

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Московский государственный агроинженерный университет
имени В.П. Горячкина»**

Соснина Г.В.

Электрические машины

*Методическое пособие для изучения дисциплины
и выполнения заданий контрольных работ № 1 и № 2
студентами IV курса факультета заочного образования*

Москва 2004

УДК

Рецензент:

Автор: Соснина Г.В.

Электрические машины. Методическое пособие для изучения дисциплины и выполнения заданий контрольных работ № 1 и № 2 студентами IV курса факультета заочного образования – М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2004. – 30 с.

Методическое пособие составлено в соответствии с программой дисциплины «Электрические машины» и удовлетворяют требованиям Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки дипломированного специалиста 660300 «Агроинженерия».

В методическом пособии приведены основные теоретические сведения по дисциплине, представлены варианты индивидуальных заданий.

УДК

© ФГОУ ВПО МГАУ, 2004

Введение

Во всех отраслях народного хозяйства применяются электрические машины и трансформаторы. Постоянно предусматриваются по мере развития народного хозяйства увеличение производства и потребления электрической энергии.

За последние годы и в сельском хозяйстве все большее распространение находят электрические машины малой мощности – микромашины.

Задачей дисциплины является знакомство с конструкцией и принципом действия электрических машин и трансформаторов, изучение физической сущности процессов, происходящих при различных режимах работы, особенностей различного рода электрических машин, трансформаторов и их эксплуатационных свойств.

В процессе изучения курса студент должен выполнить 2-е контрольные работы, проделать лабораторные работы, сдать зачеты и экзамен.

Распределение учебного времени в соответствии с планом приведено в таблице 1.

Таблица 1

Всего часов	Самоподготовка	Работа с преподавателем			
		Всего	Лекции	Лабораторные работы	Семинары
150	90	60	30	20	10

Из вышеприведенной таблицы видно, что основной формой изучения дисциплины при заочном обучении является самостоятельная работа студента над учебным материалом (список см. ниже), завершающаяся выполнением 2-х контрольных работ.

Желательно, чтобы в контрольных работах студент указывал трудности при самостоятельной проработке дисциплины.

Памятка для студента при выполнении контрольных работ №1 и №2.

1. Задания на выполнение контрольных работ студенту выдаются индивидуально.
2. Контрольная работа №1 состоит из пяти разделов:
 - машины постоянного тока (8.1);
 - трансформаторы (8.2);
 - синхронные машины (8.3);
 - асинхронные машины (8.4);
 - микромашины (8.5).Каждый из разделов состоит из 10 вариантов, включающих по 4 вопроса.
3. Ответы на вопросы должны быть четкими, краткими и только по существу.
4. Контрольная работа №2 предусматривает расчетную задачу по асинхронному двигателю, выполняемую в общем виде, с кратким пояснением.

5. При выполнении работ необходимо предусмотреть поля для замечаний рецензента.
6. Схемы и графический материал выполняются на миллиметровой бумаге и должны быть вклеены в работы.
7. При выполнении контрольных работ все расчетные величины должны быть в системе СИ.
8. На первую страницу выполненных работ должны быть вклеены индивидуальные задания. В противном случае работы не принимаются.
9. В конце каждой работы указывается использованная литература и время, в часах, на ее выполнение.
10. Контрольные работы должны быть подписаны с указанием даты ее окончания.

Контрольная работа №1

8.1. Вопросы по разделу «Машины постоянного тока».

Вариант 0.

1. Как устроен коллектор в простейшем случае и в чем заключается его основная роль?
2. Какой характер имеет реакция якоря в генераторе при положении щеток на геометрической нейтральной? В чем, проявление реакции якоря в данном случае?
3. В чем сущность процесса коммутации, какая коммутация называется прямой?
4. Перечислите способы регулирования скорости вращения двигателя постоянного тока параллельного возбуждения.

Вариант 1

1. Из каких соображений якорь машины постоянного тока выполняется из листовой электротехнической стали, а станина из стального или чугуна?
2. Как проявляется в генераторе действие реакции якоря при щетках, сдвинутых с геометрической нейтральной в сторону вращения якоря?
3. Что такое замедленная коммутация, и какие причины ее вызывают?
4. Чем можно объяснить, что вполне исправный генератор параллельного возбуждения не возбуждается, несмотря на наличие остаточного поля?

Вариант 2

1. Какое основное преимущество барабанных обмоток перед кольцевыми?
2. В какую сторону сдвигается ось результирующего магнитного поля генератора при нагрузке?
3. Какое основное назначение дополнительных полюсов в двигателе постоянного тока?

4. Дайте схему двигателя параллельного возбуждения с указанием приборов и пускорегулирующей аппаратуры.

Вариант 3

1. Какие участки составляют магнитную цепь машины постоянного тока? Нарисуйте эскиз магнитной цепи.

2. Для чего и в какую сторону, относительно направления вращения якоря, смещают щетки в двигателе с геометрической нейтралью при отсутствии дополнительных полюсов?

3. Какие явления возникают в короткозамкнутой секции обмотки якоря при ее переходе из одной параллельной ветви в другую?

4. От чего зависит направление вращения двигателя постоянного тока и как его изменить?

Вариант 4

1. Что такое коллекторная пульсация ЭДС, какие факторы определяют ее величину?

2. При каких условиях в генераторе возникает продольная реакция якоря?

3. Как должны быть расположены щетки в машине, имеющей дополнительные полюсы?

4. Объясните роль пускового реостата при пуске в ход двигателя постоянного тока.

Вариант 5

1. Какие генераторы называются униполярными, кратко опишите их устройство и работу?

2. В какую сторону относительно направления вращения якоря сдвигается ось результирующего магнитного поля генератора при нагрузке?

3. Почему внешняя характеристика генератора параллельного возбуждения проходит ниже внешней характеристики генератора независимого возбуждения (для одного и того же генератора)?

4. Изменится ли при условии постоянного момента на валу ($M_{ст} = \text{пост.}$ и $U_{с-постоянная}$) величина тока якоря двигателя параллельного возбуждения при регулировании его скорости вращения изменением тока возбуждения, например при его уменьшении?

Вариант 6

1. Что такое реакция якоря и чем определяется в машинах постоянного тока ее действие?

