

«

»

“ ”

“ ”

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ Электрические машины

: 13.03.02

, :

: 3, : 5 6

		5	6
1	( )	0	6
2		0	216
3	, .	2	27
4	, .	2	4
5	, .	0	6
6	, .	0	6
7	, .	0	18
8	, .	0	2
9	, .		9
10	, .	0	187
11	( , , )		
12			

( ): 13.03.02

955 03.09.2015 ., : 25.09.2015 .

: 1,

( ): 13.03.02

, 5 20.06.2017

, 9 21.06.2017

:

, . . . . .

:

, . . . . .

:

. . .

# 1.

1.1

<b>Компетенция ФГОС: ПК.5 готовность определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности; в части следующих результатов обучения:</b>	
10.	
8.	
9.	
<b>Компетенция ФГОС: ПК.6 способность рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности; в части следующих результатов обучения:</b>	
4.	
5.	
9.	

# 2.

2.1

--	--

<b>.5. 8</b>	
1.об конструкционных и электротехнических материалах, применяемых при создании электрических машин и трансформаторов	; ;
2.о тепловых процессах, протекающих в электрических машинах и трансформаторах;	; ;
<b>.5. 9</b>	
3.о законах и правилах, на которых основывается описание принципа действия электрических машин и трансформаторов;	; ;
4.о электромагнитных полях в активных частях электрических машин и трансформаторов при различных режимах работы;	; ;
5.принцип действия электрических машин и трансформаторов;	; ;
<b>.5. 10</b>	
6.о конструктивных особенностях современных электрических машин и трансформаторов;	; ;
7.основные эксплуатационные показатели различных типов трансформаторов и электрических машин;	; ;
<b>.6. 4</b>	
8.оценивать уровень параметров и характеристик различных типов электрических машин и трансформаторов;	; ;
9.проводить расчет и проектирование трансформаторов и электрических машин с учетом особенностей их эксплуатации;	; ;
<b>.6. 5</b>	
10.проводить исследование электромагнитных и тепловых процессов в электрических машинах и трансформаторах при различных режимах эксплуатации;	; ;

11.практически работать с электрическими машинами и трансформаторами;	;	;
<b>.6. 9</b>		
12.оценивать степень влияния геометрии активных частей электрических машин и трансформаторов на уровень параметров и характеристик;	;	
13.основными принципами, законами и правилами электромеханики, основными законами теории теплопередачи и охлаждения, знаниями в области конструкционных и электротехнических материалов;	;	;

### 3.

3.1

	,	.		
<b>: 5</b>				
:				
1.	0	2	10, 11, 2, 3, 7, 9	
<b>: 6</b>				
:				
1.	0	0,3	1, 3, 4	
2.	0	0,3	3, 5, 7, 8	
3.	0	0,3	10, 7	
4.	0	0,3	11, 13, 6	
:				
5.	2	0,3	13, 4, 6	
6.	0	0,3	12, 3, 8	

7..	0	0,3	1, 3, 5, 6	
8..	0	0,3	2, 4	
9..	0	0,2	12, 13, 9	
:				
11..	0	0,2	1, 3, 5	
12..	0	0,2	12, 3, 4, 9	
13..	0	0,2	13	
14..	0	0,2	13	
:				
16.	0	0,2	1, 12, 13, 3, 5, 6, 9	
17..	0	0,2	10, 8	

18.	0	0,2	11, 7, 8	
-----	---	-----	----------	--

3.2

	,	.		
<b>: 6</b>				
:				
1.	4	2	3	
:				
10.	2	2	11, 2	
:				
16.	2	2	7, 8	

3.3

	,	.		
<b>: 6</b>				
:				
11.	2	2	1, 3	
:				
3.	4	2	3, 4, 6, 9	
:				
15.	2	2	10, 13, 5, 8	

3.4

	,	.		
<b>: 6</b>				
:				
1.	0	6	3, 7, 8	
2.	0	6	1, 2, 6, 9	

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

9.	0	4	10, 5, 7, 8	
10.	0	4	8	
10.	0	5	10, 11, 7, 9	

4.

