

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования

СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЗАОЧНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра электротехники и электромеханики

Инженерное проектирование и САПР

Рабочая программа
Задания на курсовой проект

Факультет энергетический

Направление и специальность подготовки дипломированного
специалиста:

140600.62 – электротехника, электромеханика и электротехнологии

140601.65 – электромеханика

Санкт-Петербург
2011

Утверждено редакционно-издательским советом университета

УДК 621.313

Инженерное проектирование и САПР: Рабочая программа, задания на курсовой проект. – СЗТУ 2011, – 19с.

Рабочая программа составлена в соответствии с государственными образовательными стандартами высшего профессионального образования по направлению подготовки дипломированного специалиста 140600 (специальность 140601 – «Электромеханика»).

Методический сборник содержит рабочую программу, тематический план лекций, перечень основной и дополнительной литературы, варианты задания на курсовой проект.

В дисциплине рассматриваются общие вопросы проектирования вращающихся электрических машин, особенности проектирования асинхронных машин, особенности проектирования синхронных машин, особенности проектирования коллекторных машин постоянного тока.

Составитель: В.Я. Кучер, канд. техн. наук, доцент

ПРЕДИСЛОВИЕ

Системы автоматизированного проектирования (САПР) обеспечивают сокращение сроков проектирования изделий и повышение качества разработки проектов.

САПР – организационно-техническая система, осуществляющая проектирование при помощи комплекса средств автоматизированного проектирования.

Основная функция САПР состоит в выполнении автоматизированного проектирования на всех или отдельных стадиях проектирования объектов и их составных частей.

САПР является человеко-машинной системой, и поэтому успех автоматизации проектирования зависит от реализации эффективного взаимодействия человека и средств вычислительной техники.

САПР для проектирования различных изделий различаются программными и техническими средствами. Но все САПР включают следующие основные компоненты:

- технические средства: ЭВМ, комплекс ЭВМ, устройства ввода – вывода (УВВ);
- математическое, лингвистическое, программное, информационное обеспечения;
- базы данных.

При автоматизированном проектировании конструкторские документы могут быть выполнены:

- в визуальной форме, то есть читаемой человеком;
- в машинной (закодированной) форме, то есть в форме, воспринимаемой только техническими средствами.

Благодаря системам автоматического проектирования (САПР) существенно (в несколько раз) сокращаются сроки исполнения и подготовки конструкторской и технической документации. Такой выигрыш во времени достигается за счёт автоматизации большинства действий, связанных с этим процессом.

Кроме того, в результате использования машинного проектирования ощутимо улучшается качество, как технической документации, так и непосредственно самих конструкторских разработок. Конструктору, инженеру, проектировщику больше не приходится значительную часть своих усилий тратить на рутинные операции. Он может целиком сконцентрироваться на самом творческом процессе разработки.

САПР позволяет практически полностью исключить повторение одних и тех же действий. Например, если создан чертёж детали, а потом эту же деталь нужно начертить на другом чертеже (например, в составе сборочного чертежа), то не надо будет вычерчивать её снова. Достаточно будет двух-трёх секунд, чтобы скопировать построение с одного чертежа на другой. Следует также отметить, что современные системы автоматического проектирования позволяют решать конструкторские задачи комплексно: от постановки задачи

до получения чертежей и программ для оборудования (станков) с числовым программным обеспечением (ЧПУ). В конечном итоге это позволяет в несколько раз ускорить не только выполнение чертежей, но и изготовление самих деталей.

Дисциплина направлена на решение задач, в результате чего современный инженер должен уметь:

- выбирать электрические машины и трансформаторы для конкретных условий их применения;
- анализировать и описывать установившиеся и переходные процессы в устройствах и цепях, содержащих электрические машины и трансформаторы;
- проводить автоматизированные расчёты основных типов электрических машин и трансформаторов.

Дисциплина базируется на знаниях, полученных студентами при изучении всего комплекса дисциплин рабочего учебного плана по специальности и, в частности, при изучении:

- математики;
- физики;
- информатики;
- теоретических основ электротехники;
- материаловедения (электроматериаловедение);
- метрологии, стандартизации и сертификации.

