

«

»

“ ”

“ ”

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Электрические машины**

: 13.03.02

: 3, : 5 6

		<b>5</b>	<b>6</b>
<b>1</b>	( )	5	4
<b>2</b>		180	144
<b>3</b>	, .	86	81
<b>4</b>	, .	36	36
<b>5</b>	, .	18	18
<b>6</b>	, .	18	18
<b>7</b>	, .	18	18
<b>8</b>	, .	2	2
<b>9</b>	, .	12	7
<b>10</b>	, .	94	63
<b>11</b>	( , , )		
<b>12</b>			

( ): 13.03.02

955 03.09.2015 ., : 25.09.2015 .

: 1,

( ): 13.03.02

, 5 20.06.2017

, 6 21.06.2017

:

, . . . . . . . .

:

, . . . . . . . .

:

. . .

# 1.

1.1

<b>Компетенция ФГОС: ПК.5 готовность определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности; в части следующих результатов обучения:</b>	
5.	
<b>Компетенция ФГОС: ПК.6 способность рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности; в части следующих результатов обучения:</b>	
1.	
3.	

# 2.

2.1

( , , , )	
-----------	--

<b>.5. 5</b>	
1.о законах и правилах, на которых основывается описание принципа действия электрических машин и трансформаторов;	; ;
2.о электромагнитных полях в активных частях электрических машин и трансформаторов в различных режимах работы	; ;
3.принцип действия трансформаторов и электрических машин ;	; ;
4.о конструктивных особенностях современных электрических машин и трансформаторов;	; ; ;
<b>.6. 1</b>	
5.об конструкционных и электротехнических материалах, применяемых при создании электрических машин и трансформаторов;	; ;
6.о тепловых процессах, протекающих в электрических машинах и трансформаторах;	; ; ;
7.оценивать степень влияния геометрии активных частей электрических машин и трансформаторов на уровень параметров и характеристик	; ;
8.основными принципами, законами и правилами электромеханики, основными законами теории теплопередачи и охлаждения, твердыми знаниями в области конструкционных и электротехнических материалов,	; ;
9.проводить расчет и проектирование трансформаторов и электрических машин с учетом особенностей их эксплуатации	; ; ;
<b>.6. 3</b>	
10.основные эксплуатационные показатели различных типов трансформаторов и электрических машин;	; ; ;
11.практическими навыками работы с электрическими машинами и трансформаторами	; ;
12.оценивать уровень параметров и характеристик различных типов электрических машин и трансформаторов;	; ; ;

13.проводить исследование электромагнитных и тепловых процессов в элек-трических машинах и трансформаторах при различных режимах эксслу-тации;	;	;
--	---	---

3.

3.1

	,	.	
: 5			
:			
1.	0	2	1, 8
2.	0	2	1, 3, 4, 5
3.	0	2	10, 13
4.	0	2	11, 4, 8
5.	0	2	7
6.	0	2	10, 13, 6
:			
7.	0	2	2, 4, 8
8.	0	4	12, 7
9.	0	4	3, 4, 5
10.	0	4	6
11.	0	2	7, 8, 9
12.	0	2	11, 12
13.	0	4	11, 6
14.	0	2	4, 9
: 6			
:			

15.	0	2	1, 3
16.	0	4	2, 7, 9
17.	0	2	8
18.	0	2	10, 12
19.	0	4	13
20.	0	2	10
21.	0	2	12, 13, 6
:			
22.	0	2	3, 4, 5
23.	0	2	1, 7, 8, 9
24.	0	2	2, 8
25.	0	2	11, 6, 9
26.	0	4	12, 13
27.	0	4	10, 11, 12
28.	0	2	4, 8

3.2

: 5				
:				
1.	2	2	4, 5, 6, 9	
2.	4	4	10, 11, 12, 3, 9	
3.	4	4	10, 12	

:				
4.		4	4	10, 12, 3, 7
5.		4	4	10, 12, 13, 4, 6
<b>: 6</b>				
:				
6.		2	2	10, 12, 7
7.	-	4	4	1, 10, 11, 3
8.	-	4	4	10, 13
:				
9.		4	4	10, 12, 13, 3
10.		4	4	10, 11, 13, 9

3.3

,				
<b>: 5</b>				
:				
1.		0	4	10, 12
2.		0	4	11, 4, 8, 9
:				
3.	-	0	2	4, 9
:				
4.		0	4	13, 9
5.		0	4	10, 11

: 6				
:				
6.	0	4	12	U-
7.	0	4	8	
:				
8.	0	4	10, 12	-
9.	0	4	10, 11, 13, 6, 9	
10.	0	2	12	-

**4.**

: 5				
1		10, 2, 3, 5, 6, 9	30	4
<p>[1] .: ., .. - : <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000120273">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000120273</a> ( , 2009. - 46,</p>				
2		1, 13, 7	54	6
<p>, - ( , 140601, . ) [ ]: / . . ; . . - - , [2011]. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000157470. - " " 3 4 / . . - ; [ . . . , . . . ] . - , 2014. - 48, [3] .: ., .. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000208340 ; / [ . . . ] ; . . - - , 2015. - 66, [2] .: .. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000218138 . . 1 : 140400 / . . - ; [ . . . ] . - , 2014. - 80, [2] .: ., .. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000199752 ( ) / . . - ; [ . . . ] . - , 2009. - 46, [1] .: ., .. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000120273</p>				
3		10, 12, 3, 8	10	2

<p>( , 140601, . . . ) [ ]: . . . . .  / . . . . . ; [ . . . . . ]: . . . . . , [2011]. - . . . . . :  <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000157470">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000157470</a>. - . . . . . " . . . . . " 3 4  / . . . . . - ; [ . . . . . , . . . . . ] . - . . . . . ,  2014. - 48, [3] . : . . . . . : <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000208340">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000208340</a>  . . . . . / [ . . . . . ] ;  . . . . . - . . . . . , 2015. - 66, [2] . : . . . . . :  <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000218138">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000218138</a>  . . . . . 140400 / . . . . . - ; [ . . . . . :  . . . . . ] . - . . . . . , 2014. - 80, [2] . : . . . . . -  : <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000199752">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000199752</a></p>				
<b>: 6</b>				
1		10, 4, 5, 6, 7, 9	25	2
<p>( , 140601, . . . ) [ ]: . . . . .  - / . . . . . ; [ . . . . . ]: . . . . . , [2011]. - . . . . . :  : <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000157470">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000157470</a>. - . . . . .</p>				
2		13, 4	28	3
<p>. . . . . - . . . . . ( , 140601, . . . ) [ ]: . . . . . / . . . . . ; . . . . .  . . . . . , [2011]. - . . . . . :  <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000157470">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000157470</a>. - . . . . . :  . . . . . / [ . . . . . ] ; . . . . . - . . . . .  , 2015. - 66, [2] . : . . . . . :  <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000218138">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000218138</a>  . . . . . 2 :  " . . . . . " 3 4 / . . . . .  . . . . . - ; [ . . . . . , . . . . . ] . - . . . . . , 2014. - 48, [3]  . : . . . . . : <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000208340">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000208340</a>  . . . . . 1 :  . . . . . 140400 / . . . . . - ; [ . . . . . :  . . . . . ] . - . . . . . , 2014. - 80, [2] . : . . . . . -  : <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000199752">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000199752</a></p>				
3		10, 12, 7, 8	10	2
<p>( , 140601, . . . ) [ ]: . . . . . - . . . . .  / . . . . . ; [ . . . . . ]: . . . . . , [2011]. - . . . . . :  <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000157470">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000157470</a>. - . . . . . " . . . . . " 3 4  / . . . . . - ; [ . . . . . , . . . . . ] . - . . . . . ,  2014. - 48, [3] . : . . . . . : <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000208340">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000208340</a>  . . . . . / [ . . . . . ] ;  . . . . . - . . . . . , 2015. - 66, [2] . : . . . . . :  <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000218138">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000218138</a>  . . . . . 1 :  . . . . . 140400 / . . . . . - ; [ . . . . . :  . . . . . ] . - . . . . . , 2014. - 80, [2] . : . . . . . -  : <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000199752">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000199752</a></p>				

**5.**

( . . . . . 5.1).

5.1

	<a href="http://em.power.nstu.ru">:http://em.power.nstu.ru</a>



	:em_nstu@em.power.nstu.ru
	:http://em.power.nstu.ru

5.2

1		.5;
<b>Формируемые умения:</b> з5. знать основы теории электромеханического преобразования энергии и основные характеристики электрических машин		
<b>Краткое описание применения:</b> Обсуждение результатов экспериментальных исследований лабораторных работ Обсуждение способов решения задач		
" . . . 1 : 140400 / . . . - ; [ . . . , . . . ] . - , 2014. - 80, [2] . : . . . - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000199752"		

## 6.

( ) ,

- 15-

ECTS.

. 6.1.

6.1

<b>: 5</b>		
<i>Лекция:</i>	7	15
<i>Лабораторная:</i>	10	20
<i>Практические занятия:</i>	5	10
<i>РГЗ:</i>	5	15
<i>Экзамен:</i>	20	40
<b>: 6</b>		
<i>Лекция:</i>	7	15
<i>Лабораторная:</i>	10	20
<i>Практические занятия:</i>	5	10
<i>Курсовая работа:</i>	8	15
-		
<i>Курсовая работа:</i> Выполнение и защита	50	100 (в состав баллов за КР)
<i>Экзамен:</i>	20	40
-		

		/		/	
.5	5.	+	+	+	+
.6	1.	+	+	+	+
	3.	+	+	+	+

1

## 7.

1. Беспалов В. Я. Электрические машины : [учебное пособие по направлению подготовки "Электротехника, электромеханика и электротехнологии"] / В. Я. Беспалов, Н. Ф. Котеленец. - Москва, 2010. - 312, [1] с. : ил., табл.
  2. Жуловян В. В. Основы электромеханического преобразования энергии : [учебник] / В. В. Жуловян. - Новосибирск, 2014. - 425, [1] с. : ил.. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000214038](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000214038)
  3. Шевченко А. Ф. Электрические машины с постоянными магнитами : учебное пособие / А. Ф. Шевченко, А. Г. Приступ ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2016. - 60, [3] с. : ил., табл.. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000229240](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000229240)
  4. Вольдек А. И. Электрические машины. Машины переменного тока : учебник для вузов по направлению подготовки "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" и "Электроэнергетика" / А. И. Вольдек, В. В. Попов. - СПб., 2007. - 349 с. : ил.. - Издательская программа 300 лучших учебников для высшей школы.
  5. Вольдек А. И. Электрические машины. Введение в электромеханику. Машины постоянного тока и трансформаторы : учебник для вузов по направлению подготовки "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" и "Энергетика" / А. И. Вольдек, В. В. Попов. - СПб. [и др.], 2007. - 319 с. : ил.. - Издательская программа 300 лучших учебников для высшей школы.
  6. Иванов-Смоленский А. В. Электрические машины. В 2 т.. Т. 2 : учебник для вузов / А. В. Иванов-Смоленский. - Москва, 2006. - 531, [1] с. : ил.
  7. Иванов-Смоленский А. В. Электрические машины. В 2 т.. Т. 1 : учебник для вузов / А. В. Иванов-Смоленский. - Москва, 2006. - 651, [1] с. : ил.
1. Китаев В. Е. Электрические машины. Ч. 1. Машины постоянного тока. Трансформаторы : учебное пособие для электромеханических специальностей техникумов / В. Е. Китаев, Ю. М. Корхов, В. К. Свирич; под ред. В. Е. Китаева. - М., 1978. - 183, [1] с. : ил
  2. Китаев В. Е. Электрические машины. Ч. 2. Машины переменного тока : учебное пособие для электромеханических специальностей техникумов / В. Е. Китаев, Ю. М. Корхов, В. К. Свирич ; под ред. В. Е. Китаева. - М., 1978. - 182, [2] с. : ил
  3. Копылов И. П. Электрические машины : учебник для электромех. и электроэнерг. специальностей вузов / И. П. Копылов. - М., 2004. - 607 с. : ил.

