

Министерство энергетики и жилищно-коммунального хозяйства Тверской области
ГБПОУ «Удомельский колледж»

Рассмотрено на заседании
методического совета ГБПОУ
«Удомельский колледж»
Протокол № 3 от 28.08.2020г.

УТВЕРЖДЕНО
Приказом директора ГБПОУ
«Удомельский колледж»
№. 158/1 от 31.08.2020г.

Комплект контрольно-оценочных средств по дисциплине

Электрические машины и трансформаторы

г. Удомля
2020 г

КОС учебной дисциплины разработана на основе Федерального государственного образовательного стандарта по специальности среднего профессионального образования (далее – СПО)

13.02.03 Электрические станции, сети и системы

Организация-разработчик ГБПОУ «Удомельский колледж»

Разработчики:

Лазерко И.Р. преподаватель дисциплин профессионального цикла

оценочных средств

2	Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке.....	4
3	Оценка освоения учебной дисциплины:.....	5
3.1	Формы и методы оценивания.....	5
3.2	Типовые задания для оценки освоения учебной дисциплины.....	8
4	Контрольно-оценочные средства для итоговой аттестации по учебной дисциплине.	28
5.	Дополнения и изменения к комплекту КИМ на учебный год.....	31

1 Паспорт комплекта контрольно-оценочных средств

Контрольно-оценочные средства (далее КОС) предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины Электрические машины и трансформаторы

КОС включают контрольные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации в форме экзамена.

КОС разработаны на основании положений:

- основной профессиональной образовательной программы по специальности СПО;
- программы учебной дисциплины

2 Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке

2.1. В результате аттестации по учебной дисциплине осуществляется комплексная проверка следующих умений и знаний, которые формируют общие компетенции:

Таблица 1

Результаты обучения (освоенные умения, усвоенные знания)	Основные показатели оценки результатов	Форма контроля и оценивания
<p>– У1. подбирать по справочным материалам электрические машины для заданных условий эксплуатации</p> <p>;</p> <p>ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.</p> <p>ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.</p>	<p>Систематизация знаний по электрическим машинам</p>	<p>устный опрос практическое занятие самостоятельная работа</p>
<p>– З1. Знание технических параметров, характеристик и особенностей различных видов электрических машин</p> <p>ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.</p> <p>ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.</p>	<p>Обобщение знаний характеристикам, назначению, особенностям и устройству электрических машин</p>	<p>устный опрос контрольная работа</p>

3 Оценка освоения учебной дисциплины:

3.1. Формы и методы оценивания

Предметом оценки служат умения и знания по дисциплине электрические машины, направленные на формирование общих компетенций.

Контроль качества освоения дисциплины проводится в процессе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль проводится в пределах учебного времени, отведенного на дисциплину, как традиционными, так и инновационными методами, включая работу в локальных сетях. Результаты текущего контроля учитываются при подведении итогов по дисциплине.

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена по итогам изучения дисциплины в конце учебного года.

Контроль и оценка освоения учебной дисциплины по темам (разделам)

Таблица 2

Элемент учебной дисциплины	Формы и методы контроля					
	Текущий контроль		Рубежный контроль		Промежуточная аттестация	
	Форма контроля	Проверяемые ОК, У, З	Форма контроля	Проверяемые ОК, У, З	Форма контроля	Проверяемые ОК, У, З
Раздел 1. Электрические машины			<i>Контрольная работа №1</i>	<i>У1,31,ОК4, ОК6.</i>	<i>экзамен</i>	<i>У1,31,ОК4, ОК6.</i>
Тема 1.1.Электрические машины и трансформаторы	<i>Устный опрос Практическое занятие №1 Самостоятельная работа №1</i>	<i>У1,31,ОК4, ОК6.</i>				
Тема 1.2 Бесколлекторные машины	<i>Устный опрос Самостоятельная работа №2</i>	<i>У1,31,ОК4, ОК6.</i>				
Тема 1.3 Электрические аппараты	<i>Устный опрос</i>	<i>У1,31,ОК4, ОК6.</i>				
Тема 1.4 Асинхронные и синхронные двигатели	<i>Устный опрос Самостоятельная работа №3 Практическое занятие №2 Практическое занятие №3</i>	<i>У1,31,ОК4, ОК6.</i>				
Тема 1.5. Трансформаторы	<i>Устный опрос Практическое занятие №4 Практическое занятие №5 Практическое занятие №6</i>	<i>У1,31,ОК4, ОК6.</i>				

Тема 1.6. Машины постоянного тока	<i>Устный опрос Контрольный «срез» Практическое занятие №7 Практическое занятие №8 Практическое занятие №9 Практическое занятие №10</i>	<i>У1,31,ОК4, ОК6.</i>				
---	---	----------------------------	--	--	--	--

3.2 Типовые задания для оценки освоения учебной дисциплины

Самостоятельная работа №1

Ответить на вопросы:

1. Как называются силы, возникающие между взаимно перпендикулярными проводниками?
2. Описать способы гашения электрической дуги
3. Какие виды аппаратов относятся к аппаратам высокого напряжения?
4. Описать принцип действия и устройство электромеханических реле
5. Описать конструкцию плавких предохранителей

Критерии оценивания

Отметка	Необходимый минимум %баллов
5	85
4	70
3	50

Ориентировочное время выполнения работы – 10 МИНУТ

Самостоятельная работа №2

Ответить на вопросы:

1. Почему гармонические составляющие МДС обмотки статора называют пространственными?
2. Какие методы подавления высших пространственных гармоник применяют в машинах переменного тока?
3. Какова зависимость частоты вращения МДС обмотки статора от частоты тока и числа полюсов в обмотке статора?
4. Как изменить направление вращения МДС обмотки статора?
5. Каково относительное значение магнитной индукции обратной составляющей поля статора при круговом, эллиптическом и пульсирующем магнитных полях?

Критерии оценивания

Отметка	Необходимый минимум %баллов
5	85
4	70
3	50

Ориентировочное время выполнения работы – 15 МИНУТ

Самостоятельная работа №3

Ответить на вопросы:

1. Что называется режимом холостого хода трансформатора? Дать схему, привести формулу для коэффициента трансформации трансформатора. Почему его определяют в режиме холостого хода?
2. Написать формулу для определения к.п.д. трансформатора при любой нагрузке. Пояснить входящие величины. Изменится ли к.п.д. при повреждении изоляции пластин магнитопровода.
3. Какие потери мощности имеют место в трансформаторе при нагрузке? На что повлияет воздушный зазор в месте стыка ярма и стержня магнитопровода трансформатора?
4. Почему при изменении нагрузки вторичной обмотки трансформатора автоматически изменяется ток первичной обмотки? Привести уравнение токов трансформатора.

- 5 Почему в опыте холостого хода пренебрегают потерями мощности в обмотках? Какие потери мощности определяют в опыте холостого хода?
6. Как изменится магнитный поток в сердечнике трансформатора при увеличении тока нагрузки в два раза? Ответ обосновать формулой.
7. Что называется напряжением опыта короткого замыкания трансформатора? Для какой цели проводят опыт короткого замыкания трансформатора?
8. На что затрачивается мощность, потребляемая трансформатором, при опыте короткого замыкания? Ответ обосновать.
- 9 Чем отличается автотрансформатор от трансформатора? Доказать экономические преимущества автотрансформатора перед трансформатором равной мощности.
- 10 Почему при опыте короткого замыкания трансформатора пренебрегают потерями мощности в сердечнике?