: 5				
1		1, 3, 5	2	0
<p>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000120273</p>				
: 6				
1		8	40	2
<p>[1] : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000120273</p>				
2		1	45	5
<p>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000208340</p> <p>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000218138</p> <p>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000199752</p>				
3		1	12	2
<p>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000218138</p> <p>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000208340</p> <p>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000199752</p> <p>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000120273</p>				

4		1, 10, 11, 12, 13, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	90	0
<p>3.4 : " 3 4 / - ;[ : . . . , . . . ].- , 2014. - 48, [3] : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000208340 : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000218138 140400 / ].- , 2014. - 80, [2] : . . . - ;[ : : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000199752 ( ) / - ;[ . . . ].- , 2009. - 46, [1] : . . . - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000120273</p>				

### 5.

( . 5.1).

5.1

	-
	:em_nstu@em.power.nstu.ru
	e-mail:kulvp@mail.ru
	:em_nstu@em.power.nstu.ru

5.2

1	
<b>Краткое описание применения:</b> Обсуждение результатов экспериментальных исследований лабораторных работ. Обсуждение способов решения задач.	
" 140400 / ].- , 2014. - 80, [2] : . . . - ; : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000199752"	

### 6.

( ),

- ECTS.

. 6.1.

6.1

<b>: 6</b>		
<i>Лекция:</i> Лекция	1	1
<i>Лабораторная:</i> Лабораторная	4	8

Практические занятия: Практика	3	6
Курсовая работа: Итого	0	45
Экзамен: Экзамен	20	40

6.2

6.2

		/	/		
<b>.5</b>	10.	+		+	+
	8.	+	+	+	+
	9.	+	+	+	
<b>.6</b>	4.	+	+	+	+
	5.	+		+	
	9.	+	+	+	

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. 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)
3. 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)
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.

1. Копылов И. П. Электрические машины : учебник для электромех. и электроэнерг. специальностей вузов / И. П. Копылов. - М., 2004. - 607 с. : ил.





### 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 (курсовая работа, лабораторные работы.)	Промежуточная аттестация (экзамен)
ПК.5/ПТ готовность определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности	38. знать эксплуатационные требования к различным видам электрических машин	. Исследование асинхронного двигателя с фазным ротором. . Конструкция и принцип действия. Обмотки статора и ротора. Асинхронная машина при неподвижном роторе. Приведение рабочего процесса вращающейся асинхронной машины к неподвижной. Назначение, области применения, конструкция и принцип действия. Обмотки машин постоянного тока. ЭДС обмотки якоря. Электромагнитный момент. Пуск в ход асинхронного двигателя. Проблемы и способы пуска двигателей. Регулирование частоты вращения асинхронных двигателей. Регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока. Способы пуска. Конструкция и принцип действия. Холостой ход трансформаторов. Уравнения напряжений, коэффициент трансформации. Магнитопроводы и обмотки трансформаторов. Конструкция трансформаторов	Курсовая работа: Расчёт силового трёхфазного трансформатора. Отчеты по лабораторным работам:  1. Исследование однофазного трансформатора. 2. Исследование АД с КЗ ротором.	Экзамен, вопросы: 1,2,3,4,21,28, 29,32,52,59.
ПК.5/ПТ	39. знать основы теории электромеханического преобразования энергии и физических основ работы электрических машин	. Исследование асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором. . Исследование однофазного трансформатора . Исследование синхронного генератора. . Конструкция и принцип действия. Обмотки статора и ротора. Асинхронная машина при неподвижном роторе. Приведение рабочего процесса вращающейся асинхронной машины к неподвижной. Магнитное поле и ЭДС синхронной машины при холостом ходе. Особенности расчёта магнитной цепи. Магнитное поле синхронной машины при	Курсовая работа. Отчеты по лабораторным работам: 1. Исследование однофазного трансформатора. 3. Исследование синхронного генератора. 2. Исследование АД с КЗ ротором.	Экзамен, вопросы: 5,7,8,10,12, 14,20,22,29,35,36,37, 43,45,...