2. Объясните смещение щеток в двигателе с геометрической нейтралы в сторону, обратную вращению якоря, как меру улучшения коммутации.

3. Почему работа двигателя последовательного возбуждения или его пуск при нагрузке на валу меньше 25% от номинальной недопустимой?

4. Какие основные условия необходимы при включении на параллельную работу генераторов параллельного возбуждения?

Вариант 7

1. При каком условии в генераторе постоянного тока имеет место поперечная реакция якоря, в чем проявляется ее действие?

2. Какие функции выполняют дополнительные полюса в машинах постоянного тока?

3. Какие причины приводят к уменьшению напряжения на зажимах генератора независимого возбуждения при увеличении его нагрузки?

4. Дайте примерный график скоростной характеристики $n = f(I_a)$ двигателя параллельного возбуждения, объясните характер данной зависимости.

Вариант 8

1. Дайте примерное графическое изображение магнитного поля в воздушном зазоре генератора постоянного тока при расположении щеток на геометрической нейтралы.

2. В чем сущность процесса коммутации, какая коммутация называется замедленной, дайте ее графическое выражение?

3. С какой целью в некоторых случаях в генераторах помимо основной параллельной обмотки возбуждения выполняется последовательная?

4. Объясните, почему двигатели последовательного возбуждения используются для привода установок, требующих высокого начального пускового момента двигателя?

Вариант 9

1. С какой целью в некоторых машинах постоянного тока применяется компенсационная обмотка, где располагается, как она соединяется с обмоткой якоря (параллельно или последовательно)?

2. Какой характер имеет коммутация в реальных машинах постоянного тока?

3. Дайте электрическую схему двигателя смешанного возбуждения с включением обмотки дополнительных полюсов, пускового и регулировочного реостатов. Объясните назначение последовательной обмотки.

4. В чем особенность включения в параллельную работу генераторов смешанного возбуждения?

8.2. Вопросы по разделу «Трансформаторы»

Вариант 0.

1. Какой из возможных способов сборки сердечника силовых трансформаторов практически является единственным способом и почему?

2. Какими явлениями обусловлены потери в стали сердечника трансформатора?

3. Напишите выражение закона магнитного равновесия трансформатора, объясните сущность данного закона.

4. Укажите условия включения трансформаторов на параллельную работу, объясните их.

Вариант 1.

1. Почему сердечник трансформатора выполняется из листовой электро-технической стали?
2. Что такое группа соединения обмоток трансформатора, какие группы соединения являются стандартными для трехфазных трансформаторов?
3. На каком сопротивлении схемы замещения трансформатора вектор падения напряжения можно заменить вектором E_2 ?
4. Из каких соображений в трансформаторе, работающем на четырех-проводную линию (при схеме обмоток Y/Yo согласно ГОСТ) требуется, чтобы ток в нулевом проводе не превышал 25% I_N ?

Вариант 2

1. Как выполняется соединение обмотки трансформатора в зигзаг; в чем преимущества и недостатки схемы Y/Zo в сравнении со схемой Y/Yo?
2. Какие из величин (I_0 , Φ , $E_{1\phi}$, $E_{2\phi}$, E_{2n}) трехфазного трансформатора при соединении его обмоток по схеме Y/Yo будут содержать третьи гармоники, если к трансформатору подведено номинальное синусоидальное напряжение?
3. Что означает в уравнении токов $\dot{I}_1 = \dot{I}_0 + (-\dot{I}_2)$ составляющая $(-\dot{I}_2)$?
4. Изобразите электрическую схему автотрансформатора, приведите уравнение магнитного равновесия, основное уравнение тока, уравнение мощности. Укажите, каким путем в автотрансформаторе передается мощность из первичной цепи во вторичную.

Вариант 3

1. Как изменяются отдельные виды потерь в трансформаторе с изменением его нагрузки?
2. Изобразите векторную диаграмму трансформатора в режиме установившегося короткого замыкания.
3. При какой из указанных схем соединения обмоток Y/Y или Y/Δ магнитный поток в сердечнике трансформатора будет практически синусоидальным при подведенном синусоидальном напряжении и почему?
4. Что такое группа соединения обмоток и почему необходима их тождественность для параллельной работы трансформаторов?

Вариант 4

1. Какой трехфазный трансформатор называют групповым, почему избегают соединять его обмотки по схеме Y/Yo?
2. Почему при включении на параллельную работу трансформаторов требуется равенство их коэффициентов трансформации?
3. В чем преимущества и недостатки автотрансформатора по сравнению с трансформатором?
4. Укажите потери в трансформаторе, свяжите их с процессом его нагрева; укажите допустимую температуру и допустимое превышение температуры раз-

личных частей трансформатора. Рассмотрите классы изоляции обмоток трансформатора.

Вариант 5

1. Какой из возможных способов сборки сердечников силовых трансформаторов практически является единственным и почему?
2. Напишите выражение закона магнитного равновесия трансформатора, объясните сущность данного закона.
3. Какие из величин (I_0 , Φ , $E_{1\phi}$, $E_{2\phi}$, $I_{2\phi}$) трансформатора при соединении его обмоток по схеме Y/Δ будут содержать третьи гармоники, если к трансформатору подведено номинальное синусоидальное напряжение?
4. Что предусматривается при выполнении обмоток трансформатора для возможности регулирования U , и какими способами оно осуществляется?

Вариант 6

1. Какие из параметров трансформатора (Z_1 , Z_2 , Z_{12}) зависят от насыщения его сердечника и почему?
2. Напишите векторные уравнения напряжений и токов трансформатора, в соответствии с которыми могут быть построены векторные диаграммы
3. Сохраняется ли уравновешенность магнитной системы трансформатора при схеме соединения обмотки Y/Yo в условиях несимметричной нагрузки? Значительно ли будет искажение симметрии напряжений ($U_{1\phi}$, $U_{2\phi}$, U_{2n}), приведите доказательства (кратко)?
4. В связи, с чем нагрев трансформатора ограничивается и нормируется соответствующим ГОСТом, укажите наибольшие допустимые превышения температуры отдельных частей трансформатора (обмотки, сердечника, масла)?