Критерии оценивания

Отметка	Необходимый минимум %баллов
5	85
4	70
3	50

Ориентировочное время выполнения работы – 30 МИНУТ

Контрольный «срез» по дисциплине «Электрические машины»

Контрольные задания состоят из шести вариантов, включающих по три задания, носящие как теоретический характер, так и практическую направленность.

Время проведения контрольного «среза» составляет **20 минут**.

Критерии оценки:

90-100% правильных ответов – оценка «отлично»,

70-89% – «хорошо»,

50-69% – «удовлетворительно»,

менее 50% – «неудовлетворительно».

ВАРИАНТ 1

Задание 1. Поясните принцип работы однофазного двухобмоточного трансформатора.

Задание 2. Поясните, может ли ротор асинхронной машины вращаться синхронно с полем статора.

Задание 3. Определите значение ЭДС наводимой в фазной обмотке статора асинхронного двигателя при его известных параметрах:
 $\Phi_{\max}=0,045\text{Вб}$, $f_1=50\text{Гц}$, $W_1=96$ витков, $K_{\text{об.1}}=0,96$.

ВАРИАНТ 2

Задание 1. Поясните, почему с увеличением тока нагрузки трансформатора увеличивается ток в его первичной обмотке.

Задание 2. Какова зависимость частоты вращения магнитного поля статора машины переменного тока от частоты тока и числа полюсов в статоре.

Задание 3. Определите значение ЭДС наводимой в фазной обмотке ротора асинхронного двигателя при его известных параметрах:
 $\Phi_{\max}=0,03\text{Вб}$, $f_{2s}=3\text{Гц}$, $W_2=8$ витков, $K_{об.2}=1$.

ВАРИАНТ 3

Задание 1. При каком условии и почему напряжение на выходе трансформатора становится больше ЭДС на зажимах вторичной обмотки, измеренной в режиме холостого хода трансформатора?

Задание 2. Как изменить направление вращения МДС обмотки статора асинхронного двигателя?

Задание 3. Определите номинальный ток во вторичной обмотке однофазного трансформатора имеющего следующие параметры: $S_{ном}=3300\text{вт}$; $U_{2ном}=36\text{В}$.

ВАРИАНТ 4

Задание 1. Запишите уравнение максимального магнитного потока наводимого в магнитопроводе трансформатора и будет ли он изменяться, если трансформатор включать в сеть с частотой тока выше и ниже номинального значения?

Задание 2. Поясните, в чем сходство и различие между асинхронным двигателем и трансформатором.

Задание 3. Определите КПД трансформатора при известных его параметрах: $b=0,4$; $S_{ном}=2\text{кВ}\cdot\text{А}$; $\cos\varphi_2=0,7$; $P_{0ном}=0,07\text{кВ}\cdot\text{А}$; $P_{к.ном}=0,06\text{кВ}\cdot\text{А}$.

ВАРИАНТ 5

Задание 1. Поясните, как из основной группы соединения обмоток трансформатора можно получить дополнительные группы соединения обмоток трансформатора.

Задание 2. Какими показателями характеризуются пусковые свойства асинхронного двигателя?

Задание 3. Электрические потери в обмотке статора трехфазного асинхронного двигателя составили 930Вт, магнитные потери 265Вт, потребляемая мощность двигателем из сети 16,7кВт. Определите электромагнитную мощность передаваемую из статора в ротор.

ВАРИАНТ 6

Задание 1. Какие условия необходимо соблюдать при включении трансформатора на параллельную работу?

Задание 2. Почему при частотном регулировании скорости асинхронного двигателя одновременно с частотой тока необходимо изменять напряжение подводимое к двигателю?

Задание 3. Определите ток в фазе обмотки статора трехфазного асинхронного двигателя работающего от сети $U_1=380\text{В}$, потребляемая мощность из сети $P_1=16,7\text{кВт}$ при $\cos\varphi_1=0.87$. Обмотки статора соединены по схеме «звезда».

Контрольная работа №1

Целью контрольной работы является закрепление знаний, полученных при изучении курса, а также проработка вопросов, выделенных под самостоятельную работу студента.

Критерии оценивания

Отметка	Необходимый минимум %баллов
5	85
4	70
3	50

Ориентировочное время выполнения работы – 40 МИНУТ

По дисциплине Электрические машины каждый студент выполняет одну контрольную работу, состоящую из двух частей, - теоретической и расчетной (практической) частей. Варианты контрольной работы для каждого студента индивидуальные.

Часть-1. Каждый студент должен определить свой вариант по таблице 1 следующим образом: цифра по горизонтали — последняя цифра зачетной книжки студента, буквы по вертикали — первая буква фамилии студента. Так, например студент Иванов с последним номером зачетной книжки — 5, согласно таблице 1 должен выполнять задания контрольных работ по варианту №2.

3.1 Таблица 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
А-Г	1	7	4	1	7	4	9	4	7	9
Д-И	8	2	8	5	2	8	5	1	5	8
К-Л	2	7	3	9	6	3	9	6	2	6
М-О	3	1	6	4	1	7	4	1	7	3
П-С	6	4	2	5	5	2	8	5	2	8
Т-Я	8	8	5	3	4	6	3	9	6	3

Часть-2. Каждый студент определяет свой вариант по таблице 2 следующим образом: цифра по горизонтали — последняя цифра зачетной книжки студента, буквы по вертикали — первая буква фамилии студента. Так, например студент Иванов с последним номером зачетной книжки — 5, согласно таблице 1 должен выполнять задания контрольных работ по варианту №16.

3.2 Таблица 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
А-Г	1	8	20	9	10	11	4	12	11	13
Д-И	14	2	15	1	16	3	17	12	18	10
К-Л	19	1	3	20	2	5	13	2	9	3
М-О	4	18	5	2	6	14	7	8	1	5
П-С	15	16	17	16	18	6	19	7	20	1
Т-Я	9	10	17	11	5	12	7	13	6	14

При выполнении контрольной работы необходимо соблюдать следующие требования:

1. Написать условие задачи и поставленные в контрольной работе вопросы.

2. Перед вычислением привести формулы, а затем уже сами вычисления в развернутом виде. Обязательно указать размерность (единицы измерения величин, входящих в формулу). Расчеты производить в системе СИ.

Необходимые для решения величины и коэффициенты, не указанные в задании, принимаются на основании учебного материала со ссылкой на источник. Все вычисления выполняются на микрокалькуляторе с точностью не более двух знаков после запятой.

3. Работа должна быть выполнена на компьютере, схемы вычерчены карандашом (черными чернилами) с соблюдением требований ГОСТ.

4. Контрольная работа должна иметь список используемой литературы, дату и подпись студента.

5. Не зачтенная контрольная работа сдается на повторную проверку вместе с первоначальной работой и замечаниями преподавателя.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Часть-1:

1. ТРАНСФОРМАТОРЫ

Задача 1.0. В табл. 1.1 приведены данные некоторых параметров трехфазных масляных трансформаторов: номинальная мощность $S_{ном}$; номинальные первичное $U_{1ном}$ и вторичное $U_{2ном}$ напряжения; номинальный ток первичной стороны $I_{1ном}$; напряжение короткого замыкания u_k и его активная $u_{к,а}$ и реактивная $u_{к,р}$ составляющие; ток холостого хода i_0 ; мощности холостого хода P_0 и короткого замыкания P_k ; коэффициенты мощности холостого хода $\cos\varphi_0$ и короткого замыкания $\cos\varphi_k$; сопротивление короткого замыкания Z_k и его активная r_k и реактивная x_k составляющие; номинальное изменение напряжения при сбросе нагрузки $\Delta U_{ном}$ при коэффициенте мощности нагрузки трансформатора $\cos\varphi_2 = 0,8$ (характер нагрузки — индуктивный). Соединение обмоток трансформатора Y/Y. Требуется определить параметры трансформатора, значения которых в таблице не указаны.

