МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «СамГТУ»)

УТВЕРЖДАЮ:
Первый проректор-проректор по учебной работе
_____ / Д.Е. Овчинников
"_____" _____ 20___ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.04.05 «Электромеханические преобразователи в современных технологиях»

Код и направление подготовки (специальность)	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Направленность (профиль)	Электромеханика
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	Заочная
Год начала подготовки	2022
Институт / факультет	Электротехнический факультет
Выпускающая кафедра	кафедра "Электромеханика и автомобильное электрооборудование"
Кафедра-разработчик	кафедра "Электромеханика и автомобильное электрооборудование"
Объем дисциплины, ч. / з.е.	216 / 6
Форма контроля (промежуточная аттестация)	Экзамен

Самара 2022

Б1.В.04.05 «Электромеханические преобразователи в современных технологиях»

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) **13.03.02 Электроэнергетика и электротехника**, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от № 144 от 28.02.2018 и соответствующего учебного плана.

Разработчик РПД:

Заведующий кафедрой, доктор технических наук, доцент	Ю.В Зубков
(должность, степень, ученое звание)	(ФИО)
Заведующий кафедрой	Ю.А. Макаричев, доктор технических наук, профессор
	(ФИО, степень, ученое звание)

СОГЛАСОВАНО:

Председатель методического совета факультета / института (или учебно-методической комиссии)	В.Н Овсянников, кандидат технических наук, доцент
	(ФИО, степень, ученое звание)
Руководитель образовательной программы	Ю.А. Макаричев, доктор технических наук, профессор
	(ФИО, степень, ученое звание)

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы 4
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы 4
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся 4
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий 5
4.1 Содержание лекционных занятий 5
4.2 Содержание лабораторных занятий 6
4.3 Содержание практических занятий 6
4.4. Содержание самостоятельной работы 7
5. Перечень учебной литературы и учебно-методического обеспечения по дисциплине (модулю) 10
6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения 11
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», профессиональных баз данных, информационно-справочных систем 11
8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю) 13
9. Методические материалы 13
10. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) 14

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (знать, уметь, владеть, соотнесенные с индикаторами достижения компетенции)
Профессиональные компетенции			
Не предусмотрено	ПК-3 Способен к организации и проведению работ по техническому обслуживанию, ремонту и анализу технического состояния электротехническ ого оборудования (ЭТО) ГЭС/ГАЭС	ПК-3.1 Демонстрирует знания правил эксплуатации и нормативных материалов при инженерно-техническом сопровождении деятельности по техническому обслуживанию и ремонту оборудования электростанций	Знать методы диагностики, технического обслуживания и анализа технического состояния электротехнических комплексов и их компонентов
		ПК-3.2 Производит анализ и диагностику электротехнического оборудования	Уметь применять современные методы анализа технического состояния электротехнического оборудования

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы: **часть, формируемая участниками образовательных отношений**

Код компетенции	Предшествующие дисциплины	Параллельно осваиваемые дисциплины	Последующие дисциплины
ПК-3	Автоматизация прикладных расчетов электрических машин; Основы электромеханики; Проектирование электрических машин; Производственная практика: эксплуатационная практика; Специальные электрические машины; Учебная практика: профилирующая практика	Исследования и испытания электрических машин; Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы; Производственная практика: преддипломная практика; Электромеханотроника; Электрооборудование топливно-энергетического комплекса; Энергосберегающие технологии в электромеханике	

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Вид учебной работы	Всего часов / часов в электронной форме	9 семестр часов / часов в электронной форме
Аудиторная контактная работа (всего), в том числе:	12	12
Лекции	4	4
Практические занятия	8	8
Внеаудиторная контактная работа, КСР	6	6
Самостоятельная работа (всего), в том числе:	189	189
выполнение курсовых проектов	30	30
подготовка к практическим занятиям	16	16
подготовка к экзамену	10	10
составление конспектов	133	133
Контроль	9	9
Итого: час	216	216
Итого: з.е.	6	6

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы				
		ЛЗ	ЛР	ПЗ	СРС	Всего часов
1	Материалы для ЭМП	0	0	2	50	52
2	Современные технологии производства электрической энергии	2	0	2	66	70
3	ЭМП в промышленности и сельском хозяйстве	0	0	2	34	36
4	ЭМП на транспорте	2	0	2	24	28
5	ЭМП перспективных технологий	0	0	0	15	15
	КСР	0	0	0	0	6
	Контроль	0	0	0	0	9
	Итого	4	0	8	189	216

4.1 Содержание лекционных занятий

№ занятия	Наименование раздела	Тема лекции	Содержание лекции (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	Количество часов / часов в электронной форме
9 семестр				
1	Современные технологии производства электрической энергии	Электромеханические преобразователи традиционной энергетики	Синхронные турбогенераторы (ТГ) Конструкция, системы охлаждения, основные технические данные Работа и техника безопасности при эксплуатации ТГ Пути повышения удельной мощности ТГ	2
2	ЭМП на транспорте	ЭМП в современных гибридных автомобилях	Реализация последовательного и параллельного комплексного гибридного привода Электродвигатели главного движения Интегрированные автомобильные стартер-генераторы (СТГ). Компоновка в автомобиле	2
			Итого за семестр:	**4**
			Итого:	**4**

4.2 Содержание лабораторных занятий

Учебные занятия не реализуются.

4.3 Содержание практических занятий

№ занятия	Наименование раздела	Тема практического занятия	Содержание практического занятия (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	Количество часов / часов в электронной форме
9 семестр				
1	Материалы для ЭМП	Определение кривой размагничивания постоянного магнита	Определение остаточной индукции и коэрцитивной силы Сравнение удельной магнитной энергии различных типов ПМ Расчет линии возврата ПМ	2
2	Современные технологии производства электрической энергии	Ветрогенераторы	Расчет необходимой мощности генератора на основе анализа мощности ветрового потока Определение характеристик генератора с ПМ	2
3	ЭМП в промышленности и сельском хозяйстве	Вентильный двигатель с электромагнитным возбуждением	Расчет обмоточных данных якоря	2
4	ЭМП на транспорте	Индукторный генератор	Расчет обмотки якоря индукторного одноименнополюсного синхронного генератора	2
			Итого за семестр:	**8**
			Итого:	**8**

4.4. Содержание самостоятельной работы

Наименование раздела	Вид самостоятельной работы	Содержание самостоятельной работы (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	Количество часов
9 семестр			
Материалы для ЭМП	подготовка к практическим занятиям	Определение кривой размагничивания постоянного магнита Определение остаточной индукции и коэрцитивной силы	4
Материалы для ЭМП	составление конспектов	Область применения магнитомягких материалов Основные характеристики магнитомягких материалов Практическое измерение удельных потерь и кривых намагничивания легированных электротехнических сталей Влияние механической обработки на магнитные свойства электротехнической стали	6
Материалы для ЭМП	составление конспектов	Область применения магнитотвердых материалов Основные характеристики магнитотвердых материалов Испытания магнитотвердых материалов Перспективные типы постоянных магнитов, производимые в России и за рубежом	6
Материалы для ЭМП	составление конспектов	Назначение электроизоляционных материалов в ЭМП Классификация изоляции Влияние температуры и механических усилий на свойства изоляционных материалов	6
Материалы для ЭМП	составление конспектов	Методы контроля электрической прочности изоляции Старение изоляции под действием электромагнитного поля Измерение сопротивления изоляции	6
Материалы для ЭМП	составление конспектов	Жидкие и твердые проводниковые материалы. Их применение в ЭМП Основные характеристики проводников. Влияние температуры, частоты на проводимость	6
Материалы для ЭМП	составление конспектов	Условия, способствующие возникновению сверхпроводимости Сверхпроводники 1-го рода. Фазовая диаграмма. Кривая намагничивания Поверхностный ток и глубина проникновения. Протекание транспортного тока Сверхпроводники 2-го рода. Фазовая диаграмма. Намагничивание Поверхностная сверхпроводимость. Критический ток Применение и свойства полупроводников в ЭМП	6

Материалы для ЭМП	подготовка к экзамену	Изучение теоретического материала	10
Современные технологии производства электрической энергии	подготовка к практическим занятиям	Расчет необходимой мощности генератора на основе анализа мощности ветрового потока Определение характеристик генератора с ПМ	4
Современные технологии производства электрической энергии	составление конспектов	Типы ГГ и особенности их устройства Конструкции гидравлических турбин Режимы работы ГГ. Особенности работы ГГ на сеть Техническое обслуживание и ремонт ГГ Система охлаждения ГГ	6
Современные технологии производства электрической энергии	составление конспектов	Классификация, принцип действия, достоинства и недостатки (СГ) в ветроэнергетике Схемы производства электроэнергии для нужд промышленности и частных нужд Особенности работы СГ при переменной частоте вращения	6
Современные технологии производства электрической энергии	составление конспектов	АГ с самовозбуждением. Процесс самовозбуждения. АГ с конденсаторным возбуждением. АГ с вентильным возбуждением	5
Современные технологии производства электрической энергии	составление конспектов	Области применения, принцип действия, достоинства и недостатки фотопреобразователей Виды фотоэлектрических преобразователей Практическое использование солнечной энергии	5
Современные технологии производства электрической энергии	составление конспектов	Конструкция и основные требования к ЭМП ПЭС Принцип действия ЭМП ПЭС	5
Современные технологии производства электрической энергии	составление конспектов	Геотермальные электростанции на сухом пару Геотермальные электростанции на парогидротермах Тепловые насосы	5
Современные технологии производства электрической энергии	Выполнение курсового проекта	«Проектирование турбогенератора»	30
ЭМП в промышленности и сельском хозяйстве	подготовка к практическим занятиям	Вентильный двигатель с электромагнитным возбуждением Расчет обмоточных данных якоря	4