		<p>нагрузке. Продольная и поперечная реакция якоря. Параметры обмотки якоря. Назначение, области применения, конструкция и принцип действия. Обмотки машин постоянного тока. ЭДС обмотки якоря. Электромагнитный момент. Принцип действия и особенности конструкции синхронных машин. Турбогенераторы и гидрогенераторы. Устройство вращающихся электрических машин. Магнитные поля и индуктивные параметры. Исследование генераторов постоянного тока с различными системами возбуждения. Конструкция и принцип действия. Холостой ход трансформаторов. Уравнения напряжений, коэффициент трансформации. Магнитопроводы и обмотки трансформаторов. Работ при нагрузке. Уравнения напряжений, векторная диаграмма, схема замещения.</p>		
ПК.5/ПТ	з10. знать виды электрических машин и их основные характеристики	<p>Векторная диаграмма трансформатора. Схема замещения трансформатора. Анализ параметров трансформатора. Группы соединения обмоток трансформаторов. Переходные процессы в трансформаторах. Исследование асинхронного двигателя с фазным ротором. Исследование асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором. Исследование однофазного трансформатора. Исследование синхронного генератора. Исследование синхронного двигателя. Конструкция и принцип действия. Обмотки статора и ротора. Асинхронная машина при неподвижном роторе. Приведение рабочего процесса вращающейся асинхронной машины к неподвижной. Назначение, области применения, конструкция и принцип действия. Обмотки машин постоянного тока. ЭДС обмотки якоря. Электромагнитный момент. Опыты холостого хода и короткого замыкания. Потери энергии, энергетическая диаграмма и К.П.Д. трансформаторов. Основные уравнения двигателей.</p>	<p>Отчеты по лабораторным работам: 1. Исследование однофазного трансформатора. 3. Исследование синхронного генератора. 2. Исследование АД с КЗ ротором.</p>	<p>Экзамен, вопросы: 6,9,11,13,15, 16,24,25,27,30,31,33, 39,40,41,49,50,51,54, 55,56,60,62,64,65,69, 71,72.</p>

		<p>Характеристики двигателей. Способы пуска и регулирования частоты вращения двигателей постоянного тока. Параллельная работа трансформаторов . Параметры синхронных машин. . Построение трёхфазной обмотки. Расчёт обмоточных коэффициентов, собственных и взаимных индуктивностей. Регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока. Способы пуска. Способы регулирования частоты вращения. Способы пуска. Однофазные асинхронные двигатели. . Трансформирование трёхфазного тока. Схемы и группы соединений. Параллельная работа трансформаторов. Устройство вращающихся электрических машин. Магнитные поля и индуктивные параметры . Характеристики синхронного генератора. Исследование генераторов постоянного тока с различными системами возбуждения. Исследование механических и скоростных характеристик двигателя постоянного тока. Конструкция трансформаторов. Параллельная работа синхронных машин с сетью бесконечно большой мощности. Угловые характеристики. Синхронизирующая мощность и момент. U-образные характеристики синхронных генераторов. Синхронные двигатели. Способы пуска. Регулирование скорости вращения. Синхронный компенсатор Работ при нагрузке. Уравнения напряжений, векторная диаграмма, схема замещения. Характеристики генераторов постоянного тока.</p>		
<p>ПК.6/ПТ способность рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности</p>	<p>у4. уметь рассчитывать режимы работы генераторов и электродвигателей</p>	<p>Векторная диаграмма трансформатора. Схема замещения трансформатора. Анализ параметров трансформатора. Группы соединения обмоток трансформаторов. Переходные процессы в трансформаторах. . Исследование асинхронного двигателя с фазным ротором. . Исследование асинхронных двигателей с</p>	<p>Курсовая работа. Отчеты по лабораторным работам: 1. Исследование однофазного трансформатора. 2. Исследование АД с КЗ ротором. 3. Исследование синхронного генератора.</p>	<p>Экзамен, вопросы: 1718,19,26, 34,38,42,44,46,47,48, 53,57,58,61,63,66,68, 70.</p>