Решение варианта с трансформатором ТМ-25/10.

1. Номинальный ток в первичной обмотке

$$I_{1ном} = S_{ном} / (\sqrt{3} \cdot U_{1ном}) = 25 / (1,73 \cdot 10) = 1,45 \text{ А.}$$

Таблица 1.1

3.2.1.1 Параметр	3.2.1.2 Тип трансформатора					
	ТМ-25/10	ТМ-40/6	ТМ-63/10	ТМ-100/6	ТМ-160/10	ТМ-250/6
3.2.1.2.1 Варианты	0	1-2	3	4-5	6-7	8-9
$S_{ном}$, кВ·А	25	—	63	—	—	250
$U_{1ном}$, кВ	10	6	10	6	10	—
u_k , %	4,5	—	4,5	—	4,5	—
i_0 , %	3,2	—	4,5	2,6	2,4	—
P_0 , кВт	0,13	0,175	—	—	0,51	—
P_k , кВт	0,6	0,88	—	—	2,65	—
$I_{1ном}$, А	—	3,87	—	9,6	0	24
I_0 , А	—	0,115	0,16	—	—	—
U_k , кВ	—	0,28	0,45	—	—	—
Z_k , Ом	—	—	—	—	—	—
$\cos\varphi_k$	—	—	—	0,30	—	—
$\sin\varphi_k$	—	—	—	—	—	—
$\cos\varphi_0$	—	—	—	—	—	0,13

$u_{k,a}, \%$	—	—	—	1,95	—	—
$u_{k,p}, \%$	—	—	—	6,2	—	—
r_k, OM	—	—	—	—	—	0,0036
x_k, OM	—	—	—	—	—	0,01
$\Delta U_{\text{НОМ}}, \%$	—	—	—	—	—	—

2. Ток холостого хода

$$I_0 = (i_0/100) I_{1\text{НОМ}} = (3,2/100) \cdot 1,44 = 0,046 \text{ A.}$$

3. Коэффициент мощности холостого хода

$$\cos\varphi_0 = P_0/(\sqrt{3} \cdot I_0 \cdot U_{1\text{НОМ}}) = 0,13/(1,73 \cdot 0,046 \cdot 10) = 0,16.$$

4. Напряжение короткого замыкания

$$U_k = (u_k/100) \cdot U_{1\text{НОМ}}/\sqrt{3} = (4,5/100) \cdot 10/1,73 = 0,26 \text{ кВ.}$$

5. Коэффициент мощности короткого замыкания

$$\cos\varphi_k = P_k/(3 \cdot I_{1\text{НОМ}} \cdot U_k) = 0,6/(3 \cdot 1,44 \cdot 0,26) = 0,53; \sin\varphi_k = 0,85.$$

6. Активная и реактивная составляющие напряжения короткого замыкания

$$u_{k,a} = u_k \cos\varphi_k = 4,5 \cdot 0,53 = 2,38 \%;$$

$$u_{k,p} = u_k \sin\varphi_k = 4,5 \cdot 0,85 = 3,8 \%.$$

7. Сопротивление короткого замыкания

$$Z_k = U_k/I_{1\text{НОМ}} = 0,26 \cdot 10^3/1,44 = 180 \text{ OM.}$$

8. Активная и индуктивная составляющие сопротивления короткого замыкания

$$r_k = Z_k \cos\varphi_k = 180 \cdot 0,53 = 95,4 \text{ OM;}$$

$$x_k = Z_k \sin\varphi_k = 180 \cdot 0,85 = 153 \text{ OM.}$$

9. Номинальное изменение напряжения трансформатора при сбросе нагрузки

$$3.3 \quad \Delta U_{\text{НОМ}} = u_{k,a} \cos\varphi_2 + u_{k,p} \sin\varphi_2 = 2,38 \cdot 0,8 + 3,8 \cdot 0,6 = 4,18 \%.$$

Задача 1.1. В таблице 1.2 приведены технические данные трехфазных трансформаторов серии ТСЗ (трансформатор трехфазный сухой с заземленной первичной обмоткой). Используя эти данные, определить: коэффициент трансформации k , номинальные значения токов первичной $I_{1\text{НОМ}}$ и вторичной $I_{2\text{НОМ}}$ обмоток; ток холостого хода I_0 ; напряжение короткого замыкания $U_{k,\text{НОМ}}$; сопротивление короткого замыкания Z_k и его активную r_k и индуктивную x_k составляющие; определить номинальное изменение напряжения при значениях коэффициента мощности нагрузки $\cos\varphi_2 = 1; 0,8$ (инд.) и $0,8$ (емк.); номинальные и максимальные значения КПД трансформатора при коэффициентах мощности нагрузки $\cos\varphi_2 = 1$ и $0,8$.

Таблица 1.2

Варианты	Тип трансформатора	$S_{\text{НОМ}}, \text{кВ}\cdot\text{А}$	$U_{1\text{НОМ}}, \text{В}$	$I_{1\text{НОМ}}, \text{А}$	$P_{01}, \text{кВт}$	$P_{k,\text{НОМ}}, \text{кВт}$	$u_k, \%$	$i_0, \%$
0	ТСЗ-160/6	160	6	0,23	0,7	2,7	5,5	4,0
1	ТСЗ-160/10	160	10	0,4	0,7	2,7	5,5	4,0
2	ТСЗ-250/6	250	6	0,23	1,0	3,8	5,5	3,5
3	ТСЗ-250/10	250	10	0,4	1,0	3,8	5,5	3,5
4	ТСЗ-400/6	400	6	0,23	1,3	5,4	5,5	3,0
5	ТСЗ-400/10	400	10	0,4	1,3	5,4	5,5	3,0

6	ТСЗ-630/6	630	6	0,4	2,0	7,3	5,5	1,5
7	ТСЗ-630/10	630	10	0,4	2,0	7,3	5,5	1,5
8	ТСЗ-1000/6	1000	6	0,4	30	11,3	5,5	1,5
9	ТСЗ-1000/10	1000	10	0,4	3,0	11,3	5,5	1,5

Решение варианта с трансформатором ТСЗ-160/6.

1. Коэффициент трансформации

$$k = U_{1\text{НОМ}} / U_{2\text{НОМ}} = 6/0,23 = 26.$$

2. Номинальный ток первичной обмотки

$$I_{1\text{НОМ}} = S_{\text{НОМ}} / (\sqrt{3} \cdot U_{1\text{НОМ}}) = 160 / (1,73 \cdot 6) = 15,4 \text{ А.}$$

3. Номинальный ток вторичной обмотки

$$I_{2\text{НОМ}} = I_{1\text{НОМ}} \cdot k = 15,4 \cdot 26 = 400 \text{ А}$$

4. Ток холостого хода

$$I_0 = (i_0/100) \cdot I_{1\text{НОМ}} = (4/100) \cdot 15,4 = 0,6 \text{ А.}$$

5. Напряжение короткого замыкания

$$U_{1\text{К}} = (u_k/100) \cdot U_{1\text{НОМ}} = (5,5/100) \cdot 6000 = 330 \text{ В.}$$

6. Сопротивление короткого замыкания

$$Z_k = U_{1\text{К}} / (\sqrt{3} \cdot I_{1\text{К}}) = 330 / (1,73 \cdot 15,4) = 12,4 \text{ Ом.}$$

