

**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
(Минсельхоз России)**

**Петуховский техникум механизации и электрификации сельского хозяйства - филиал
ФГБОУ ВО Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С.
Мальцева**

**ПМ 03 «Техническое обслуживание, диагностирование неисправностей
и ремонт электрооборудования и автоматизированных систем сельскохозяйственной
техники»**

**МДК 03.01 «Эксплуатация и ремонт электротехнических изделий»
Тема 3.1 Электрические машины и аппараты**

**Методические указания и контрольные задания для студентов-заочников средних
профессиональных учебных заведений по специальности
35.02.08 - «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства»**

Автор: Часовщиков В.А. – преподаватель специальных дисциплин Петуховского филиала ФГБОУ ВО Курганская ГСХА

Рецензент: Бутенко Е.В. – преподаватель специальных дисциплин Петуховского филиала ФГБОУ ВО Курганская ГСХА

ПМ 03 «Техническое обслуживание, диагностирование неисправностей и ремонт электрооборудования и автоматизированных систем сельскохозяйственной техники»
МДК 03.01 «Эксплуатация и ремонт электротехнических изделий» Тема 3.1 Электрические машины и аппараты: методические указания и контрольные задания для студентов-заочников сред. проф. учеб. заведений по специальности 35.02.08 - «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства"/В.А. Часовщиков.- Петухово, 2014.- количество 35 с.

Настоящее пособие предназначено для студентов-заочников электротехнических специальностей сельскохозяйственных средних учебных заведений. Данные указания рекомендуются для успешного выполнения контрольной работы в рамках программы междисциплинарного курса МДК 03.01. Эксплуатация и ремонт электротехнических изделий профессионального модуля ПМ 03 Техническое обслуживание, диагностирование неисправностей и ремонт электрооборудования и автоматизированных систем с.х. техники по теме: Электрические машины и трансформаторы программы подготовки специалистов среднего звена (ППССЗ) по специальности 35.02.08 Электрификации и автоматизации сельского хозяйства.

Пособие содержит краткие указания к выполнению контрольной работы, рекомендации по оформлению и защите работы, а также решения некоторых задач, тщательный разбор которых поможет студенту-заочнику выполнить соответствующую контрольную работу.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1 Цели методических указаний	5
2 Примерный тематический план	5
3 Общие методические указания	11
3.1 Общие положения	11
3.2 Требования к выполнению домашней контрольной работы	11
3.3 Требования по выбору варианта контрольной работы	12
3.4 Консультации	13
3.5 Примеры выполнения заданий	13
4 Критерии оценки домашней контрольной работы	24
5 Задания для домашней контрольной работы	25
Заключение	33
Список литературы	34
Приложение	35

ВВЕДЕНИЕ

Данные методические указания с контрольными заданиями предназначены для выполнения домашней контрольной работы студентами заочной формы обучения средних специальных учебных заведений, осваивающих ППССЗ по специальности 35.02.08 «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства».

Основное назначение темы «Электрические машины и трансформаторы» в МДК состоит в формировании у студентов профессиональных компетенций:

ПК3.1 Осуществлять техническое обслуживание электрооборудования и автоматизированных систем сельскохозяйственной техники. ПК 3.2 Диагностировать неисправности и осуществлять текущий и капитальный ремонт электрооборудования и автоматизированных систем сельскохозяйственной техники. ПК 3.3 Осуществлять надзор и контроль за состоянием и эксплуатацией электрооборудования и автоматизированных систем сельскохозяйственной техники. ПК 3.4 Участвовать в проведении испытаний электрооборудования сельхозпроизводства по виду профессиональной деятельности ВПД 3 Техническое обслуживание, диагностирование неисправностей и ремонт электрооборудования и автоматизированных систем сельскохозяйственной техники и получении в соответствии с требованиями ФГОС знаний по назначению, устройству, принципу работы электрических машин постоянного тока, синхронных и асинхронных машин, трансформаторов и машин специального назначения и выработки умений использования электрических машин и трансформаторов.

Курс заочного обучения предусматривает понимание физического смысла явлений, происходящих в электрических машинах и трансформаторах при их работе в номинальном и аварийных режимах, при пуске в ход, остановке, регулировании на основе знаний математики, физики, электротехники, электрических измерений, материаловедения, основ технической механики. В структуре ППССЗ знания и умения, освоенные по теме, являются одной из основных составляющих в освоении других ПМ и МДК, что обеспечивает выработку ОК и ПК по специальности.