4. Костенко М. П. Электрические машины. Ч. 2 : учебник для электроэнергетических и электротехнических специальностей вузов / М. П. Костенко, Л. М. Пиотровский. - Л., 1973. - 647 с.
5. Костенко М. П. Электрические машины. Ч. 1. Машины постоянного тока: Трансформаторы : Учебник для высш. техн. учеб. заведений / М. П. Костенко. - Л., 1973. - 544 с.
6. Тихомиров П. М. Расчет трансформаторов : учебное пособие для электротехнических и электромеханических специальностей вузов / П. М. Тихомиров. - Москва, 1986. - 527 с. : ил.
7. Асинхронные двигатели серии 4А : справочник / А. Э. Кравчик [и др.]. - М., 1982. - 500, [3] с. : схемы, табл.

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znanium.com" : <http://znanium.com/>
5. :

## 8.

### 8.1

1. Электрические машины. Ч. 1 : методические указания к лабораторным работам ФМА, ФЭН направления 140400 / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Т. В. Честюнина, А. Г. Приступ, Д. М. Топорков]. - Новосибирск, 2014. - 80, [2] с. : ил., табл. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000199752](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000199752)
2. Электрические машины. Ч. 2 : методические указания к лабораторным работам по курсу "Электрические машины" для 3 и 4 курсов / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Г. Б. Вяльцев, А. Г. Приступ, А. Ф. Шевченко]. - Новосибирск, 2014. - 48, [3] с. : ил., табл. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000208340](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000208340)
3. Электрические машины. Машины постоянного тока : учебное пособие / [А. Ф. Шевченко и др.] ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2015. - 66, [2] с. : ил. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000218138](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000218138)
4. Электрические машины : методические указания к расчету курсового проекта (курсовой работы) по трансформаторам / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. О. Н. Савилов и др.]. - Новосибирск, 2009. - 46, [1] с. : ил., табл. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000120273](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000120273)
5. Тюков В. А. Электрические машины (ЗФ, 140601, Тюков В. А.) [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / В. А. Тюков ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2011]. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000157470](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000157470). - Загл. с экрана.

### 8.2

- 1 Windows
- 2 Office

9. -

1	. " . ( . , . ) -1- - .	

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра электромеханики

“УТВЕРЖДАЮ”  
ДЕКАН ФМА  
к.т.н., доцент М.Е. Вильбергер  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ г.

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

#### Электрические машины

Образовательная программа: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, профиль:  
Электротехника, электромеханика и электротехнологии

### 1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Электрические машины приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ПК.5/ПТ готовность определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности	з5. знать основы теории электро-механического преобразования энергии и основные характеристики электрических машин	<p>Исследование асинхронного двигателя с фазным ротором  Исследование асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором  Исследование генераторов постоянного тока с различными системами возбуждения  Исследование синхронного генератора  Исследование трёхфазного трансформатора  История развития электрических машин. Роль и значение. Основные законы электромеханики. Коллекторные двигатели переменного тока. Бесконтактные машины постоянного тока. Конструкция и принцип действия. Обмотки статора и ротора. Асинхронная машина при неподвижном роторе. Приведение рабочего процесса вращающейся асинхронной машины к неподвижной. Конструкция и принцип действия. Холостой ход трансформаторов. Работа при нагрузке. Уравнения напряжений, векторная диаграмма, схема замещения. Конструкция трансформаторов  Магнитное поле и ЭДС синхронной машины при холостом ходе. Особенности расчёта магнитной цепи. Магнитное поле синхронной машины при нагрузке, Продольная и поперечная реакция якоря. Параметры обмотки якоря. Магнитное поле машины постоянного тока при холостом ходе и при нагрузке. Реакция якоря. Назначение, области применения, конструкция и принцип действия. Обмотки машин постоянного тока. Однофазные асинхронные двигатели. Конденсаторные двигатели. Двигатели с полым и массивным роторами, другие особые исполнения асинхронных машин. Принцип действия и особенности конструкции синхронных машин. Турбогенера-</p>	<p>Отчет по лабораторной работе (5-6 с.)  РГЗ (5 с.) разделы 1-7;  Курсовая работа (6 с.) разделы 1-6.</p>	<p>Экзамен, вопросы разделов 5 с.: «Трансформаторы», «Асинхронные машины».  Экзамен, вопросы разделов 6 с.: «Синхронные машины», «Машины постоянного тока»</p>

		<p>торы и гидрогенераторы Трансформирование трёхфазного тока. Схемы и группы соединений. Параллельная работа трансформаторов. Устройство вращающихся электрических машин. Магнитные поля и индуктивные параметры ЭДС обмотки якоря. Электромагнитный момент</p>		
<p>ПК.6/ПТ способность рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности</p>	<p>у1. уметь выполнять основные технические расчеты процессов в электро-энергетических и электротехнических установках</p>	<p>Группы соединения обмоток трансформаторов. Переходные процессы в трансформаторах. Исследование асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором Исследование трёхфазного трансформатора История развития электрических машин. Роль и значение. Основные законы электромеханики. Коммутация в машинах постоянного тока. Способы улучшения коммутации. Конструкция и принцип действия. Обмотки статора и ротора. Асинхронная машина при неподвижном роторе. Приведение рабочего процесса вращающейся асинхронной машины к неподвижной. Конструкция и принцип действия. Холостой ход трансформаторов. Работа при нагрузке. Уравнения напряжений, векторная диаграмма, схема замещения. Конструкция трансформаторов Магнитное поле и ЭДС синхронной машины при холостом ходе. Особенности расчёта магнитной цепи. Магнитное поле синхронной машины при нагрузке, Продольная и поперечная реакция якоря. Параметры обмотки якоря. Магнитное поле машины постоянного тока при холостом ходе и при нагрузке. Реакция якоря. Назначение, области применения, конструкция и принцип действия. Обмотки машин постоянного тока. Однофазные асинхронные двигатели. Конденсаторные двигатели. Двигатели с полым и массивным роторами, другие особые исполнения асинхронных машин. Параметры синхронных машин Переходные процессы в синхронной машине. Внезапное короткое замыкание. Переходные процессы в трансформаторах с учетом и без учета насыщения магнитопровода. Несимметричная нагрузка трёхфазных трансформаторов Построение трёхфазной обмотки. Расчёт обмо-</p>	<p>Отчет по лабораторной работе (5-6 с.) РГЗ (5 с.) разделы 1-7; Курсовая работа (6 с.) разделы 1-6.</p>	<p>Экзамен, вопросы разделов 5 с.: «Трансформаторы», «Асинхронные машины». Экзамен, вопросы разделов 6 с.: «Синхронные машины», «Машины постоянного тока»</p>

		<p>точных коэффициентов, собственных и взаимных индуктивностей Пуск в ход асинхронного двигателя. Проблемы и способы пуска двигателей. Регулирование частоты вращения асинхронных двигателей. Трансформаторы специального назначения. Автотрансформаторы Трансформирование трёхфазного тока. Схемы и группы соединений. Параллельная работа трансформаторов. Уравнения электрического равновесия синхронных машин. Векторные диаграммы синхронных генераторов с учётом и без учёта насыщения. Устройство вращающихся электрических машин. Магнитные поля и индуктивные параметры ЭДС обмотки якоря. Электромагнитный момент Электродвижущие и магнитодвижущие силы обмоток машин переменного тока. Индуктивные параметры. Электромагнитный момент асинхронной машины. Механические характеристики асинхронных машин переменного тока.</p>		
ПК.6/ПТ	<p>уз. уметь проводить стандартные испытания электроэнергетического и электротехнического оборудования и систем</p>	<p>Исследование асинхронного двигателя с фазным ротором Исследование асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором Исследование генераторов постоянного тока с различными системами возбуждения Исследование механических и скоростных характеристик двигателя постоянного тока Исследование синхронного генератора Исследование синхронного двигателя Исследование трёхфазного трансформатора Механические характеристики машин постоянного тока. Опыты холостого хода и короткого замыкания. Потери энергии, энергетическая диаграмма и К.П.Д. трансформаторов Основные уравнения генераторов постоянного тока. Характеристики генераторов при различных способах возбуждения Основные уравнения двигателей. Характеристики двигателей. Способы пуска и регулирования частоты вращения двигателей постоянного тока. Параллельная работа синхронных машин с сетью бесконечно большой мощности. Угловые характеристики. Синхронизирующая мощность и момент. У-</p>	<p>Отчет по лабораторной работе (5-6 с.) РГЗ (5 с.) разделы 1-7; Курсовая работа (6 с.) разделы 1-6.</p>	<p>Экзамен, вопросы разделов 5 с.: «Трансформаторы», «Асинхронные машины». Экзамен, вопросы разделов 6 с.: «Синхронные машины», «Машины постоянного тока»</p>



		<p>образные характеристики синхронных генераторов Параллельная работа трансформаторов Параметры синхронных машин Переходные процессы в синхронной машине. Внезапное короткое замыкание. Переходные процессы в трансформаторах с учетом и без учета насыщения магнитопровода. Несимметричная нагрузка трёхфазных трансформаторов Пуск в ход асинхронного двигателя. Проблемы и способы пуска двигателей. Регулирование частоты вращения асинхронных двигателей. Работа асинхронной машины в режиме генератора, противовключения. Преобразователь частоты, фазорегулятор, индукционный регулятор, машина двойного питания. Регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока. Способы пуска Синхронные двигатели. Способы пуска. Регулирование скорости вращения. Синхронный компенсатор Способы регулирования частоты вращения. Способы пуска. Однофазные асинхронные двигатели. Трансформирование трёхфазного тока. Схемы и группы соединений. Параллельная работа трансформаторов. Характеристики генераторов постоянного тока Характеристики синхронного генератора. Электродвижущие и магнитодвижущие силы обмоток машин переменного тока. Индуктивные параметры.</p>		
--	--	---	--	--

## 2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 5 семестре - в форме письменного экзамена в 6 семестре - в форме письменного экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ПК.5/ПТ, ПК.6/ПТ.