7. Коэффициент мощности короткого замыкания

$$\cos \varphi_k = P_k / (\sqrt{3} \cdot I_{1\text{НОМ}} \cdot U_k) = 2700 / (1,73 \cdot 330 \cdot 15,4) = 0,31; \quad \sin \varphi_k = 0,95$$

8. Активная и реактивная составляющие сопротивления короткого замыкания

$$r_k = Z_k \cos \varphi_k = 12,4 \cdot 0,31 = 3,8 \text{ Ом;}$$

$$x_k = Z_k \sin \varphi_k = 12,4 \cdot 0,95 = 11,8 \text{ Ом.}$$

9. Активная и реактивная составляющие напряжения короткого замыкания

$$u_{k,a} = u_k \cos \varphi_k = 5,5 \cdot 0,31 = 1,7\%;$$

$$u_{k,p} = u_k \sin \varphi_k = 5,5 \cdot 0,95 = 5,2 \text{ \%}.$$

10. Изменение вторичного напряжения трансформатора при номинальной нагрузке ($\beta = 1$):

при коэффициенте мощности нагрузки $\cos \varphi_2 = 1, \sin \varphi_2 = 0$

$$\Delta U_{\text{НОМ}} = u_{k,a} \cos \varphi_2 + u_{k,p} \sin \varphi_2 = 1,7 \cdot 1 + 0 = 1,7\%;$$

при коэффициенте мощности нагрузки $\cos \varphi_2 = 0,8$ (инд.), $\sin \varphi_2 = 0,6$

$$\Delta U_{\text{НОМ}} = u_{k,a} \cos \varphi_2 + u_{k,p} \sin \varphi_2 = 1,7 \cdot 0,8 + 5,2 \cdot 0,6 = 4,48 \text{ \%};$$

при коэффициенте мощности нагрузки $\cos \varphi_2 = 0,8$ (емк.), $\sin \varphi_2 = 0,6$

$$\Delta U_{\text{НОМ}} = u_{k,a} \cos \varphi_2 + u_{k,p} \sin \varphi_2 = 1,7 \cdot 0,8 + 5,2 \cdot (-0,6) = -1,8\%.$$

Результаты расчета изменения вторичного напряжения трансформатора $\Delta U_{\text{НОМ}}$ при номинальной нагрузке ($\beta = 1$):

$\cos \varphi_2$1,0 0,8 (инд.) 0,8 (емк.)

$\Delta U_{\text{НОМ}}, \text{ \%}$1,7 4,48 -1,8

$\Delta U_{\text{НОМ}}, \text{ В}$3,9 10,3 -4,14

$U_2 = U_{2\text{НОМ}} - \Delta U_{\text{НОМ}}, \text{ В}$ 226 220 234

Внешние характеристики трансформатора представлены на рис. 1.9.

11. КПД трансформатора при номинальной нагрузке ($\beta=1$) и коэффициенте мощности $\cos \varphi_2 = 1$

$$\eta = \frac{\beta \cdot S_{\text{НОМ}} \cdot \cos \varphi_2}{\beta \cdot S_{\text{НОМ}} \cdot \cos \varphi_2 + P_{0\text{НОМ}} + \beta^2 P_{\text{к.НОМ}}} = \frac{1 \cdot 160 \cdot 1}{1 \cdot 160 \cdot 1 + 0,7 + 1^2 \cdot 2,7} = 0,98;$$

при номинальной нагрузке и коэффициенте мощности $\cos \varphi_2 = 0,8$

$$\eta = \frac{\beta \cdot S_{\text{НОМ}} \cdot \cos \varphi_2}{\beta \cdot S_{\text{НОМ}} \cdot \cos \varphi_2 + P_{0\text{НОМ}} + \beta^2 P_{\text{к.НОМ}}} = \frac{1 \cdot 160 \cdot 0,8}{1 \cdot 160 \cdot 0,8 + 0,7 + 1^2 \cdot 2,7} = 0,974;$$

12. Максимальный КПД:

при $\cos \varphi_2 = 1$

$$\eta = \frac{\beta' \cdot S_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi_2}{\beta' \cdot S_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi_2 + P_{0\text{ном}} + 2 \cdot P_{\text{ном}}} = \frac{0,51 \cdot 160 \cdot 1}{0,51 \cdot 160 \cdot 1 + 2 \cdot 0,7} = 0,983;$$

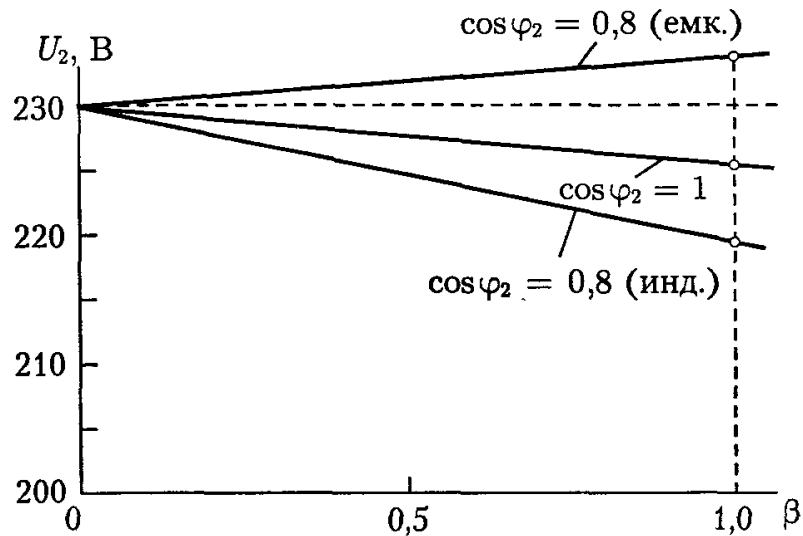


Рис. 1.9. Внешние характеристики трансформатора при $\cos \varphi_2 = 0,8$

$$\eta = \frac{\beta' \cdot S_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi_2}{\beta' \cdot S_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi_2 + P_{0\text{ном}} + 2 \cdot P_{\text{ном}}} = \frac{0,51 \cdot 160 \cdot 0,8}{0,51 \cdot 160 \cdot 0,8 + 2 \cdot 0,7} = 0,979;$$

где коэффициент нагрузки, соответствующий максимальному КПД,

$$\beta' = \sqrt{\frac{P_{0\text{ном}}}{P_{\text{к.ном}}}} = \sqrt{\frac{0,7}{2,7}} = 0,51.$$

2. Асинхронные двигатели

Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором серии 4А имеет технические данные, приведенные в таблице 2.1. Определить высоту оси вращения h , число полюсов $2p$, скольжение при номинальной нагрузке $s_{\text{ном}}$, момент на валу $M_{\text{ном}}$, начальный пусковой $M_{\text{п}}$ и максимальный M_{max} моменты, потребляемую двигателем из сети активную мощность $P_{1\text{ном}}$, суммарные потери при номинальной нагрузке ΣP , номинальный и пусковой токи $I_{\text{ном}}$ и $I_{\text{п}}$ в питающей сети при соединении обмоток статора «звездой» и «треугольником».