Вариант 7

1. Назовите типы трансформаторов и наиболее употребительные схемы их соединения.
2. Какими параметрами в схеме замещения трансформатора учитывается действие потоков рассеяния? Начертите схему замещения.
3. Что называется напряжением короткого замыкания трансформатора, величина которого указывается в его паспорте? Что определяет величину U_K ?
4. Приведите обоснование соотношений коэффициента полезного действия (КПД) автотрансформатора и трансформатора.

Вариант 8

1. Определите векторным построением группу соединения трансформатора в соответствии с рисунком 1.
2. Какой закон (укажите именем, какого ученого он назван) положен в основу расчета мощности потерь в обмотках трансформатора? Перечислите все потери в трансформаторе и укажите их примерные значения.
3. Почему в трансформаторе со схемой соединения обмоток Δ/Yo при несимметричной нагрузке, система фазных напряжений

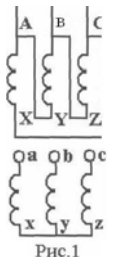


Рис.1

искажается относительно слабо?

4. Напишите дифференциальное уравнение процесса нагрева трансформатора и объясните все входящие в него величины.

Вариант 9

1. Вычертите разрез трансформатора, (принципиально) укажите назначение основных элементов конструкции.

2. Как практически изменить 6-ю группу соединения обмоток трансформатора (например) Y/Y -6 на Y/Y -12?

3. Приведите доказательства практического постоянства основного магнитного потока трансформатора при изменении его режима от холостого хода до номинальной нагрузки.

4. Какие из величин ($I_{ол}$, $I_{об}$, Φ , $E_{2ф}$, $E_{2л}$) трансформатора при соединении его обмоток по схеме Δ/Y не будут содержать третьей гармоники, если к трансформатору подведено номинальное синусоидальное напряжение?

8.3. Вопросы по разделу «Синхронные машины»

Вариант 0

1. Опишите особенности конструкции турбогенератора.

2. Перечислите условия включения синхронного генератора на параллельную работу при точной синхронизации.

3. Опишите пуск в ход синхронного двигателя (кратко).

4. Какой характер имеет реакция якоря в перевозбужденном синхронном двигателе?

Вариант 1

1. В чем сущность и проявление реакции якоря в синхронном генераторе при активно-емкостной нагрузке? Изобразите векторную диаграмму Потье для этого случая.

2. Как практически осуществляется перевод генератора параллельно работающего с сетью с одной U-образной кривой на другую?

3. Какие факторы конструктивного и эксплуатационного характера влияют на перегрузочную способность синхронного двигателя?

4. Опишите работу синхронной машины в режиме компенсатора сдвига фаз.

Вариант 2

1. В чем сущность и проявление реакции якоря в синхронном генераторе при чисто активной нагрузке? Изобразите упрощенную векторную диаграмму генератора в этом случае.

2. Опишите методы включения синхронных генераторов на параллельную работу. Приведите U-образные кривые синхронного двигателя, на какой части этих кривых двигатель работает с опережающим током по отношению к напряжению сети.

3. Опишите способы пуска синхронного двигателя и явления при асинхронном пуске.

4. В чем конструктивное различие турбогенератора (ТГ) и гидрогенератора (ГГ), чем оно обусловлено?

Вариант 3

1. В чем сущность и проявление реакции якоря в синхронном генераторе при смешанной активно-индуктивной нагрузке? Изобразите векторную диаграмму Потье в этом случае (принципиально).

2. Что такое статическая устойчивость синхронного генератора, какие факторы влияют на предел статической устойчивости?

3. Чем объяснить количественную разницу продольной и поперечной реакций якоря в синхронных машинах гидрогенераторного типа?

4. Что представляет собой реактивный синхронный двигатель?

Вариант 4

1. Изобразите упрощенную векторную диаграмму синхронного генератора при активно-емкостной нагрузке. С каким характером реакции якоря работает в этом случае генератор?

2. Как осуществляется регулирование реактивной мощности между параллельно работающими генераторами?

3. Почему неосуществим прямой пуск в ход синхронного двигателя, какой способ пуска является в настоящее время практически единственным?

4. Какой характер имеет реакция якоря в недо возбужденном синхронном двигателе?

Вариант 5

1. Как осуществляется включение генератора на параллельную работу методом самосинхронизации, в чем преимущества и недостатки данного метода перед точной синхронизацией?

2. При каком условии синхронный двигатель работает как компенсатор сдвига фаз?

3. Приведите математическое и графическое (в функции силового угла) выражение электромагнитного момента реактивного двигателя.

4. Приведите с кратким описанием электрические схемы современных систем возбуждения синхронных генераторов.

Вариант 6

1. Что повлечет за собой несоблюдение при точной синхронизации условия равенства частот напряжений подключаемого и работающего генератора?

2. Объясните чем обусловлено неравенство реактивных сопротивлений по продольной и поперечной осям у гидрогенератора.

3. Нарисуйте энергетическую диаграмму синхронного двигателя.

4. Какое действие оказывает активно-индуктивная нагрузка на результирующее магнитное поле синхронного генератора?

Вариант 7

1. В чем преимущества и недостатки способа самосинхронизации по сравнению с точной синхронизацией?
2. Приведите соотношение между X_d и X_q в гидрогенераторах и турбогенераторах, объясните указанное вами соотношение.
3. С какой целью при асинхронном пуске синхронного двигателя обмотку возбуждения необходимо замыкать на значительное сопротивление?
4. Какой характер имеет реакция якоря в недовозбужденном синхронном двигателе?

Вариант 8

1. В чем положительная роль успокоительной обмотки, выполняемой на роторе генератора, работающего при несимметричной нагрузке?
2. Что повлечет за собой несоблюдение при точной синхронизации условия равновесия напряжений подключаемого и работающего генераторов?
3. Определите перегрузочную способность неявнополюсного синхронного двигателя, развивающего номинальный момент при силовом угле $\theta=30^\circ$?
4. В чем сущность и проявление реакции якоря в синхронном генераторе при активно-индуктивной нагрузке. Изобразите упрощенную векторную диаграмму в этом случае?