Объём дисциплины и виды учебной работы

Виды занятий	Всего часов	8-й семестр	9-й семестр	10-й семестр
Общая трудоемкость	280	120	80	80
Аудиторные занятия	124	44	40	40
Лекции	14	6	4	4
Практические занятия	20	8	6	6
Самостоятельная работа	156	76	40	40
Курсовой проект	90	30	30	30
Вид итогового контроля		экзамен	экзамен	экзамен

1. Содержание дисциплины

1.1. Рабочая программа (Объем курса 280 часов)

Введение (5 ч)
[1], с. 4...6

1.1.1. Общие положения (30 ч) [1], с. 6...42

Технико-экономические требования, предъявляемые к потребительским свойствам электрических машин. Исходные предпосылки. Стандартизация технико-эксплуатационных свойств электрических машин. Унификация конструктивных форм исполнения электрических машин. Материалы, применяемые в электромашиностроении: магнитные материалы, электроизоляционные материалы, проводниковые материалы и обмоточные провода. Конструкционные материалы.

Вопросы для самопроверки

1. Сформулируйте технико-экономические требования, предъявляемые к электрическим машинам (ЭМ).
2. Какие параметры определяют энергетические показатели ЭМ ?
3. Какая конструкция ЭМ может считаться технологичной ?
4. Как можно повысить технологичность конструкции ?
5. Какое буквенное обозначение имеют степень защиты, способ конструктивного исполнения и способ охлаждения ЭМ ?
6. Какие классы изоляции по нагревостойкости находят применение: в ЭМ малой мощности; в ЭМ общепромышленного применения; в ЭМ, применяемых на транспорте и в металлургии ?
7. Какие требования, предъявляются к обмоточным проводам ЭМ ?
8. Сравните преимущества и недостатки медных и алюминиевых проводов.
9. Какие щетки применяются для коллекторов ЭМ постоянного тока?
10. Что является основным критерием выбора расчетного варианта ЭМ ?
11. Сравните удельную материалоемкость асинхронной машины и машины постоянного тока.

1.1.2. Теоретические основы проектирования (80 ч) [1], с. 42...121

Процедуры проектирования. Нахождение параметров проекта без оптимизационных расчётов. Установление параметров проекта путём аналитической частичной оптимизации. Поиск параметров проекта численными методами с применением теории оптимизации. Алгоритм поэтапной оптимизации параметров проекта. Методы проектирования. Основные понятия и определения. Традиционные методы проектирования и необходимость в новых методах по решению инженерных задач. Выбор стратегии проектирования и методов её практического осуществления. Установление параметров проекта, исходного для оптимизации. Установление параметров проекта, исходного для оптимизации. Общность электромагнитных процессов во вращающихся электрических машинах. Главные размеры. Электромагнитные нагрузки. Первоначальное значение воздушного зазора. Площади пазов. Аксиальные геометрические размеры магнитопроводов. Наружные и внутренние диаметры магнитопроводов. Высота ярма. Высота зубца. Ширина паза. Число параллельных ветвей обмоток и элементарных проводников. Магнитная индукция и МДС на отдельных участках зубца, ярма и спинки. МДС и коэффициенты кривой поля в воздушном зазоре. Потери в стали магнитопровода. Механические потери. Электрические потери в обмотках. Электрические потери под щётками. Рассеяние и индуктивные сопротивления обмоток. Коэффициенты машины. Эксплуатационные параметры.

Вопросы для самопроверки

1. Какая процедура проектирования является наиболее современной и оптимальной ?
2. Какие три этапа можно выделить в алгоритме поэтапной оптимизации параметров ?
3. Какие недостатки имеют традиционные методы проектирования ?
4. Какие преимущества имеют современные методы проектирования по сравнению с традиционными методами ?
5. Что включает в себя стратегия проектирования ?
6. Перечислите основные параметры, исходные для оптимизации.
7. С какой целью применяется сокращение шага обмотки, скос пазов ?
8. Чем определяется выбор величины воздушного зазора ?
9. Напишите формулу линейной токовой нагрузки. Чем определяется выбор её величины, как она зависит от мощности машины, чему примерно равна ?
10. Чем определяется выбор величины магнитной индукции, как она зависит от мощности машины, чему примерно равна индукция в воздушном зазоре ?