Пособие составлено в соответствии с программой междисциплинарного курса МДК 03.01. Эксплуатация и ремонт электротехнических изделий профессионального модуля ПМ 03 Техническое обслуживание, диагностирование неисправностей и ремонт электрооборудования и автоматизированных систем с.х. техники по теме: Электрические машины и трансформаторы и охватывает все разделы темы.

Методические указания содержат теоретические пояснения к выполнению контрольной работы, примеры выполнения заданий, что позволит студенту выполнить успешно контрольную работу.

1 ЦЕЛИ МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ

Основная цель данных методических указаний – помочь студентам заочной формы обучения освоить программу междисциплинарного курса МДК 03.01. Эксплуатация и ремонт электротехнических изделий профессионального модуля ПМ 03 Техническое обслуживание, диагностирование неисправностей и ремонт электрооборудования и автоматизированных систем с.х. техники по теме: Электрические машины и трансформаторы.

Студенты должны знать назначение, устройство, принцип работы электрических машин постоянного тока, синхронных и асинхронных машин, трансформаторов и машин специального назначения, уметь использовать электрические машины и трансформаторы.

2 ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

2.1 Объем и виды учебной работы

Таблица 1 – Объём и виды учебной работы по теме «Электрические машины и трансформаторы»

Вид учебной работы	Количество часов	
	очная форма	заочная форма
Максимальная учебная нагрузка (всего)	147	147
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)	98	32
в том числе:		
лабораторные работы	24	16
практические занятия	16	6
контрольные работы	1	2
Самостоятельная работа обучающегося (всего)	49	115
<i>Итоговая аттестация в форме дифференцированного зачёта</i>		

2.2 Примерный тематический план и содержание темы

Таблица 2 – Тематический план и содержание темы «Электрические машины и трансформаторы»

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала, лабораторные работы и практические занятия, самостоятельная работа обучающихся	Объем часов при очной форме	Объем часов при заочной форме
1	2	3	4
Машины постоянного тока	Принцип действия, устройство, область применения генератора постоянного тока. Обратимость машин постоянного тока (МПТ). Преимущества и недостатки МПТ. Магнитная цепь МПТ, участки магнитной цепи, создание магнитного поля.	2	
	Образование петлевых, волновых, однослойных, двухслойных обмоток МПТ. Петлевая обмотка машин постоянного тока: расчетные формулы, обмоточная таблица и развернутая схема.	2	
	Волновая обмотка машин постоянного тока: расчетные формулы, обмоточная таблица и развернутая схема. ЭДС обмотки якоря МПТ.	2	
	Способы возбуждения генераторов постоянного тока. Процесс самовозбуждения на примере генератора параллельного возбуждения. Характеристика генераторов постоянного тока с различными схемами возбуждения.	2	2
	Принцип действия двигателей постоянного тока. Уравнение ЭДС. Электромагнитный момент МПТ. Пуск двигателя в ход. Основные характеристики двигателей параллельного, последовательного и смешанного возбуждения.	2	Задание 1 домашней контрольной работы
	Структура потерь мощности в МПТ. Коэффициент полезного действия МПТ. Определение КПД косвенным методом (методом отдельных потерь).	2	
	Практические занятия		
	Расчет и вычерчивание развернутой схемы простой петлевой обмотки машины постоянного тока	2	2
Расчет и вычерчивание развернутой			

	схемы простой волновой обмотки машины постоянного тока	2	2
	Лабораторные работы		
	Исследование генератора постоянного тока на холостом ходу	2	2
	Снятие характеристик генератора постоянного тока	2	2
Трансформаторы	Производство трансформаторов, их назначение, устройство и принцип действия трансформаторов. Маркировка и ряд номинальных мощностей трансформаторов. Электродвижущая сила обмоток трансформатора, коэффициент трансформации	2	
	Работа трансформатора под нагрузкой. Векторные уравнения трансформатора и уравнения ЭДС. Т-образная и упрощенная схемы замещения трансформатора. Векторная диаграмма трансформатора для активно-индуктивной нагрузки.	2	2
	Параметры схемы замещения в процессе холостого хода и короткого замыкания. Потери холостого хода и короткого замыкания, напряжение короткого замыкания.	2	
	Внешняя характеристика трансформатора. Изменение вторичного напряжения. Эксплуатационные характеристики работы трансформатора.	2	
	Трансформирование трехфазного тока. Схемы соединения трансформаторов в звезду, в треугольник, в зиг-заг. Группы соединения трансформаторов в соответствии с ГОСТом. Методика определения группы соединения трансформаторов.	2	
	Правила включения трансформаторов на параллельную работу. Нарушение правил включения на параллельную работу и их результаты. Распределение нагрузки между параллельно работающими трансформаторами.	2	
	Устройство силового масляного трансформатора. Конструкция магнитопровода, обмоток, бака. Система охлаждения трансформатора. Выводы обмоток трансформатора, переключатели напряжения, термосифонный фильтр, газовое реле,	2	