Вариант 9

1. Как осуществляется регулирование активной мощности при параллельной работе генераторов?
2. Приведите U-образные кривые синхронного двигателя и укажите, на какой их части (правой или левой) целесообразна работа двигателя и почему.
3. Опишите асинхронный пуск синхронного двигателя и явления при пуске.
4. Может ли синхронный генератор, работающий параллельно с сетью, отдавать активную мощность при потере возбуждения?

8.4. Вопросы по разделу «Асинхронные машины»

Вариант 0

1. Сформулируйте принцип работы асинхронного двигателя (кратко).
2. Изменится ли, количественно, перегрузочная способность двигателя при понижении первичного напряжения, относительно его номинального значения ($U_1 < U_{1н}$)?
3. Укажите способы регулирования скорости вращения асинхронного двигателя, подтверждая свои объяснения соответствующими формулами и графиками.
4. В чем состоит особенность пуска однофазного двигателя, как решается проблема пуска для данного двигателя?

Вариант 1

1. Опишите конструктивное выполнение асинхронных машин, в чем преимущества и недостатки каждого из основных типов (кратко).
2. С какой целью рабочий режим асинхронного двигателя приводится к режиму трансформатора с активной нагрузкой? Дайте математическое изложение данного приведения.
3. Что представляет собой двигатель с улучшенными пусковыми характеристиками, за счет чего происходит это улучшение?
4. Опишите принцип работы асинхронного преобразователя частоты.

Вариант 2

1. Приведите математическое выражение первой гармоники намагничивающей силы (НС) 3-х фазной обмотки с объяснением входящих в него величин, перечислите основные свойства НС данной обмотки.
2. Приведите энергетическую диаграмму асинхронного двигателя с объяснением всех указываемых на ней мощностей.
3. При каком основном условии асинхронная машина работает в режиме генератора, укажите возможные способы возбуждения.
4. Как повлияет на работу асинхронного двигателя снижение подведенного к статору напряжения ($U_1 < U_{1н}$)?

Вариант 3

1. Перечислите участки магнитной цепи асинхронной машины.
2. Изменится ли частота f_2 тока I_2 двигателя при переходе его от режима пуска к режиму нагрузки, подтвердите свой ответ соответствующей формулой.
3. Дайте оценку (по пусковым показателям), имеющим место на практике, способам пуска в ход трехфазных асинхронных двигателей.
4. В чем состоит процесс самовозбуждения асинхронного генератора?

Вариант 4

1. Напишите уравнения напряжений обмотки статора и ротора нагруженного двигателя, дайте объяснение входящих в уравнения величин.
2. Влияет ли на перегрузочную способность двигателя изменение активно-го сопротивления ротора, приведите графическое подтверждение ответа
3. Используя механическую характеристику $M=f(S)$ асинхронного двигателя, объясните возможность изменения частоты его вращения путем изменения величины первичного напряжения.
4. Укажите способы пуска в ход однофазных асинхронных двигателей, приведите пусковые схемы.

Вариант 5

1. Из каких элементов состоит обмотка машин переменного тока; что такое шаг диаметральный и укороченный, с какой целью выполняют обмотку с укороченным шагом?
2. Изобразите векторную диаграмму нагруженного асинхронного двигателя

3. Объясните процесс регулирования скорости вращения двигателя введением сопротивления в цепь ротора.

4. Дайте графическое изображение механической характеристики $M=f(S)$ однофазного двигателя и укажите на ней характерные точки $M_{\text{пуск}}$, $M_{\text{нм}}$, $M_{\text{кв}}$.

Вариант 6.

1. Перечислите меры улучшения формы кривой ЭДС обмотки переменного тока.

2. Объясните обозначение двигателей А02-51-2СХ и 4АА56В4, укажите с какой скоростью (n об/мин) в данном двигателе при его номинальной нагрузке вращается основная волна намагничивающей силы (НС) статора F_1 НС ротора F_2 , приняв $S_n=6\%$.

3. Изобразите механическую характеристику $M=f(S)$ асинхронного двигателя, имеющего двойную клетку на роторе.

4. Объясните отсутствие начального пускового момента однофазного асинхронного двигателя.

Вариант 7

1. Напишите расчетные формулы ЭДС статора и ротора при нагрузке.

2. Что означает в уравнении тока статора $I_1 = I_0 + (-I_2)$ составляющая $(-I_2)$?

3. Почему асинхронные машины в генераторном режиме работают весьма редко?

4. Объясните регулирование скорости вращения асинхронных двигателей изменением числа его полюсов. Укажите достоинства и недостатки данного способа регулирования

Вариант 8

1. Напишите выражение закона магнитного равновесия асинхронного двигателя, объясните сущность данного закона.

2. Перечислите потери энергии в двигателе в режиме номинальной нагрузки.

3. Повлияет ли на кратность начального пускового момента снижение подводимого к статору напряжения?

4. Объясните работу асинхронного преобразователя частоты.

Вариант 9

1. Объясните количественную разницу (по процентному значению) в токах холостого хода трансформатора и асинхронного двигателя.

2. С какой скоростью относительно ротора вращается НС ротора F_2 в шестиполюсном двигателе при номинальной нагрузке ($S_n=7\%$)?

3. Опишите работу асинхронных машин в режиме индукционного регулятора, приведите его электрическую схему.

4. Укажите способы пуска в ход и приведите пусковые схемы однофазного асинхронного двигателя

8.5. Вопросы по разделу «Микромашины»

Вариант 0

1. Опишите конструктивные особенности, назначение и способы управления исполнительного двигателя постоянного тока.

2. Сравните принцип действия тахогенераторов постоянного тока и синхронного. Дайте сравнительную оценку их достоинств и недостатков. Почему магнитная система ТГ постоянного тока независимого возбуждения выполняется насыщенной?

3. Опишите принцип действия сельсинов в индикаторном режиме.

4. Опишите принцип действия реактивного синхронного микродвигателя. Объясните физический смысл реактивного момента. От чего зависит его величина?

Вариант 1

1. Рассмотрите основные характеристики $m=f(q)$, $q=f(a)$, $p_2=f(q)$ исполнительного двигателя постоянного тока при якорном управлении. Опишите достоинства и недостатки якорного управления в сравнении с полюсным управлением.

2. Опишите принцип действия асинхронного тахогенератора.

3. Опишите работу сельсинов в трансформаторном режиме. По какому закону меняется выходное напряжение сельсина-приемника?