11. Какие потери называют «постоянными» (потерями холостого хода) ?
12. Какие потери называют «переменными» (нагрузочными) ?
13. Назовите условие максимума КПД.

1.1.3. Основы построения САПР электрических машин (80 ч) [1], с. 121...184

Теоретические основы программного обеспечения САПР. Оптимизируемая математическая модель объекта проектирования. Необходимые свойства модели. Качественное обоснование оптимизируемой модели вращающейся электрической машины. Учёт стоимости изготовления машины. Оценка оптимизируемой модели в инженерном аспекте. Управление оптимизацией. Выбор состава проектных параметров. Система уравнений проектной задачи. Учёт технико-экономических и конструкторско-технологических требований. Принципы осуществления двухэтапной оптимизации. Определение исходной точки. Предварительная оптимизация. Точная оптимизация. Предварительная оптимизация вращающихся электрических машин. Исходные предпосылки. Влияние параметров пазовых слоёв на величину МДС. Критерии определения исходной рабочей точки. Определение минимальной МДС при заданной площади пазов. Упрощение алгоритма предварительной оптимизации. Оценка результатов предварительной оптимизации. Точная оптимизация вращающихся электрических машин. Линеаризация нелинейной системы уравнений, описывающей объект проектирования. Построение неравенств. Условия существования оптимального решения. Особенности оптимизационных расчётов при наличии разрывных функций. Построение алгоритма точной оптимизации. Оценка результатов точной оптимизации. Основополагающая методология построения САПР. Общие положения. Виды обеспечения САПР. Технические средства САПР. Средства информационного обеспечения САПР. Основные эксплуатационные показатели САПР.

Вопросы для самопроверки

1. Какие преимущества дает САПР для высокоиспользованных и слабоиспользованных ЭМ ?
2. Чем отличается параметрическая оптимизация от структурной ?
3. Как можно охарактеризовать частный и обобщенный критерии оптимальности ?
4. Что такое обобщённый коэффициент оптимизации ?
5. Перечислите виды комплекса средств САПР.
6. Перечислите средства информационного обеспечения САПР.
7. Перечислите основные эксплуатационные показатели САПР.

Заключение (5 ч)

1.2. Тематический план лекций для студентов очно-заочной формы обучения

Темы лекций	Объём, часы
Введение. Общие положения. Техничко-экономические требования, предъявляемые к потребительским свойствам электрических машин. Материалы, применяемые в электромашиностроении.	4
Теоретические основы проектирования. Процедуры проектирования. Методы проектирования. Установление параметров проекта, исходного для оптимизации.	5
Основы построения САПР электрических машин. Теоретические основы программного обеспечения САПР. Основополагающая методология построения САПР электрических машин.	5

1.3. Тематический план практических занятий для студентов очно-заочной формы обучения

Темы практических занятий	Объём, часы
Автоматизированный расчёт трансформаторов	2
Автоматизированный расчёт асинхронных машин.	6
Автоматизированный расчёт синхронных машин.	6
Автоматизированный расчёт машин постоянного тока.	6

1.5. Тематика курсовых проектов

Темы работ: Асинхронные машины, синхронные машины и машины постоянного тока (автоматизированный расчёт).

2. Библиографический список

Основной:

1. Рябуха В.И. Инженерное проектирование и САПР: учебно-методический комплекс. – СПб.: Изд-во СЗТУ, 2010. – 192 с.
2. Гольдберг О.Д. Инженерное проектирование и САПР электрических машин: учебник для вузов / О.Д. Гольдберг, И.С. Свириденко; под ред. О.Д. Гольдберга. – М.: Академия, 2008. – 560 с.
3. Проектирование электрических машин / под ред. И.П. Копылова. – М.: Высшая школа, 2005. – 496 с.