	аппаратура защиты и обслуживания. Приспособления для масла.		
	Лабораторные работы		
	Исследование двухобмоточного трансформатора в режиме холостого хода	2	2
	Исследование двухобмоточного трансформатора в режиме короткого замыкания	2	2
	Испытание трехфазного двухобмоточного трансформатора	2	
	Включение трехфазных трансформаторов на параллельную работу	2	2
	Практические занятия		
	Определение параметров трансформатора по паспортным и каталожным данным.	2	Задание 2 домашней контрольной работы
	Определение эксплуатационных показателей работы трансформаторов.	2	Задание 2 домашней контрольной работы
Асинхронные машины	Асинхронные машины, их назначение, принцип действия, устройство. Образование вращающегося магнитного поля. Частота вращения поля. Направление вращения и его изменение. Принцип действия асинхронного двигателя. Конструкция асинхронных двигателей с фазным и короткозамкнутым ротором. Серии асинхронных двигателей	2	
	Принцип образования ЭДС трехфазной обмотки. Однослойные и двухслойные обмотки, ЭДС обмотки машины переменного тока. Укорочение и распределение обмотки.	2	
	Однослойная трехфазная обмотка машин переменного тока: расчетные формулы, принцип построения, обмоточная таблица.	2	Задание 3 домашней контрольной работы
	Двухслойная трехфазная обмотка машин переменного тока: расчетные формулы, принцип построения, обмоточная таблица.	2	Задание 3 домашней контрольной работы
	Вращающий момент асинхронного двигателя. Прямой пуск асинхронных	2	2

	короткозамкнутых двигателей. Пуск в ход двигателей с фазным ротором. Пуск в ход двигателей с короткозамкнутым ротором при пониженном напряжении переключением со звезды на треугольник, при помощи автотрансформатора.		
	Регулирование частоты вращения асинхронных двигателей изменением числа пар полюсов, частоты и величины приложенного напряжения, активного сопротивления цепи ротора (для двигателей с фазным ротором).	2	2
	Однофазные асинхронные двигатели. Разложение пульсирующего магнитного поля на два вращающихся. Пуск в ход однофазных асинхронных двигателей. Трехфазный асинхронный двигатель в режиме однофазного, его использование в аварийном режиме.	2	
	Лабораторные работы		
	Пуск в ход трехфазных асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором	2	2
	Пуск в ход однофазного асинхронного двигателя	2	
	Включение трехфазного асинхронного двигателя в режиме однофазного.	2	2
	Практические занятия		
	Расчет обмоточных данных и вычерчивание развернутой схемы трехфазной однослойной обмотки машин переменного тока	2	Задание 3 домашней контрольной работы
	Расчет обмоточных данных и вычерчивание развернутой схемы трехфазной двухслойной обмотки машин переменного тока	2	Задание 3 домашней контрольной работы
Синхронные машины	Синхронный генератор: назначение, устройство и принцип действия	2	
	Способы и схемы возбуждения синхронных генераторов	2	
	Характеристики синхронных генераторов	2	
	Параллельная работа синхронных генераторов	2	2
	Синхронный двигатель: устройство, принцип работы, характеристики, пуск в ход	2	
	Лабораторные работы		

	Исследование синхронного генератора	2	2
	Включение генератора параллельно с мощной сетью	2	
Специальные машины и трансформаторы	Специальные машины постоянного тока. Сварочные генераторы. Исполнительные двигатели, тахогенераторы, их особенности. Машины с постоянными магнитами. Универсальный коллекторный двигатель.	2	
	Специальные виды трансформаторов: однофазные и трехфазные автотрансформаторы, измерительные трансформаторы тока и напряжения, сварочные трансформаторы.	2	
	Асинхронные исполнительные двигатели с полым немагнитным ротором, способы управления, устранение самохода. Асинхронный тахогенератор. Однофазные сельсины в индикаторном и трансформаторном режимах.	2	
	Синхронные двигатели малой мощности: реактивный, шаговые двигатели.	2	
	Лабораторные работы		
	Изучение конструкции и пуск в ход микромашин постоянного тока	2	
	Изучение конструкции и пуск в ход микромашин переменного тока	2	
	Специальные типы трансформаторов	2	

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

3.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Домашняя контрольная работа выполняется в соответствии с Письмом МОРФ от 30.12.1999 г. № 16-52-290 ин/16-13 «О рекомендациях по организации учебного процесса по заочной форме обучения в образовательных учреждениях среднего профессионального образования».