		<p>короткозамкнутым ротором. .  Исследование однофазного трансформатора . 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.  Механические характеристики машин постоянного тока.  Назначение, области применения, конструкция и принцип действия. Обмотки машин постоянного тока.  ЭДС обмотки якоря.  Электромагнитный момент.  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. Параметры синхронных машин.  Построение трёхфазной обмотки. Расчёт обмоточных коэффициентов, собственных и взаимных индуктивностей.  Регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока. Способы пуска. Схема замещения АД.  Параметры АД. Векторная диаграмма. Характеристики синхронного генератора. .  Электромагнитный момент асинхронной машины.  Механические характеристики асинхронных машин переменного тока  Исследование генераторов постоянного тока с различными системами возбуждения. Исследование механических и скоростных характеристик двигателя постоянного тока.  Конструкция трансформаторов Работ при нагрузке. Уравнения напряжений, векторная диаграмма, схема замещения.  Характеристики генераторов постоянного тока.  Электродвижущие и магнитодвижущие силы обмоток машин переменного тока.  Индуктивные параметры.</p>		
--	--	---	--	--

ПК.6/ПТ	у5. уметь проводить стандартные испытания электроэнергетического и электротехнического оборудования и систем	<p>. Группы соединения обмоток трансформаторов. Переходные процессы в трансформаторах. Исследование асинхронного двигателя с фазным ротором. Исследование однофазного трансформатора . Исследование синхронного генератора. . Исследование синхронного двигателя. 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. Пуск в ход асинхронного двигателя. Проблемы и способы пуска двигателей. Регулирование частоты вращения асинхронных двигателей. Регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока. Способы пуска. Способы регулирования частоты вращения. Способы пуска. Однофазные асинхронные двигатели. Схема замещения АД. Параметры АД. Векторная диаграмма. Трансформирование трёхфазного тока. Схемы и группы соединений. Параллельная работа трансформаторов. Исследование генераторов постоянного тока с различными системами возбуждения. Исследование механических и скоростных характеристик двигателя постоянного тока. Параллельная работа синхронных машин с сетью бесконечно большой мощности. Угловые характеристики. Синхронизирующая мощность и момент. U-образные характеристики синхронных генераторов. Синхронные двигатели. Способы пуска. Регулирование скорости вращения. Синхронный компенсатор</p>	Отчеты по лабораторным работам: 1. Исследование однофазного трансформатора. 3. Исследование синхронного генератора.	Экзамен, вопросы:3,6,9,10,18,19,30,31,32,34,43,56,57,59,72.
---------	--	--	---	---

ПК.6/ПТ	у9. уметь владеть методами анализа режимов работы электроэнергетического и электротехнического оборудования и систем	. Векторные диаграммы синхронных машин. Параметры синхронных машин. Группы соединения обмоток трансформаторов. Переходные процессы в трансформаторах. Исследование асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором. . 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. Назначение, области применения, конструкция и принцип действия. Обмотки машин постоянного тока. ЭДС обмотки якоря. Электромагнитный момент. Параметры синхронных машин. . Способы регулирования активной и реактивной мощности. Параллельная работа с сетью. 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 . Электромагнитный момент асинхронной машины. Механические характеристики асинхронных машин переменного тока Электродвижущие и магнитодвижущие силы обмоток машин переменного тока. Индуктивные параметры.	Курсовая работа. Отчеты по лабораторным работам: 2. Исследование АД с КЗ ротором. 3. Исследование синхронного генератора.	Экзамен, вопросы:6, 19,20,24,25,26,28,30, 38,39,40,41,43,44,52, 55,63,67.
---------	--	--	---	---

3

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

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

Экзамен проводится в письменной форме, по билетам в соответствии с паспортом экзамена.

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

В 5 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 учебной 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.

**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.

**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.

**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.

## Паспорт экзамена

по дисциплине «Электрические машины», 5 семестр

### 1. Методика оценки

Экзамен проводится в письменной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1-24, второй вопрос из диапазона вопросов 25-50, третий вопрос из диапазона вопросов 51-72 (список вопросов приведен ниже). В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

### Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Факультет ФЭН

Билет № 3

к экзамену по дисциплине «Электрические машины»

---

1. Электрические соотношения в идеальном трансформаторе.
2. Магнитные поля и индуктивные сопротивления обмоток переменного тока. Главное индуктивное сопротивление, индуктивные сопротивления рассеяния.
3. Электромагнитная мощность и электромагнитный момент МПТ. Основные соотношения.