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 5 семестре обязательным этапом текущей аттестации является расчетно-графическое задание (работа) (РГЗ(Р)). Требования к выполнению РГЗ(Р), состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ(Р).

В 6 семестре обязательным этапом текущей аттестации является курсовая работа. Требования к выполнению курсовой работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте курсовой работы.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ПК.5/ПТ, ПК.6/ПТ, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

### **Общая характеристика уровней освоения компетенций.**

- **Ниже порогового.** Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками. Ответ на экзаменационный билет (тест) считается **неудовлетворительным**, если из трёх вопросов каждой дидактической единицы дан ответ на один вопрос, а результирующая оценка составляет менее 15 баллов по 40 бальной шкале.

**Пороговый.** Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками. Ответ засчитывается на **пороговом** уровне, если из трёх вопросов каждой дидактической единицы полностью дан ответ на один вопрос, а результирующая оценка составляет .15- 25 баллов по 40 бальной шкале.

- **Базовый.** Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки. Ответ засчитывается на **базовом** уровне, если из трёх вопросов каждой дидактической единицы полностью дан ответ на два вопроса, а результирующая оценка составляет .25-35.. баллов по 40 бальной шкале

- **Продвинутый.** Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному. Ответ засчитывается на **продвинутом** уровне, если из трёх вопросов каждой дидактической единицы полностью дан ответ на три вопроса, а результирующая оценка составляет .35-40.. баллов по 40 бальной шкале Экзамен считается сданным, если средняя сумма баллов по всем вопросам составляет не менее 15 баллов (по 40 балльной шкале).

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный технический университет»  
Кафедра электромеханики

## Паспорт экзамена

по дисциплине «Электрические машины», 6 семестр

### 1. Методика оценки

Экзамен проводится в письменной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый - третий вопросы выбирается из вопросов «Трансформаторы», четвёртый – шестой вопросы из вопросов «Асинхронные машины» (список вопросов приведен ниже). В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня.

### Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Факультет ФМА

Билет № \_\_\_\_\_

к экзамену по дисциплине «Электрические машины»

---

1. Что такое группа соединения трансформатора? Как ее можно определить по векторной диаграмме? Какие схемы и группы соединений трансформаторов являются стандартными?
2. Изобразите схему замещения трансформатора при нагрузке, поясните параметры и объясните количественные соотношения параметров
3. Как определить опытным путем потери в стали магнитопровода и потери в обмотке трансформатора? Приведите необходимые пояснения.
4. В чем сходство и различие между схемами замещения асинхронной машины и трансформатора?
5. Сформулируйте условия образования кругового вращающегося магнитного поля в трехфазной ЭМ. Приведите пример.
6. Почему с укорочением шага катушки величина её МДС уменьшается.

Утверждаю: зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Шевченко А.Ф.  
(подпись)

(дата)

### 2. Критерии оценки

Ответ на каждый вопрос оценивается по 40 бальной шкале. Общая оценка определяется как среднеарифметическая от ответов на все вопросы.

- Ответ на экзаменационный билет (тест) считается **неудовлетворительным**, если из трёх вопросов каждой дидактической единицы дан ответ на один вопрос, а результирующая оценка составляет менее 15 баллов
- Ответ засчитывается на **пороговом** уровне, если из трёх вопросов каждой дидактической единицы полностью дан ответ на один вопрос, а результирующая оценка составляет .15 25 баллов по 40 бальной шкале
- Ответ засчитывается на **базовом** уровне, если из трёх вопросов каждой дидактической единицы полностью дан ответ на два вопроса, а результирующая оценка составляет .25-35.. баллов по 40 бальной шкале
- Ответ засчитывается на **продвинутом** уровне, если из трёх вопросов каждой дидактической единицы полностью дан ответ на три вопроса, а результирующая оценка составляет .35-40.. баллов по 40 бальной шкале Экзамен считается сданным, если средняя сумма баллов по всем вопросам составляет не менее 15 баллов (по 40 бальной шкале).

### 3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

### 4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Электрические машины»

#### 1. Трансформаторы

1. Почему при увеличении тока во вторичной обмотке трансформатора увеличивается ток в первичной?
2. . С какой целью используются трансформаторы в системах передачи и распределения электрической энергии? Ответ обоснуйте.
3. Как определить опытным путем потери в стали магнитопровода и потери в обмотке трансформатора? Приведите необходимые пояснения.
4. Объясните принцип действия трансформатора.
5. Какие рабочие свойства трансформатора можно оценить по величине напряжения короткого замыкания  $U_k$ ? Приведите необходимые пояснения.
6. Как изменится ток и потери холостого хода при введение воздушного зазора в магнитопровод трансформатора?
7. Какие процессы будут иметь место в трансформаторе, если первичную обмотку трансформатора подключить к источнику постоянного тока такого же напряжения ?
8. Что такое напряжение короткого замыкания, чем оно определяется? На какие характеристики трансформатора оказывает влияние его значение.
9. Объясните, почему потери в стали магнитопровода практически не зависят от нагрузки?
10. С какой целью магнитопровод трансформатора выполняется из стали. Можно ли выполнить трансформатор на частоту 50 Гц без стального сердечника?
11. Объясните построение векторной диаграммы трансформатора. Как влияет характер нагрузки на величину выходного напряжения?
12. Как и почему изменятся потери в стали 3-х фазного трансформатора, если переключить первичную обмотку с треугольника на звезду ?
13. Объясните, почему величина  $U_k$  трансформатора много меньше номинального напряжения.

14. Какие процессы будут иметь место в трансформаторе предназначенном для работы в сети с частотой 400 Гц, если его включить в сеть с таким же напряжением, но с частотой 50 Гц?
15. Как влияет величина индукции в магнитопроводе и наличие воздушных зазоров в магнитопроводе на величину намагничивающего тока?
16. Почему в 3-х стержневом трансформаторе с плоской магнитной системой токи в фазах при холостом ходе несимметричны? Приведите необходимые пояснения.
17. Что такое внешние характеристики трансформатора? Как они снимаются. От чего зависит наклон внешних характеристик?
18. Что такое “ток холостого хода” трансформатора, где он протекает в трансформаторе? От каких факторов зависит величина тока холостого хода.
19. Объясните энергетическую диаграмму трансформатора.
20. Что такое “намагничивающий ток”, в чём его отличие от тока холостого хода.
21. Какие процессы будут иметь место в понижающем трансформаторе, если его вторичную обмотку включить на напряжение первичной обмотки?
22. Какие процессы будут иметь место в повышающем трансформаторе, если его вторичную обмотку включить на напряжение первичной обмотки?
23. Как распределится нагрузка между двумя параллельно работающими трансформаторами если их  $U_K$  не равны? Приведите доказательство.
24. В чем сущность “эквивалентной” замены вторичной обмотки трансформатора? Зачем и как реальная обмотка заменяется иной, с другими параметрами и другим значением тока и напряжения?
25. В каком случае и почему с ростом нагрузки увеличивается напряжение во вторичной обмотке трансформатора?
26. Что такое “номинальное” изменение напряжения? От каких факторов зависит его величина.
27. Какие требования предъявляются к трансформатору при параллельной работе с другими трансформаторами? К каким последствиям приводит нарушение этих требований.
28. Почему при холостом ходе трансформатора с увеличением приложенного напряжения изменяется  $\cos \varphi$ ? Приведите доказательство вашего ответа.
29. Почему, как правило, трансформатор имеет максимальное значение к.п.д. при нагрузке меньше номинальной? Как это достигается?
30. Какими магнитными полями “обусловлены” реактивности  $X_1, X_2', X_\mu$ ? Покажите, где они замыкаются. Какая связь существует между этими полями и соответствующими реактивностями?
31. Что такое группа соединения обмотки трансформатора? Изобразите схему обмотки с \_\_\_\_\_ группой соединения.
32. Изменится ли ток холостого хода  $I_0$  и амплитуда магнитной индукции  $B_m$  в сердечнике трансформатора, если уменьшить сечение магнитопровода? Приведите доказательство вашего ответа.
33. Покажите, при каких условиях при синусоидальном напряжении ток холостого хода однофазного трансформатора может быть несинусоидальным?
34. Изменится ли ток холостого хода  $I_0$  и амплитуда магнитной индукции  $B_m$  в магнитопроводе трансформатора, если уменьшить число витков первичной обмотки при неизменном первичном напряжении? Приведите обоснование.
35. В каких случаях и почему в фазных напряжениях трехфазных трансформаторов возникает третья гармоника э.д.с.?
36. Как и почему распределяется нагрузка между параллельно работающими трансформаторами с разными коэффициентами трансформации?

37. Как Вы считаете, зависит ли индуктивное сопротивление взаимоиндукции  $X_m$  от величины первичного напряжения? Ответ обоснуйте.
38. Какие потери имеют место в режиме к.з.? Объясните зависимость  $P_K = f(U_1)$ .
39. Как определить опытным путем потери в стали магнитопровода и потери в обмотке трансформатора?
40. В каких случаях применение автотрансформатора более выгодно по сравнению с обычным трансформатором? Почему?
41. Объясните влияние характера нагрузки на выходное напряжение  $U_2$ ?
42. Каковы достоинства и недостатки автотрансформатора по сравнению с трансформатором?
43. От каких факторов зависит вид внешних характеристик трансформатора? Почему?
44. Поясните работу автотрансформатора. Как происходит передача энергии из первичной сети во вторичную?
45. Почему  $\cos \varphi_0$  в режиме х.х. трансформатора значительно меньше чем в номинальном режиме? Объясните зависимость  $\cos \varphi_0 = f(U_1)$ .
46. Как и по какой причине при увеличении тока во вторичной обмотке изменится поток взаимоиндукции, поток рассеяния, индуктированные э.д.с.?
47. Что такое группа соединения трансформатора? Как ее можно определить по векторной диаграмме? Какие схемы и группы соединений трансформаторов являются стандартными?
48. Изобразите схему замещения трансформатора при нагрузке, поясните параметры и объясните количественные соотношения параметров.