Каждый студент - заочник обязан выполнять домашнюю контрольную работу строго в соответствии со своим вариантом, и в срок установленный графиком учебного процесса выслать работу в учебное заведение на проверку.

Домашняя контрольная работа должна носить самостоятельный характер. Самостоятельность выполнения работы способствует углубленному изучению дисциплины, вырабатывают умение обобщать изучаемый материал, анализировать и аргументировать выводы, позволяет точно и грамотно излагать свои мысли. При выполнении домашней контрольной работы следует использовать предложенную основную литературу и подобрать дополнительные источники, так как это обязательно будет учтено при оценке работы.

3.2. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ДОМАШНИХ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Контрольная работа выполняется в ученической тетради в клетку темными чернилами (синими, черными, фиолетовыми) через строчку. Страницы тетради нумеруются. На каждой странице следует оставлять поля шириной 4 см, а в конце тетради - 1-2 свободные страницы для написания рецензии (заключения) преподавателя.

В связи с достаточно активным использованием студентами персональных компьютеров разрешается выполнять контрольную работу в печатном виде, однако ее оформление также должно соответствовать существующим стандартам.

Работа выполняется аккуратно на листе формата А4 стандартным 14-м шрифтом с полуторным интервалом. Используются шрифт Times New Roman. Заголовки выделяют заглавными буквами. Границы полей: левое – 3 см, правое – 1,5 см, нижнее и верхнее – 2 см. Текст печатается черным цветом. Принципиальные электрические схемы, графики, векторные диаграммы выполняются с применением компьютерных программ (КОМПАС 3D; splan, Auto CAT и др.)

В работе не должно быть помарок, перечеркиваний. Опечатки, описки и графические неточности исправляются подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного изображения машинописным способом, либо от руки чернилами или тушью того же цвета, что и исправляемый оригинал.

Все структурные элементы работы и главы ее основной части начинаются с новой страницы. Расстояние заголовком и текстом должно быть 1,5 интервала.

Абзацы в тексте начинают отступом – 1,25.

После знаков препинания делается пробел, перед знаками препинания пробелов не делается. Перед знаком "тире" и после него делается пробел.

Знаки "дефис" и "перенос" пишутся без пробелов. Знаки "номер" (№) и "параграф" (§), а также единицы измерения от цифры отделяются пробелом. Знак градус (°) пишется с цифрой слитно, а градус Цельсия (°С) - отдельно.

При написании формул и дальнейшем вычислении по ним никаких промежуточных действий с числами не указывается. Цифровые значения в формулы подставляют в одинакового размера измеряемых величин, кроме эмпирических, без указания единиц измерения в буквенном обозначении. Содержание формулы раскрывается после совершения вычислений и получения результата, если входящие в формулу составляющие раньше не

встречались по тексту контрольной работы. Конечный результат вычисления должен содержать указание единиц измерения в буквенных символах. Например:

1) Определяем номинальный ток первичной обмотки трансформатора $I_{1н}$:

$$I_{1н} = \frac{S_n}{\sqrt{3}U_{1н}} = \frac{100}{1,73 \times 10} = 0,58 A, \quad (1)$$

где $S_n = 100$ кВА – номинальная мощность трансформатора;

$U_{1н} = 10$ кВ – номинальное напряжение первичной обмотки;

Все страницы, формулы и таблицы нумеруются. Нумерация – сквозная (т.е. номер – один, два и т.д.). Номер страницы не ставится на титульном листе и содержании, но эти страницы входят в общее количество работы. Номер ставится с введения, с указанием страницы 3. Нумерация указывается без черточек внизу по центру страницы.

Работа должна быть выполнена аккуратно, четким, разборчивым почерком, в той же последовательности, в какой приведены задания. Перед выполнением каждого задания ставится его номер и полная формулировка с исходными данными. Сокращения слов и подчеркивания в тексте не допускаются.