Дополнительный:

4. Рябуха В.И. Параметрический синтез активной зоны электрических машин / В.И. Рябуха. – СПб.: Изд-во СЗТУ 2004. – 199 с.
5. Рябуха В.И. Оптимизация проектирования электрических машин / В.И. Рябуха. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1984. – 130 с.
6. Шуйский В.П. Расчёт электрических машин: пер. с нем. / В.П. Шуйский. – М.: Энергия, 1968. – 732 с.
7. Методы инженерного творчества: учебно-методический комплекс / сост.: О.М. Вальц, В.И. Рябуха. – СПб.: Изд-во СЗТУ, 2009 – 112 с.
8. Жарков Н.В. AutoCAD 2007: официальная русская версия. Эффективный самоучитель. – СПб.: Наука и техника, 2007. – 608 с.
9. Половко А.М., Ганичев И.В. Mathcad для студентов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 336 с.
10. Конструкция, расчёт, проектирование, потребительские свойства электромагнитных устройств и электромеханических преобразователей: Инженерное проектирование и САПР электрических машин. Асинхронные машины: методические указания по курсовому проектированию / Рябуха В.И. – СПб. – 2004. – 57 с.
11. Конструкция, расчёт, проектирование, потребительские свойства электромагнитных устройств и электромеханических преобразователей: Инженерное проектирование и САПР электрических машин. Синхронные машины: методические указания по курсовому проектированию / Рябуха В.И. – СПб. – 2004. – 46 с.
12. Конструкция, расчёт, проектирование, потребительские свойства электромагнитных устройств и электромеханических преобразователей: Инженерное проектирование и САПР электрических машин. Машины постоянного тока: методические указания по курсовому проектированию / Рябуха В.И. – СПб. – 2004. – 46 с.

3. Задания на курсовой проект

3.1. Общие положения

Студент выполняет курсовые проекты по трем частям дисциплины «Инженерное проектирование и САПР электрических машин». Задание на курсовое проектирование приведено в таблицах 1, 2, 3. Первая часть предусматривает проект асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором (табл. 1), вторая часть проект синхронной машины (табл. 2), третья часть машины постоянного тока (табл. 3). Студент выполняет один вариант задания по каждой части дисциплины. Номер варианта определяется двумя последними цифрами шифра зачетной книжки. В том случае если число двух последних цифр шифра больше 50 номер варианта задания определяется вычитанием 50 из двух последних цифр шифра.

Для первой части дисциплины в качестве базовой модели выбирается конструкция двигателя серии 4А. Если число двух последних цифр шифра находится в пределах 00 – 49, то делается проект двигателя на напряжение 220/380 В. Если число двух последних цифр шифра находится в пределах 50 – 99, тогда выполняется проект двигателя на напряжение 380/660 В.

Для второй части дисциплины в качестве базовой модели выбирается конструкция синхронных машин серии СГД2. Если число двух последних цифр шифра находится в пределах 00 – 49, то делается проект синхронного генератора. Если число двух последних цифр шифра находится в пределах 50 – 99, тогда выполняется проект синхронного двигателя.

Для третьей части дисциплины в качестве базовой модели выбирается конструкция машин постоянного тока серии П. Задание на курсовое проектирование для машин постоянного тока приведено в 100 вариантах.

Для детального ознакомления, по всем трём частями дисциплины, необходимо использовать указанную в данном пособии литературу.

Таблица 1

Номер варианта	Номинальная мощность, кВт	Число полюсов	КПД, %	Коэффициент мощности	Прототип проектируемой машины
1	2	3	4	5	6
00	1,5	8	73	0,7	4A100L8
01	45	12	92	0,88	4A250M8
02	4	4	84	0,84	4A100S2
03	37	8	92	0,83	4A250S8
04	5,5	4	87,5	0,87	4A100L2
05	55	12	92	0,825	4A250M6
06	3	8	80	0,73	4A100S4
07	45	12	92	0,8	4A250S6
08	4	8	80	0,752	4A100L4
09	90	8	93	0,86	4A250M4
10	7,5	4	87,5	0,9	4A112M2
11	75	8	92,5	0,84	4A250S4
12	5,5	8	84,5	0,8	4A112M4
13	90	4	82,5	0,9	4A250M2
14	3	8	75,5	0,74	4A112MA6
15	75	4	92,5	0,92	4A250S2
16	2,2	8	75	0,725	4A112MA8
17	30	8	90	0,83	4A225M8
18	3	8	77,5	0,74	4A112MB8
19	37	8	91,5	0,83	4A225M6
20	11	4	88,5	0,87	4A132M2
21	55	8	94,5	0,92	4A225M4
22	7,5	8	82,5	0,8	4A132S4