Таблица 2.1

Тип двигателя и варианты	$P_{\text{ном}}$, кВт	n_2 об/мин	$\eta_{\text{ном}}$, %	$\cos \varphi_1$	$I_{\text{п}}/I_{\text{ном}}$	$M_{\text{п}}/M_{\text{ном}}$	$M_{\text{max}}/M_{\text{ном}}$	U_1 , В
4А100S2УЗ - 0	4,0	2880	86,5	0,89	7,5	2,0	2,5	220/380
4А160S2УЗ - (1)	15,0	2940	88,0	0,91	7,0	1,4	2,2	220/380
4А200M2УЗ -(2)	37,0	2945	90,0	0,89	7,5	1,4	2,5	380/660
4А112M4УЗ -(3)	5,5	1445	85,5	0,85	7,0	2,0	2,2	220/380
4А132M4УЗ -(4)	11,0	1460	87,5	0,87	7,5	2,2	3,0	220/380
4А180M4УЗ -(5)	30,0	1470	91,0	0,89	6,5	1,4	2,3	380/660
4А200M6УЗ -(6)	22,0	975	90,0	0,90	6,5	1,3	2,4	220/380
4А280M6УЗ -(7)	90,0	985	92,5	0,89	5,5	1,4	2,2	380/660

4A315M8УЗ -(8)	110	740	93,0	0,85	6,5	1,2	2,3	380/660
4A355M10УЗ-(9)	110	590	93,0	0,83	6,0	1,0	1,8	380/660

Решение варианта с двигателем 4A100S2УЗ.

1. В обозначении типоразмера двигателя цифры, стоящие после обозначения серии 4А, указывают на высоту оси вращения, т. е. $h = 100$ мм.

2. Следующая далее цифра указывает на число полюсов, т. е. $2p = 2$; при частоте переменного тока 50 Гц этому числу полюсов соответствует синхронная частота вращения $n_2 = 3000$ об/мин.

3. Скольжение при номинальной нагрузке определяется номинальной частотой вращения ротора двигателя

$$s_{\text{ном}} = (n_1 - n_{2\text{ном}})/n_1 = (3000 - 2880)/3000 = 0,04 \text{ или } 4\%.$$

4. Момент на валу двигателя (полезный момент двигателя) при номинальной нагрузке, т.е. при номинальной частоте вращения 2820 об/мин

$$M_2 = 9,55 P_{\text{ном}}/n_{2\text{ном}} = 9,55 \cdot 4000/2880 = 13,26 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

5. Начальный пусковой момент

$$M_{\text{п}} = M_{\text{ном}}(M_{\text{п}}/M_{\text{ном}}) = 13,26 \cdot 2 = 26,52 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

6. Максимальный (критический) момент двигателя определяют по его перегрузочной способности

$$M_{\text{max}} = M_{\text{ном}}(M_{\text{max}}/M_{\text{ном}}) = 13,26 \cdot 2,5 = 33,15 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

7. Номинальный ток в фазной обмотке статора

$$I_{\text{ном}} = P_{\text{ном}}/(m_1 U_1 \eta_{\text{ном}} \cos \varphi_{1\text{ном}}) = 4000/(3 \cdot 220 \cdot 0,865 \cdot 0,89) = 7,9 \text{ А}.$$

8. Потребляемая двигателем из сети активная мощность в режиме номинальной нагрузки

$$P_{1\text{ном}} = P_{\text{ном}}/\eta_{\text{ном}} = 4/0,865 = 4,6 \text{ кВт}.$$

9. Суммарные потери двигателя при номинальной нагрузке

$$\Sigma P = P_{1\text{ном}} - P_{\text{ном}} = 4,6 - 4,0 = 0,6 \text{ кВт}.$$

10. Линейный ток статора:

при соединении обмоток статора «звездой»

$$I_{1\text{лY}} = 7,9 \text{ А},$$

при соединении обмоток статора «треугольником»

$$I_{1\text{л}\Delta} = 1,73 \cdot I_1 = 1,73 \cdot 7,9 = 13,5 \text{ А}.$$

3. Синхронные генераторы

Задача 3.0. Трехфазный синхронный генератор явнополюсной конструкции номинальной мощностью $S_{\text{ном}}$ и числом полюсов $2p$ включен на параллельную работу с сетью напряжением U_1 частотой $f = 50$ Гц. Статор генератора имеет длину l_1 и диаметр D_1 ; магнитная индукция в воздушном зазоре B_{δ} , коэффициент заполнения сердечника статора сталью $\kappa_c = 0,95$. Фазная обмотка статора содержит w_1 последовательно соединенных витков с обмоточным коэффициентом $k_{\text{об1}} = 0,92$. Фазные обмотки статора соединены «звездой». Синхронные индуктивные сопротивления генератора: по продольной оси x_d , по поперечной оси x_q . Значения перечисленных параметров приведены в табл. 3.1.

Требуется определить тормозные моменты, действующие на ротор генератора: основной $M_{\text{осн}}$, реактивный M_p и результирующий $M = M_{\text{осн}} + M_p$ и построить графики этих моментов в функции угла θ ; вычислить перегрузочную способность генератора, если режим номинальной нагрузки соответствует углу нагрузки $\theta_{\text{ном}} = 16,5^\circ$.

Таблица 3.1

Параметр	Варианты
----------	----------

	0	1-2	3	4-5	6	7-8	9
$S_{ном}, \text{кВ}\cdot\text{А}$	640	400	700	950	630	460	570
$U_1, \text{В}$	6000	660	6000	6000	6000	660	660
$2p$	12	8	10	16	12	8	10
$D_1, \text{м}$	0,80	0,92	0,86	1,80	1,0	0,80	1,0
$l_1, \text{м}$	0,52	0,25	0,35	0,50	0,50	0,30	0,32
$B_\delta, \text{Тл}$	0,88	0,78	0,80	0,85	0,78	0,76	0,80
Число витков w_1	420	66	480	450	380	62	58
$x_d, \text{Ом}$	89	1,70	85	62,7	96,5	1,50	0,95
$x_q, \text{Ом}$	41,4	0,78	36,6	21,5	33,6	0,45	0,37

Решение варианта 0.

1. Фазное напряжение генератора

$$U_{1\phi} = 6000/1,73 = 3468 \text{ В.}$$

2. Поллюсное деление

$$\tau = \pi D_1/2p = 3,14 \cdot 0,80/12 = 0,21 \text{ м.}$$

3. Основной магнитный поток

$$\Phi = (2/\pi)B_\delta \tau l_1 k_c = 0,64 \cdot 0,88 \cdot 0,21 \cdot 0,52 \cdot 0,95 = 0,058 \text{ Вб.}$$

4. Основная ЭДС генератора

$$E_0 = 4,44f_1 \Phi w_1 k_{об1} = 4,44 \cdot 50 \cdot 0,058 \cdot 420 \cdot 0,92 = 4975 \text{ В.}$$

5. Синхронная угловая скорость вращения

$$\omega_1 = 2\pi f_1/p = 2 \cdot 3,14 \cdot 50/6 = 52,3 \text{ рад/с или } n = 500 \text{ об/мин.}$$

6. Максимальное значение основного электромагнитного момента генератора ($\theta = 90^\circ$)

$$M_{осн.макс} = \frac{m_1 U_{1\phi} E_0}{\omega_1 x_d} = \frac{3 \cdot 3468 \cdot 4975}{52,3 \cdot 89} = 11120 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

7. Максимальное значение реактивного момента генератора

$$M_{р.макс} = \frac{m_1 U_{1\phi}^2}{2\omega_1 x_d} \left[\frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d} \right] = \frac{3 \cdot 3468^2}{2 \cdot 52,3} \left[\frac{1}{41,4} - \frac{1}{89} \right] = 4484 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

8. Результаты расчетов основного момента

$$M_{осн} = M_{осн.макс} \sin\theta,$$

реактивного момента

$$M_p = M_{р.макс} \sin 2\theta$$

и результирующего момента

$$M = M_{осн} + M_p$$

для ряда значений угла нагрузки θ представлены в табл. 3.2.