В конце работы приводится список использованной литературы, где сначала указываются нормативные документы (законы, указы, постановления, приказы, инструкции и т.д.), затем в алфавитном порядке – учебная литература и справочные пособия с указанием фамилии и инициалов автора, наименование источника, места и года его издания, количества страниц; затем ставится дата выполнения работы и подпись студента.

Титульный лист работы (приложение 1) должен быть оформлен в соответствии с утвержденной формой. При регистрации контрольной работы титульный лист подписывается секретарем заочного отделения, с указанием даты сдачи работы.

На каждую контрольную работу преподаватель дает письменное заключение (рецензию) и выставляет оценки «зачтено» или «незачтено». Незачтенная контрольная работа возвращается студенту с подробной рецензией, содержащей рекомендации по устранению недостатков.

По получении проверенной контрольной работы студент должен внимательно ознакомиться с исправлениями, прочитать заключение преподавателя, сделать работу над ошибками и повторить недостаточно усвоенный материал в соответствии с рекомендациями преподавателя. После этого студент выполняет работу повторно и отправляет вместе с первой на проверку.

3.3. ТРЕБОВАНИЯ ПО ВЫБОРУ ВАРИАНТА ДОМАШНЕЙ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

В соответствии с учебным планом все студенты заочного отделения в межсессионный период должны самостоятельно изучить программный материал и выполнить домашнюю контрольную работу по одному из вариантов.

Контрольная работа состоит из 4-х заданий. Выбор варианта каждого задания проводится по таблицам выбора вариантов, в зависимости от двух последних цифр номера зачётной книжки студента. В таблице выбора варианта по вертикали "А" размещены цифры от 0 до 9, каждая из которых соответствует предпоследней цифре номера зачётной книжки студента, а по горизонтали "Б" размещены цифры от 0 до 9, соответствующие последней цифре личного дела студента.

Пересечение вертикальной и горизонтальной линий определяет клетку с номером варианта задания контрольной работы. Для каждого задания составлена своя таблица выбора вариантов.

Работа выполненная с нарушениями выбора вариантов задания не проверяется и считается не выполненной.

3.4. КОНСУЛЬТАЦИИ

На протяжении учебного года студент может обращаться за письменными и устными консультациями к преподавателям техникума как лично, так и через их персональные сайты в сети Internet.

3.5 ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ.

Пример 1: Двигатель постоянного тока серии 2П имеет следующие данные: номинальная мощность $P_n = 4,0$ кВт, коэффициент полезного действия $\eta = 79\%$, номинальное напряжение $U_n = 440$ В, номинальная частота вращения $n_n = 1500$ об/мин, сопротивление обмотки якоря $r_a = 1,89$ Ом, сопротивление обмотки возбуждения $r_b = 367$ Ом.

Определить:

- 1) потребляемую двигателем мощность P_1 ;
- 2) суммарные потери мощности в двигателе $\Sigma \Delta P$;
- 3) номинальную силу тока двигателя I_n , силу тока возбуждения I_b и силу тока якоря I_a ;
- 4) противо – э.д.с. E ;
- 5) полезный момент на валу M_n , электромагнитный момент $M_{эм}$, момент холостого хода M_0 и пусковой момент двигателя $M_{пуск}$, приняв $I_{пуск} = 2I_{ном}$;
- 6) сопротивление пускового реостата $R_{пуск}$, при котором сила пускового тока превышает номинальную в два раза.
- 7) По значениям M_n и $M_{пуск}$ и соответственно n_n и $n=0$ построить механическую характеристику электродвигателя. Определить частоту вращения идеального холостого хода n_0 .
- 8) Вычертить принципиальную электрическую схему пуска двигателя с пускорегулирующей аппаратурой и измерительными приборами

Решение:

1. Потребляемая двигателем мощность из сети:

$$P_1 = \frac{P_n}{\eta_n} = \frac{4,0}{0,79} = 5,06 \text{ кВт};$$

2. Суммарные потери мощности в двигателе:

$$\Sigma \Delta P = P_1 - P_n = 5,06 - 4,0 = 1,06 \text{ кВт};$$

3. Сила тока возбуждения:

$$I_b = \frac{U_n}{r_b} = \frac{440}{367} = 1,2 \text{ А}$$

4. Номинальная сила тока двигателя:

$$I_n = \frac{P_1}{U_n} = \frac{5,06 \times 10^3}{440} = 11,5 \text{ А};$$

5. Сила тока в обмотке якоря:

$$I_a = I_n - I_b = 11,5 - 1,2 = 10,3 \text{ А};$$

6. Противо – э.д.с.:

$$E = U - I_a r_a = 440 - 10,3 \times 1,89 = 420,5 \text{ В};$$

7. Номинальный (полезный) момент на валу двигателя:

$$M_n = 9,55 \frac{P_n}{n_n} = 9,55 \times \frac{4,0 \times 10^3}{1500} = 25,5 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