Утверждаю: Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ д.т.н., профессор, 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 считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, оценка составляет ниже **15 баллов**.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений оценка составляет **15-25 баллов**.
- Ответ на экзаменационный билет (тест) билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает

характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, оценка составляет **26-34 баллов**.

- Ответ на экзаменационный билет (тест) билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, оценка составляет **35-40 баллов**.

### 3. Шкала оценки

Экзамен считается сданным, если сумма баллов по всем вопросам билета составляет не менее 15 баллов (из 40 возможных).

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. Конструкция и принцип действия трансформаторов.
2. Виды трансформаторов.
3. Электрические соотношения в идеальном трансформаторе.
4. Магнитопроводы трансформаторов, конструкция магнитопроводов.
5. Конструкции обмоток трансформаторов.
6. Схемы и группы соединения обмоток трансформаторов.
7. Явления, возникающие при намагничивании магнитопроводов трансформаторов.
8. Расчет магнитной цепи трансформатора.
9. Индуктивности обмоток трансформатора и электромагнитное рассеяние.
10. Уравнения напряжения трансформатора. Переходные процессы в трансформаторах.
11. Приведение вторичной обмотки трансформатора к первичной.
12. Т-образная схема замещения трансформатора с учетом магнитных потерь.
13. Опытное определение параметров схемы замещения, опыт ХХ. опыт К.З
14. Работа под нагрузкой простейшего трансформатора. Векторная диаграмма при активно - индуктивной нагрузке.
15. Г-образная схема замещения трансформатора.
16. Зависимость приведенного вторичного напряжения трансформатора от нагрузки.
17. Определение изменения вторичного напряжения трансформатора. Внешняя характеристика трансформатора.
18. Коэффициент полезного действия (к.п.д.) трансформатора.
19. Условия параллельной работы трансформаторов.
20. Основные виды машин переменного тока.
21. Устройство асинхронной машины.
22. Создание вращающего магнитного поля в машинах переменного тока.
23. Уравнения пульсирующих и бегущих волн.
24. Электродвижущие силы обмотки переменного тока. Обмоточные коэффициенты.
25. Улучшение формы кривой Э.Д.С. обмотки переменного тока.
26. Намагничивающие силы обмоток переменного тока.
27. Магнитные поля и индуктивные сопротивления обмоток переменного тока. Главное индуктивное сопротивление, индуктивные сопротивления рассеяния.
28. Принцип действия асинхронной машины. Асинхронные машины с фазным и короткозамкнутым роторами.
29. Приведение рабочего процесса А.М. при вращающемся роторе к рабочему процессу при неподвижном роторе.
30. Т-образная схема замещения асинхронного двигателя. Опытное определение параметров схемы замещения.
31. Г-образная схема замещения асинхронного двигателя.
32. Электромагнитный момент асинхронного двигателя. Выражение для электромагнитного

момента.