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
23	55	4	91,5	0,91	4A225M2
24	11	8	85	0,81	4A132M4
25	22	8	85	0,825	4A200L8
26	5,5	8	84	0,8	4A132S6
27	18,5	8	85,5	0,82	4A200M8
28	7,5	8	84,5	0,845	4A132M6
29	30	8	90	0,84	4A200L6
30	4	8	80	0,76	4A132S8
31	22	8	88	0,845	4A200M6
32	5,5	8	82,5	0,79	4A132M8
33	45	8	91	0,84	4A200L4
34	15	4	90	0,86	4A160S2
35	37	8	91,5	0,83	4A200M4
36	18,5	4	90	0,86	4A160M2
37	45	4	85	0,886	4A200L2
38	18,5	8	85,5	0,84	4A160M4
39	37	4	90	0,9	4A200M2
40	11	8	85	0,745	4A160S6
41	15	8	85,5	0,82	4A180M8
42	15	6	87	0,87	4A160M6
43	18,5	8	87,5	0,77	4A180M6
44	7,5	8	87,5	0,87	4A160S8
45	2,2	8	75	0,72	4A90L4
46	11	8	85	0,8	4A160M8
47	22	4	90	0,885	4A180S2
48	30	4	90	0,89	4A180M2
49	22	8	87,5	0,875	4A180S4
50	1,5	8	73	0,7	4A100L8
51	45	12	92	0,84	4A250M8
52	4	4	84,7	0,84	4A100S2
53	37	8	91	0,83	4A250S8
54	5,5	4	8,5	0,87	4A100L2
55	55	12	92	0,82	4A250M6
56	3	8	77,5	0,75	4A100S4
57	45	12	91	0,8	4A250S6
58	4	8	80	0,76	4A100L4
59	90	8	93	0,85	4A250M4
60	7,5	4	87,5	0,82	4A112M2
61	75	8	93,5	0,91	4A250S4
62	5,5	8	82,5	0,775	4A112M4
63	90	4	92,5	0,92	4A250M2

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
64	3	8	78	0,74	4A112MA6
65	75	4	91,5	0,89	4A250S2
66	2,2	8	75	0,72	4A112MA8
67	30	8	90	0,83	4A225M8
68	3	8	79	0,8	4A112MB8
69	37	8	91,5	0,84	4A225M6
70	11	4	87,5	0,87	4A132M2
71	55	8	93	0,84	4A225M4
72	7,5	8	84,8	0,78	4A132S4
73	55	4	91,5	0,9	4A225M2
74	11	8	85	0,81	4A132M4
75	22	8	88	0,84	4A200L8
76	5,5	8	80,5	0,775	4A132S6
77	18,5	8	87,5	0,84	4A200M8
78	7,5	8	84,5	0,78	4A132M6
79	30	8	90	0,846	4A200L6
80	4	8	81	0,74	4A132S8
81	22	8	88	0,775	4A200M6
82	5,5	8	82,5	0,74	4A132M8
83	45	8	92,5	0,847	4A200L4
84	15	4	90	0,88	4A160S2
85	37	8	91,5	0,9	4A200M4
86	18,5	4	88	0,93	4A160M2
87	45	4	91,5	0,91	4A200L2
88	18,5	8	90	0,825	4A160M4
89	37	4	92	0,9	4A200M2
90	11	8	85	0,81	4A160S6
91	15	8	87	0,82	4A180M8
92	15	6	87	0,87	4A160M6
93	18,5	6	87,5	0,87	4A180M6
94	7,5	8	84,5	0,8	4A160S8
95	2,2	8	77,5	0,725	4A90L4
96	11	8	85	0,8	4A160M8
97	22	4	90	0,87	4A180S2
98	30	4	90	0,88	4A180M2
99	22	8	85,5	0,825	4A180S4