## 2. Асинхронные машины

1. Работа асинхронной машины в генераторном режиме (механическая характеристика, энергетическая диаграмма).
2. Как можно изменить направление вращения асинхронного двигателя (приведите обоснование)?
3. Объясните зависимость к.п.д. от нагрузки. При каких условиях к.п.д. достигает максимального значения?
4. Какие виды асинхронных машин вы знаете? Опишите их конструкцию.
5. Поясните определение параметров схемы замещения асинхронных машин по опытным данным.
6. Изменяется ли угол сдвига фазы между током и э.д.с. в обмотке ротора при изменении скольжения от 1 до 0? Поясните почему.
7. Как изменится магнитный поток асинхронного двигателя при увеличении частоты питающей сети при постоянном напряжении? Приведите обоснование.
8. В каких случаях возможно применение способа пуска асинхронного двигателя при переключении схемы обмотки со звезды на треугольник?
9. Почему вращающий момент асинхронного двигателя растет относительно быстрее, чем возрастает мощность на валу?
10. Почему при введении активного сопротивления в цепь обмотки ротора пусковой ток уменьшается, а пусковой момент увеличивается?
11. Что такое намагничивающий ток асинхронной машины? Где он протекает на схеме замещения и в реальной машине?
12. Напряжение на зажимах асинхронного двигателя уменьшили в два раза. Как изменится его максимальный момент?
13. Изобразите векторную диаграмму асинхронной машины в двигательном режиме. Объясните порядок построения.

14. Где больше магнитные потери - в неподвижном статоре или во вращающемся роторе, почему?
15. Назовите и объясните конструктивные меры улучшения формы кривой э.д.с. трехфазной обмотки.
16. Изобразите механическую характеристику асинхронной машины. Укажите скорости и скольжения в различных режимах работы.
17. В чем различия с энергетической точки зрения между генераторным и двигательным режимом работы асинхронной машины? Сравните энергетические диаграммы.
18. В каких случаях коэффициент распределения и укорочения обмотки переменного тока равен единице?
19. Объясните конструкцию и работу асинхронного двигателя с глубокопазым ротором.
20. Дайте пояснение физического смысла параметров схемы замещения асинхронной машины.
21. От чего зависит величина, форма кривой и частота э.д.с. обмотки машин переменного тока.
22. Опишите принцип действия асинхронной машины.
23. Как изменится пусковой момент при переключении обмотки статора со “звезды” на “треугольник”, почему?
24. Почему для двигателей с фазным ротором не применяется способ регулировки частоты вращения изменением числа полюсов?
25. Как перевести асинхронную машину в генераторный режим? Почему асинхронный генератор не получил широкого распространения?
26. Как зависит электромагнитный момент АМ от напряжения, частоты питающей сети, реактивностей статора и ротора?
27. Почему потери в стали ротора АМ практически можно считать равными нулю?
28. Почему АД не приходит во вращение, если в сеть включена только одна фаза двигателя?
29. Нарисуйте механическую характеристику асинхронной машины. Покажите на ней номинальный и пусковой момент.
30. Поясните работу индукционного регулятора.
31. С какой целью проводится опыт ХХ асинхронного двигателя? Приведите и поясните характеристики холостого хода.
32. Укажите факторы, ограничивающие применение прямого пуска асинхронных двигателей.
33. Как повлияет на механическую характеристику включение АМ, рассчитанной на 50 Гц, в сеть с частотой 60 Гц.
34. Как по номинальным данным АМ построить механическую характеристику (используя формулу Клосса)?
35. Если изготовить обмотку ротора из сверхпроводящего материала, то с какой скоростью он будет вращаться? Дайте пояснение.
36. Работа асинхронной машины с фазным ротором в режиме фазовращателя.
37. С какой целью и как проводится опыт КЗ асинхронного двигателя? Приведите и поясните характеристики короткого замыкания.
38. В каких участках стали возникают потери в АД при неподвижном роторе, при синхронном вращении, при номинальной нагрузке?
39. Объясните, почему максимальный момент однофазного асинхронного двигателя зависит от активного сопротивления ротора?
40. Краткая характеристика способов регулирования частоты вращения асинхронных двигателей с к.з. ротором.

41. Почему ротор асинхронного двигателя не может вращаться со скоростью поля статора?
42. Как скажется на рабочих характеристиках асинхронного двигателя снижение напряжения питающей сети на 15%.
43. Приведите энергетическую диаграмму АМ в двигательном режиме. В каких частях машины имеют место выделяемые потери?
44. Дайте анализ зависимости максимального момента асинхронной машины от ее параметров.
45. Как можно включить трехфазный асинхронный двигатель в однофазную цепь?
46. Сформулируйте условия образования кругового вращающегося магнитного поля в трехфазной ЭМ. Приведите пример.
47. Какое влияние оказывает сопротивление обмотки ротора на кривую асинхронного момента? (Приведите несколько механических характеристик)
48. Как перевести АМ в режим противовключения? Поясните энергетическую диаграмму в этом режиме.
49. Изобразите Т-образную схему замещения АМ. Поясните физический смысл ее параметров.
50. Для чего в цепь фазного ротора на период пуска вводят активное сопротивление? (Дайте пояснение происходящим при этом явлениям)
51. Как следует изменять напряжение при регулировании скорости АД изменением частоты при постоянстве момента?
52. Краткая характеристика способов пуска асинхронных двигателей с к.з. ротором.
53. Каким образом в схеме замещения асинхронной машины учитывается механическая нагрузка на валу машины?
54. Почему относительное значение тока холостого хода асинхронного двигателя больше, чем в трансформаторе?
55. Опишите процесс регулирования скорости вращения двигателей с фазным ротором.
56. В чем сходство и различие между схемами замещения асинхронной машины и трансформатора?
57. Как изменится магнитный поток асинхронного двигателя в случае увеличения частоты питающей сети ( $U = \text{const}$ )? Как это скажется на величине максимального момента?
58. Какие Вам известны разновидности асинхронных двигателей, способных работать от однофазной сети?
59. Почему скорость вращения Н.С. ротора относительно статора не зависит от скольжения?
60. Изобразите пути прохождения магнитных потоков, обуславливающих каждый вид индуктивности схемы замещения асинхронной машины.



## Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Электрические машины», 5 семестр

### 1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания (работы) по дисциплине студенты должны выполнить расчет силового трехфазного трансформатора воздушного (сухого) или масляного охлаждения. Магнитопровод трансформатора трехстержневой, плоский. Рассчитанный трансформатор должен отвечать действующим ГОСТам.

При выполнении расчетно-графического задания (работы) студенты должны углубить свои знания по теории трансформаторов, ознакомиться с современной практикой проектирования трансформаторов, научиться пользоваться рекомендуемой литературой, справочниками, каталогами, стандартами, заводскими чертежами.

В задании на проектирование трансформатора указываются следующие данные:

1. тип трансформатора, (способ охлаждения) схема и группа соединения обмоток;
2. частота питающей сети  $f = 50$  Гц;
3. номинальная мощность трансформатора  $S_n$ , кВА;
4. номинальное линейное напряжение обмотки высокого напряжения (ВН)  $U_{вн}$ , кВ;
5. номинальное линейное напряжение обмотки низкого напряжения (НН)  $U_{нн}$ , кВ;
6. потери короткого замыкания  $P_k$ , Вт;
7. потери холостого хода  $P_x$ , Вт;
8. напряжение короткого замыкания  $U_k$ , %;
9. ток холостого хода  $i_x$ , %;
10. режим работы S1 (длительный);
11. изоляция класса А;
12. материал проводников обмоток – алюминий.

РГЗ состоит из двух частей расчетной и графической.

Расчетная часть включает в себя следующие разделы:

1. Расчет основных электрических величин.
2. Определение основных размеров трансформатора.
3. Расчет обмоток.
4. Расчет потерь короткого замыкания.
5. Расчет напряжения короткого замыкания.
6. Расчет магнитной цепи.
7. Расчет характеристик трансформатора.

По результатам расчета оформляется расчетно-пояснительная записка (формат А-4).

Графическая часть выполняется на листе ватмана (или миллиметровой бумаги) формата А2 и содержит две проекции «Остова с закрепленными обмотками», с разрезами и основными размерами (прил. 2).

### 2. Критерии оценки

Защита РГЗ производится в устной форме

Выполнение РГЗ оценивается по 15 бальной шкале.

Работа считается **не выполненной**, если графическая и расчётная часть выполнены не полностью и с ошибками, а оценка на устной защите составляет менее 5 баллов

- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если графическая и расчётная часть выполнены полностью и без ошибок, а оценка на устной защите составляет 5-8. баллов
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если графическая и расчётная часть выполнены полностью и без ошибок, а оценка на устной защите составляет 9-12 баллов
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если графическая и расчётная часть выполнены полностью и без ошибок, а оценка на устной защите составляет 13-15 баллов

### **3. Шкала оценки**

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

### **4. Примерный перечень тем РГЗ**

См. Приложение: Данные для РГЗ по трансформаторам

Составитель

А.Ф.Шевченко

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный технический университет»  
Кафедра электромеханики

## Паспорт экзамена

по дисциплине «Электрические машины», 6 семестр

### 1. Методика оценки

Экзамен проводится в письменной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый - третий вопросы выбирается из вопросов «Синхронные машины», четвёртый – шестой вопросы из вопросов «Машины постоянного тока» (список вопросов приведен ниже). В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня.

### Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Факультет ФМА

Билет № \_\_\_\_\_

к экзамену по дисциплине «Электрические машины»

---

1. Изменяется ли частота вращения СД с изменением нагрузки на валу? Что изменяется в режиме работы СД с изменением нагрузки?
2. Какие характеристики СМ получили наименование U-образных? Изобразите и поясните их.
3. Объясните схему замещения СГ по продольной оси при установившемся и переходном режимах, а также физический смысл их параметров.
4. Сравните регулировочные характеристики генераторов с различными способами возбуждения.
5. Какую ЭДС, индуктируемую в коммутированной секции называют реактивной?
6. Изобразите и объясните ход механической характеристики двигателя с последовательным возбуждением

Утверждаю: зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Шевченко А.Ф.  
(подпись)

(дата)

### 2. Критерии оценки

Ответ на каждый вопрос оценивается по 40 бальной шкале. Общая оценка определяется как среднеарифметическая от ответов на все вопросы.