ЭМП в промышленности и сельском хозяйстве	составление конспектов	Структурная и функциональная схемы электропривода для металлорежущего станка Устройство и принцип действия асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором Законы частотного управления приводами переменного тока	5
ЭМП в промышленности и сельском хозяйстве	составление конспектов	Электромеханические преобразователи в геологоразведке и нефтедобыче Погружные асинхронные двигатели. Конструкция, область применения Погружные вентильные двигатели. Преимущества, недостатки	5
ЭМП в промышленности и сельском хозяйстве	составление конспектов	Устройство, преимущества и недостатки вентильно-индукторных ЭМП Конструктивные разновидности ВИЭП	5
ЭМП в промышленности и сельском хозяйстве	составление конспектов	Особенности работы ВИЭП в генераторном и двигательном режимах	5
ЭМП в промышленности и сельском хозяйстве	составление конспектов	Особенности эксплуатации ЭМП в сельском хозяйстве Основные типы ЭМП, применяемые в сельском хозяйстве	5
ЭМП в промышленности и сельском хозяйстве	составление конспектов	Асинхронный двигатель с частотным управлением Построение схемы замещения Расчет параметров Расчет и построение механических характеристик при различных частотах питающего напряжения	5
ЭМП на транспорте	подготовка к практическим занятиям	Индукторный генератор Расчет обмотки якоря индукторного одноименнополюсного синхронного генератора	4
ЭМП на транспорте	составление конспектов	ЭМП авиационно-космической техники. Особенности работы. Классификация и применение ЭМП в авиации и космосе. Конструкции авиационных ЭМП Охлаждение авиационных ЭМП	5
ЭМП на транспорте	составление конспектов	Устройство, принцип действия, область применения тяговых электродвигателей Механические характеристики тяговых двигателей	5
ЭМП на транспорте	составление конспектов	Режимы торможения и рекуперации энергии Линейный тяговый двигатель. Конструкция и принцип действия	5

ЭМП на транспорте	составление конспектов	СТГ на базе вентильного преобразователя с возбуждением от ПМ. Устройство, принцип работы СТГ на основе асинхронной машины с короткозамкнутым ротором Двигательный режим работы СТГ на основе асинхронной машины Генераторный режим работы СТГ на основе асинхронной машины	5
ЭМП перспективных технологий	составление конспектов	Пьезоэлектрический преобразователь. Принцип действия Пьезоэлектрический трансформатор. Применение Датчики усилий на основе пьезоэлектрических преобразователей. Динамические и эксплуатационные характеристики	5
ЭМП перспективных технологий	составление конспектов	Явление магнитострикции и Виллари эффект Стержневые и кольцевые преобразователи. Устройство и область использования	5
ЭМП перспективных технологий	составление конспектов	Подвесы на постоянных магнитах Активные подвесы постоянного и переменного тока Электромагнитные подшипники ЭМП	5
		Итого за семестр:	**189**
		Итого:	**189**

5. Перечень учебной литературы и учебно-методического обеспечения по дисциплине (модулю)

№ п/п	**Библиографическое описание**	**Ресурс НТБ СамГТУ** (ЭБС СамГТУ, IPRbooks и т.д.)
Основная литература		
1	Асинхронные электромеханические преобразователи : учеб. пособие / Самар.гос.техн.ун-т, Электромеханика и автомобильное электрооборудование; сост. Ю. В. Зубков.- Самара, 2018.- 146 с..- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu||elib||3258	Электронный ресурс
2	Галян, Э.Т. Электрические машины переменного тока : учеб.пособие / Э. Т. Галян; Самар.гос.техн.ун-т, Электромеханика и автомобильное электрооборудование.- Самара, 2014.- с.- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu||elib||959	Электронный ресурс
3	Зубков, Ю.В. Синхронные электромеханические преобразователи : учебное пособие / Ю. В. Зубков; Самарский государственный технический университет, Электромеханика и автомобильное электрооборудование.- Самара, 2021.- 92 с..- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu||elib||5379	Электронный ресурс
4	Зубков, Ю.В. Синхронные электромеханические преобразователи. : учеб. пособие / Ю. В. Зубков; Самар.гос.техн.ун-т, Электромеханика и нетрадиционная энергетика .- 2-е изд..- Самара, 2013.- 102 с..- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu||elib||1090	Электронный ресурс

5	Основы электромеханики: учебное пособие / Кочетков В.П., Беспалов В.Я., Глушкин Е.Я., Котеленец Н.Ф., Подборский Э.Н., Ай Пи Эр Медиа, ред. Кочетков В.П.: 2018.- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu||iprbooks||73337	Электронный ресурс
Дополнительная литература		
6	Вентиляционные и тепловые расчеты электрических машин в примерах и задачах: учебно-методическое пособие / Тюков В.А., Честюнина Т.В., Новосибирский государственный технический университет: 2016.- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu||iprbooks||91333	Электронный ресурс
Учебно-методическое обеспечение		
7	Макаричев, Ю.А. Синхронные машины : учеб. пособие / Ю. А. Макаричев, В. Н. Овсянников; Самар.гос.техн.ун-т, Электромеханика и автомобильное электрооборудование.- Самара, 2011.- 152 с..- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu||elib||1288	Электронный ресурс

Доступ обучающихся к ЭР НТБ СамГТУ (elib.samgtu.ru) осуществляется посредством электронной информационной образовательной среды университета и сайта НТБ СамГТУ по логину и паролю.

6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения

При проведении лекционных занятий используется мультимедийное оборудование.

Организовано взаимодействие обучающегося и преподавателя с использованием электронной ин-формационной образовательной среды университета.

№ п/п	Наименование	Производитель	Способ распространения
1	Adobe Reader	Adobe Systems Incorporated (Зарубежный)	Свободно распространяемое
2	Internet Explorer	Microsoft (Зарубежный)	Свободно распространяемое
3	MathCAD	PTC (Зарубежный)	Лицензионное
4	Microsoft Office https: //microsoft. com	Microsoft (Зарубежный)	Лицензионное
5	Microsoft Windows 10	Microsoft (Зарубежный)	Лицензионное
6	Opera (интернет-браузер)	Opera Software ASA (Зарубежный)	Свободно распространяемое
7	Компас-3D	ЗАО АСКОН (Отечественный)	Лицензионное
8	Электромеханические машины	ИПЦ (Отечественный)	Свободно распространяемое

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование	Краткое описание	Режим доступа
1	ANSYS	http://cae-expert.ru/	Ресурсы открытого доступа
2	всероссийский НИИ авиационных материалов	http://www.viam.ru	Ресурсы открытого доступа
3	Государственная публичная научно-техническая библиотека России (ГПНТБ)	http://www.gpntb.ru/win/ntb/	Ресурсы открытого доступа
4	Журнал Вестник СамГТУ. Серия «Технические науки».	http://vestnik-teh.samgtu.ru/	Ресурсы открытого доступа
5	Каталог образовательных интернет-ресурсов. Электротехника	http://www.edu.ru/modules.php	Ресурсы открытого доступа
6	КОМПАС-3D	http://ascon.ru/	Ресурсы открытого доступа
7	Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» (полные тексты научных статей из журналов)	http://cyberleninka.ru/search	Ресурсы открытого доступа
8	Scopus - база данных рефератов и цитирования	http://www.scopus.com/	Зарубежные базы данных ограниченного доступа
9	База данных международных индексов научного цитирования Web of Science	http://www.webofknowledge.com/	Зарубежные базы данных ограниченного доступа
10	Журналы издательства Taylor and Francis	http://www.tandfonline.com/	Зарубежные базы данных ограниченного доступа
11	eLIBRARY.ru	http://www.eLIBRARY.ru/	Российские базы данных ограниченного доступа
12	РОСПАТЕНТ	http://www1.fips.ru/	Российские базы данных ограниченного доступа
13	Электронная библиотека изданий СамГТУ	http://irbis.samgtu.local/cgi-bin/irbis64r_01/cgiirbis_64.exe	Российские базы данных ограниченного доступа

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Лекционные занятия

Аудитории для лекционных занятий укомплектованы мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории (наборы демонстрационного оборудования (проектор, экран, компьютер / ноутбук), учебно-наглядные, учебно-методические пособия, тематические иллюстрации.

Практические занятия

Аудитории для практических занятий укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Самостоятельная работа

Самостоятельная работа

Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом к электронной информационно-образовательной среде СамГТУ:

- читальный зал НТБ СамГТУ (ауд. 200 корпус №8; ауд. 125 корпус № 1; ауд. 41, 31, 34, 35 Главный корпус библиотеки; ауд. 83а, 414, 416, 0209 12 корпус; ауд. 401 корпус №10).

9. Методические материалы

Методические рекомендации при работе на лекции

До лекции студент должен просмотреть учебно-методическую и научную литературу по теме лекции с тем, чтобы иметь представление о проблемах, которые будут разбираться в лекции.

Перед началом лекции обучающимся сообщается тема лекции, план, вопросы, подлежащие рассмотрению, доводятся основные литературные источники. Весь учебный материал, сообщаемый преподавателем, должен не просто прослушиваться. Он должен быть активно воспринят, т.е. услышан, осмыслен, понят, зафиксирован на бумаге и закреплен в памяти. Приступая к слушанию нового учебного материала, полезно мысленно установить его связь с ранее изученным. Следя за техникой чтения лекции (акцент на существенном, повышение тона, изменение ритма, пауза и т.п.), необходимо вслед за преподавателем уметь выделять основные категории, законы и определять их содержание, проблемы, предполагать их возможные решения, доказательства и выводы. Осуществляя такую работу, можно значительно облегчить себе понимание учебного материала, его конспектирование и дальнейшее изучение.