33. Энергетическая диаграмма асинхронного двигателя.
34. Механические характеристики асинхронного двигателя. Максимальный электромагнитный момент, пусковой момент.
35. Устройство и принцип действия синхронной машины.
36. Явнополюсные и неявнополюсные синхронные машины. Особенности конструкции, основные области применения.
37. Магнитное поле обмотки возбуждения синхронной машины (СМ). Меры, предусмотренные в СМ для создания синусоидального поля под полюсом. Коэффициент формы поля возбуждения.
38. Выражения для амплитуды основной гармоники поля возбуждения, взаимной индуктивности обмотки возбуждения с фазой обмотки статора, ЭДС в якоре от поля обмотки возбуждения.
39. Поле реакции якоря СМ. Продольная и поперечная ось в явнополюсной СМ. Метод или теория двух реакций.
40. Продольная и поперечная реакции якоря. Связь характера нагрузки СМ на вид реакции якоря. Разложения тока якоря на продольную и поперечную составляющие.
41. Магнитные поля и ЭДС продольной и поперечной реакции якоря.
42. Векторная диаграмма токов  $I_{ad}$ ,  $I_{aq}$ , потоков  $\Phi_{ad}$ ,  $\Phi_{aq}$ , и ЭДС  $E_{ad}$ ,  $E_{aq}$ , для синхронного генератора при смешанной активно-индуктивной нагрузке ( )
43. Уравнение электрического равновесия синхронного генератора. Выражения ЭДС через соответствующие токи и индуктивные сопротивления.
44. Векторная диаграмма напряжений явнополюсного синхронного генератора при активно-индуктивной нагрузке (диаграмма Blondеля).
45. Характеристики холостого хода и короткого замыкания синхронного генератора.
46. Внешняя и регулировочная характеристики синхронного генератора при разном характере нагрузки.
47. Нагрузочная характеристика синхронного генератора при разном характере нагрузки. Реактивный треугольник, или треугольник Потье.
48. Устройство и принцип действия машины постоянного тока (МПТ).
49. Принцип обратимости МПТ. Режим генератора, режим двигателя. Роль коллектора в различных режимах работы.
50. Преобразование энергии в МПТ. Направление ЭДС тока и моментов в генераторе и двигателе постоянного тока.
51. Электромагнитная мощность и электромагнитный момент МПТ. Основные соотношения.
52. ЭДС якоря МПТ. Основные соотношения. Обмотки якоря МПТ.
53. Схемы возбуждения генераторов (двигателей) постоянного тока (ПТ). Начертить схемы, объяснить работу.
54. Энергетическая диаграмма генератора ПТ независимого возбуждения. Выражение для полезной мощности ( $P_2$ ).
55. Уравнения электрического равновесия и вращающих моментов генератора ПТ.
56. Энергетическая диаграмма двигателя ПТ параллельного возбуждения. Выражение для полезной мощности ( $P_2$ ).
57. Уравнения вращающих моментов для генератора и двигателя ПТ.
58. Уравнения напряжения и тока, скорости вращения, механической характеристики двигателя ПТ.
59. Способы регулирования скорости вращения двигателя ПТ. Способы пуска двигателя ПТ.
60. Характеристики холостого хода, короткого замыкания и внешняя генератора ПТ независимого возбуждения. Начертить, пояснить.
61. Регулировочная и нагрузочная характеристики генератора ПТ независимого возбуждения. Начертить, пояснить.
62. Основные электромагнитные нагрузки и машинная постоянная в МПТ.
63. Закон электромагнитной индукции. Применение закона к трансформаторам и электрическим машинам.
64. Напряжение короткого замыкания трансформатора. Определение, физический смысл.
65. Упрощенная векторная диаграмма трансформатора.
66. Пуск в ход АД с фазным ротором.
67. Почему ответвления для регулирования напряжения трансформатора выполняются на стороне ВН?

68. Правила правой и левой руки в применении к задачам электромеханики.
69. Решение задач снижения потерь на вихревые токи в электрических машинах и трансформаторах.
70. Физический смысл и способы определения  $X_d$ .
71. V-образные характеристики СМ, работающей параллельно с сетью.
72. АД с глубокопазым и двухклеточным ротором. Явления вытеснения тока при пуске.

## Паспорт курсовой работы

по дисциплине «Электрические машины», 5 семестр

### 1. Методика оценки.

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

В работе выполняется расчет силового трехфазного трансформатора воздушного (сухого) или масляного охлаждения. Магнитопровод трансформатора трехстержневой, плоский. Рассчитанный трансформатор должен отвечать действующим ГОСТам.

Задание на проектирование трансформатора включает в себя 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.

Структура:

КР 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.

Этапы выполнения и защиты:

По результатам расчета оформляется расчетно-пояснительная записка (ф. 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 в соответствии с рекомендациями методических указаний к расчету КР. Защита КР производится в устной форме.

Оцениваемые позиции:

При сдаче и защите КР оценивается качество оформления работы, правильность расчетов и ответов на контрольные вопросы, приведенные в пункте 5 паспорта КР.

