, определяют круговую частоту вращения (2) и вращающий момент (1) и заносят результаты расчетов в таблицу по форме таблицы 3.

Используя результаты таблицы 3 и данные таблицы 2 строят расчетную и экспериментальную механические характеристики асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором. Пример построения механических характеристик приведен на рисунке 4.

Таблица 3 – Расчет механической характеристики

Скольжение	Круговая частота	Вращающий момент	Скольжение	Круговая частота	Вращающий момент
$S$ , о.е.	$\omega$ , 1/с	$M$ , Н·м	$S$ , о.е.	$\omega$ , 1/с	$M$ , Н·м
0,01			0,35		
0,02			0,4		
0,05			0,5		
0,1			0,6		
0,15			0,7		
0,2			0,8		
0,25			0,9		
0,3			1,0		

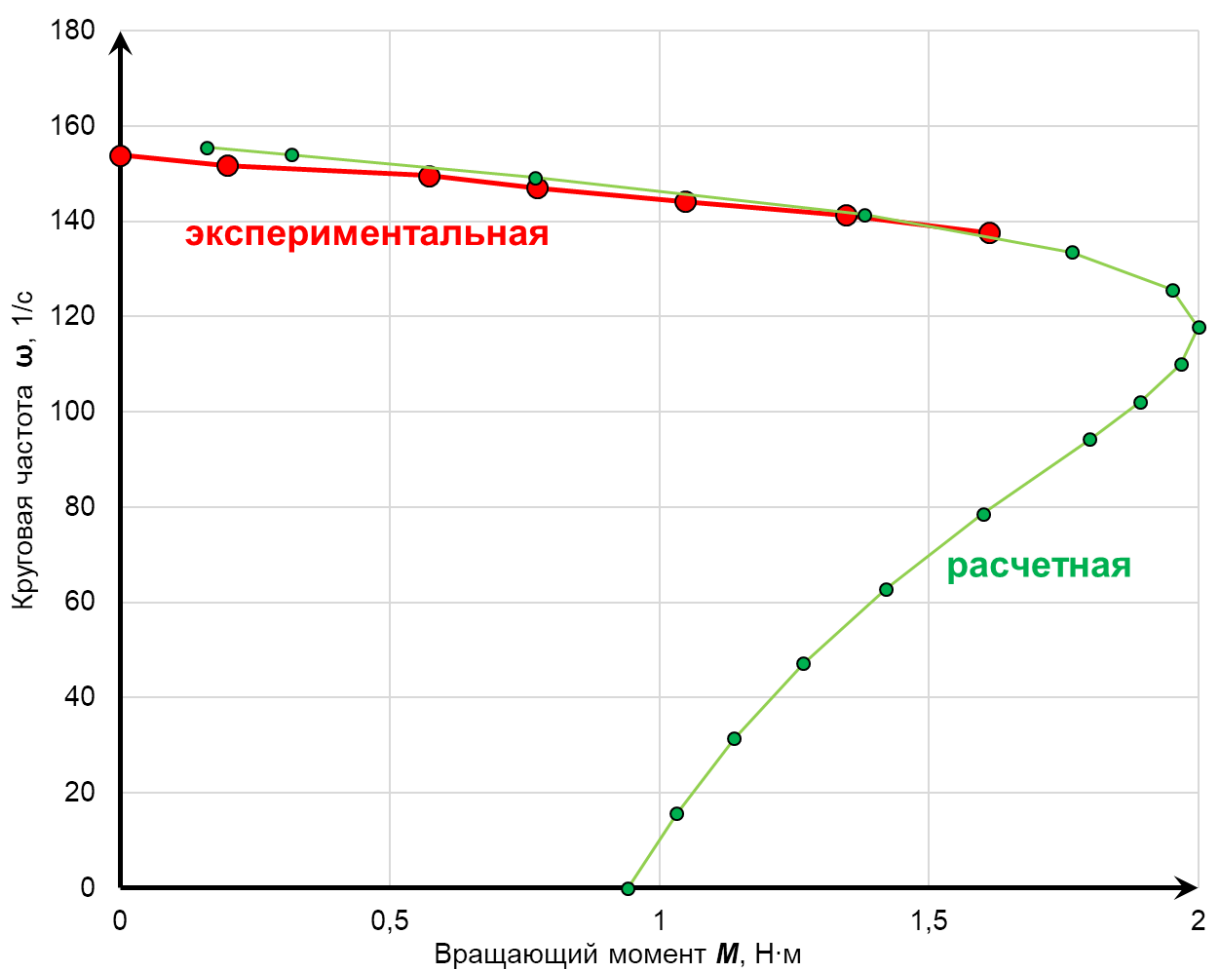


Рисунок 4 – Механические характеристики асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором

## 5 Контрольные вопросы

1. Из каких частей состоит асинхронный трёхфазный двигатель, как они устроены и для чего служит каждая часть?
2. В чём различие конструкций короткозамкнутого и фазного роторов?
3. Объясните принцип действия трёхфазного асинхронного двигателя.
4. От чего зависит направление вращения магнитного поля статора асинхронного двигателя?
5. Как определяется частота вращения магнитного поля статора асинхронного двигателя?
6. Почему этот двигатель называют асинхронным?
7. Почему пусковой ток в 5-7 раз превышает номинальное значение тока, а пусковой вращающий момент двигателя превышает номинальное значение только в 2 раза?
8. Пояснить понятие параметра «скольжение»
9. Как определяется скольжение асинхронного двигателя?
10. Как число полюсов машины связано со скоростью вращения магнитного поля?
11. Как изменяется скольжение при разгоне двигателя?
12. Какую наибольшую частоту вращения магнитного поля можно получить, используя ток промышленной частоты 50 Гц?
13. Почему коэффициент мощности асинхронного двигателя меняется с изменением нагрузки?
14. От чего зависит вращающий момент асинхронного двигателя? Напишите формулу вращающего момента.
15. Как изменить направление вращения асинхронного двигателя?
16. Дать определение механической характеристики двигателя. Построить механическую характеристику асинхронного двигателя.

17. Для чего увеличивают активное сопротивление роторной цепи асинхронного двигателя в момент пуска?
18. Какой участок механической характеристики определяет область устойчивой работы асинхронного двигателя? Нарисуйте.
19. Как изменится механическая характеристика при увеличении активного сопротивления роторной цепи? Нарисуйте.
20. Какими способами уменьшают пусковой ток асинхронных двигателей?
21. Как регулируют скорость вращения асинхронных двигателей?
22. Как можно увеличить пусковой момент асинхронных двигателей?
23. Что является рабочими характеристиками асинхронного двигателя?
24. Как изменится скольжение асинхронного двигателя при введении в цепь ротора добавочного сопротивления и неизменной нагрузке на валу?
25. Из каких соображений выбирается тот или другой способ пуска асинхронного двигателя? Чем ограничивается применение непосредственного запуска (прямым включением в сеть)?
26. Почему асинхронные генераторы не получили широкого распространения несмотря на то, что они имеют некоторые положительные свойства? Какие именно?
27. Для чего в цепь фазного ротора на период пуска вводят добавочное сопротивление? При какой величине этого сопротивления пусковой момент будет равен максимальному. Нельзя ли вместо активного использовать индуктивное сопротивление?
28. Почему и в каких режимах пренебрегают потерями в стали ротора?
29. Чему равно число фаз и количество витков в фазе короткозамкнутой обмотки ротора типа «беличья клетка»?

30. Почему асинхронный двигатель принципиально не может достичь синхронной скорости?

31. Изобразите схематически клеммную коробку электродвигателя и покажите на ней как соединить обмотки статора трёхфазного асинхронного электродвигателя по схеме звезды и по схеме треугольника, а также подключение электродвигателя к сети.

32. Как изменяется момент на валу трёхфазного асинхронного электродвигателя при переключении обмоток статора со схемы звезды на схему треугольника?

33. Перечислите и поясните способы торможения трёхфазного асинхронного электродвигателя.

34. Как включить в сеть однофазного тока трёхфазный асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором?

## Список использованных источников

1. Касаткин, А.С. Электротехника: учеб. для студентов неэлектротехн. специальностей вузов / А.С. Касаткин, М.В. Немцов. – 11-е изд., стер. – М.: Академия, 2008. – 544 с.
2. Хернер, А. Автомобильная электрика и электроника /А. Хернер, Х-Ю. Риль; перевод с нем. ЧМП РИА «GMM-пресс». – М.: ООО «Издательство «За рулём», 2013. – 624 с.
3. Беспалов, В.Я. Электрические машины: учеб пособие для студ. высш. учеб. заведений /В.Я. Беспалов, Н.Ф. Котеленец. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 320 с.
4. Китаев, В.Е. Электрические машины. Ч.II. Машины переменного тока: учеб. пособие для техникумов /Под. ред. В.Е. Китаева. – М.: Высш. школа, 1978. – 184 с.
5. Wyatt, D. Aircraft Electrical and Electronic Systems / D. Wyatt, M. Tooley. – Second Edition – NY, Routledge, 2018. – 439 p.
6. Bell, J.A. Modern Diesel Technology: Electricity & Electronics / J.A. Bell - Second Edition – NY, Delmar, 2014. – 546 p.



**Приложение А**  
*(рекомендуемое)*

**Бланк лабораторной работы**

**Исследование работы асинхронного электродвигателя с  
короткозамкнутым ротором**

**А.1 Цель работы:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**А.2 Исследование работы асинхронного электродвигателя**