Конспектирование лекции позволяет обработать, систематизировать и лучше сохранить полученную информацию с тем, чтобы в будущем можно было восстановить в памяти основные, содержательные моменты. Типичная ошибка, совершаемая обучающимся, дословное конспектирование речи преподавателя. Как правило, при записи «слово в слово» не остается времени на обдумывание, анализ и синтез информации. Отбирая нужную информацию, главные мысли, проблемы, решения и выводы, необходимо сокращать текст, строить его таким образом, чтобы потом можно было легко в нем разобраться. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых можно будет делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. С окончанием лекции работа над конспектом не может считаться завершенной. Нужно еще восстановить отдельные места, проверить, все ли понятно, уточнить что-то на консультации и т.п. с тем, чтобы конспект мог быть использован в процессе подготовки к практическим занятиям, зачету, экзамену. Конспект лекции – незаменимый учебный документ, необходимый для самостоятельной работы.

Методические рекомендации при подготовке и работе на практическом

занятии

Практические занятия по дисциплине проводятся в целях выработки практических умений и приобретения навыков в решении профессиональных задач.

Рекомендуется следующая схема подготовки к практическому занятию:

1. ознакомление с планом практического занятия, который отражает содержание предложенной темы;
2. проработка конспекта лекции;
3. чтение рекомендованной литературы;
4. подготовка ответов на вопросы плана практического занятия;
5. выполнение тестовых заданий, задач и др.

Подготовка обучающегося к практическому занятию производится по вопросам, разработанным для каждой темы практических занятий и (или) лекций. В процессе подготовки к практическим занятиям, необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы.

Работа студентов во время практического занятия осуществляется на основе заданий, которые выдаются обучающимся в начале или во время занятия. На практических занятиях приветствуется активное участие в обсуждении конкретных ситуаций, способность на основе полученных знаний находить наиболее эффективные решения поставленных проблем, уметь находить полезный дополнительный материал по тематике занятий. Обучающимся необходимо обращать внимание на основные понятия, алгоритмы, определять практическую значимость рассматриваемых вопросов. На практических занятиях обучающиеся должны уметь выполнить расчет по заданным параметрам или выработать определенные решения по обозначенной проблеме. Задания могут быть групповые и индивидуальные. В зависимости от сложности предлагаемых заданий, целей занятия, общей подготовки обучающихся преподаватель может подсказать обучающимся алгоритм решения или первое действие, или указать общее направление рассуждений. Полученные результаты обсуждаются с позиций их адекватности или эффективности в рассмотренной ситуации.

Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы

Организация самостоятельной работы обучающихся ориентируется на активные методы овладения знаниями, развитие творческих способностей, переход от поточного к индивидуализированному обучению с учетом потребностей и возможностей обучающегося.

Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса.

Самостоятельная работа реализуется:

- непосредственно в процессе аудиторных занятий;
- на лекциях, практических занятиях;
- в контакте с преподавателем вне рамок расписания;
- на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.;
- в библиотеке, дома, на кафедре при выполнении обучающимся учебных и практических задач.

Эффективным средством осуществления обучающимся самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), практик, к изданиям электронных библиотечных систем.

10. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств представлен в приложении № 1.

Приложение 1 к рабочей программе дисциплины
Б1.В.04.05 «Электромеханические преобразователи в современных технологиях»

Фонд оценочных средств
по дисциплине
Б1.В.04.05 «Электромеханические преобразователи в современных технологиях»

Код и направление подготовки (специальность)	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Направленность (профиль)	Электромеханика
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	Заочная
Год начала подготовки	2022
Институт / факультет	Электротехнический факультет
Выпускающая кафедра	кафедра "Электромеханика и автомобильное электрооборудование"
Кафедра-разработчик	кафедра "Электромеханика и автомобильное электрооборудование"
Объем дисциплины, ч. / з.е.	216 / 6
Форма контроля (промежуточная аттестация)	Экзамен

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (знать, уметь, владеть, соотнесенные с индикаторами достижения компетенции)
Профессиональные компетенции			
Не предусмотрено	ПК-3 Способен к организации и проведению работ по техническому обслуживанию, ремонту и анализу технического состояния электротехническ ого оборудования (ЭТО) ГЭС/ГАЭС	ПК-3.1 Демонстрирует знания правил эксплуатации и нормативных материалов при инженерно-техническом сопровождении деятельности по техническому обслуживанию и ремонту оборудования электростанций	Знать методы диагностики, технического обслуживания и анализа технического состояния электротехнических комплексов и их компонентов
		ПК-3.2 Производит анализ и диагностику электротехнического оборудования	Уметь применять современные методы анализа технического состояния электротехнического оборудования

Матрица соответствия оценочных средств запланированным результатам обучения

Код индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства	Текущий контроль успеваемости	Промежуточная аттестация
Материалы для ЭМП				
ПК-3.1 Демонстрирует знания правил эксплуатации и нормативных материалов при инженерно-техническом сопровождении деятельности по техническому обслуживанию и ремонту оборудования электростанций	**Знать** методы диагностики, технического обслуживания и анализа технического состояния электротехнических комплексов и их компонентов	экзаменационные билеты	Нет	Да
ПК-3.2 Производит анализ и диагностику электротехнического оборудования	**Уметь** применять современные методы анализа технического состояния электротехнического оборудования	задачи практических занятий	Да	Нет
Современные технологии производства электрической энергии				

ПК-3.1 Демонстрирует знания правил эксплуатации и нормативных материалов при инженерно-техническом сопровождении деятельности по техническому обслуживанию и ремонту оборудования электростанций	**Знать** методы диагностики, технического обслуживания и анализа технического состояния электротехнических комплексов и их компонентов	экзаменационные билеты	Нет	Да
ПК-3.2 Производит анализ и диагностику электротехнического оборудования	**Уметь** применять современные методы анализа технического состояния электротехнического оборудования	задачи практических занятий	Да	Нет
ЭМП в промышленности и сельском хозяйстве				
ПК-3.1 Демонстрирует знания правил эксплуатации и нормативных материалов при инженерно-техническом сопровождении деятельности по техническому обслуживанию и ремонту оборудования электростанций	**Знать** методы диагностики, технического обслуживания и анализа технического состояния электротехнических комплексов и их компонентов	экзаменационные билеты	Нет	Да
ПК-3.2 Производит анализ и диагностику электротехнического оборудования	**Уметь** применять современные методы анализа технического состояния электротехнического оборудования	задачи практических занятий	Да	Нет
ЭМП на транспорте				
ПК-3.1 Демонстрирует знания правил эксплуатации и нормативных материалов при инженерно-техническом сопровождении деятельности по техническому обслуживанию и ремонту оборудования электростанций	**Знать** методы диагностики, технического обслуживания и анализа технического состояния электротехнических комплексов и их компонентов	экзаменационные билеты	Нет	Да
ПК-3.2 Производит анализ и диагностику электротехнического оборудования	**Уметь** применять современные методы анализа технического состояния электротехнического оборудования	задачи практических занятий	Да	Нет
ЭМП перспективных технологий				

ПК-3.1 Демонстрирует знания правил эксплуатации и нормативных материалов при инженерно-техническом сопровождении деятельности по техническому обслуживанию и ремонту оборудования электростанций	**Знать** методы диагностики, технического обслуживания и анализа технического состояния электротехнических комплексов и их компонентов	экзаменационные билеты	Нет	Да
ПК-3.2 Производит анализ и диагностику электротехнического оборудования	**Уметь** применять современные методы анализа технического состояния электротехнического оборудования	задачи практических занятий	Да	Нет

Вопросы к экзамену

1. Область применения магнитомягких материалов
2. Основные характеристики магнитомягких материалов
3. Практическое измерение удельных потерь и кривых намагничивания легированных
электротехнических сталей
4. Влияние механической обработки на магнитные свойства электротехнической стали
5. Область применения магнитотвердых материалов
6. Основные характеристики магнитотвердых материалов
7. Перспективные типы постоянных магнитов, производимые в России и зарубежом
8. Назначение электроизоляционных материалов в ЭМП
9. Классификация изоляции
10. Влияние температуры и механических усилий на свойства изоляционных материалов
11. Методы контроля электрической прочности изоляции
12. Старение изоляции под действием электромагнитного поля
13. Измерение сопротивления изоляции
14. Жидкие и твердые проводниковые материалы. Их применение в ЭМП
15. Основные характеристики проводников. Влияние температуры, частоты на проводимость
16. Условия, способствующие возникновению сверхпроводимости
17. Сверхпроводники 1-го рода. Фазовая диаграмма. Кривая намагничивания
18. Поверхностный ток и глубина проникновения. Протекание транспортного тока
19. Сверхпроводники 2-го рода. Фазовая диаграмма. Намагничивание
20. Поверхностная сверхпроводимость. Критический ток
21. Применение и свойства полупроводников в ЭМП
22. Конструкция и принцип действия синхронного турбогенератора
23. Способы охлаждения ТГ
24. Повышение удельной мощности ТГ
25. Типы гидрогенераторов ГГ и особенности их устройства
26. Конструкции гидравлических турбин
27. Особенности работы ГГ на сеть
28. Техническое обслуживание и ремонт ГГ
29. Асинхронные генераторы для малых и микроГЭС. Устройство и принцип действия
30. Процесс самовозбуждения АГ. Реактивная мощность АГ
31. Стабилизация напряжения АГ. Схемная реализация
32. Синхронные генераторы (СГ) в ветроэнергетике
33. Особенности работы СГ при переменной частоте вращения
34. Области применения, принцип действия, достоинства и недостатки фотопреобразователей
35. Виды фотоэлектрических преобразователей
36. Практическое использование солнечной энергии
37. Конструкция и основные требования к ЭМП приливных электростанций
38. Принцип действия ЭМП приливных электростанций
39. Геотермальные электростанции на сухом пару. ЭМП, применяемые при этом
40. Геотермальные электростанции на парогидротермах
41. Тепловые насосы
42. Расчет магнитной проницаемости для произвольной точки кривой намагничивания
электротехнических сталей