4. Что такое самоход асинхронного двигателя с полым немагнитным ротором? Как он устраняется? Дайте графические иллюстрации.

Вариант 2

1. Рассмотрите основные характеристики $m=f(q)$, $q=f(a)$, $p_2=f(q)$ исполнительного двигателя постоянного тока при полюсном управлении. Какие недостатки полюсного управления?

2. Опишите принцип действия шагового двигателя. Какова величина шага при раздельном управлении при следующих условиях $2p=4$, $2m=4$?

3. Опишите принцип действия электромашинного усилителя поперечного поля.

4. Опишите устройство сельсинов. Дайте эскиз магнитной системы бесконтактного сельсина.

Вариант 3

1. Перечислите способы управления асинхронными исполнительными двигателями. Сравните характеристики при различных способах управления.

2. Опишите работу электромашинного усилителя под нагрузкой. Каково назначение компенсационной обмотки?

3. Опишите принцип действия шагового двигателя. Каков физический смысл момента в шаговом двигателе?

4. Опишите принцип действия, достоинства и недостатки синхронного тахогенератора

Вариант 4

1. Опишите конструкцию асинхронного двигателя с полым ротором. Дайте его эскиз.
2. Опишите, как практически настраивается компенсация в электромашином усилителе поперечного поля
3. Опишите принцип действия поворотного трансформатора в синусно-косинусном режиме.
4. Дайте сравнительную оценку якорного и полюсного управления исполнительного двигателя постоянного тока.

Вариант 5

1. Опишите выходную характеристику тахогенератора постоянного тока. От чего зависит линейность и крутизна выходной характеристики?
2. Как устраняется самоход асинхронного двигателя с полым немагнитным ротором? Дайте графические иллюстрации.
3. Опишите принцип действия синхронного реактивного двигателя. Каков физический смысл реактивного момента? Где используют синхронный реактивный двигатель?
4. Опишите работу сельсинов в индикаторном режиме.

Вариант 6

1. Дайте понятие о коэффициенте усиления ЭМУ поперечного поля, от каких параметров ЭМУ зависит. Откуда берется энергия на усиление? Почему ЭМУ выполняют высокоскоростными?
2. Опишите принцип действия, достоинства и недостатки асинхронного тахогенератора.
3. Опишите принцип действия реактивного синхронного микродвигателя. Объясните физический смысл реактивного момента. От чего зависит его величина?
4. Опишите работу сельсинов в индикаторном режиме.

Вариант 7

1. Как устраняется самоход асинхронного исполнительного двигателя?
2. Опишите работу сельсинов в трансформаторном режиме.
3. Опишите работу ЭМУ поперечного поля в режиме холостого хода.
4. Укажите способы пуска в ход однофазного асинхронного двигателя

Вариант 8

1. Проведите сравнительную оценку якорного и полюсного управления исполнительным двигателем постоянного тока .
2. Опишите принцип действия гистерезисного двигателя, постройте механическую характеристику двигателя, объясните смысл гистерезисного момента.
3. Объясните назначение, принцип действия и основные характеристики синхронного тахогенератора.
4. Опишите работу поворотного трансформатора в синус- косинусном ре-

жиме.

Вариант 9

1. Опишите работу ЭМУ поперечного поля под нагрузкой, отдельно остановившись на назначении компенсационной обмотки. Как настроить режим нормальной компенсации ЭМУ?
2. Как устраняется явление самохода асинхронного двигателя с полым ротором? Дайте графические иллюстрации
3. Объясните принцип действия сельсинов в трансформаторном режиме. Начертите схему синхронной связи. Объясните характер момента универсального коллекторного двигателя
4. Почему при питании постоянным и переменным током подключается неодинаковое число витков в обмотке возбуждения?

Таблица 2

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ №1

Раздел курса № варианта	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	Раздел курса № варианта	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	Раздел курса № варианта	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	Раздел курса № варианта	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5
1	0	0	0	0	0	26	4	3	2	1	0	51	4	6	8	0	2	76	9	1	3	5	7
2	1	1	1	1	1	27	5	4	3	2	1	52	2	4	6	8	0	77	7	9	1	3	5
3	2	2	2	2	2	28	6	5	4	3	2	53	0	2	4	6	8	78	5	7	9	1	3
4	3	3	3	3	3	29	7	6	5	4	3	54	8	0	2	4	6	79	3	5	7	9	1
5	4	4	4	4	4	30	8	7	6	5	4	55	6	8	0	2	4	80	1	3	5	7	9
6	5	5	5	5	5	31	0	2	4	6	8	56	5	7	9	1	3	81	0	3	6	9	2
7	6	6	6	6	6	32	8	0	2	4	6	57	3	5	7	9	1	82	1	4	7	0	3
8	7	7	7	7	7	33	6	8	0	2	4	58	1	3	5	7	9	83	2	5	8	1	4
9	8	8	8	8	8	34	4	6	8	0	2	59	9	1	3	5	7	84	3	6	9	2	5
10	9	9	9	9	9	35	2	4	6	8	0	60	7	9	1	3	5	85	4	7	0	3	6
11	0	1	2	0	4	36	1	3	5	7	9	61	6	8	0	2	4	86	5	8	1	4	7
12	1	2	3	4	5	37	9	1	3	5	7	62	4	6	8	0	2	87	6	9	2	5	8
13	2	3	4	5	6	38	7	9	1	3	5	63	2	4	6	8	0	88	7	0	3	6	9
14	3	4	5	6	7	39	5	7	9	1	3	64	0	2	4	6	8	89	8	1	4	7	0
15	4	5	6	7	8	40	3	5	7	9	1	65	8	0	2	4	6	90	9	2	5	8	1
16	5	6	7	8	9	41	2	4	6	8	0	66	7	9	1	0	5	91	0	4	8	2	6
17	6	7	8	9	0	42	0	2	4	6	8	67	5	7	9	1	3	92	2	6	0	4	8
18	7	8	9	0	1	43	8	0	2	4	6	68	3	5	7	9	1	93	4	8	2	6	0
19	8	9	0	1	2	44	6	8	0	2	4	69	1	3	5	7	9	94	6	0	4	8	2
20	9	0	1	2	3	45	4	6	8	0	2	70	9	1	3	5	7	95	8	2	6	0	4
21	0	1	2	3	4	46	3	5	7	9	1	71	8	0	2	4	6	96	1	5	9	3	7
22	1	2	3	4	5	47	1	3	5	7	9	72	6	8	0	2	4	97	3	7	1	5	9
23	2	3	4	5	6	48	9	1	3	5	7	73	4	6	8	0	2	98	5	9	3	7	1
24	3	4	5	6	7	49	7	9	1	3	5	74	2	4	6	8	0	99	7	1	5	9	3
25	4	5	6	7	8	50	5	7	9	1	3	75	0	2	4	6	8	100	9	3	7	1	5

1 /

Контрольная работа №2Расчетная задача.