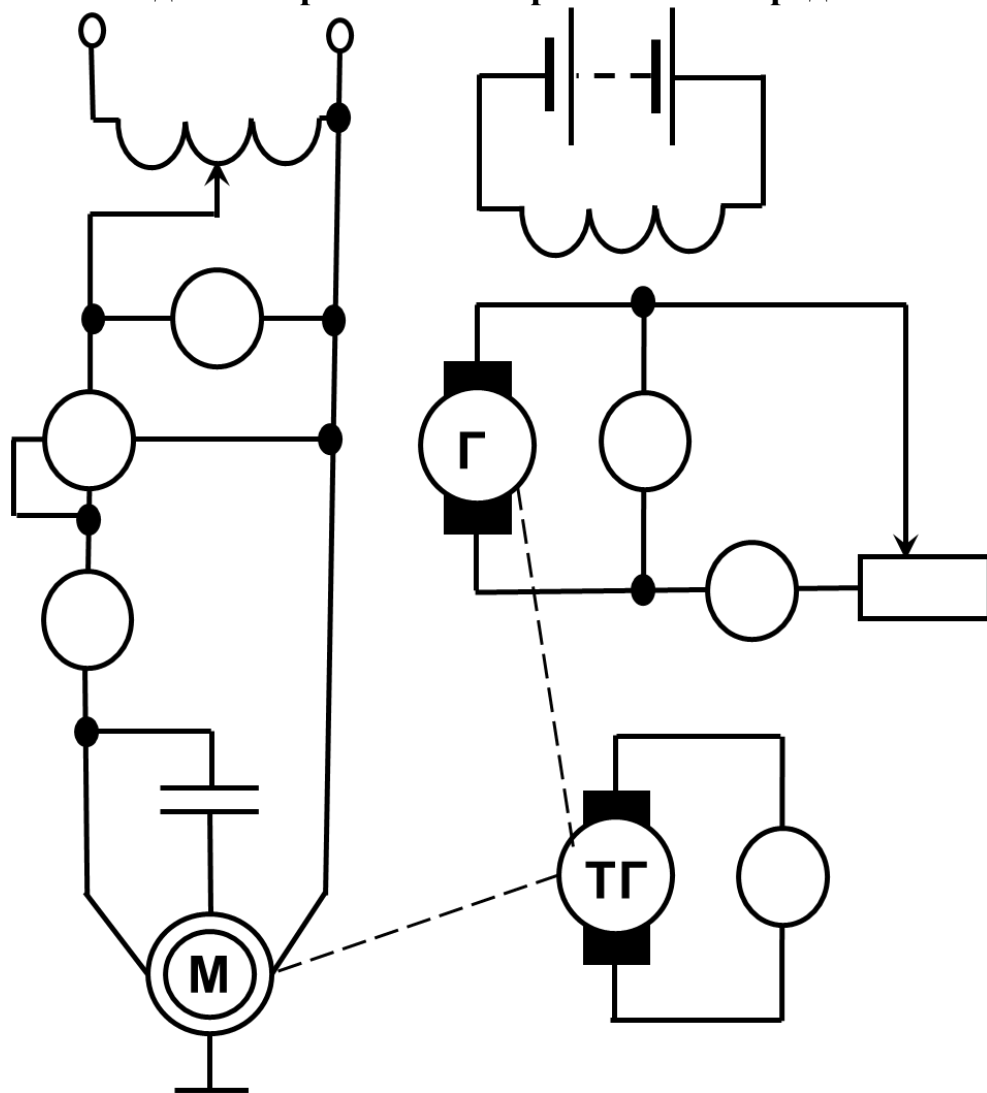


Рисунок А.1 – Схема исследования работы асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором

Таблица А.1 – Результаты измерения параметров асинхронного электродвигателя

Параметры асинхронного двигателя				Параметры нагрузочного генератора	
Напряжение	Сила тока	Потребляемая мощность	Частота вращения ротора	Напряжение	Сила тока
$U_1, В$	$I_1, А$	$P_1, Вт$	$n, 1/мин$	$U_G, В$	$I_G, А$

### А.3 Расчёт и построение рабочих характеристик асинхронного электродвигателя

Таблица А.2 – Результаты вычисления параметров асинхронного электродвигателя

Круговая частота	Скольжение	Мощность нагрузочного генератора	Мощность потерь	Полезная мощность	Вращающий момент	КПД	Коэффициент мощности
$\omega, 1/с$	$S, о.е.$	$P_G, Вт$	$\Delta P, Вт$	$P_2, Вт$	$M, Н\cdot м$	$\eta$	$\cos\varphi$


Рисунок А.2 – Рабочие характеристики асинхронного электродвигателя


Рисунок А.3 – Энергетические характеристики асинхронного электродвигателя

#### А.4 Расчет и построение механической характеристики асинхронного электродвигателя

Для расчета механической характеристики  $\omega = f(M)$  используют следующие выражения:

$$M = \frac{2 \cdot M_k}{\frac{s_k + s}{s} \cdot s_k}$$

$$\omega = \omega_0 \cdot (1 - s)$$

Таблица А.3 – Расчет механической характеристики

Скольжение	Круговая частота	Вращающий момент	Скольжение	Круговая частота	Вращающий момент
S, о.е.	$\omega$ , 1/с	M, Н·м	S, о.е.	$\omega$ , 1/с	M, Н·м
0,01			0,35		
0,02			0,4		
0,05			0,5		
0,1			0,6		
0,15			0,7		
0,2			0,8		
0,25			0,9		
0,3			1,0		


Рисунок А.4 – Механическая характеристика асинхронного электродвигателя

## **A.5 Выводы и анализ полученных результатов**

---

---

---

---

---

---

---