43. Определение остаточной индукции и коэрцитивной силы кривой намагничивания
электротехнических сталей
44. Расчет основной кривой намагничивания электротехнических сталей
45. Определение остаточной индукции и коэрцитивной силы постоянного магнита
46. Сравнение удельной магнитной энергии различных типов ПМ
47. Расчет линии возврата ПМ
48. Расчет зависимости удельной энергии магнита от внешней проводимости
49. Испытания изоляции на электрическую прочность
50. Расчет угла диэлектрических потерь электроизоляционных материалов
51. Определение сопротивления на постоянном токе обмоток электрических машин и трансформаторов обмоток электрических машин и трансформаторов
52. Расчет влияния температуры и частоты тока на величину активного сопротивления обмоток
ЭМП
53. Структурная и функциональная схемы электропривода для металлорежущего станка
54. Устройство и принцип действия асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором
55. Законы частотного управления приводами переменного тока
56. Электромеханические преобразователи в геологоразведке и нефтедобыче
57. Погружные асинхронные двигатели. Конструкция, область применения
58. Погружные вентильные двигатели. Преимущества, недостатки
59. Электробуры. Характеристики. Выбор в соответствии с параметрами бурения
60. Устройство, преимущества и недостатки вентильно-индукторных ЭМП
61. Конструктивные разновидности ВИЭП
62. Особенности работы ВИЭП в генераторном и двигательном режимах
63. Особенности эксплуатации ЭМП в сельском хозяйстве
64. Основные типы ЭМП, применяемых в сельском хозяйстве. Двигатели и генераторы.
65. Техническое обслуживание и ремонт
66. ЭМП авиационно-космической техники. Особенности работы.
67. Классификация и применение ЭМП в авиации и космосе
68. Конструкции авиационных ЭМП
69. Охлаждение авиационных ЭМП
70. Устройство, принцип действия, область применения тяговых электродвигателей
71. Механические характеристики тяговых двигателей
72. Режимы торможения и рекуперации энергии
73. Линейный тяговый двигатель. Конструкция и принцип действия
74. ЭМП в современных гибридных автомобилях
75. Электродвигатели главного движения автомобиля. Компоновка и режим работы параллельно с
ДВС
76. Интегрированные автомобильные стартер-генераторы (СТГ). Компоновка в автомобиле
77. СТГ на базе вентильного преобразователя с возбуждением от ПМ. Устройство, принцип
работы
78. СТГ на основе асинхронной машины с короткозамкнутым ротором
79. Двигательный режим работы СТГ на основе асинхронной машины
80. Генераторный режим работы СТГ на основе асинхронной машины
81. Пьезоэлектрический преобразователь. Принцип действия

82. Пьезоэлектрический трансформатор. Применение
83. Датчики усилий на основе пьезоэлектрических преобразователей. Динамические и
эксплуатационные характеристики
84. Явление магнитострикции и Виллари эффект
85. Стержневые и кольцевые преобразователи. Устройство и область использования
86. Практические методы расчета токов короткого замыкания турбогенераторов
87. Расчет тока к.з. турбогенераторов методом типовых кривых
88. Расчет удельной мощности турбогенераторов с различными системами охлаждения
89. Расчет потерь в обмотках и стали гидрогенераторов
90. Определение мощности и КПД гидрогенераторов
91. Расчет необходимой мощности ветрогенератора на основе анализа мощности ветрового
потока
92. Определение характеристик ветрогенератора
93. Расчет характеристик ветрогенератора с электромагнитным возбуждением
94. Расчет нагрузочной характеристики фотоэлектрических преобразователей
95. Определение выходных параметров из нагрузочной световой вольт-амперной характеристики
фотоэлектрического преобразователя
96. Выбор компонент системы электроснабжения на основе ФЭПТесты по компетенциям

Дисциплина _Б1.В.04.05 «Электромеханические преобразователи в современных технологиях»

(шифр и наименование дисциплины)

№ задания	Содержание задания	Ключ к ответу	Наименование темы РПД	Семестр
ПК-3 Способен к организации и проведению работ по техническому обслуживанию, ремонту и анализу технического состояния электротехнического оборудования (ЭТО) ГЭС/ГАЭС				
1.	Высоковольтные выключатели применяются для 1. Коммутации высоковольтных цепей без нагрузки (без напряжения) 2. Коммутации высоковольтных цепей под нагрузкой (под напряжением) 3. Получения видимого воздушного промежутка между контактами 4. Коммутации цепей до 1000 В	2	Современные технологии производства электрической энергии	7
2.	КПД трансформатора определяется отношением 1. активной полезной мощности к активной потребляемой мощности 2. полной полезной мощности к полной потребляемой мощности 3. активной потребляемой мощности к активной полезной мощности 4. полной потребляемой мощности к полной полезной мощности	1	Современные технологии производства электрической энергии	7
3.	КПД электродвигателя определяется отношением 1. механической мощности на валу к мощности потерь 2. механической мощности на валу к активной электрической мощности 3. суммарной мощности потерь к полезной мощности 4. активной электрической мощности к полной электрической мощности	2	Современные технологии производства электрической энергии	7

№ задания	Содержание задания	Ключ к ответу	Наименование темы РПД	Семестр
4.	В чем преимущества асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором по сравнению с синхронными двигателями? 1. Большим КПД 2. Большим cos φ 3. Меньшей стоимости 4. Меньших эксплуатационных затратах	3,4	ЭМП в промышленности и сельском хозяйстве	7
5.	Почему для питания электродвигателей станков качалок применяют трансформаторы со стандартным значением вторичного напряжения? 1. Для повышения коэффициента мощности 2. Так как двигатель находится в скважине и нужно учитывать падение напряжения в кабеле 3. Так как двигатель находится на поверхности и близко от трансформаторной подстанции 4. Для снижения КПД	3	ЭМП в промышленности и сельском хозяйстве	7
6.	В каком режиме КПД трансформатора максимально? 1. При перегрузке 20-30% 2. В режиме короткого замыкания 3. В номинальном 4. В режиме холостого хода	3	ЭМП в промышленности и сельском хозяйстве	7
7.	Почему в качестве приводов роторов буровых установок применяют асинхронные двигатели с фазным ротором? 1. Для повышения КПД установки 2. Для увеличения cos φ 3. Эти двигатели обладают большим пусковым моментом 4. У этих двигателей можно регулировать частоту вращения резисторами в цепи ротора	3,4	ЭМП в промышленности и сельском хозяйстве	8
8.	Какими преимуществами обладают частотные электроприводы по сравнению с нерегулируемыми? 1. Меньшим уровнем помех в электросети 2. Меньшей стоимостью	3,4	ЭМП в промышленности и сельском хозяйстве	8

№ задания	Содержание задания	Ключ к ответу	Наименование темы РПД	Семестр
	электропривода 3. Возможностью плавного регулирования производительности насосов и за счет этого экономии электроэнергии 4. Обеспечение плавного пуска электродвигателей			
9.	Для магистральных трубопроводных насосов применяют 1. Синхронные двигатели 2. Асинхронные двигатели 3. Двигатели постоянного тока 4. Индукторные двигатели	1,2	ЭМП на транспорте	8
10.	Для чего служат элементы тепловой защиты? 1. Для защиты от замыканий на землю 2. Для защиты цепей от токов короткого замыкания 3. Для защиты электродвигателей от повышенной частоты вращения 4. Для защиты цепей от длительного превышения тока нагрузки	4	ЭМП перспективных технологий	8

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ В СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

Методические указания к практическим занятиям

РАБОТА 1.

МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА.

1. Построить характеристику холостого хода и характеристический треугольник, соответствующий номинальному режиму генератора. Определить ток возбуждения генератора и сопротивление реостата в цепи обмотки возбуждения дли случая номинального режима генератора с параллельным возбуждением.

2. Построить внешние характеристики генератора и определить номинальное изменение напряжения для случаев независимого и параллельного возбуждений.

3. Построить скоростную характеристику (зависимость скорости вращения от тока нагрузки) для работы машины в режиме двигателя параллельного возбуждения.

Методические указания.