В расчетной работе предусмотрен асинхронный двигатель с фазным ротором, данные которого необходимо взять из таблицы вариантов контрольной работы №2.

Исходные данные задания

P_n – номинальная полезная мощность А.Д. (кВт)

I_{Ln} – номинальный ток фазы обмотки статора А.Д. (А)

n_n – номинальная частота вращения ротора А.Д. (об/мин)

$R_{l(15)}$ – активное сопротивление фазы обмотки статора А.Д. при окружающей температуре 15° С (Ом)

I_x – ток холостого хода фазы обмотки статора (А)

P_x – потери мощности А.Д. в режиме холостого хода (кВт)

$U_{лж}$ – линейное напряжение обмотки статора в режиме короткого замыкания (В)

P_k – потери мощности А.Д. в режиме короткого замыкания (кВт)

Требуется:

1. Построить круговую диаграмму 3^х фазной А. М.
2. На основании данных, полученных из круговой диаграммы, определить и построить для режима двигателя рабочие характеристики: I_l ; P_l ; M ; S ; n_s ; h ; $\cos \varphi = f(P_2)$. Отдельно построить механическую характеристику А. Д., т. е. $M = f(S)$.
3. По круговой диаграмме и расчетам определить:
 - 1) Критическое скольжение – $S_{кр}$,
 - 2) Перегрузочная способность А. Д. – K_m ,
 - 3) Кратность пускового момента – K_n ,
 - 4) Кратность пускового тока – K_l .

*Примечание 1. Обмотка ротора соединена по схеме «звезда».
2. Номинальное линейное напряжение обмотки статора, соединенной по схеме «звезда», равно 380 В.

Методические рекомендации по выполнению контрольной работы №2.

I. Построение круговой диаграммы.

Круговая диаграмма (К. Г.) асинхронной машины (А. М.) представляет собой геометрическое место концов векторов, токов I_1 (тока обмотки статора) и I'_2 (тока обмотки ротора, приведенного к обмотке статора) при изменении скольжения машины (S) от « $+\infty$ » до « $-\infty$ ». Еще ее называют диаграммой токов А. М.

К. Г. имеет практическое значение. Она дает наглядное представление о зависимостях между величинами, характеризующими работу А. М., т. е. построение рабочих и механических характеристик, если нет возможности их опытного определения.

В основу построения диаграммы положена упрощенная Г-образная схема замещения (рис. 2), где параметры R_k , X_k , X_m , R_m предполагаются постоянными при постоянном значении напряжения $U_1 = U_{1H}$.

Строится диаграмма согласно опытным данным режимов холостого хода (Х. Х.) – I_x , P_x , $\cos \varphi_x$, и короткого замыкания (к. з.) – I_{1K} , P_k , $\cos \varphi_k$, взятых из соответствующего варианта задания.

$Z_1 = R_1 + jX_1$; $Z_M = R_M + jX_M$; $C \approx 1 + X_1/X_M = 1,02 \dots 1,06$

$I_0 = \dot{U}_{1ном} / (Z_1 + Z_M) = const$ – ток идеального холостого хода двигателя, когда ротор вращается с синхронной частотой $n = n_1 (s=0)$

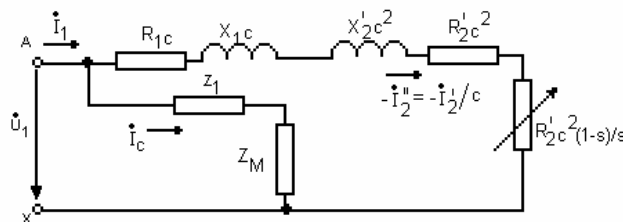


Рис. 2 Г-образная схема замещения асинхронного двигателя.

Прежде, чем строить к. д., необходимо провести несколько предварительных расчетов.

1) Коэффициента мощности $\cos \varphi_x$ по формуле

$$\cos \varphi_x = \frac{P_x}{\sqrt{3} U_{1H} I_x};$$

2) Коэффициент мощности $\cos \varphi_k$ по формуле

$$\cos \varphi_k = \frac{P_k}{\sqrt{3} U_{1LK} I_{1K}},$$

где $I_{1K} = I_{1H} [A]$

3) Ток фазы обмотки статора при к. з. машины, соответствующее номинально-

му значению $U_{1H} = 380$ В, по формуле

$$I_{1KH} = I_{1K} \left(\frac{U_{1H}}{U_{1LK}} \right) [A]$$

4) Активное сопротивление рабочего контура А. Д. при коротком замыкании по формуле

$$R_k = R_1 + R'_2 = \frac{P_k}{3 I_{1K}^2} [OM]$$

где: R_1 – активное сопротивление фазы обмотки статора. Принять: $R_1 \approx 1,2 R_{1(15)}$.

R'_2 – активное сопротивление фазы обмотки ротора, приведенное к обмотке статора.

$$R'_2 = R_k - R_1 [OM]$$

Последовательность построения К. Д.

Построение диаграммы (рис 3) вести на листе миллиметровой бумаги форматом А4.

1) Из т. «О» провести оси абсцисс и ординат. Ось ординат соответствует вектору номинального фазного напряжения обмотки статора $U_{1H\phi}$

2) Выбрать масштаб тока $m_I [A/cm]$ так, чтобы длина вектора тока I_{1KH} составила примерно $25 \div 30$ см.