- Ответ на экзаменационный билет (тест) считается **неудовлетворительным**, если из трёх вопросов каждой дидактической единицы дан ответ на один вопрос, а результирующая оценка составляет менее 15 баллов
- Ответ засчитывается на **пороговом** уровне, если из трёх вопросов каждой дидактической единицы полностью дан ответ на один вопрос, а результирующая оценка составляет .15 25 баллов по 40 бальной шкале
- Ответ засчитывается на **базовом** уровне, если из трёх вопросов каждой дидактической единицы полностью дан ответ на два вопроса, а результирующая оценка составляет .25-35.. баллов по 40 бальной шкале
- Ответ засчитывается на **продвинутом** уровне, если из трёх вопросов каждой дидактической единицы полностью дан ответ на три вопроса, а результирующая оценка составляет .35-40.. баллов по 40 бальной шкале Экзамен считается сданным, если средняя сумма баллов по всем вопросам составляет не менее 15 баллов (по 40 бальной шкале).

### 3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

## 4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Электрические машины»

### 1. Синхронные машины

1. Объясните ход характеристики холостого хода синхронного генератора.
2. Как по векторной диаграмме Blondеля определить изменение напряжения генератора?
3. Как изменить активную (или реактивную) мощность, отдаваемую СГ в сеть большой мощности.
4. В каких режимах работы на автономную нагрузку возникают поперечная, продольно- размагничивающая, продольно- намагничивающая реакция якоря?
5. Где и почему применяются синхронные машины?
6. Как по известным  $U$ ,  $I$ ,  $\cos \varphi$  построить векторную диаграмму Blondеля?
7. Изобразите и дайте пояснение регулировочным характеристикам СГ при различном характере нагрузки.
8. Правильно ли утверждение, что конструкция СД сложнее конструкции АД? Дайте пояснения.
9. Как определить по опытным данным насыщенное и ненасыщенное значение индуктивного сопротивления по продольной оси  $X_d$ ?
10. Каким образом на вид векторной диаграммы сказывается непостоянство воздушного зазора в СГ с явновыраженными полюсами?
11. Изобразите и поясните нагрузочные характеристики синхронного генератора.
12. Поставьте знак неравенства между параметрами  $X_d$ ,  $X_d'$ ,  $X_d''$  и дайте пояснения.
13. Изобразите характеристику КЗ синхронного генератора. Почему магнитная система в опыте КЗ не насыщена?
14. Почему с уменьшением тока возбуждения снижается статическая устойчивость СД?
15. Что такое ударный ток короткого замыкания? Как он рассчитывается ?
16. Какие характеристики СМ получили наименование “угловых”? Изобразите их и запишите уравнения.

17. Изменяется ли частота вращения СД с изменением нагрузки на валу? Что изменяется в режиме работы СД с изменением нагрузки?
18. Изобразите разрез магнитопровода 4-х полюсной синхронной машины и покажите, как замыкается основной магнитный поток?
19. Что такое “угол  $\theta$ ”? Можете ли Вы показать его значение на векторной диаграмме Blondеля?
20. Чем объяснить, что при внезапном к.з. первоначальный ток в якоре СМ значительно больше установившегося тока к.з.?
21. Почему с уменьшением тока возбуждения снижается статическая устойчивость синхронного двигателя? Покажите линию статической устойчивости на U-образных кривых.
22. Какие Вам известны способы приближения формы Э.Д.С. к синусоидальной?
23. Как с помощью Х.Х.Х. и индукционной нагрузочной характеристике определить  $X_{\sigma}$  и  $F_a$  ?
24. Можно ли изменить величину результирующего потока взаимоиндукции синхронной машины путем изменения тока возбуждения при работе:
  - а) на автономную нагрузку;
  - б) параллельно с сетью большой мощности.
25. Как перевести синхронный генератор в двигательный режим . По показаниям каких приборов это может быть установлено?
26. Может ли явнополюсный синхронный двигатель работать без возбуждения ?
27. Какая связь существует между О.К.З. и величиной воздушного зазора? Дайте пояснения.
28. Нарисуйте энергетическую диаграмму синхронного генератора и объясните ее?
29. Почему в гидрогенераторах предусматривается большое число полюсов?
30. Что такое предел статической устойчивости синхронной машины? Каким образом можно повысить предел статической устойчивости?
31. Изменится ли характер реакции якоря синхронного генератора работающего в автономном режиме,( параллельно с сетью большой мощности), если изменить величину тока возбуждения?
32. Что такое О.К.З. ? Как его величина связана с  $X_d$  и конструкцией синхронной машины?
33. Какое значение тока возбуждения синхронного генератора называется номинальным?
34. Что такое демпферная (успокоительная) обмотка? Где она располагается? Какой цели служит?
35. Приведите основные уравнения электрического равновесия цепи якоря синхронного генератора? Дайте объяснения входящих в них Э.Д.С.
36. Изобразите внешние характеристики синхронного генератора при различных характерах нагрузки и объясните их ход.
37. Какие характеристики СМ получили наименование U-образных? Изобразите и поясните их.
38. В отличие от АД с К.З. ротором в СД не применяется ступенчатое регулирование скорости вращения изменением числа пар полюсов. Почему?
39. Как можно предотвратить повреждение обмотки возбуждения СД при асинхронном пуске?
40. Что такое номинальное изменение напряжения синхронного генератора?
41. По каким характеристикам и как можно экспериментально определить сопротивление  $X_d$ ?
42. Объясните, что означает : “обмотка с укороченным шагом”, “распределенная” и “сосредоточенная” обмотка, число пазов на полюс и фазу.
43. Какое влияние оказывает величина воздушного зазора на ход характеристики

холостого хода?

44. Условия подключения СГ методом точной синхронизации к сети большой мощности.
45. Назначение и принцип действия синхронного компенсатора.
46. Приведите сравнительную характеристику асинхронного и синхронного двигателей в отношении рабочих и пусковых характеристик.
47. Что такое “режим перевозбуждения” и “режим недовозбуждения” СГ?
48. Конструкция явнополюсной и неявнополюсной СМ.
49. Какие Вам известны способы пуска в ход СД, дайте пояснения.
50. Может ли какая-либо машина в двигательном режиме отдавать реактивную мощность в сеть? Поясните свой ответ.
51. Как влияет на вид угловой характеристики явнополюсность магнитной системы индуктора?
52. Почему индуктивное сопротивление  $X_d$  отличается от  $X_q$ ?
53. Что такое статическая устойчивость СМ? Как связана статическая устойчивость с перегрузочной способностью и с углом  $\Theta$ ?
54. Изобразите регулировочные характеристики СГ при различных характерах нагрузки, дайте им объяснение.
55. Изобразите и дайте объяснение внешним характеристикам СГ.
56. Почему турбогенераторы имеют небольшое число пар полюсов? ( $p=1,2$ )
57. Объясните схему замещения СГ по продольной оси при установившемся и переходном режимах, а также физический смысл их параметров.
58. Перечислите элементы конструкции СМ и объясните их назначение. Сравните конструкцию СМ с конструкцией АМ.
59. Что изменится в режиме работы СГ при работе на автономную нагрузку и при работе на сеть, если увеличить вращающий момент приложенный к валу СГ?
60. Почему магнитная система в опыте К.З. не насыщена?

## 2. Машины постоянного тока

1. Напишите уравнение электромагнитного момента МПТ. Как он зависит от тока якоря двигателей с последовательным возбуждением?
2. Почему электромагнитный момент коллекторного двигателя переменного тока имеет переменную составляющую?
3. Перечислите основные элементы конструкции машин постоянного тока.
4. Устройство машин постоянного тока (основные элементы конструкции, их назначение).
5. От чего зависит величина Э.Д.С. якоря? Как можно регулировать Э.Д.С.?
6. Устройство и назначение коллектора машины постоянного тока.
7. С какой целью щетки МПТ устанавливаются на линии геометрической нейтрали?
8. Как и по каким причинам изменится вращающий момент ДПТ при сдвиге щеток с линии геометрической нейтрали?
9. Перечислите обмотки, которые может иметь МПТ. Их назначение, изображение на схеме.
10. Что такое номинальная мощность генератора, двигателя?
11. Устройство простой петлевой обмотки.
12. Почему корпус машины постоянного тока выполняют из магнитопроводящего материала?
13. В чем заключается “размагничивающее” действие поперечной реакции якоря?
14. Какой характер носит реакция якоря в машинах постоянного тока?
15. Как влияет поперечная реакция якоря на магнитное поле машины и на напряжение между соседними коллекторными пластинами?

16. При каких условиях имеет место линейная коммутация в машинах постоянного тока?
17. Какую ЭДС, индуктируемую в коммутированной секции называют реактивной?
18. Перечислите и поясните известные Вам способы улучшения коммутации
19. В каких случаях в машинах постоянного тока имеет место “замедленная” и “ускоренная” коммутация? Почему?
20. Какие способы улучшения коммутации применяются в машинах постоянного тока?
21. Каковы причины искрения щёток?
22. В чем Вы усматриваете роль компенсационной обмотки как средства улучшения коммутации?
23. Почему обмотка дополнительных полюсов включается последовательно с обмоткой якоря?
24. Что такое компенсационная обмотка? Где она располагается? Как включается? Для чего служит?
25. Перечислите условия самовозбуждения (и объясните процесс) генератора постоянного тока с параллельным возбуждением. Почему генератор не возбуждается при нарушении этих условий?
26. Сравните регулировочные характеристики генераторов с различными способами возбуждения.
27. По какому признаку классифицируются генераторы постоянного тока?
28. Что такое нагрузочная характеристика и характеристика холостого хода ГПТ? Изобразите и объясните их вид.
29. Почему с увеличением мощности, отдаваемой генератором постоянного тока возрастает мощность приводного двигателя?
30. Изобразите и объясните энергетическую диаграмму ГПТ
31. Изобразите и объясните вид нагрузочных характеристик ГПТ при различных способах возбуждения.
32. Укажите причины изменения напряжения на якоре генератора постоянного тока с ростом тока нагрузки при различных способах возбуждения
33. Как влияет изменение величины воздушного зазора на вид характеристики холостого хода?
34. Изобразите и объясните регулировочные характеристики ГПТ при различных способах возбуждения.
35. Объясните принцип действия генератор постоянного тока.
36. Изобразите и объясните внешние характеристики генераторов постоянного тока при различных способах возбуждения
37. Изобразите и объясните ход механической характеристики двигателя с последовательным возбуждением.
38. Дайте краткую характеристику известных Вам способов регулирования частоты вращения ДПТ.
39. Изобразите и объясните ход скоростных характеристик ДПТ с различными системами возбуждения.
40. Приведите известные Вам уравнения, описывающие режимы работы двигателей параллельного возбуждения.
41. Какие способы регулирования частоты вращения применяются для двигателей постоянного тока?
42. Как можно изменить направление вращения ДПТ? Ответ обоснуйте
43. От чего зависит величина магнитного потока в воздушном зазоре двигателя? Каково влияние этого потока на вид скоростной характеристики?
44. В чем состоит проблема пуска ДПТ? Как она решается?