К пункту 1. Варианты заданий для пунктов 1 и 2 определяются в соответствии с табл. П1 (по последней цифре шифра) и с табл. П2 (по предпоследней цифре шифра).
В табл. П1 приведены номинальные данные генератора при скорости вращения 1500 об/мин и напряжении 230 В. Эти данные являются исходными.
Выбрав вариант исходных данных генератора по табл. П1, а скорость вращения и напряжение по табл. П2, рассчитывают номинальные данные генератора в такой последовательности:

а) номинальная мощность

$$P_N = P_N^{!} \frac{n_N}{1500}. \text{ (кВт)},$$

где $P_N^!$ - исходное значение мощности, равное указанному в табл. П1;

n_N - номинальная скорость вращения (табл. П2);

б) ток возбуждения при холостом ходе

$$I_{f0} = I_{f0}^!(\frac{230}{U_N}),$$

где $I_{f0}^!$ - исходное значение тока возбуждения (табл.П1);

U_N - номинальное напряжение в режиме генератора (табл. П2);

в) реакция якоря при номинальном токе якоря в масштабе тока возбуждения

$$I_{fa} = I_{fa}^!(\frac{230}{U_N}),$$

где $I_{fa}^!$ - исходное значение реакции якоря (по табл.П1);

г) сопротивление обмотки якоря

$$r_a = r_a^!(\frac{1500}{n_N} \cdot \frac{U_N}{230})^2,$$

где $r_a^!$ - исходное значение сопротивления обмотки якоря (по табл. П1);

д) сопротивление обмотки добавочных полюсов

$$r_д = r_д^!(\frac{1500}{n_N} \cdot \frac{U_N}{230})^2,$$

где $r_д^!$ - исходное значение сопротивления обмотки добавочных полюсов по табл. П1;

е) сопротивление обмотки возбуждения

$$r_f = r_f^!(\frac{U_N}{230})^2,$$

где $r_f^!$ - исходное значение сопротивления обмотки возбуждения по табл. П1.

Результаты расчетов следует записать в таблицу 1.1.

Номинальные данные генератора

Таблица 1.1

P_N кВт	n_N об/мин	U_N В	I_{f0} А	I_{fa} А	r_a Ом	$r_д$ Ом	r_f Ом

Далее необходимо построить характеристический треугольник для номинального режима работы генератора. Построение осуществляется с помощью характеристики холостого хода.

Для построения характеристики холостого хода следует использовать данные таблицы 1.2. в относительных единицах (о/е).

Типичная характеристика холостого хода

Таблица 1.2

I_f / I_{f0}	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
E / U_N	0,05	0,75	1,0	1,12	1,20	1,26	1,30	1,33

Характеристику холостого хода следует построить в абсолютных единицах.

Номинальный ток якоря определяется из выражения

$$I_{aN} = \frac{P_N}{U_N} \cdot 10^3. \text{ (А)}.$$

Катет характеристического треугольника |ВС|, соответствующий падению напряжения в цепи якоря, необходимо определять с учетом падения напряжения в щеточном контакте

$$E_N - U_N = I_{aN}(r_a + r_д) + \Delta U_щ,$$

где $\Delta U_щ$ принять равным 2 В.

Катет характеристического треугольника |АВ|, соответствующий реакции тока I_{aN}, рассчитан ранее при определении номинальных

данных генератора (см. пункт в.). Построение характеристического треугольника показано на рис.1.1.

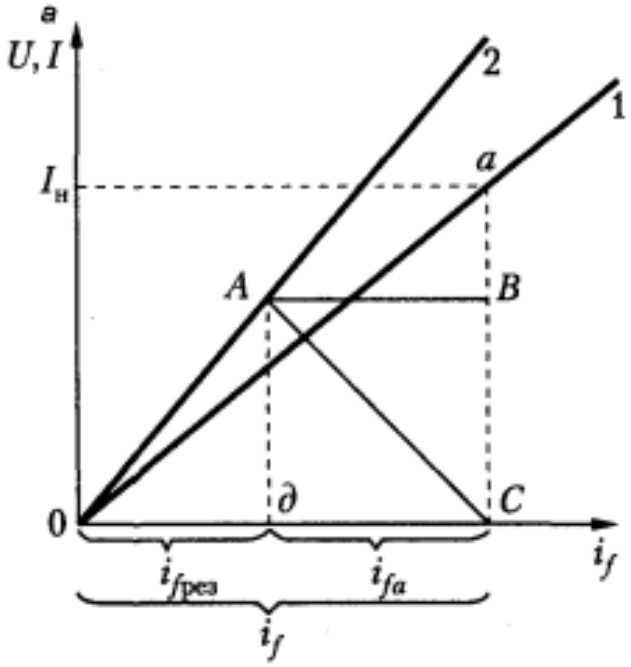

Рис.1.1. Построение характеристического треугольника.

Для определения положения точки А после вычисления E_N проводим линию, параллельную оси абсцисс до пересечения с характеристикой холостого хода (линия 2) в масштабе напряжения. Далее по вычисленному в п. В значению тока I_{fa} пристраиваем к точке А катет |АВ| в масштабе тока возбуждения. Треугольник АВС и есть характеристический.

К пункту 2. Для построения внешних характеристик следует использовать построенную характеристику холостого хода и характеристический треугольник. Необходимо кратко описать построение внешних характеристик. Методы построения внешних характеристик см. (Л 1, рис.10.6 и 10.15; Л 2, глава 5, раздел 5.9; Л4, глава 6, раздел 6.9, рис.6.55,6.62).

Внешнюю характеристику для случая независимого возбуждения построить при неизменном токе возбуждения I_{fN}, а для парал-

лельного возбуждения - при неизменном сопротивлении в цепи возбуждения (пункт е).

Принимая, что катеты характеристического треугольника изменяются пропорционально току якоря, построить внешние характеристики от точки холостого хода до точки короткого замыкания для 6—8 значений тока якоря (включая и номинальный ток). Для генератора с параллельным возбуждением в качестве одного из значений тока якоря принять максимальный ток якоря, определив его в процессе построения характеристики. Ток короткого замыкания определить, исходя из принятых на характеристике холостого хода значений остаточной э. д. с. и сопротивления цепи якоря. Определение номинального изменения напряжения ΔU_N,% см. в книге (Л1,стр.197; Л2, глава 5, раздел 5.9; Л4, глава 6, раздел 6,9; Л5, стр.283).

К пункту 3. Скоростную характеристику двигателя $n = f(I_a)$ при $U = const, I_f = const$, т.е. зависимость скорости вращения от тока нагрузки, следует рассчитать, полагая сопротивление реостата в цепи обмотки возбуждения равным нулю. При построении характеристики учесть, что номинальное напряжение двигателя $U_{NД}$ не равно номинальному напряжению U_N генератора.

Скоростную характеристику строить следующим образом (считая, что номинальный ток двигательного режима равен номинальному току генераторного режима):

а) задаться несколькими значениями тока якоря I_a от 0 до $2I_{aN}$ (5-7 значений, включая номинальное);

б) определить э. д. с. якоря для каждого значения тока якоря $E = U_{NД} - I_a(r_a + r_д) - \Delta U_щ$;

в) определить ток возбуждения двигателя

$$I_{fД} = \frac{U_{NД}}{r_f};$$

г) реакция якоря ослабляет поток машины, создаваемый током обмотки возбуждения. Поэтому для каждого значения тока якоря необходимо определить ту часть тока обмотки возбуждения, которая при работе двигателя создает действительный поток в воздушном зазоре:

$$I_f^{!} = I_{fД} - I_{fa}\frac{I_a}{I_{aN}};$$

д) для каждого значения $I_f^{!}$ по характеристике холостого хода следует определить электродвижущую силу $E^{!}$, которая имела бы место при вращении машины со скоростью n_N, найденной по табл. 1.1;

е) поскольку действительная э. д. с. равна E (пункт б.), то при каждом значении тока якоря скорость вращения двигателя может быть определена из выражения $n = n_N \frac{E}{E^{!}}$.

Результаты расчетов записать в таблицу 1.3.

Данные расчета скоростной характеристики

Таблица 1.3

I_a, A								
E, B								
$I_{fД}, A$								
$I_f^{!}, A$								
$E^{!}, B$								
$n, об/мин$								

По данным табл. 1.3 строится скоростная характеристика.

РАБОТА 2
ТРАНСФОРМАТОРЫ.

1. Определить фазные и линейные значения напряжений и токов в номинальном режиме. Определить коэффициент трансформации.

2. Вычертить схемы соединения обмоток, обеспечивающие получение заданной группы соединения.

3. Определить параметры схемы замещения, приведенные к первичной обмотке, а также активную и реактивную составляющие напряжения короткого замыкания.

4.

а) рассчитать и построить в одной координатной сетке внешнюю характеристику $U_2 = f(I_2)$ и график $\Delta U = f(I_2)$ при $\cos\varphi_2 = 1$ и $\cos\varphi_2 = 0{,}7$;

б) рассчитать и построить кривую процентного изменения напряжения в зависимости от коэффициента мощности нагрузки при номинальном токе.

5. Рассчитать и построить зависимость КПД от нагрузки $\eta = f(P_2)$ при $\cos\varphi_2 = 1$ и $\cos\varphi_2 = 0{,}7$. Определить P_2, при котором η приобретает максимальное значение.

6. Построить в масштабе приведенную векторную диаграмму:
а) для одной фазы трансформатора при нагрузке номинальным током и $\cos\varphi_2 = 0{,}8$ (акт.-инд.);
б) то же при емкостной нагрузке $\cos\varphi_2 = 0{,}0$.

7. Трансформатор включен на параллельную работу с другим таким же трансформатором. Определить распределение нагрузок и допустимую суммарную нагрузку при $\cos\varphi_2 = 0{,}9$ для следующих случаев:

а) один из трансформаторов включен на ответвление +5%, т. е, его коэффициент трансформации увеличен на 5%, а другой - на ответвление, соответствующее номинальному напряжению. Для этого случая построить векторную диаграмму в масштабе;

б) напряжение короткого замыкания одного из трансформаторов равно 1,2 номинального напряжения короткого замыкания.

8. Рассчитать наибольшее мгновенное значение тока короткого замыкания (ударный ток) и кратность этого тока по отношению к номинальному току при трехфазном коротком замыкании.

Примечание. Первичной обмоткой (присоединенной к питающей сети) считается обмотка высшего напряжения.