9. Критическое значение угла нагрузки $\theta_{кр}$, соответствующее максимальному результирующему моменту,

$$\cos\theta_{кр} = \sqrt{\beta + 0,5} - \beta = \sqrt{0,25 - 0,5} - 0,25 = 0,49; \quad \sin\theta_{кр} = 0,857,$$

откуда

$$\theta_{кр} = \arccos 0,49 = 59^\circ$$

где

$$\beta = E_0/[4U_{1\phi}(x_d/x_q - 1)] = 4975/[4 \cdot 3468(89/41,4 - 1)] = 0,31.$$

Таблица 3.2

Параметр	Значения параметра					
θ , град.	20	30	45	60	70	90

$\sin\theta$	0,342	0,500	0,707	0,866	0,940	1,00
$M_{\text{осн}}, \text{Н}\cdot\text{м}$	3803	5560	7861	9629	10 452	11120
$\sin 2\theta$	0,643	0,866	1,00	0,866	0,643	0,00
$M_p, \text{Н}\cdot\text{м}$	2883	3883	4484	3883	2883	0,00
$M, \text{Н}\cdot\text{м}$	6686	9443	12 345	13 512	13 335	11120

Углы $\theta_{\text{кр}} = 59^\circ$ соответствуют моменты:

$$M'_{\text{осн}} = M_{\text{осн.макс}} \sin\theta_{\text{кр}} = 11120 \cdot 0,857 = 9530 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M' = M_{p,\text{макс}} \sin 2\theta_{\text{кр}} = 4484 \cdot 0,883 = 3960 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{макс}} = M'_{\text{осн}} + M' = 9530 + 3960 = 13 490 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

10. По результатам расчетов построены угловые характеристики синхронного явнополюсного генератора (рис. 3.1).

По характеристике результирующего момента $M = f(\theta)$ определяем момент номинального режима при $\theta_{\text{ном}} = 16,5^\circ$; $M_{\text{ном}} = 5600 \text{ Н}\cdot\text{м}$. следовательно, перегрузочная способность генератора равна

$$M_{\text{макс}}/M_{\text{ном}} = 13 490/5600 = 2,4.$$

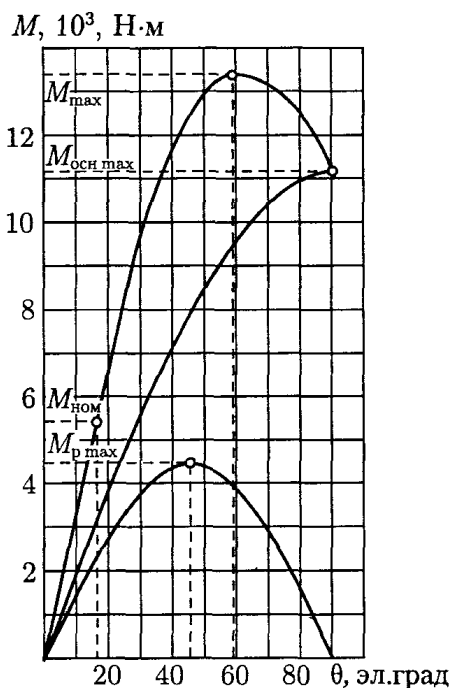


Рис.3.1. Угловые характеристики синхронного генератора

4. Коллекторные машины постоянного тока

Задача 4.0. В табл. 4.1 даны значения параметров двигателя постоянного тока независимого возбуждения: номинальная мощность двигателя $P_{\text{ном}}$, напряжение питания цепи якоря $U_{\text{ном}}$, напряжение питания цепи возбуждения U_b , частота вращения якоря в номинальном режиме $n_{\text{ном}}$, сопротивления цепи якоря Σr и цепи возбуждения r_b , приведенные к рабочей температуре, падение напряжения в щеточном контакте при номинальном токе $\Delta U_{\text{щ}} = 2 \text{ В}$, номинальное изменение напряжения при сбросе нагрузки $\Delta n_{\text{ном}} = 8,0 \%$, ток якоря в режиме холостого хода I_0 . Требуется определить все виды потерь и КПД двигателя.

Таблица 4.1

Параметр	Варианты
----------	----------

	0	1	2-3	4-5	6-7	8-9
$P_{\text{НОМ}}$, кВт	25	40	53	75	16	11
$U_{\text{НОМ}}$, В	440	440	440	440	220	220
$U_{\text{В}}$, В	220	220	220	220	220	ПО
I_0 , А	6,0	7,5	8,0	10,8	8,7	5,8
Σr , Ом	0,30	0,17	0,12	0,70	0,18	0,27
$r_{\text{В}}$, Ом	60	55	42	40	60	27
$n_{\text{НОМ}}$, об/мин	2200	1000	2360	3150	1500	800

Решение варианта 0.

1. Частота вращения в режиме холостого хода

$$n_0 = n_{\text{НОМ}}[1 + (\Delta n_{\text{НОМ}}/100)] = 2200(1 + 8/100) = 2376 \text{ об/мин.}$$

2. ЭДС якоря в режиме холостого хода (падением напряжения в щеточном контакте пренебрегаем ввиду его незначительной величины в режиме холостого хода)

$$E_{a0} = U_{\text{НОМ}} - I_0 \Sigma r = 440 - 6 \cdot 0,3 = 438,2 \text{ В.}$$

3. Момент в режиме холостого хода

$$M_0 = 9,55 E_{a0} I_0 / n_0 = 9,55 \cdot 438,2 \cdot 6 / 2376 = 10,6 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

4. Момент на валу двигателя в режиме номинальной нагрузки

$$M_{2\text{НОМ}} = 9,55 P_{\text{НОМ}} / n_{\text{НОМ}} = 9,55 \cdot 25 \cdot 10^3 / 2200 = 108,5 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

5. Электромагнитный момент двигателя при номинальной нагрузке

$$M_{\text{НОМ}} = M_0 + M_{2\text{НОМ}} = 10,6 + 108,5 = 119 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

6. Электромагнитная мощность двигателя в режиме номинальной нагрузки

$$P_{\text{ЭМ,НОМ}} = 0,105 M_{\text{НОМ}} n_{\text{НОМ}} = 0,105 \cdot 119 \cdot 2200 = 27\,490 \text{ Вт.}$$

7. ЭДС якоря в режиме холостого хода можно представить как

$$E_{a0} = c_e \Phi n_0,$$

откуда

$$c_e \Phi = E_{a0} / n_0 = 438,2 / 2376 = 0,185,$$

но так как $c_m / c_e = 9,55$, то

$$c_m \Phi = 9,55 c_e \Phi = 9,55 \cdot 0,185 = 1,77.$$

Из выражения электромагнитного момента в режиме номинальной нагрузки

$$M_{\text{НОМ}} = c_m \Phi I_{a\text{НОМ}}$$

определим значение тока якоря в режиме номинальной нагрузки

$$I_{a\text{НОМ}} = M_{\text{НОМ}} / (c_m \Phi) = 119 / 1,77 = 67 \text{ А.}$$

8. Сумма магнитных и механических потерь двигателя пропорциональна моменту холостого хода

$$P_{\text{МАГН}} + P_{\text{МЕХ}} = 0,105 M_0 n_0 = 0,105 \cdot 10,6 \cdot 2376 = 2644 \text{ Вт.}$$

9. Электрические потери в цепи обмотки якоря

$$P_{a\text{Э}} = I_{a\text{НОМ}}^2 \Sigma r = 67^2 \cdot 0,3 = 1347 \text{ Вт.}$$

10. Электрические потери в щеточном контакте якоря

$$P_{\text{Щ,Э}} = I_{a\text{НОМ}} \Delta U_{\text{Щ}} = 67 \cdot 2 = 134 \text{ Вт.}$$