45. Чем определяется величина сопротивления якорной цепи ДПТ. Объясните влияние сопротивления якорной цепи на вид механической характеристики.
46. Зачем предусматривают стабилизирующую обмотку в двигателях параллельного возбуждения? Ответ обоснуйте.
47. Почему стабилизирующая и компенсационная обмотки МПТ включаются последовательно с обмоткой якоря?
48. Как изменится ток, скорость, полезная мощность двигателя при увеличении тормозного момента, приложенного к валу двигателя? Почему?
49. Изобразите и поясните ход скоростных характеристик двигателей постоянного тока с параллельным возбуждением при различных токах возбуждения.
50. Что понимают под номинальными данными двигателя? Как определить номинальный ток возбуждения?
51. Почему нельзя работающий двигатель последовательного возбуждения оставлять без нагрузки?
52. Изобразите и объясните ход механических характеристик ДПТ с различными системами возбуждения.
53. Какие способы уменьшения пускового тока применяют в двигателях постоянного тока?



## Паспорт курсовой работы

по дисциплине «Электрические машины», 6 семестр

### 1. Методика оценки.

В проекте выполняется расчет асинхронного двигателя серии 4А. Рассчитанный асинхронный двигатель должен отвечать действующим ГОСТам.

В процессе работы над КР студент должен углубить свои знания по теории асинхронных машин, ознакомиться с современной практикой проектирования асинхронных машин, научиться пользоваться рекомендуемой литературой, справочниками, каталогами, стандартами, заводскими чертежами.

В задании на проектирование асинхронного двигателя указываются следующие данные:

1. тип асинхронного двигателя;
2. частота питающей сети  $f = 50$  Гц;
3. номинальная мощность асинхронного двигателя  $P_n$ , кВт;
4. номинальное линейное напряжение  $U_n$ , В;
5. номинальная частота вращения  $n$ , об/мин;
6. коэффициент полезного действия к.п.д, о.е.;
7. коэффициент мощности;

КР состоит из двух частей расчетной и графической.

Расчетная часть включает в себя следующие разделы:

1. Выбор главных размеров.
2. Расчёт обмотки.
3. Расчет магнитной цепи.
4. Расчет параметров.
5. Расчет характеристик асинхронного двигателя.
6. Тепловой расчёт.

По результатам расчета оформляется расчетно-пояснительная записка (формат А-4).

Графическая часть выполняется на листе ватмана (или миллиметровой бумаги) формата А2 и содержит две проекции

Исходные данные для выполнения КР приведены в литературе:

Асинхронные двигатели серии 4А : справочник / А. Э. Кравчик [и др.]. - М., 1982. - 500, [3] с. : схемы, табл.

Защита КР производится в устной форме

### 2. Критерии оценки.

Защита РГЗ производится в устной форме

Выполнение КР оценивается по 15 бальной шкале.

- работа считается **не выполненной**, если графическая и расчётная часть выполнены не полностью и с ошибками, а оценка на устной защите не превышает 5 баллов

- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если графическая и расчётная часть выполнены полностью и без ошибок, а оценка на устной защите составляет 5-8 баллов
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если графическая и расчётная часть выполнены полностью и без ошибок, а оценка на устной защите составляет 9-12 баллов
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если графическая и расчётная часть выполнены полностью и без ошибок, а оценка на устной защите составляет 13-15 баллов

### 3. Шкала оценки.

В общей оценке по дисциплине баллы за работы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

#### 4. Примерный перечень тем курсового проекта (работы).

«Асинхронный двигатель серии 4А мощностью \_\_\_\_\_ кВт.»

Исходные данные для выполнения КР приведены в литературе:

Асинхронные двигатели серии 4А : справочник / А. Э. Кравчик [и др.]. - М., 1982. - 500, [3] с. : схемы, табл.

#### 5. Перечень вопросов к защите курсового проекта (работы).

1. Как можно изменить направление вращения асинхронного двигателя (приведите обоснование)?
2. Объясните зависимость к.п.д. от нагрузки. При каких условиях к.п.д. достигает максимального значения?
3. Какие виды асинхронных машин вы знаете? Опишите их конструкцию.
4. Поясните определение параметров схемы замещения асинхронных машин по опытным данным.
5. Как изменится магнитный поток асинхронного двигателя при увеличении частоты питающей сети при постоянном напряжении? Приведите обоснование.
6. Почему вращающий момент асинхронного двигателя растёт относительно быстрее, чем возрастает мощность на валу?
7. Почему при введении активного сопротивления в цепь обмотки ротора пусковой ток уменьшается, а пусковой момент увеличивается?
8. Что такое намагничивающий ток асинхронной машины? Где он протекает на схеме замещения и в реальной машине?
9. Напряжение на зажимах асинхронного двигателя уменьшили в два раза. Как изменится его максимальный момент?
10. Где больше магнитные потери - в неподвижном статоре или во вращающемся роторе, почему?
11. Назовите и объясните конструктивные меры улучшения формы кривой э.д.с. трехфазной обмотки.
12. Изобразите механическую характеристику асинхронной машины. Укажите скорости и скольжения в различных режимах работы.
13. В каких случаях коэффициент распределения и укорочения обмотки переменного тока равен единице?
14. Объясните конструкцию и работу асинхронного двигателя с глубокопазым ротором.
15. Дайте пояснение физического смысла параметров схемы замещения асинхронной машины.

16. От чего зависит величина, форма кривой и частота э.д.с. обмотки машин переменного тока.
17. Опишите принцип действия асинхронной машины.
18. Как зависит электромагнитный момент АМ от напряжения, частоты питающей сети, реактивностей статора и ротора?
19. Почему потери в стали ротора АМ практически можно считать равными нулю?
20. Почему АД не приходит во вращение, если в сеть включена только одна фаза двигателя?
21. Нарисуйте механическую характеристику асинхронной машины. Покажите на ней номинальный и пусковой момент.
22. Укажите факторы, ограничивающие применение прямого пуска асинхронных двигателей.
23. Как повлияет на механическую характеристику включение АМ, рассчитанной на 50 Гц, в сеть с частотой 60 Гц.
24. Если изготовить обмотку ротора из сверхпроводящего материала, то с какой скоростью он будет вращаться? Дайте пояснение.
25. В каких участках стали возникают потери в АД при неподвижном роторе, при синхронном вращении, при номинальной нагрузке?
26. Краткая характеристика способов регулирования частоты вращения асинхронных двигателей с к.з. ротором.
27. Почему ротор асинхронного двигателя не может вращаться со скоростью поля статора?
28. Приведите энергетическую диаграмму АМ в двигательном режиме. В каких частях машины имеют место выделяемые потери?
29. Дайте анализ зависимости максимального момента асинхронной машины от ее параметров.
30. Сформулируйте условия образования кругового вращающегося магнитного поля в трехфазной ЭМ. Приведите пример.
31. Какое влияние оказывает сопротивление обмотки ротора на кривую асинхронного момента? (Приведите несколько механических характеристик)
32. Изобразите Т-образную схему замещения АМ. Поясните физический смысл ее параметров.
33. Для чего в цепь фазного ротора на период пуска вводят активное сопротивление? (Дайте пояснение происходящим при этом явлениям)
34. Как следует изменять напряжение при регулировании скорости АД изменением частоты при постоянстве момента?
35. Краткая характеристика способов пуска асинхронных двигателей с к.з. ротором.
36. Каким образом в схеме замещения асинхронной машины учитывается механическая нагрузка на валу машины?
37. Почему относительное значение тока холостого хода асинхронного двигателя больше, чем в трансформаторе?
38. Как изменится магнитный поток асинхронного двигателя в случае увеличения частоты питающей сети ( $U=\text{const}$ )? Как это скажется на величине максимального момента?
39. Изобразите пути прохождения магнитных потоков, обуславливающих каждый вид индуктивности схемы замещения асинхронной машины.

### Данные трансформаторов

№ п/п	Тип трансформатора	Мощность S(кВа)	U <sub>ВН</sub> (кВ)	U <sub>НН</sub> (кВ)	P <sub>кз</sub> (Вт)	P <sub>хх</sub> (Вт)	U <sub>к</sub> (%)	I <sub>хх</sub> (%)	Схема и группа соединений обмоток
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	ТМ	63	20	0,23	1470	290	5,3	4,16	Y/Y <sub>0</sub> -0
2	ТС	180	3	0,4	3000	1600	5,3	4,0	Y/Y-0
3	ТМ	160	35	0,69	2650	660	6,5	2,4	Y/Δ-0
4	ТС	160	6	0,69	2700	700	5,5	4,0	Δ/Y <sub>0</sub> -0
5	ТМ	250	6	0,4	3700	780	4,5	2,3	Y/Y <sub>0</sub> -0
6	ТС	320	10	0,525	4900	2600	5,5	3,5	Y/Δ-11
7	ТМ	400	10	0,23	5500	1080	4,5	2,1	Y/Y <sub>0</sub> -0
8	ТС	250	6	0,23	3800	1000	5,5	3,5	Δ/Y <sub>0</sub> -11
9	ТМ	630	20	0,69	6300	2450	6,5	1,97	Y/Δ-11
10	ТС	400	6	0,4	5400	1300	5,5	3,0	Δ/Y <sub>0</sub> -11
11	ТМ	1000	35	3,15	11600	2750	6,5	1,5	Y/Δ-11
12	ТС	630	10	0,69	7300	2000	5,5	3,0	Δ/Y <sub>0</sub> -11
13	ТМ	1600	20	0,4	18000	3650	6,5	1,4	Y/Y <sub>0</sub> -0
14	ТС	1000	6	0,69	11200	3000	5,5	2,5	Δ/Y <sub>0</sub> -11
15	ТМ	25	6	0,23	690	125	4,7	3,2	Y/Y <sub>0</sub> -0
16	ТС	1600	10	0,4	16000	4200	5,5	2,5	Δ/Y <sub>0</sub> -11
17	ТМ	40	10	0,4	1000	180	4,7	3	Y/Y <sub>0</sub> -0
18	ТС	560	3	0,525	7400	3500	5,5	3	Y/Δ-11
19	ТМ	1000	20	0,23	1970	2065	6,5	4,16	Y/Y <sub>0</sub> -0
20	ТС	750	6	0,525	8800	4900	5,5	2,5	Y/Δ-11