3) Определить масштабы мощности и момента соответственно:

$$m_p = m_I 3 U_{1H\phi} [Вт/см];$$

$$m_m = 9,81 \frac{p}{n_1} [Нм/см],$$

где $n_1 = \frac{60 f_1}{p}$ – синхронная скорость магнитного поля статора.

p – число пар полюсов двигателя.

$f_1 = 50$ Гц.

Расчеты масштабов свести в таблицу 3.

Таблица 3

m_I , А/см	m_p , Вт/см	m_m , Нм/см

II Построение рабочих характеристик АД по круговой диаграмме.

Рабочие характеристики определяют эксплуатационные свойства АД. Они включают зависимости: тока обмотки статора (I_1), тока обмотки ротора (I_2), потребляемой активной мощности (P_1), электромагнитного момента ($M_{эм}$), скольжения (S), коэффициента мощности ($\cos \varphi$), коэффициента полезного действия (η), частоты вращения ротора (n_2) от полезной механической мощности двигателя (P_2).

На основании построенной к. д. (рис. 3), задавая значениями полезной механической мощности на валу (P_2) в пределах $P_{2*}=0; 0,25; 0,5; 0,75; 1,0; 1,25$, где $\dot{I}c \approx \dot{I}x$

$$P_{2*} = \frac{P_2}{P_H}$$

(P_H – из задания).

$$P_2 = m_p \overline{Nn_1} [Bm];$$

$$I_1 = m_I \overline{ON} [A];$$

$$I_2' = m_I \overline{XN} [A];$$

$$P_1 = m_p \overline{NO''} [Bm];$$

$$M_{э\delta} = m_M \overline{n_3 N} [Hm];$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{\overline{Nn_1}}{\overline{NO''}};$$

$$n_2 = n_1(1 - S) [\text{об} / \text{мин}], \text{ где } n_1 - \text{скорость вращения магнитного поля}$$

Например. Из рис 3 для т. “N”, опустив из нее перпендикуляр на линию \overline{OE} , определяются величины:

S – определяется по шкале скольжения, как продолжение линии \overline{CN} до пересечения со шкалой S .

$\cos \varphi$ – определяется по шкале коэффициента мощности, как продолжение линии \overline{ON} до пересечения с вспомогательной окружностью и проектирования точки пересечения на шкалу $\cos \varphi$.

Результаты сводятся в таблицу 4

Таблица 4

P_2/P_H	P_1 , кВт	P_2 , кВт	I_1 , А	I_2' , А	$M_{эм}$, Нм	S , -	n_2 , об/мин	η , %	$\cos \varphi$, -

На основании полученных данных, сведенных в таблицу 4, строятся рабочие характеристики на миллиметровой бумаге в масштабе, выбранным студентом (рис.3).

III Построение механической характеристики, $M=f(S)$, по данным круговой диаграммы.

Задавая скольжением S от нуля до единицы на шкале скольжения, получают соответствующие значения $M_{эм}$ путем опускания перпендикуляра из точки пересечения на окружности круговой диаграммы до линии моментов \overline{CB}

Например, при $S=1$ это будет т. “K” на диаграмме, что соответствует $M_{эм}=m_M \overline{KP}_{12к}$. Этот момент является начальным пусковым моментом А.Д. (M_n).

Результаты сводятся в таблицу 5, на основании которых строится механическая характеристика $M_{эм}=f(S)$ -рис. 4.

Таблица 5

0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	$S_{кр}$	S
												$M_{эм}$ H_M

$S_{кр}$ – критическое скольжение, при котором $M_{эм} = M_{max}$. Это значение определяется путем проведения касательной к круговой диаграмме, параллельной линии электромагнитных моментов \overline{CB} . (на рис 3 –т. “N”).

IV. Определение по круговой диаграмме и расчетным путем $S_{кр}$, K_M , K_n , K_L .

1) По круговой диаграмме

2) $S_{кр}$ – определяется из таблицы 5

$$K_M = \frac{M_{max}}{M_{ном}}; \quad K_n = \frac{M_{пуск}}{M_{ном}}; \quad K_L = \frac{I_{1кн}}{I_{1н}}$$

$M_{ном}$ соответствует $P_{2*}=1$ (см. рис. 3)

3) Расчет

$$a) \quad S_{кк} = \frac{c_1 R_2'}{\sqrt{R_1^2 + X^2 k}};$$

где $c_1 \approx 1,04$ (коэффициент перехода от Т-образной схемы замещения к Г-образной).

$$X_k = \sqrt{\left(\frac{U_{1фк}}{I_{1к}}\right)^2 - R^2 k} [Ом]$$

б) $K_M = \frac{M_{max}}{M_{ном}}$ – перегрузочная способность А.Д.

$$M_{max} = \frac{3U_{1ф}^2}{2n_1 C_1 (R_1 + \sqrt{R_1^2 + X^2 k})}; \quad M_{ном} = \frac{P_H}{n_1 (1 - S_H)}; \quad S_H = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$$

в) $K_n = \frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$ – кратность начального пускового момента.

Т. к. $M_{пуск} \equiv \dot{I}^2_{пуск}$ и $M_{ном} \equiv \dot{I}_{1н}^2$, то

$$K_{II} = \left(\frac{I_{пуск}}{I_{IH}} \right)^2 S_H; \quad \text{где } I_{пуск} = I_{Iкн}.$$

г) $K_I = \frac{I_{Iкн}}{I_{IH}} = \frac{I_{пуск}}{I_{IH}}$ – кратность пускового тока.