11. Мощность, подводимая к цепи якоря, в номинальном режиме

$$P_{1a\text{НОМ}} = U_{\text{НОМ}} I_{a\text{НОМ}} = 440 \cdot 67 = 29\,480 \text{ Вт.}$$

12. Ток в обмотке возбуждения

$$I_{\text{В}} = U_{\text{В}} / r_{\text{В}} = 220 / 60 = 3,7 \text{ А.}$$

13. Мощность в цепи возбуждения

$$P_{\text{В}} = U_{\text{В}} I_{\text{В}} = 220 \cdot 3,7 = 814 \text{ Вт.}$$

14. Мощность, потребляемая двигателем в режиме номинальной нагрузки,

$$P_{\text{НОМ}} = P_{1a\text{НОМ}} + P_{\text{В}} = 29\,480 + 814 = 30\,295 \text{ Вт или } 30,3 \text{ кВт}$$

15. КПД двигателя в номинальном режиме

$$\eta_{\text{НОМ}} = (P_{\text{НОМ}} / P_{1a\text{НОМ}}) 100 = (25 / 30,3) 100 = 82,5\%.$$

Часть-2:

ЗАДАНИЕ 1. Необходимо письменно ответить на вопрос, согласно своего варианта (Таблица 2).

1. Классификация электрических аппаратов. Требования, предъявляемые к электрическим аппаратам
2. Источники тепловой энергии и потери в деталях электрических аппаратов
3. Допустимая температура нагрева частей аппаратов. Термическая стойкость.
4. Электродинамические силы между параллельными проводниками. Электродинамическая стойкость.
5. Классификация контактных соединений. Переходное сопротивление электрического контакта.
6. Основные конструкции контактов.
7. Причины износа контактов при размыкании и замыкании.
8. Материалы для контактных соединений.
9. Электрическая дуга и причины ее возникновения.
10. Условия гашения дуги переменного тока.
11. Условия гашения дуги постоянного тока.
12. Гашение дуги в масле.
13. Гашение дуги в дугогасительных камерах.
14. Гашение дуги в элегазе.
15. Гашение дуги в вакууме.
16. Бездуговая коммутация электрических цепей.
17. Принцип действия и классификация электромагнитных механизмов электрических аппаратов.
18. Электромагнитные механизмы переменного тока.
19. Электромагнитные механизмы постоянного тока.
20. Замедление и ускорение действия электромагнитных механизмов

ЗАДАНИЕ 2. Необходимо описать область рационального применения, конструкцию, принцип действия и основные технические характеристики электрического аппарата, согласно своего варианта.

1. Автоматические выключатели серии АЗ700
2. Реле максимального тока РТ-40
3. Реле максимального тока РТ-80
4. Электромагнитный пускатель серии ПМЛ и приставки к пускателю.
5. Реле времени серии ВС
6. Реле тепловое токовое серии РТТ
7. Реле тепловое серии РТЛ
8. Автоматический выключатель серии АП50
9. Электромагнитные реле на герконах
10. Кулачковый контроллер серии ККТ
11. Электромагнитное реле серии РПУ
12. Плавкие предохранители серий ПН -2 и ПР-2
13. Устройство защитного отключения (УЗО)
14. Бесконтактные путевые выключатели
15. Автоматические выключатели серии ВА
16. Реле контроля скорости
17. Пневматическое реле времени серии РВП-72
18. Электронные реле времени серии ВЛ

19. Реле тепловое серии РТТ

20. Электромагнитный контактор серии КТ

ЗАДАНИЕ 3. Для электродвигателя (см. табл. 2.1) необходимо определить необходимые сечения проводов, рассчитать и выбрать электрические аппараты защиты (предохранитель, тепловое реле и автоматический выключатель), начертить схемы защиты электродвигателя данными аппаратами согласно своего варианта

3.3.1.2.1 Таблица 2.1

№ Вар-та	Тип двигателя	$P_{\text{ном}}$, кВт	$n_{2\text{ном}}$, об/мин	$\eta_{\text{ном}}$, %	$\cos\varphi_1$	$\frac{I_n}{I_{\text{ном}}}$	$\frac{M_n}{M_{\text{ном}}}$	$\frac{M_{\text{max}}}{M_{\text{ном}}}$	U_1 , В
1	4А100S2У3	4,0	2880	86,5	0,89	7,5	2,0	2,5	220/380
2	4А160S2У3	15,0	2940	88,0	0,91	7,0	1,4	2,2	220/380
3	4А200М2У3	37,0	2945	90,0	0,89	7,5	1,4	2,5	380/660
4	4А112М4У3	5,5	1445	85,5	0,85	7,0	2,0	2,2	220/380
5	4А132М4У3	11,0	1460	87,5	0,87	7,5	2,2	3,0	220/380
6	4А180М4У3	30,0	1470	91,0	0,89	6,5	1,4	2,3	380/660
7	4А200М6У3	22,0	975	90,0	0,90	6,5	1,3	2,4	220/380
8	4А280М6У3	90,0	985	92,5	0,89	5,5	1,4	2,2	380/660
9	4А315М8У3	110	740	93,0	0,83	6,0	1,0	1,8	380/660
10	4А355М10У3	110	590	93,0	0,83	6,0	1,0	1,8	380/660
11	4АМН280S6	90	1000	64,0	0,68	3,4	2,1	2,3	220/380
12	4АМН280М8	90	750	66,0	0,66	3,1	2,1	2,2	220/380
13	4АМН280S8	75	2950	71,0	0,67	3,7	2,2	2,3	220/380
14	4АА63В4У3	0,37	2950	70,0	0,70	3,5	2,0	2,2	220/380
15	4А71А4У3	0,55	2880	70,5	0,70	4,5	2,2	2,2	220/380
16	4А71В4У3	0,75	2880	72,0	0,73	4,5	2,2	2,2	220/380
17	4А80А4У3	1,10	2880	74,5	0,81	5,0	2,0	2,2	220/380
18	4А90S4У3	2,20	950	80,0	0,85	6,0	2,0	2,2	220/380
19	4А100S4У3	3,0	956	82,0	0,84	6,5	2,0	2,5	220/380
20	4А132S4У3	7,50	965	87,5	0,86	7,5	2,0	2,2	220/380

Пример выполнения задания 3: Для электродвигателя напряжением 380/220 В прокладывают электрическую сеть из четырех жильного алюминиевого провода в газовых трубах. Электродвигатель типа 4А155М4У3 (условно) с короткозамкнутым ротором и параметрами: $P_{\text{ном}} = 12$ кВт; $n_{2\text{ном}} = 3000$ об/мин; $\eta_{\text{ном}} = 88\%$; $\cos\varphi_1 = 0,9$; $\frac{I_n}{I_{\text{ном}}} = 7$. Определить необходимые сечения проводов, рассчитать и выбрать электрические аппараты защиты (предохранитель, тепловое реле и автоматический выключатель), начертить схему защиты для трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. При решении данной задачи необходимо пользоваться справочным материалом, обозначенным в файле «Справочный материал».