Таблица 2

Номер варианта	Номиналь- ная мощ- ность, кВт	Напряжение для генера- торов, В при $\cos \varphi = 0,8$	Напряжение для двига- телей, В при $\cos \varphi = 0,9$	Частота вращения, об/мин	КПД, %
1	2	3	4	5	6
00	160	400	380	600	92,2
01	250	230	220	1000	93
02	160	400	380	600	89,5
03	250	400	380	1000	93
04	132	400	380	500	88,5
05	315	400	380	1000	93,5
06	110	400	380	500	87,5
07	400	400	380	1000	94
08	200	400	380	500	90,5
09	500	400	380	1000	94,5
10	160	400	380	750	89,5
11	315	6300	6000	1000	93
12	132	400	380	600	88,5
13	400	6300	6000	1000	93,6
14	400	6300	6000	600	92,8
15	200	230	220	750	92,6
16	315	6300	6000	500	92,2
17	250	230	220	750	93,2
18	500	6300	6000	750	94
19	200	400	380	750	92,6
20	400	6300	6000	750	93,3
21	250	400	380	750	93,2
22	315	6300	6000	600	92,6
23	315	400	380	750	93,7
24	630	6300	6000	1500	94,7
25	400	400	380	750	94
26	500	6300	6000	1500	94
27	200	6300	6000	750	91,5
28	400	6300	6000	1500	93,3
29	250	6300	6000	750	93
30	800	6300	6000	1500	95,2
31	315	6300	6000	750	93,2
32	630	6300	6000	1000	94,5
33	160	230	220	600	92,2
34	500	6300	6000	1500	93,8
35	200	230	220	500	92,3
36	250	400	380	500	92

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6
37	250	230	220	600	93
38	200	400	380	1000	91,5
39	315	230	220	600	93,6
40	160	400	380	1000	90,7
41	200	400	380	1500	92,3
42	132	400	380	750	90
43	250	400	380	600	93
44	250	230	220	500	92
45	315	400	380	600	93,6
46	200	230	220	1000	91,5
47	250	6300	6000	600	91,6
48	160	230	220	750	90,7
49	132	230	220	500	90

Таблица 3

Номер вари- анта	Режим работы	Номи- нальная мощ- ность, кВт	Напряже- ние, В	Частота враще- ния, об/мин	КПД, %	Прототип проектируе- мой машины
1	2	3	4	5	6	7
01	двигатель	14	110	750	79,5	П-81
02	двигатель	19	110	1000	82,5	П-81
03	двигатель	32	110	1500	85	П-81
04	двигатель	14	220	750	80,5	П-81
05	двигатель	19	220	1000	83,5	П-81
06	двигатель	11	220	1000	80,5	П-71
07	двигатель	19	440	1000	83,5	П-81
08	двигатель	32	440	1500	87,5	П-81
09	двигатель	19	110	750	85	П-82
10	двигатель	25	110	1000	85	П-82
11	двигатель	19	220	750	83	П-82
12	двигатель	25	220	1000	85,5	П-82
13	двигатель	11	110	1000	80,5	П-71
14	двигатель	25	440	1000	86	П-82
15	двигатель	42	440	1500	87,5	П-82
16	двигатель	25	110	750	82,5	П-91
17	двигатель	32	110	1000	84	П-91
18	двигатель	25	220	750	83,5	П-91
19	двигатель	32	220	1000	85	П-91

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7
20	двигатель	19	110	1500	83,5	П-71
21	двигатель	22	440	750	83,5	П-91
22	двигатель	32	440	1000	85	П-91
23	двигатель	55	440	1500	87	П-91
24	двигатель	32	110	750	85	П-92
25	двигатель	32	220	750	86	П-92
26	двигатель	42	220	1000	87	П-92
27	двигатель	25	110	1500	85,5	П-72
28	двигатель	32	440	750	86	П-92
29	двигатель	42	440	1000	87	П-92
30	двигатель	75	440	1500	89,5	П-92
31	двигатель	42	110	750	85,5	П-101
32	двигатель	55	110	1000	87,5	П-101
33	двигатель	42	220	750	86	П-101
34	двигатель	55	220	1000	87,5	П-101
35	двигатель	21	115	1450	84	П-72
36	двигатель	42	440	750	86	П-101
37	двигатель	55	440	1000	87,5	П-101
38	двигатель	100	440	1500	89,5	П-101
39	двигатель	55	110	750	87,5	П-102
40	двигатель	55	220	750	87,5	П-102
41	двигатель	75	220	1000	88,5	П-102
42	двигатель	14	110	1000	81	П-72
43	двигатель	55	440	750	87,5	П-102
44	двигатель	75	440	1000	88,5	П-102
45	двигатель	125	440	1500	90	П-102
46	двигатель	75	220	750	88	П-111
47	двигатель	100	220	1000	89	П-111
48	двигатель	16	230	1450	83	П-71
49	двигатель	75	440	750	88	П-111
50	двигатель	95	440	1000	89	П-111
51	двигатель	160	440	1500	90	П-111
52	двигатель	85	220	750	88,5	П-112
53	двигатель	125	220	1000	90	П-112
54	двигатель	16	115	1450	82,5	П-71
55	двигатель	85	440	750	88,5	П-112
56	двигатель	125	440	1000	90	П-112
57	двигатель	180	440	1500	91	П-112
58	двигатель	21	230	1450	85	П-72
59	двигатель	19	115	980	82,5	П-81