## 2. Критерии оценки.

- работа считается **не выполненной**, если оценка составляет менее **15 баллов**.
- работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если оценка составляет **15-27 баллов**.
- работа считается выполненной **на базовом** уровне, если оценка составляет **28-37 баллов**.
- работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если оценка составляет **38-45 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 курсовой работы.

Варианты исходных данных для выполнения КР приведены в отдельном Приложении рабочей программы.

## 5. Перечень вопросов к защите курсовой работы.

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. Какие процессы будут иметь место в трансформаторе, если первичную обмотку трансформатора подключить к источнику постоянного тока такого же напряжения ?
7. Что такое напряжение короткого замыкания, чем оно определяется? На какие характеристики трансформатора оказывает влияние его значение.
8. Объясните, почему потери в стали магнитопровода практически не зависят от нагрузки?
9. С какой целью магнитопровод трансформатора выполняется из стали. Можно ли выполнить трансформатор на частоту 50 Гц без стального сердечника?
10. Объясните построение векторной диаграммы трансформатора. Как влияет характер нагрузки на величину выходного напряжения?
11. Объясните, почему величина  $U_k$  трансформатора много меньше номинального напряжения.
12. Как влияет величина индукции в магнитопроводе и наличие воздушных зазоров в магнитопроводе на величину намагничивающего тока?
13. Что такое внешние характеристики трансформатора? Как они снимаются. От чего зависит наклон внешних характеристик?
14. Что такое “ток холостого хода” трансформатора, где он протекает в трансформаторе? От каких факторов зависит величина тока холостого хода.
15. Объясните энергетическую диаграмму трансформатора.
16. Как распределится нагрузка между двумя параллельно работающими трансформаторами если их  $U_k$  не равны? Приведите доказательство.

17. В чем сущность “эквивалентной” замены вторичной обмотки трансформатора? Зачем и как реальная обмотка заменяется иной, с другими параметрами и другим значением тока и напряжения?
18. Какие требования предъявляются к трансформатору при параллельной работе с другими трансформаторами? К каким последствиям приводит нарушение этих требований.
19. Почему при холостом ходе трансформатора с увеличением приложенного напряжения изменяется  $\cos \varphi$ ? Приведите доказательство вашего ответа.
20. Почему, как правило, трансформатор имеет максимальное значение к.п.д. при нагрузке меньше номинальной? Как это достигается?
21. Какими магнитными полями “обусловлены” реактивности  $X_1, X_2', X_m$ ? Покажите, где они замыкаются. Какая связь существует между этими полями и соответствующими реактивностями?
22. Что такое группа соединения обмотки трансформатора? Изобразите схему обмотки с \_\_\_\_\_ группой соединения.
23. Изменится ли ток холостого хода  $I_0$  и амплитуда магнитной индукции  $B_m$  в сердечнике трансформатора, если уменьшить сечение магнитопровода? Приведите доказательство вашего ответа.
24. Покажите, при каких условиях при синусоидальном напряжении ток холостого хода однофазного трансформатора может быть несинусоидальным?
25. В каких случаях и почему в фазных напряжениях трехфазных трансформаторов возникает третья гармоника э.д.с.?
26. Как и почему распределяется нагрузка между параллельно работающими трансформаторами с разными коэффициентами трансформации?
27. Как Вы считаете, зависит ли индуктивное сопротивление взаимоиндукции  $X_m$  от величины первичного напряжения? Ответ обоснуйте.
28. Какие потери имеют место в режиме к.з.? Объясните зависимость  $P_K = f(U_1)$ .
29. Как определить опытным путем потери в стали магнитопровода и потери в обмотке трансформатора?
30. Объясните влияние характера нагрузки на выходное напряжение  $U_2$ ?
31. Почему  $\cos \varphi_0$  в режиме х.х. трансформатора значительно меньше чем в номинальном режиме? Объясните зависимость  $\cos \varphi_0 = f(U_1)$ .
32. Что такое группа соединения трансформатора? Как ее можно определить по векторной диаграмме? Какие схемы и группы соединений трансформаторов являются стандартными?
33. Изобразите схему замещения трансформатора при нагрузке, поясните параметры и объясните соотношения параметров.

### 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