Решение:

1. Номинальный ток электродвигателя:

$$I_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном.max}}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\varphi_1 \cdot \eta_n} = \frac{12 \cdot 10^3}{1,73 \cdot 380 \cdot 0,9 \cdot 0,88} = \frac{12000}{520,6} = 23 \text{ А}$$

2. Ток плавкой вставки предохранителя FUI :

Пусковой ток электродвигателя:

$$I_{\text{пуск}} = k_{\text{п}} \cdot I_{\text{ном}} = 7 \cdot 23 = 161 \text{ А.}$$

$$I_{\text{вст}} \geq \frac{I_{\text{пуск}}}{2,5} = \frac{I_{\text{ном}} \cdot k_n}{2,5} = \frac{23 \cdot 7}{2,5} = 64,4 \text{ А.}$$

Выбираем ближайшую стандартную плавкую вставку ПР-2 на ток $I_{\text{вст}} = 80 \text{ А}$. Ввиду того, что электродвигатель может быть подвержен перегрузкам, ведущий к нему участок сети должен быть защищен от токов перегрузки, т.е. провод должен быть рассчитан на ток $I \geq 1,25 \cdot I_{\text{вст}} = 1,25 \cdot 80 = 100 \text{ А}$. По справочным таблицам (Таблица 5) определяем, что требуемая площадь сечения алюминиевого провода (четыре одножильных провода) составляет 50 мм^2 .

Выбираем автоматический выключатель. Исходя из $I_{\text{ном}}$ потребляемый электродвигателем выбираем из Таблицы 4 автоматический выключатель АЗ110 с электромагнитным расцепителем.

При выборе автоматов должны соблюдаться следующие условия:

1. номинальный ток автомата $I_{\text{н.а}}$ и ток уставки расцепителя I_y должны быть больше расчетного тока I_p , т.е.

$$I_{\text{н.а}} > I_p; \quad I_y > I_p;$$

$$100\text{А} > 23\text{А}; \quad 201,25\text{А} > 23\text{А}$$

2. ток уставки мгновенного срабатывания (отсечки) электромагнитного расцепителя $I_{y.m}$ принимается в зависимости от пикового тока линии $I_{\text{пик}}$:

$$I_{y.m} > 1,25 \cdot I_{\text{пик}}$$

$$I_{y.m} > 1,25 \cdot 161 = 201,25\text{А}$$

Выбираем реверсивные магнитные пускатели с температурной защитой по таблице 5. Для данного двигателя принимаем пускатель ПА-323 с температурным реле ТРП-32. Такой пускатель допускает управление двигателем мощностью до 17 кВт.

ЗАДАНИЕ 4. Необходимо письменно ответить на вопрос, согласно своего варианта.

1. Комплектные распределительные устройства 6 - 10 кВ.
2. Выключатели высоковольтные воздушные.
- 3.3.1.3 3. Выключатели высоковольтные элегазовые
4. Высоковольтные предохранители
5. Разъединители
6. Выключатели нагрузки
7. Выключатель масляный серии ВМП-10
8. Выключатель гашения магнитного поля
9. Измерительные трансформаторы тока
10. Измерительные трансформаторы напряжения
11. Автоматический выключатель серии АВМ
12. Контактторы постоянного тока
13. Контактторы переменного тока
14. Автоматический выключатель «Электрон»
15. Токоограничивающие реакторы
16. Вентильные разрядники
17. Трубчатые разрядники
18. Варисторные ограничители перенапряжения
19. Отделители и короткозамыкатели
20. Выключатели высоковольтные вакуумные

4 *Контрольно-оценочные средства для итоговой аттестации по учебной дисциплине*

Предметом оценки являются умения и знания. Контроль и оценка осуществляются с использованием следующих форм и методов:

- устный опрос, тестирование, практическое занятие, самостоятельная работа (текущий контроль);

- контрольная работа (рубежный контроль)
 - экзамен (промежуточная аттестация)
- Оценка освоения дисциплины предусматривает:
- проведение экзамена в устной форме

Критерии оценки

«Отлично» - студент глубоко изучил учебный материал; последовательно и исчерпывающе отвечает на поставленные вопросы; свободно применяет полученные знания на практике; практические, лабораторные и курсовые работы выполняет правильно, без ошибок, в установленные нормативом время.

«Хорошо» - студент твердо знает учебный материал; отвечает без наводящих вопросов и не допускает при ответе серьезных ошибок; умеет применять полученные знания на практике; практические, лабораторные и курсовые работы выполняет правильно, без ошибок.

«Удовлетворительно» - студент знает лишь основной материал; на заданные вопросы отвечает недостаточно четко и полно, что требует дополнительных и уточняющих вопросов преподавателя; практические, лабораторные и курсовые работы выполняет с ошибками, не отражающимися на качестве выполненной работы.

«Неудовлетворительно» - студент имеет отдельные представления об изученном материале; не может полно и правильно ответить на поставленные вопросы, при ответах допускает грубые ошибки; практические, лабораторные и курсовые работы не выполнены или выполнены с ошибками, влияющими на качество выполненной работы.

ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К СДАЧЕ зачета

1. Назначение, область применения и классификация трансформаторов.
2. Электрическая дуга: условия и способы гашения дуги.
3. Параллельная работа трансформаторов. Условия и распределения и распределения нагрузок между трансформаторами.
4. Электрические аппараты управления: назначение, классификация, устройство.
5. Потери и коэффициент полезного действия асинхронной машины.
6. Кнопки управления: технические характеристики, основные конструкции, принцип действия.
7. Устройство и принцип действия однофазного асинхронного двигателя.
8. Предохранители, конструкция, предъявляемые требования.
9. Назначение, область применения и принцип работы синхронных двигателей.
10. Тепловое реле: принцип действия, устройство.
11. Назначение, область применения и устройство машин постоянного тока, конструкция их основных узлов.
12. Конструкция предохранителей низкого напряжения.
13. Силовые трансформаторы общего назначения.
14. Автоматические воздушные выключатели: назначение, предъявляемые требования.
15. Пуск, торможение и реверс асинхронного двигателя.
16. Изоляция электрических аппаратов и машин. Условия работы и требования, предъявляемые к изоляции.
17. Способы регулирования скорости асинхронного двигателя.
18. Потери мощности и энергии в трансформаторе. КПД трансформатора.
19. Способы охлаждения электрических машин.
20. Электрические контакты: типы, основные конструкции, предъявляемые требования, материалы.

21. Устройство и принцип действия трансформатора.
22. Трансформирование трёхфазного электрического тока, схемы включения, основные группы соединения обмоток трёхфазных трансформаторов.
23. Правила эксплуатации трансформаторов.
24. Асинхронный электродвигатель: назначение, область применения, классификация конструкция и принцип действия, механические и рабочие характеристики.
25. Влияние напряжения сети и активного сопротивления в цепи ротора асинхронной машины на электромагнитный момент.
26. Правила эксплуатации асинхронных машин.
27. Работа трёхфазного асинхронного двигателя в однофазном режиме.
28. Принцип действия и роль коллектора машин постоянного тока, ЭДС и электромагнитные моменты.
29. Контактные аппараты и пускатели.
30. Подбор электрических аппаратов.

Литература

Основные источники:

Для преподавателей

1. Кацман М.М. Электрические машины: Учеб. для студ.образоват.учреждений сред.проф. образования/ 5-изд., перераб. и доп. – М.: Издательский центр «Академия», 2020.

2. Родштейн Л.А. Электрические аппараты: Учебник для техникумов –4-е изд., перераб. и доп.-Л: Энергоатомиздат., 2019.

3. Данилов И.А. Общая электротехника с основами электроники: Учеб.пособие - Москва: Высш.шк., 2019.

Для студентов

1. Кацман М.М. Электрические машины: Учеб. для студ.образоват.учреждений сред.проф. образования/ 5-изд., перераб. и доп . – М.: Издательский центр «Академия», 2019

2. Родштейн Л.А. Электрические аппараты: Учебник для техникумов –4-е изд., перераб. и доп.-Л: Энергоатомиздат., 2020.

3. Данилов И.А. Общая электротехника с основами электроники: Учеб.пособие - Москва: Высш.шк., 2020