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7
60	двигатель	27	115	1450	85	П-81
61	двигатель	19	230	980	82,5	П-81
62	двигатель	27	230	1450	86	П-81
63	двигатель	27	460	1450	86	П-81
64	двигатель	25	115	980	85	П-82
65	двигатель	35	115	1450	87	П-82
66	двигатель	25	230	980	85	П-82
67	двигатель	35	230	1450	87,5	П-82
68	двигатель	25	460	980	85	П-82
69	двигатель	35	460	1450	87,5	П-82
70	двигатель	32	230	980	84	П-91
71	двигатель	50	230	1450	87	П-91
72	двигатель	32	230	980	84	П-91
73	двигатель	50	230	1450	87	П-91
74	двигатель	32	460	980	84	П-91
75	двигатель	50	460	1450	87	П-91
76	двигатель	42	115	980	87	П-92
77	двигатель	42	230	980	87	П-92
78	двигатель	70	230	1450	89	П-92
79	двигатель	42	460	980	87	П-92
80	двигатель	65	460	1450	89	П-92
81	двигатель	55	115	980	87,5	П-101
82	двигатель	85	115	1450	89,5	П-101
83	двигатель	55	230	980	87,5	П-101
84	двигатель	90	230	1450	89,5	П-101
85	двигатель	55	460	980	87,5	П-101
86	двигатель	90	460	1450	89,5	П-101
87	двигатель	70	115	980	88,5	П102
88	двигатель	70	230	980	88,5	П102
89	двигатель	110	230	1450	90	П-102
90	двигатель	65	460	980	88,5	П-102
91	двигатель	110	460	1450	90	П102
92	двигатель	90	115	980	89	П-111
93	двигатель	90	230	980	89	П-111
94	двигатель	11	220	750	80	П-72
95	двигатель	90	460	980	89	П-111
96	двигатель	145	460	1450	90	П-111
97	двигатель	115	230	980	90	П-112
98	двигатель	190	230	1450	91	П-112
99	двигатель	110	460	980	90	П-112
00	двигатель	170	460	1450	91	П-112

3.2. Оформление курсового проекта

Курсовой проект по электрическим машинам в виде расчётно-пояснительной записки, графической части и задания на курсовой проект.

Задание на курсовой проект должно содержать: данные студента, тип проектируемой машины и исходные данные для проектирования.

Расчётно-пояснительная записка выполняется объёмом 20 – 30 страниц текста на бумаге формата 210 × 297. Она должна содержать титульный лист, задание, оглавление, введение, расчётно-конструкторскую часть, заключение и список использованной литературы.

Во введении указывается назначение машины и её конструктивные особенности. В заключении приводятся основные данные, полученные в результате проектирования и их сравнение с существующими серийными образцами машин.

Все расчёты должны быть выполнены в системе СИ или в другой системе с переводом основных результатов в систему СИ.

Графическая часть должна содержать: продольный и поперечный разрезы электрических машин; характеристики электрических машин (при необходимости); спецификацию. Иллюстративный материал выполняется такого же формата как формат пояснительной записки и должен иметь порядковую нумерацию и название.

С целью введения в процесс проектирования элементов исследовательского характера содержание курсового проекта может изменяться по указанию преподавателя.