Методические указания

Вариант задания на контрольную работу выбирается в соответствии с табл. П3. Мощность трансформатора выбирается по последней цифре шифра, а первичное и вторичное напряжения - с учетом последней и предпоследней цифр шифра.

К пункту 1. При определении линейных и фазных значений напряжений и токов следует учитывать, что:

- при схеме соединения трехфазной обмотки в звезду

$$U_Ф = U_Л / \sqrt{3}, \quad I_Ф = I_{Л;}$$

- при схеме соединения в треугольник

$$U_Ф = U_Л, \qquad I_Ф = I_Л / \sqrt{3}.$$

Коэффициент трансформации следует считать приблизительно равным отношению фазных напряжений

$$K = \frac{U_{Ф1}}{U_{Ф2}}.$$

К пункту 2. Следует показать схемы соединения обмоток ВН и НН, обеспечивающие получение заданной группы соединения обмоток

трансформатора, а также, векторную диаграмму, подтверждающую соответствие полученной группы заданию (Л1, глава12, раздел 12-2; Л5, глава 4, раздел 4-1).

К пункту 3.

а). Параметры схемы замещения холостого хода определить по току и потерям холостого хода (Л1, глава14, раздел 14-3; Л2, глава 2, раздел 2.6; Л4, глава 2, раздел 2.10; Л5 глава 3, раздел 3.2).

б). Параметры схемы замещения короткого замыкания определить по напряжению и потерям короткого замыкания (Л 1,глава 14, раздел 14-3; Л2, глава 2, раздел 2.6; Л4, глава 2, раздел 2.10; Л5, глава 3, раздел 3.2). Учесть, что для расчета параметров должны быть использованы фазные значения тока и напряжения, а также потери на одну фазу.

К пункту 4.

а) внешняя характеристика трансформатора и изменение напряжения рассчитать по формулам (Л1, глава 15, раздел 15-2; Л5, глава 3, раздел 3-4).

б) зависимость изменения напряжения от коэффициента мощности нагрузки рассчитать по приближенной формуле (Л1, глава15, раздел15-2, рис. 15.5; Л2, глава 2, раздел 2-10; Л4, глава 2, раздел 2.11, рис. 2.48б; Л5, глава 3, раздел 3.4, рис. 3.13), для нескольких значений угла φ_2 от +90° (чисто индуктивная нагрузка) до -90° (чисто емкостная нагрузка).

К пункту 5.

При расчете коэффициента полезного действия и определении долевого значения нагрузки, соответствующего максимума КПД, использовать учебники (Л1, глава 15, раздел 15-4; Л2, глава 2, раздел 2.10; Л4, глава 2, раздел 2.12; Л5, глава 3, раздел 3.5).

К пункту 6.

Привести все параметры трансформатора к первичной обмотке (обмотке ВН). При построении диаграмм условно

считать, что $x_1 = x_2 = {}^{x_K}\!/_2$; $r_1 = r_2 = {}^{r_K}\!/_2$. Принять $U_2^{!} = U_{1N}$. Примеры построения векторных диаграмм см. Л1, глава 15, раздел 15-1; Л2, глава 3, раздел 3-4.

К пункту 7.

При расчете допустимой нагрузки параллельно включенных трансформаторов следует исходить из того, что ток наиболее нагруженного трансформатора не должен превосходить номинальной величины. О распределении нагрузок при неравенстве коэффициентов трансформации, либо напряжений короткого замыкания см. учебники [Л1, глава 17, раздел 17-3; Л2, глава 2, раздел 2.11; Л4, глава 2, раздел 2.19; Л5, глава 4, раздел 4.2). Для построения векторной диаграммы рекомендуется использовать (Л1, рис. 17-4).

К пункту 8.

При расчете наибольшего мгновенного тока короткого замыкания следует принять, что фаза первичного напряжения в момент короткого замыкания наиболее неблагоприятна (мгновенное напряжение в момент короткого замыкания равно нулю) и что максимум тока наступает через t=0,01 с после короткого замыкания. Следует не задаваться значением ударного коэффициента $\kappa_{уд}$, а определить его из уравнения в учебниках (Л4, глава 2, раздел 2.17; Л5, глава 6, раздел 6.2).

РАБОТА 3.

АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ.

1. Построить круговую диаграмму. Рассчитать и построить рабо-

чие характеристики двигателя. Определить номинальный момент и перегрузочную способность двигателя.

2.Определить параметры двигателя в относительных единицах (о/е).

Методические указания

Данные двигателя для своего варианта студент выбирает в соответствии с последней и предпоследней цифрами своего шифра по табл. П4и П5.

В табл. П4 дана мощность двигателя и его сопротивления за исключением приведенного активного сопротивления ротора $r_2^!$, которое выбирается в зависимости от предпоследней цифры шифра по табл. П5.

К пункту 1. Следует построить круговую диаграмму, называемую точной. О ее построении см. учебники (Л2, глава 3, раздел 3.7, 3.8; Л3, глава 6, раздел 6.5; Л4, глава 4, раздел 4.12, рис. 4.23).

Для расчета параметров Г-образной схемы замещения двигателя необходимо знать индуктивное сопротивление намагничивающего контура.

Оно с достаточной точностью определяется по формуле

$$x_m = (\frac{U_\phi}{I_0} - x_{\sigma 1}), Ом$$

Остальные параметры уточненной схемы замещения с вынесенным намагничивающим контуром определяются при помощи коэффициента c_1.

$$c_1 = 1 + \frac{x_{\sigma 1}}{x_m};$$

$$R_1 = c_1 r_1; \qquad X_1 = c_1 x_{\sigma 1}; \qquad R_2 = c_1^2 r_2^!; \qquad X_2 = c_1^2 x_{\sigma 2}^!; \qquad R_K = R_1 + R_2;$$

$$X_K = X_1 + X_2.$$

Вслед за этим определяют диаметр круговой диаграммы.

Положение точек на окружности токов для $s = \infty$ и $s = 1$ определяется по тангенсам углов, составляемых с диаметром окружно-

сти линиями электромагнитной ($s=\infty$) и механической ($s=1$) мощностей:

$$tg\alpha_{s=1}=\frac{R_K}{X_K};\qquad tg\alpha_{s=\infty}=\frac{R_1}{X_K}.$$

Для построения обеих линий перпендикулярно диаметру окружности токов откладываются отрезки, равные $100tg\alpha$ на расстоянии 100 мм от конца вектора тока I_0.

Можно принять, что при холостом ходе $s=0$.

Масштаб тока при построении выбирают так, чтобы диаметр круговой диаграммы был в пределах 180-250 мм.

Из круговой диаграммы находят ток статора I_1, коэффициент мощности $\cos\varphi$ и дважды приведенный ток ротора $I_2^{\text{!!}}=\frac{I_2^{\text{!}}}{c_1}$.

Для определения $\cos\varphi$ строят дополнительную окружность радиусом 100 мм.

Зная токи, аналитически определяют потери в обмотках статора и ротора. Потери в стали также определяют расчетом, используя данные табл. П4.

$$p_{ст}=p_0-p_{мех}-3I_0^2r_1.$$

Добавочные потери при нагрузке принимают равными 0,5% полезной мощности.

По сумме потерь определяют КПД. Скольжение определяется аналитически как отношение электрических потерь в роторе к электромагнитной мощности:

$$s=\frac{p_{эл2}}{P_{ЭМ}}.$$

Электромагнитную мощность вычисляют либо исходя из подведенной мощности, либо по мощности на валу и соответствующим потерям.

Все перечисленные величины определяют для нескольких зна-

чений мощности на валу двигателя и сводят в таблицу 3.1.

Рабочие характеристики

Таблица 3.1.

P_2 / P_{2N}	0	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25
I_1, A						
s						
η						
$\cos\varphi$						

Рабочие характеристики двигателя: ток статора I_1, скольжение s, коэффициент мощности $\cos\varphi$ и КПД η в зависимости от полезной мощности P_2 следует строить, начиная с точки холостого хода $P_2 = 0$.

Для определения перегрузочной способности двигателя из круговой диаграммы необходимо определить максимальный момент.

Величину номинального момента определяют по формуле .

$$M_N = 975\frac{P_{2N}}{n_N}, кгм.$$

Скорость вращения, соответствующая номинальной мощности, определяется по номинальному скольжению и синхронной скорости вращения.

К пункту 2. Для определения параметров двигателя в относительных единицах необходимо по номинальному току и напряжению двигателя рассчитать базисное сопротивление

$$Z_Б = \frac{U_Ф}{I_1}$$

и определить относительные значения сопротивлений как отношение их величин в омах к величине базисного сопротивления, выраженного также в омах.

Активное сопротивление ветви намагничивания r_m определяют

по потерям в стали и току холостого хода.

РАБОТА 4.

СИНХРОННЫЕ МАШИНЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА.

1. Определить базисные величины напряжения, тока, сопротивления и мощности. Построить характеристики холостого хода, короткого замыкания и треугольник короткого замыкания синхронного генератора. Определить намагничивающую силу реакции якоря при номинальном токе I_N и вычислить продольное и поперечное синхронные индуктивные сопротивления для ненасыщенного генератора.

2. Построить векторную диаграмму э.д.с. (Блонделя) для номинального режима работы синхронного генератора. Определить ток возбуждения и повышение напряжения при сбросе номинальной нагрузки. Определить «насыщенное» значение продольного синхронного индуктивного сопротивления.