№ п/п	Тип трансформатора	Мощность S(кВа)	U <sub>ВН</sub> (кВ)	U <sub>НН</sub> (кВ)	P <sub>кз</sub> (Вт)	P <sub>хх</sub> (Вт)	U <sub>к</sub> (%)	I <sub>хх</sub> (%)	Схема и группа соединений обмоток
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21	ТМ	63	20	0,4	1470	290	5,3	4,43	Y/Y <sub>0</sub> -0
22	ТС	180	6,0	0,23	3000	1600	5,5	4	Y/Y-0
23	ТМ	100	35	0,23	1970	465	6,5	4,16	Y/Y <sub>0</sub> -0
24	ТС	320	10	0,4	4900	2600	5,5	3,5	Y/Y-0
25	ТМ	160	20	0,23	2650	660	6,5	2,4	Y/Y <sub>0</sub> -0
26	ТС	250	6	0,69	3800	1000	5,5	3,5	Δ/Y <sub>0</sub> -11
27	ТМ	250	35	0,69	3700	960	6,5	2,3	Y/Δ-11
28	ТС	400	10	0,4	5400	1300	5,5	3,0	Δ/Y <sub>0</sub> -11
29	ТМ	400	20	0,4	5500	1350	6,5	2,1	Y/Y <sub>0</sub> -0
30	ТС	630	6	0,4	7300	2000	5,5	3,0	Δ/Y <sub>0</sub> -11
31	ТМ	630	20	11	7600	2000	6,5	2,0	Y/Δ-11
32	ТС	1000	10	0,4	11200	3000	5,5	2,5	Δ/Y <sub>0</sub> -11
33	ТМ	1000	35	6,3	11600	2750	6,5	1,5	Y/Δ-11
34	ТС	1600	6	0,69	16000	4200	5,5	2,5	Δ/Y <sub>0</sub> -11
35	ТМ	1600	35	0,4	18000	3630	6,5	1,4	Y/Y <sub>0</sub> -0
36	ТС	560	3	0,23	7400	3500	5,5	3	Y/Y-0
37	ТМ	160	6	0,23	2650	540	4,3	2,4	Y/Δ-11
38	ТС	750	10	0,525	8800	4900	5,5	2,5	Y/Δ-11
39	ТМ	250	10	0,4	3700	780	4,5	2,3	Y/Y <sub>0</sub> -0
40	ТС	160	6	0,23	2700	700	5,5	4,0	Δ/Y <sub>0</sub> -11
41	ТМ	400	6	0,23	5500	1080	4,5	2,1	Y/Y <sub>0</sub> -0
42	ТС	180	10	0,23	3000	1600	5,5	4	Y/Y-0

№ п/п	Тип трансформатора	Мощность S(кВа)	U <sub>ВН</sub> (кВ)	U <sub>НН</sub> (кВ)	P <sub>кз</sub> (Вт)	P <sub>хх</sub> (Вт)	U <sub>к</sub> (%)	I <sub>хх</sub> (%)	Схема и группа соединений обмоток
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
43	ТМ	630	10	3,15	7600	1680	5,5	2,0	Y/Y <sub>0</sub> -0
44	ТС	320	3	0,525	4900	2600	5,5	3,5	Y/Δ-11
45	ТМ	25	6	0,4	690	125	4,7	3,2	Y/Y <sub>0</sub> -0
46	ТС	560	10	0,525	7400	3500	5,5	3	Y/Δ-11
47	ТМ	40	10	0,23	1000	180	4,7	3	Y/Y <sub>0</sub> -0
48	ТС	180	3	0,23	3000	1600	5,5	4	Y/Y-0
49	ТМ	100	20	0,4	1970	465	6,5	4,16	Y/Y <sub>0</sub> -0
50	ТС	180	10	0,525	3000	1600	5,5	4	Y/Δ-11
51	ТМ	160	35	0,23	2650	660	6,5	2,4	Y/Y <sub>0</sub> -0
52	ТС	320	6	0,4	4900	2600	5,5	3,5	Y/Y-0
53	ТМ	250	20	0,23	3700	960	6,5	2,3	Y/Y <sub>0</sub> -0
54	ТС	250	10	0,23	3800	1000	5,5	3,5	Δ/Y <sub>0</sub> -11
55	ТМ	400	35	0,69	5500	1350	6,5	2,1	Y/Δ-11
56	ТС	400	10	0,69	5400	1300	5,5	3,0	Δ/Y <sub>0</sub> -11
57	ТМ	630	35	6,3	6300	2450	6,5	1,97	Y/Δ-11
58	ТС	1000	6	0,4	11200	3000	5,5	2,5	Δ/Y <sub>0</sub> -11
59	ТМ	1000	20	0,4	12200	2750	6,5	1,5	Y/Y <sub>0</sub> -0
60	ТС	1600	10	0,69	16000	4200	5,5	2,5	Δ/Y <sub>0</sub> -11
61	ТМ	1600	35	3,15	16500	3650	6,5	1,4	Y/Δ-11
62	ТС	560	6	0,4	7400	3500	5,5	3	Y/Y-0
63	ТМ	160	10	0,4	2650	540	4,5	2,4	Y/Δ-11
64	ТС	750	3	0,525	8800	4900	5,5	2,5	Y/Δ-11

№ п/п	Тип трансформатора	Мощность S(кВа)	U <sub>ВН</sub> (кВ)	U <sub>НН</sub> (кВ)	P <sub>кз</sub> (Вт)	P <sub>хх</sub> (Вт)	U <sub>к</sub> (%)	I <sub>хх</sub> (%)	Схема и группа соединений обмоток
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
65	ТМ	250	6	0,69	3700	780	4,5	2,3	Δ/Y-11
66	ТС	160	10	0,69	2700	700	5,5	4,0	Δ/Y <sub>0</sub> -11
67	ТМ	400	6	0,4	5500	1080	4,5	2,1	Y/Y <sub>0</sub> -0
68	ТС	180	3	0,525	3000	1600	5,5	4	Y/Δ-11
69	ТМ	630	10	0,23	7600	1680	5,5	2,0	Y/Δ-11
70	ТС	320	6	0,525	4900	2600	5,5	3,5	Y/Δ-11
71	ТМ	25	10	0,4	690	125	4,7	3,2	Y/Y <sub>0</sub> -0
72	ТС	250	10	0,4	3800	1000	5,5	3,5	Δ/Y <sub>0</sub> -11
73	ТМ	40	6	0,23	1000	180	4,7	3,0	Y/Y <sub>0</sub> -0
74	ТС	400	6	0,23	5400	1300	5,5	3,0	Δ/Y <sub>0</sub> -11
75	ТМ	100	35	0,23	1970	465	6,5	4,15	Y/Y <sub>0</sub> -0
76	ТС	630	10	0,4	7300	2000	5,5	3,0	Δ/Y <sub>0</sub> -11
77	ТМ	160	20	0,69	2650	660	6,5	2,4	Y/Δ-11
78	ТС	1000	10	0,69	11200	3000	5,5	2,5	Δ/Y <sub>0</sub> -11
79	ТМ	250	35	0,23	3700	960	6,5	2,3	Y/Y <sub>0</sub> -0
80	ТС	1600	6	0,4	16000	4200	5,5	2,5	Δ/Y <sub>0</sub> -11
81	ТМ	400	20	0,23	5500	1350	6,5	2,1	Y/Y <sub>0</sub> -0
82	ТМ	630	35	10,5	6300	2450	6,5	1,97	Y/Δ-11
83	ТС	180	10	0,4	3000	1600	5,5	4	Y/Y-0
84	ТМ	1000	20	0,69	12200	2750	6,5	1,5	Δ/Y <sub>0</sub> -11
85	ТМ	1600	35	6,3	16500	3650	6,5	1,4	Y/Δ-11
86	ТС	320	3	0,23	4900	1500	5,5	3,5	Y/Y-0

№ п/п	Тип трансформатора	Мощность S(кВа)	U <sub>ВН</sub> (кВ)	U <sub>НН</sub> (кВ)	P <sub>кз</sub> (Вт)	P <sub>хх</sub> (Вт)	U <sub>к</sub> (%)	I <sub>хх</sub> (%)	Схема и группа соединений обмоток
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
87	ТМ	160	6	0,4	2650	540	4,5	2,4	Y/Y <sub>0</sub> -0
88	ТМ	250	10	0,69	3700	780	4,5	2,3	Δ/Y-11
89	ТС	250	6	0,4	3800	1000	5,5	3,5	Δ/Y <sub>0</sub> -11
90	ТМ	400	10	0,4	5500	1080	4,5	2,1	Y/Y <sub>0</sub> -0
91	ТМ	630	6	3,15	7600	1680	5,5	2,0	Y/Y <sub>0</sub> -0
92	ТС	400	10	0,23	5400	1300	5,5	3	Δ/Y <sub>0</sub> -11
93	ТМ	160	20	0,4	2650	660	6,5	2,4	Y/Y <sub>0</sub> -0
94	ТМ	250	35	0,4	3700	960	6,5	2,3	Y/Y <sub>0</sub> -0
95	ТС	630	6	0,69	7300	2000	5,5	3	Δ/Y <sub>0</sub> -11
96	ТМ	400	35	0,4	5500	1350	6,5	2,1	Y/Y <sub>0</sub> -0
97	ТМ	630	20	0,69	7600	2000	6,5	2,0	Y/Δ-11
98	ТС	560	10	0,23	7400	3500	5,5	3	Y/Y-0
99	ТМ	1000	35	0,4	12200	2750	6,5	1,5	Y/Y <sub>0</sub> -0
100	ТМ	1600	35	10,5	16500	3650	6,5	1,4	Y/Δ-11
101	ТС	750	6	0,4	8800	4900	5,5	2,5	Y/Y-0
102	ТМ	160	6	0,69	2650	540	4,5	2,4	Δ/Y-11
103	ТМ	250	10	0,23	3700	780	4,5	2,3	Δ/Y-11
104	ТС	160	10	0,4	2700	700	5,5	4,0	Δ/Y <sub>0</sub> -11
105	ТМ	400	6	0,69	5500	1080	4,5	2,1	Y/Δ-11
106	ТМ	630	10	0,4	7600	1680	5,5	2,0	Y/Y <sub>0</sub> -0
107	ТС	180	6	0,525	3000	1600	5,5	4	Y/Δ-11
108	ТМ	25	10	0,23	690	125	4,7	3,2	Y/Y <sub>0</sub> -0