4. Методические указания

4.1. Асинхронные машины

Исходные данные для проектирования: режим работы, исполнение ротора, номинальная отдаваемая мощность, количества фаз статора, способ соединения фаз статора, частота напряжения, номинальное линейное напряжение, синхронная частота вращения, степень защиты от внешних воздействий, способ охлаждения, исполнение по способу монтажа, климатические условия и категория размещения, форма выступающего конца вала, способ соединения с приводным механизмом.

В процессе расчёта:

принимают класс нагревостойкости изоляции;

задают высоту оси вращения, количество пар полюсов и наружный диаметр сердечника статора.

По заданным и принятым данным рассчитывают:

главные размеры; сердечник статора; сердечник ротора; обмотку статора; обмотку ротора; размеры пазов; МДС воздушного зазора; активные и индуктивные сопротивления обмоток; режимы холостого хода и номинальный; рабочие характеристики; максимальный момент; начальный пусковой ток и

начальный пусковой момент; выполняют тепловой и вентиляционный расчёты; определяют массу двигателя и динамический момент инерции ротора.

Более подробно порядок и методику расчёта см. в [2], [3], [10].

4.2. Синхронные машины

Исходные данные для проектирования: режим работы, номинальная отдаваемая мощность, количества фаз статора, способ соединения фаз статора, частота напряжения, номинальное линейное напряжение, частота вращения, коэффициент мощности, степень защиты от внешних воздействий, способ охлаждения, исполнение по способу монтажа, климатические условия и категория размещения, форма выступающего конца вала, способ соединения с приводным механизмом.

В процессе расчёта:

принимают класс нагревостойкости изоляции;

задают высоту оси вращения, количество пар полюсов и наружный диаметр сердечника статора.

По заданным и принятым данным рассчитывают:

главные размеры; сердечник статора; сердечник ротора; сердечник полюса и полюсный наконечник; обмотку статора; воздушный зазор; зубцы статора; спинку статора; полюсы; спинку ротора; воздушный зазор в стыке полюса; общие параметры магнитной цепи; активное и индуктивное сопротивления обмотки статора для установившегося режима; магнитную цепь при нагрузке; обмотку возбуждения; сопротивления обмоток статора и возбуждения при установившемся режиме; переходные и сверхпереходные сопротивления обмотки статора; сопротивления для токов обратной и нулевой последовательности; постоянные времени; потери и КПД; характеристики машины; выполняют тепловой и вентиляционный расчёты; определяют массу машины и динамический момент инерции ротора.

Более подробно порядок и методику расчёта см. в [2], [3], [11].

4.3. Машины постоянного тока

Исходные данные для проектирования: режим работы, номинальная отдаваемая мощность, номинальное напряжение, номинальная частота вращения, пределы регулирования частоты вращения вверх и вниз от номинальной, кратковременная перегрузка по току, род возбуждения, источник и условия питания, степень защиты от внешних воздействий, способ охлаждения, исполнение по способу монтажа, климатические условия и категория размещения, форма выступающего конца вала, способ соединения с приводным механизмом.

В процессе расчёта:

принимают класс нагревостойкости изоляции;

задают высоту оси вращения, количество пар полюсов, максимально допустимые наружный и внутренний диаметры сердечника статора.

По заданным и принятым данным рассчитывают:

главные размеры; сердечник якоря; сердечник главных полюсов; сердечники добавочных полюсов; станину; обмотку якоря; обмотку добавочных полюсов; стабилизирующую последовательную обмотку главных полюсов; характеристику намагничивания машины; параллельную обмотку главных полюсов; размещение обмоток главных и добавочных полюсов; коммутационные параметры; регулирование частоты вращения; выполняют тепловой и вентиляционный расчёты; определяют массу двигателя и динамический момент инерции ротора; определяют электромеханическую постоянную времени якоря.

Более подробно порядок и методику расчёта см. в [2], [3], [12].

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Объём дисциплины и виды учебной работы	4
1. Содержание дисциплины	5
1.1. Рабочая программа	5
1.2. Тематический план лекций для студентов очно-заочной формы обучения	8
1.3. Тематический план практических занятий для студентов очно-заочной формы обучения	8
2. Библиографический список	8
3. Задания на курсовой проект	9
3.1. Общие положения	9
3.2. Оформление курсового проекта	17
4. Методические указания	17
4.1. Асинхронные машины	17
4.2. Синхронные машины	18
4.3. Машины постоянного тока	18