3. Построить диаграмму э. д. с. и н. с. (Потье) синхронного генератора при номинальном напряжении и неизменном значении активной мощности для следующих значений коэффициента мощности:

$\cos\varphi = 1,$ $I = 0{,}75 o.e.;$

$\cos\varphi = 0{,}7$ (отстающий) $I = 1 o.e.;$

$\cos\varphi = 0{,}7$ (опережающий) $I = 1 o.e.$

4. Построить диаграммы э. д. с. и н. с. (Потье) синхронного генератора при номинальных значениях напряжения и коэффициента мощности для значений тока:

$$I = 0.5 o.e.; I = 0{,}75 o.e.; \quad I = 1 o.e.$$

Определить ток возбуждения и повышение напряжения при сбросе нагрузки. Сравнить с результатами пункта 2. Построить регулировочную характеристику при номинальных напряжении и коэффициенте мощности.

5. Построить V-образную характеристику для генератора, включенного на сеть бесконечно большой мощности, для $P = const = 0{,}75$.

Три точки характеристики взять из пункта 3, четвертую - из регулировочной характеристики (пункт 4).

6. Определить графически фазные и линейные напряжения синхронного генератора и вычислить коэффициент асимметрии напряжения для случая включения нагрузки между фазами А и В при условии, что ток равен номинальному и отстает от э. д. с. в фазе А на 45°.

Построить векторные диаграммы токов и напряжений для фаз А, В и С генератора.

Методические указания.

К пункту 1. Варианты заданий для пп. 1-5 определяются в соответствии с табл.П6 по двум последним цифрам шифра.

Все расчеты следует производить в относительных единицах (о.е.).

За базисные следует принять единицы: напряжения - номинальное фазное напряжение; тока якоря - номинальный ток фазы якоря; мощности - номинальную кажущуюся мощность трехфазной машины;

сопротивления - отношение базисных величин напряжения и тока.

За единицу тока возбуждения I_f (или намагничивающей силы F_f) следует принять их значение, соответствующее номинальному напряжению при холостом ходе.

Все графические построения рекомендуется выполнять в масштабе 1 о.е. - 100мм на одинаковых форматах миллиметровой бумаги при строгом соблюдении масштаба. Для тока возбуждения рекомендуется масштаб 1 о.е. - 50 мм.

Для построения характеристики холостого хода следует использовать данные таблицы 4.1. в относительных единицах.

Нормальная характеристика холостого хода

Таблица 4.1.

I_f	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5
E_0	0,29	0,58	0,82	1,0	1,15	1,23	1,27	1,30	1,35

Характеристика холостого хода ненасыщенного генератора проходит через начало координат и точку I_f =1, E_0 =1,16. Характеристику короткого замыкания можно построить по заданной величине отношения короткого замыкания (ОКЗ), имея в виду, что ОКЗ равно величине тока короткого замыкания I_K в о.е. при токе возбуждения, равном единице (см. Л2, глава4, раздел 4.8; Л3, глава 15, раздел 15.3; Л4, глава 5, раздел 5.12; Л5, глава 14, раздел 14.1).

Ненасыщенное значение продольного синхронного сопротивления x_d следует найти, пользуясь ненасыщенной характеристикой холостого хода

$$x_d = \frac{E_{0N}}{окз}. \text{ (о.е.)}$$

(см. Л2, глава 4, раздел 4.7; Л3, глава 15, раздел 15.3; Л4, глава5, раздел 5.11; Л5, глава 14, раздел 14.1).

Зная x_d и x_σ, можно найти $x_{ad} = x_d - x_\sigma$, а затем

$$x_{aq} = x_{ad}\frac{K_{aq}}{K_{ad}} \quad \text{и} \quad x_q = x_{aq} + x_\sigma .$$

Величина намагничивающей силы реакции якоря F_a или I_{fa} в масштабе тока возбуждения при номинальном токе якоря определяется из треугольника короткого замыкания - реактивный треугольник – см. (Л 2, глава 4, раздел 4.8; Л3, глава 15, раздел 15.3).

К пункту 2. Построение векторной диаграммы э.д.с. рекомендуется делать в следующем порядке:

а) построить векторы $\dot{U}$ и $\dot{I}$;

б) построить вектор $\dot{E}_\delta = \dot{U} + j\dot{I}x_\sigma$;

(падением напряжения $\dot{I}r_a$ виду его малости пренебрегают);

в) прибавить к вектору $\dot{E}_\delta$ вектор $j\dot{I}x_{aq}$ соединить его конец с началом координат. В результате этого определяется угол ψ и направление вектора $\dot{E}_0$;

г) найти проекцию $\dot{E}_\delta$ на направление $\dot{E}_0$. Эта проекция представляет собой э. д. с. $\dot{E}_{\delta d}$, индуктированную в обмотке статора результирующим потоком воздушного зазора по продольной оси.

Определить ток возбуждения $I_{f\delta d}$,соответствующий э.д.с. $\dot{E}_{\delta d}$, по насыщенной характеристике холостого хода;

д) вычислить продольную составляющую тока нагрузки $\dot{I}_d = \dot{I}\sin\psi$ и соответствующую ей продольную н.с. реакции якоря

$$\dot{F}_{ad} = \dot{F}_a \sin\psi$$

или в масштабе тока возбуждения $\dot{I}_{fad} = \dot{I}_{fa}\sin\psi$;

е) ток возбуждения при номинальном режиме определяется суммой

$$I_{fN} = I_{f\delta d} + I_{fad};$$

ж) по насыщенной характеристике холостого хода определить э. д. с., соответствующую току возбуждении I_{fN}, и вычислить повышение напряжения при сбросе нагрузки

$$\Delta U = (E_0 - 1)\cdot 100\%$$

(см Л2, глава 4, раздел 4.10; Л3, глава 15, раздел 15.2, 15.4; Л4, глава 5, раздел 5.9; Л5, глава 13, раздел 13.4, рис. 13.8).

Насыщенное значение продольного индуктивного сопротивления

реакции якоря $x_{adндн} = \dfrac{E_0 - E_{ad}}{I_d}$.

Синхронное индуктивное сопротивление по продольной оси

$$x_{dнна} = x_{adндн} + x_\sigma .$$

К пункту 3. При построении диаграммы (Потье) принять реактивное сопротивление Потье x_P равным индуктивному сопротивлению рассеяния x_σ, считая $r_a = 0$. О диаграмме э.д.с. и н.с. см. (Л2, глава 4, раздел 4.9; Л3, глава 15, раздел 15.4; Л4, глава 5, раздел 5.9; Л5, глава 13, раздел 13.2, рис. 13.6).

К пункту 4. Производят построение диаграммы э.д.с. и н.с. при U_N и $\cos\varphi_N$ для токов I=0,5; 0,75 и 1,0, в результате чего получают ряд значений I_f. Регулировочную характеристику строят по соответствующим значениям I и I_f. (см. Л2, глава 4, раздел 4.8, 4.10; Л3, глава 15, раздел 15.3, 15.4; Л4, глава 5, раздел 5,13; Л5, глава 14, раздел 14.4).

К пункту 5. Четвертая точка для построения V-образной характеристики определяется по регулировочной характеристике следующим образом:

находят на регулировочной характеристике ток якоря

$$I = \frac{P}{\cos\varphi_N} = \frac{0{,}75}{\cos\varphi_N}$$

и определяют соответствующий ему ток возбуждения I_f.

Полученные значения I и I_f дают четвертую точку V-образной характеристики. Характеристика имеет минимум при I=0,75 и $\cos\varphi = 1$.

К пункту 6. Следует разложить несимметричную систему токов нагрузки: $\dot{I}_A$=1; $\dot{I}_B$=-1 и $\dot{I}_C$=0 на симметричные составляющие прямой и обратной последовательности.

Диаграмму фазных токов построить по уравнениям:

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{A1} + \dot{I}_{A2};\quad \dot{I}_B = \dot{I}_{B1} + \dot{I}_{B2};\quad \dot{I}_C = \dot{I}_{C1} + \dot{I}_{C2}.$$

где

$$\dot{I}_{A1} = \dot{I}_1; \quad \dot{I}_{A2} = \dot{I}_2;$$

$$\dot{I}_{B1} = a^2 \dot{I}_1; \quad \dot{I}_{B2} = a \dot{I}_2;$$

$$\dot{I}_{C1} = a \dot{I}_1; \quad \dot{I}_{C2} = a^2 \dot{I}_2.$$

$\dot{I}_1$ и $\dot{I}_2$ - токи прямой и обратной последовательности. Диаграмму фазных напряжений построить по уравнениям:

$$\dot{U}_A = \dot{E}_{0A} - j \dot{I}_{A1} x_1 - j \dot{I}_{A2} x_2;$$

$$\dot{U}_B = \dot{E}_{0B} - j \dot{I}_{B1} x_1 - j \dot{I}_{B2} x_2;$$

$$\dot{U}_C = \dot{E}_{0C} - j \dot{I}_{C1} x_1 - j \dot{I}_{C2} x_2.$$

Э. д. с взять из решения пункта 2. Векторы э. д. с. $\dot{E}_{0A}$, $\dot{E}_{0B}$, $\dot{E}_{0C}$ образуют симметричную трехлучевую звезду. Следует принять $x_1 = x_{\text{днна}}$ из решения пункта 2. Коэффициент асимметрии α рассчитать как отношение модулей $\alpha = \frac{|I_2 x_2|}{|U_1|}$. U_1 взять из диаграммы.

О разложении токов и о несимметричной нагрузке - см. учебники [Л2, глава 4, раздел 4.17, 4.18; Л3, глава 18, раздел 18.2, 18.3; Л4, глава 5, раздел 5.22).

Приложения

Номинальные данные генераторов при напряжении U_N=230В и скорости вращения n_N=1500 об/мин.

Таблица П1.