№ п/п	Тип трансформатора	Мощность S(кВа)	U <sub>ВН</sub> (кВ)	U <sub>НН</sub> (кВ)	P <sub>кз</sub> (Вт)	P <sub>хх</sub> (Вт)	U <sub>к</sub> (%)	I <sub>хх</sub> (%)	Схема и группа соединений обмоток
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
109	ТМ	40	6	0,4	1000	180	4,7	3	Y/Y <sub>0</sub> -0
110	ТС	32	6	0,23	4900	2600	5,5	3,5	Y/Y-0
111	ТМ	160	35	0,4	2650	660	6,5	2,4	Y/Y <sub>0</sub> -0
112	ТМ	250	20	0,69	3700	960	6,5	2,3	Y/Δ-11
113	ТС	180	6	0,4	3000	1600	5,5	4	Y/Y-0
114	ТМ	400	35	0,23	5500	1350	6,5	2,1	Y/Y <sub>0</sub> -0
115	ТМ	630	20	0,4	7600	2000	6,5	2,0	Y/Y <sub>0</sub> -0
116	ТС	320	10	0,23	4900	2600	5,5	3,5	Y/Y-0
117	ТМ	1000	35	10,5	11600	2750	6,5	1,5	Y/Δ-11
118	ТМ	1600	20	0,69	18000	3650	6,5	1,4	Δ/Y <sub>0</sub> -11
119	ТС	250	10	0,69	3800	1000	5,5	3,5	Δ/Y <sub>0</sub> -11
120	ТМ	160	10	0,23	2650	640	4,5	2,4	Y/Y <sub>0</sub> -0
121	ТМ	250	6,0	0,23	3700	780	4,5	2,3	Y/Y <sub>0</sub> -0
122	ТС	400	6,0	0,69	5400	1300	5,5	3,0	Δ/Y <sub>0</sub> -11
123	ТМ	630	6,0	0,69	7600	1680	5,5	2,0	Δ/Y-11
124	ТМ	250	20	0,4	3700	960	6,5	2,3	Y/Y <sub>0</sub> -0
125	ТС	560	10	0,4	7400	3500	5,5	3	Y/Y-0
126	ТМ	400	20	0,69	5500	1350	6,5	2,1	Y/Δ-11
127	ТМ	630	35	0,4	7600	2000	6,5	2,0	Y/Y <sub>0</sub> -0
128	ТС	750	3,0	0,4	8800	4900	5,5	2,5	Y/Y-0
129	ТМ	1000	20	6,3	11600	2750	6,5	1,5	Y/Δ-11
130	ТМ	1600	35	0,69	18000	3650	6,5	1,4	Y/Y <sub>0</sub> -0

№ п/п	Тип трансформатора	Мощность S(кВа)	U <sub>ВН</sub> (кВ)	U <sub>НН</sub> (кВ)	P <sub>кз</sub> (Вт)	P <sub>хх</sub> (Вт)	U <sub>к</sub> (%)	I <sub>хх</sub> (%)	Схема и группа соединений обмоток
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
131	ТС	160	6	0,4	2700	700	5,5	4,0	Δ/Y <sub>0</sub> -11
132	ТМ	160	10	0,69	2650	540	4,5	2,4	Y/Y <sub>0</sub> -0
133	ТМ	400	10	0,69	5500	1080	5,4	2,1	Y/Δ-11
134	ТС	560	6,0	0,525	7400	3500	5,5	3	Y/Δ-11
135	ТМ	630	6,0	0,23	7600	1680	5,5	2,0	Y/Δ-11
136	ТМ	630	35	0,69	7600	2000	6,5	2,0	Y/Δ-11
137	ТС	320	3,0	0,4	4900	2600	5,5	3,5	Y/Y-0
138	ТМ	1000	20	10,5	11600	2750	6,5	1,5	Y/Δ-11
139	ТМ	1600	20	6,3	16500	3650	6,5	1,4	Y/Δ-11
140	ТС	560	6,0	0,23	7400	3500	5,5	3	Y/Y-0
141	ТМ	630	6,0	0,23	7600	1680	5,5	2,0	Y/Y <sub>0</sub> -0
142	ТМ	1000	35	0,69	12200	2750	6,5	1,5	Y/Y <sub>0</sub> -0
143	ТС	750	10	0,4	8800	4900	5,5	2,5	Y/Y-0
144	ТМ	1600	20	10,5	16500	3650	6,5	1,4	Y/Δ-11
145	ТС	160	10	0,23	2700	700	5,5	4,0	Δ/Y <sub>0</sub> -11
146	ТМ	630	10	0,69	7600	1680	5,5	2,0	Δ/Y-11
147	ТС	560	3,0	0,23	7400	3500	5,5	3,0	Y/Y-0
148	ТМТ	25	6,6	0,23	600	125	4,5	3,2	Y/Y <sub>0</sub> -0
149	ТСЗ	250	13,8	0,4	4400	1100	8,0	4,0	Δ/Y <sub>0</sub> -11
150	ТМТ	40	11	0,4	880	180	4,5	3,0	Δ/Y <sub>0</sub> -11
151	ТСЗ	400	15,75	0,4	6000	1400	8,0	3,5	Y/Y <sub>0</sub> -0
152	ТМТ	63	6,6	0,4	1280	265	4,5	2,8	Δ/Y <sub>0</sub> -11

№ п/п	Тип трансформатора	Мощность S(кВа)	U <sub>ВН</sub> (кВ)	U <sub>НН</sub> (кВ)	P <sub>кз</sub> (Вт)	P <sub>хх</sub> (Вт)	U <sub>к</sub> (%)	I <sub>хх</sub> (%)	Схема и группа соединений обмоток
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
153	ТСЗ	630	13,8	0,4	8700	2300	8,0	3,5	Y/Y <sub>0</sub> -0
154	TMT	100	11	23	1970	365	4,5	2,6	Y/Y <sub>0</sub> -0
155	ТСЗ	1000	15,75	0,4	12000	3200	8,0	3,0	Y/Y <sub>0</sub> -0
156	TMT	160	6,6	0,4	2200	540	4,5	2,4	Δ/Y <sub>0</sub> -11
157	ТСЗ	1600	13,8	0,4	16000	4300	8,0	3,0	Δ/Y <sub>0</sub> -11
158	TMT	250	11	0,23	3100	780	4,5	2,3	Δ/Y <sub>0</sub> -11
159	ТСЗС	630	10,5	0,4	7300	2800	8	3	Δ/Y <sub>0</sub> -11
160	TMT	25	6,6	0,4	600	125	4,5	3,2	Δ/Y <sub>0</sub> -11
161	ТСЗС	1000	10,5	0,4	11200	4200	8	2,5	Δ/Y <sub>0</sub> -11
162	TMT	40	11	0,23	880	180	4,5	3	Y/Y <sub>0</sub> -0
163	ТСЗ	250	15,75	0,4	4400	1100	8	4	Δ/Y <sub>0</sub> -11
164	TMT	63	6,6	0,23	1280	265	4,5	2,8	Y/Y <sub>0</sub> -0
165	ТСЗ	93,8	1,5	0,38	1430	500	4	5,19	Y <sub>0</sub> /Δ -11
166	TMT	100	11	0,4	1970	365	4,5	2,6	Y/Y <sub>0</sub> -0
167	ТСЗ	125	2,3	0,38	1800	530	4	4,2	Y/Δ-11
168	TMT	160	6,6	0,23	220	540	4,5	2,4	Y/Y <sub>0</sub> -0
169	ТСЗ	630	15,75	0,4	8700	2300	8	3,5	Y/Y <sub>0</sub> -0
170	TMT	250	11	0,4	3180	780	4,5	2,3	Y/Y <sub>0</sub> -0
171	ТСЗ	90,7	1,45	0,38	1430	500	4	5,19	Y <sub>0</sub> /Δ -11
172	TMT	25	11	0,23	600	125	4,5	3,2	Y/Y <sub>0</sub> -0
173	ТСЗ	54,5	1,35	0,38	1430	500	4	5,19	Y <sub>0</sub> /Δ -11
174	TMT	40	6,6	0,4	880	180	4,5	3	Y/Y <sub>0</sub> -0

№ п/п	Тип трансформатора	Мощность S(кВа)	U <sub>ВН</sub> (кВ)	U <sub>НН</sub> (кВ)	P <sub>кз</sub> (Вт)	P <sub>хх</sub> (Вт)	U <sub>к</sub> (%)	I <sub>хх</sub> (%)	Схема и группа соединений обмоток
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
175	ТСЗ	114	2,09	0,38	1800	530	4	4,2	Y <sub>0</sub> /Δ -11
176	ТМТ	63	11	0,23	1280	265	4,5	2,8	Y/Y <sub>0</sub> -0
177	ТСЗ	400	13,8	0,4	6000	1400	8	3,5	Y/Y <sub>0</sub> -0
178	ТМТ	100	6,6	0,4	1970	365	4,5	2,6	Δ/Y <sub>0</sub> -11
179	ТСЗ	100	1,6	0,38	1430	500	4	5,19	Y <sub>0</sub> /Δ -11
180	ТМТ	160	11	0,23	2200	540	4,5	2,4	Y/Y <sub>0</sub> -0
181	ТСЗ	121	2,23	0,38	1800	530	4	4,2	Y <sub>0</sub> /Δ -11
182	ТМТ	250	6,6	0,4	3100	780	4,5	2,3	Y/Y <sub>0</sub> -0
183	ТСЗ	1000	13,8	0,4	12000	3200	8,0	3,0	Y/Y <sub>0</sub> -0
184	ТМТ	25	11	0,4	600	125	4,5	3,2	Y/Y <sub>0</sub> -0
185	ТСЗ	97	1,55	0,38	1430	500	4	5,19	Y <sub>0</sub> /Δ -11
186	ТМТ	40	6,6	0,23	880	180	4,5	3	Y/Y <sub>0</sub> -0
187	ТСЗ	118	2,16	0,38	1800	530	4	4,2	Y <sub>0</sub> /Δ -11
188	ТМТ	63	11	0,4	1280	265	4,5	2,8	Y/Y <sub>0</sub> -0
189	ТСЗ	1600	15,75	0,4	16000	4300	8,0	3,0	Δ/Y <sub>0</sub> -11
190	ТМТ	100	6,6	0,23	1970	365	4,5	2,6	Y/Y <sub>0</sub> -0
191	ТСЗ	110	2,02	0,38	1800	530	4	4,2	Y <sub>0</sub> /Δ -11
192	ТМТ	160	11	0,4	2200	540	4,5	2,4	Y/Y <sub>0</sub> -0
193	ТСЗ	87,5	1,4	0,38	1430	500	4	5,19	Y <sub>0</sub> /Δ -11
194	ТМТ	250	6,6	0,23	3100	780	4,5	2,3	Y/Y <sub>0</sub> -0
195	ТСЗ	106	1,95	0,38	1800	530	4	4,2	Y <sub>0</sub> /Δ -11