Полученные данные свести в таблицу 6

Таблица 6

Показатели	По круговой диаграмме	По расчету
Критическое скольжение – $S_{кр}$		
Перегрузочная способность – K_M		
Кратность пускового момента – K_n		
Кратность пускового тока – K_I		
Номинальный момент – M_n		

Таблица 6

ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ № 2

№ ва-ри-анта	Р _н кВт	I _н А	n _н об/мин	R _{т(с)} Ом	I _к А	Р _х кВт	U _{мк} В	Р _к кВт	№ ва-ри-анта	Р _н кВт	I _н А	n _н об/мин	R _{т(с)} Ом	I _к А	Р _х кВт	U _{мк} В	Р _к кВт
1	2,8	7,6	920	1,29	3,8	0,35	78	0,70	34	14	33,3	700	0,28	15	1,75	69	3,3
2	13	27,2	960	0,3	11	0,95	71	1,55	35	10	24,5	700	0,366	11	0,7	70	1,65
3	10	24,8	715	0,35	12	0,5	73	1,4	36	7	18	700	0,552	8,5	0,8	69	1,5
4	55	98	960	0,058	27	1,3	62	51	37	20	44,2	950	0,16	11,5	1,0	68	3,3
5	75	134	960	0,034	36	2,9	61	5,3	38	100	191	1460	0,022	67	8,0	69	1,8
6	5,0	14,1	940	0,91	7,2	0,4	70	1,4	39	1,4	4,8	885	4,78	2,5	0,3	80	0,5
7	11	29	710	0,432	12	0,48	64	3,0	40	7	15,5	1375	0,71	5,4	0,7	76	1,5
8	3,5	10	905	1,37	4,8	0,4	72	1,2	41	7	16,8	940	0,676	6,9	0,7	72	1,75
9	30	64	720	0,101	23	1,7	71	5,2	42	10	23,3	940	0,468	9	0,9	71	1,9
10	16	32,5	710	0,234	15	1,0	73	3,2	43	4,5	12,4	700	1,1	5,8	0,6	70	1,3
11	28	62	710	0,112	25	3,3	61	7,2	44	16	38	960	0,27	15	0,8	68	1,9
12	20	45,5	710	0,192	20	2,8	62	5,0	45	22	52	965	0,155	19	1,1	67	4,0
13	40	83,8	965	0,075	30	5,0	63	10,0	46	7,5	21,2	702	0,625	9,7	0,7	67	1,5
14	28	56	1420	0,1	18,8	3,7	64	7,4	47	1,7	5,0	905	2,5	2,4	0,2	79	0,5
15	20	41	1420	0,18	15,8	2,9	68	5,3	48	2,8	6,7	1370	1,54	3,3	0,3	80	0,72
16	14	31,6	950	0,255	12,8	1,0	68	2,5	49	4,5	10,3	1375	0,71	4,3	0,5	78	0,9
17	22	56,5	723	0,147	2,4	1,8	64	3,5	50	55	114	725	0,05	43,4	5,4	59	11
18	55	113	970	0,051	45	7,9	58	12,9	51	75	151	1370	0,031	60	6,0	57	13,5
19	16	42,5	718	0,222	16	0,9	65	3,2	52	2,2	7,0	890	3,02	3,7	0,3	79	0,62
20	11	30,8	715	0,352	18,6	1,35	66	2,9	53	40	85,7	720	0,083	32	1,3	58	5,6
21	14	29,3	1400	0,295	10,4	1,1	74	2,9	54	55	115	720	0,05	36	4,5	59	11,0
22	10	21,5	1400	0,454	7,5	0,7	75	1,6	55	40	100	580	0,04	30	1,4	59	9,0
23	4,5	11,5	925	1,42	5,4	0,3	73	1,4	56	100	183	1380	0,017	62	8,7	58	18,3
24	11	27	950	0,44	10	0,85	69	1,8	57	4	10,8	925	1,33	5,4	0,37	70	1,1
25	40	97	725	0,066	37	2,4	70	8,6	58	5,5	14,1	910	0,64	6,1	0,42	73	1,2
26	22	53	715	0,17	24	1,1	72	3,7	59	5,5	13	1450	0,73	4,5	0,4	69	1,0
27	55	10,5	1878	0,042	45	5,4	64	12,6	60	30	67	970	0,10	16	1,9	66	5,5
28	7,5	18,9	945	0,56	6,5	0,6	69	1,3	61	45	115	575	0,066	39	1,6	65	5,7
29	75	143	1460	0,03	45	11,0	60	18,6	62	30	71,6	725	0,112	30	1,9	63	5,3
30	13	28	1420	0,17	11,5	1,1	73	2,0	63	30	60	870	0,1	25	2,0	62	4,8
31	28	60	965	0,132	21	2,7	64	5,5	64	45	90,1	1370	0,06	40	3,0	61	6,9
32	40	79,5	1440	0,076	31,0	4,0	66	7,6	65	60	11	920	1,03	5,0	0,5	77	1,0
33	35	108	1440	0,043	43	4,8	65	10,8	66	60	113	870	0,05	45	6,0	60	9,3
									67	7,5	20	935	0,57	9,3	0,5	76	1,2

Литература

1. Андрианов В.Н. «Электрические машины и аппараты», М.: Колос, 1971 г. с. 448.
2. Брускин Д. Э., Зорохович А. Е., Хвостов В. С. «Электрические машины», ч. 1 и 2, М.: Высшая школа, 1979 г.
3. Брускин Д. Э., Зорохович А. Е., Хвостов В. С. «Электрические машины и микромашины», М.: Высшая школа, 1981 г., с. 432.
4. Вольдек А. И. «Электрические машины», М.: Энергия, 1978 г., с.792.
5. Ванурин В. Н. «Электрические машины», М.: Колос, 1995 г., с. 256.
6. Копылов И. П. «Электрические машины», М.: Высшая школа, 2001 г., с. 607.
7. Сукманов В. И. «Электрические машины и аппараты», М.: Колос, 2001 г., с.295.
8. Соснина Г. В. «Методическое пособие по выполнению лабораторных работ курса Электрические машины», МГАУ, 2002 г. (кафедральное), с. 50.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	стр. 3
Памятка студента	3
Контрольная работа № 1	4
Варианты контрольной работы № 1	17
Контрольная работа № 2	18
Варианты контрольной работы № 2	26
Литература	27

*Методическое пособие для изучения дисциплины
и выполнения заданий контрольных работ № 1 и № 2
студентами IV курса факультета заочного образования*

Соснина Г.В.

Электрические машины

План
Подписано к печати
Формат 60 x 84/16.
Бумага офсетная.
Гарнитура «Таймс»
Печать офсетная.
Уч.-изд. л.
Тираж экз.
Заказ №
Цена р.
Федеральное государственное
образовательное учреждение
высшего профессионального
образования «Московский
государственный агроинженерный
университет имени В.П. Горячкина»

Отпечатано в лаборатории
оперативной полиграфии
ФГОУ ВПО МГАУ
127550, Москва, Тимирязевская ул., 58