Последняя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Номинальная мощность P_N, кВт	4,5	6,0	8,0	11,0	14,0	19,0	25,0	32,0	42,0	55,0
Ток возбуждения при холостом ходе I_{f0}, А	0,8	0,9	0,95	1,0	1,07	1,5	1,7	2,2	2,8	3,2
Реакция якоря при номинальном токе якоря в масштабе тока возбуждения I_{fa},А	0,1	0,11	0,12	0,18	0,19	0,25	0,35	0,40	0,45	0,5
Сопротивление обмотки якоря r_a, Ом	0,55	0,34	0,20	0,14	0,09	0,092	0,06	0,05	глава	0,03
Сопротивление обмотки добавочных полюсов r_o, Ом	0,235	0,13	0,08	0,05	0,04	0,03	0,025	0,016	0,015	0.01
Сопротивление обмотки воз-	160	130	125	110	100	77	67	52	40	30

буждения r_f, Ом										

Скорости вращения и напряжения машин постоянного тока.

Таблица П2.

Предпоследняя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Номинальная скорость вращения n_N, об/мин	750	1000	1500	2200	3000	750	1000	1500	2200	3000
Номинальное напряжение генератора U_N,В	230	230	230	230	230	115	115	115	115	115
Номинальное напряжение двигателя $U_{NД}$,В	220	220	220	220	220	110	110	110	110	110

Исходные данные трехфазного трансформатора

Последняя цифра шифра	Мощность S, кВа	Потери холостого хода P_0,Вт	Потери короткого замыкания P_K,Вт	Ток холостого хода i_0, %	Напря	
					Предпосл	
					0,1	2,3
1	2	3	4	5	6	7
0	25	105	600	3,2	10/0,4	3/0,525
1	40	150	880	3,0	10/0,525	3/0,69
2	63	220	1280	2,8	3/0,69	10/0,4
3	100	310	1970	2,6	20/0,69	3/0,525
4	160	460	2650	2,4	20/0,4	10/0,525
5	400	920	5550	2,1	10/0,69	20/0,4
6	1000	2100	12200	1,4	35/11	20/3,15
7	2500	3900	25000	1,0	20/6,3	35/3,15
8	4000	5450	33500	1,0	35/11	20/3,15
9	6300	7650	46500	0,9	20,11	35/6,3

При U_2=0,525; 3,15; 6,3;11кВ схема и группа соединений обмоток трансформа
при U_2= 0,4; 0,69 кВ схема и группа соединений обмоток трансформатора $Y/$
Для нечетных предпоследних цифр шифра u_K =5,5%;
для четных, в том числе и ноля, предпоследних цифр шифра u_K =6,5%.

Исходные данные трехфазного асинхронного двигателя

	Последняя цифра шифра						
	0	1	2	3	4	5	6
Номинальная мощность P_{2N}, кВт	4,0	7,5	10	13	22	30	4
Номинальное напряжение $U_{Ф}/U_{Л}$, В	220/380	220/380	220/380	220/380	220/380	220/380	220/
Активное сопротивление обмотки статора r_1, Ом	1,4	0,85	0,7	0,4	0,25	0,16	0,1
Индуктивное сопротивление рассеяния обмотки статора $x_{\sigma 1}$, Ом	3,0	1,7	1,5	1,0	0,75	0,55	0,
Приведенное активное сопротивление обмотки ротора $r_2^{!}$, Ом	0,8	0,5	0.4	0,25	0,15	0,11	0,0

(см. табл. П5)							
Приведенное индуктивное сопротивление рассеяния обмотки ротора $x'_{\sigma 2}$	3,5	1,9	1.5	1,0	0,8	0,6	0,5
Ток холостого хода I_0, А	4,5	7,0	7,5	10	15	21	4
Потери холостого хода p_0, Вт	220	370	460	700	900	1200	18
Потери механические $p_{\text{ьех}}$, Вт	40	60	70	100	120	150	23

Приведенное активное сопротивление обмотки ротора асинхронн

Та

Предпоследняя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	
Приведенное активное сопротивление	r'_2	$0{,}70\,r'_2$	$1{,}5\,r'_2$	$1{,}5\,r'_2$	$0{,}70\,r'_2$	$1{,}5\,r'_2$	$1{,}5\,r'_2$	0

Вместо значения приведенного активного сопротивления обмотки ротора (табл.П4)
табл.П5 по предпоследней цифре шифра.

Исходные данные трехфазного явнополюсного синхронного г

№п/п	Две последние цифры шифра	00/01	02/03	04/05	
1	Номинальная мощность S, кВА	3000	3900	4800	
2	Номинальное линейное напряжение $U_{ЛN}$, кВ	6,6/3,3	6,6/3,3	6,6/3,3	1
3	Номинальный коэффициент мощности $\cos\varphi_N$	0,8	0,8	0,8	
4	Отношение короткого замыкания	1,34	0,83	1,16	
5	Индуктивное сопротивление рассеяния обмотки якоря x_σ, о.е.	0,14	0,14	0,14	
6	Коэффициент продольной реакции якоря k_{ad}	0,84	0,82	0,88	
7	Коэффициент поперечной реакции якоря k_{aq}	0,47	0,49	0,48	
8	Индуктивное сопротивление обратной последовательности фаз x_2, о.е.	0,22	0,26	0,23	

№п/п	12/13	14/15	16/17	18/19	20/21	22/23	24/25	26/27	28
1	7500	8250	9400	9400	11000	11250	16250	17500	18
2	6,6/3,3	6,6/3,3	10,5/3,3	6,6/3,3	10,5/3,3	10,5/3,3	10,5/3,3	10,5/3,3	10,5
3	0,85	0,85	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0
4	1,0	0,78	1,1	1,24	0,88	0,85	1,45	1,2	1
5	0,12	0,12	0,12	0,1	0,12	0,12	0,13	0,16	0
6	0,86	0,86	0,89	0,83	0,82	0,88	0,83	0,84	0,
7	0,48	0,46	0,44	0,5	0,49	0,4	0,47	0,56	0,
8	0,23	0,28	0,24	0,20	0,21	0,21	0,22	0,21	0,

№п/п	34/35	36/37	38/39	40/41	42/43	44/45	46/47	48/49	50
1	22500	23500	26300	4000	10000	15000	15600	18000	18
2	10,5/3,3	10,5/3,3	10,5/3,3	6,6/3,3	6,6/3,3	6,6/3,3	6,6/3,3	6,6/3,3	6,6
3	0,75	0,85	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0
4	0,87	1,09	1,57	1,1	0,98	1,04	0,98	1,01	0,
5	0,14	0,15	0,13	0,13	0,11	0,09	0,14	0,14	0,
6	0,83	0,82	0,8	0,84	0,86	0,88	0,84	0,86	0,
7	0,48	0,46	0,46	0,45	0,46	0,49	0,47	0,44	0,
8	0,23	0,23	0,21	0,25	0,25	0,25	0,23	0,20	0,

№п/п	56/57	58/59	60/61	62/63	64/65	66/67	68/69	70/71	7
1	30000	30000	30000	33000	44000	50000	68750	77500	1
2	10,5/3,3	10,5/3,3	10,5/3,3	10,5/3,3	10,5/3,3	15,75/3,3	13,8/3,3	13,8/3,3	6
3	0,8	0,8	0,85	0,7	0,85	0,8	0,8	0,8	
4	1,38	1,04	0,93	0,97	0,88	1,56	1,36	1,14	
5	0,11	0,15	0,12	0,1	0,12	0,16	0,12	0,12	
6	0,8	0,86	0,8	0,82	0,84	0,75	0,72	0,8	
7	0,45	0,43	0,44	0,46	0,49	0,54	0,51	0,46	
8	0,34	0,20	0,20	0,22	0,26	0,23	0,19	0,23	

№п/п	78/79	80/81	82/83	84/85	86/87	88/89	90/91	92/93	94/95	96/
1	630	1000	800	630	500	630	500	400	325	25
2	6,6/3,3	6,6/3,3	6,6/3,3	6,6/3,3	6,6/3,3	6,6/3,3	6,6/3,3	6,6/3,3	6,6/3,3	6,6/
3	0,8	0,75	0,75	0,8	0,8	0,85	0,85	0,8	0,8	0,
4	0,65	0,76	0,83	0,7	0,72	0,9	0,8	0,85	0,99	1,
5	0,12	0,1	0,1	0,1	0,1	0,11	0,14	0,15	0,14	0,
6	0,81	0,84	0,85	0,84	0,85	0,82	0,83	0,84	0,83	0,8
7	0,44	0,45	0,46	0,45	0,46	0,47	0,46	0,48	0,43	0,4
8	0,28	0,31	0,29	0,32	0,31	0,31	0,30	0,24	0,23	0,3

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вольдек А.И., Попов В.В. Электрические машины. Введение в электромеханику. Машины постоянного тока и трансформаторы: учеб.- СПб.:Питер, 2008. – 320с.
2. Копылов, И.П. Электрические машины: учеб./ И.П.Копылов.-5-е изд.-М.: Высшая школа, 2006.- 607с.
3. Вольдек А.И., Попов В.В. Электрические машины. Машины переменного тока: учеб.- СПб.:Питер, 2007. – 350с.
4. Гольдберг, О.Д. Электромеханика: учеб. / О.Д.Гольдберг, С.П.Хмелевская. – М.: Academia, 2007.- 504с.
5. Беспалов, В.Я. Электрические машины: учеб. пособие / В.Я.Беспалов, Н.Ф.Котеленц. – М.: Academia, 2006. – 313с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение
1. Машины постоянного тока.
2. Трансформаторы.
3. Асинхронные двигатели.
4. Синхронные машины переменного тока.
5. Приложение.