8. Электромагнитная мощность двигателя:

$$P_{эм} = EI_a = 420,5 \times 10,3 = 4330 \text{ Вт} = 4,33 \text{ кВт};$$

9. Электромагнитный момент двигателя:

$$M_{эм} = 9,55 \frac{P_{эм}}{n_n} = 9,55 \times \frac{4,33 \times 10^3}{1500} = 27,6 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

10. Момент холостого хода:

$$M_0 = M_{эм} - M_n = 27,6 - 25,5 = 2,1 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

11. Пусковой момент двигателя:

$$M_{пуск} = 2M_n = 2 \times 25,5 = 51 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

12. Сопротивление пускового реостата при $I_{пуск} = 2I_{ан}$:

$$R_{пуск} = \frac{U}{2I_{ан}} - r_a = \frac{440}{2 \times 10,3} - 1,89 = 19,5 \text{ Ом};$$

13. По значениям M_n , $M_{пуск}$, n_n и $n=0$ строим механическую характеристику двигателя $n=f(M)$.

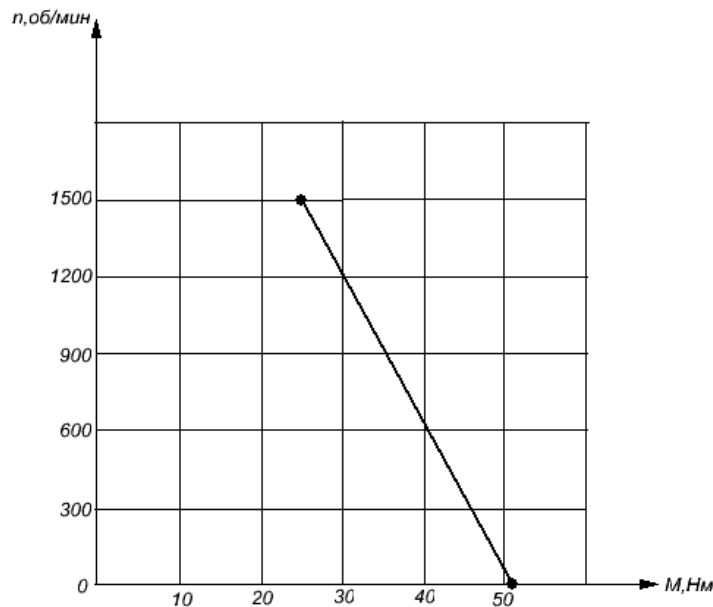


Рисунок 1 – Механическая характеристика двигателя.

14. Частота вращения идеального холостого хода:

$$C_E \Phi = \frac{U_n - I_a r_a}{n_n} = \frac{440 - 10,3 \times 1,89}{1500} = 0,28;$$

$$n_0 = \frac{U}{C_E \Phi} = \frac{440}{0,28} = 1570 \text{ об / мин.}$$

15. Принципиальная схема пуска в ход двигателя постоянного тока параллельного возбуждения:

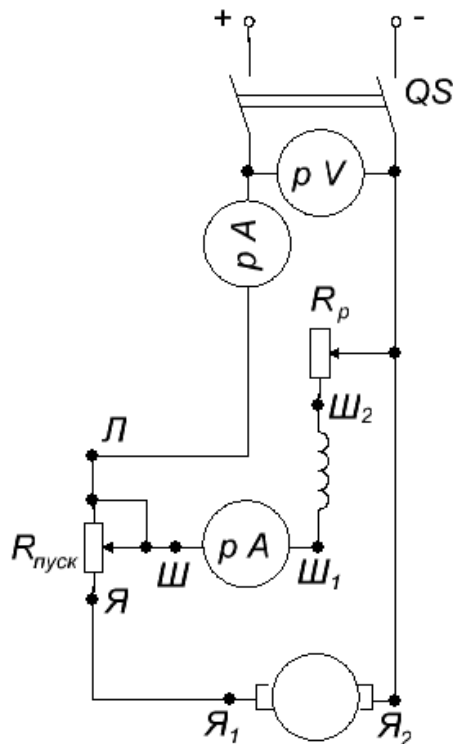


Рисунок 2 – Принципиальная схема двигателя.

Пример 2: Для трехфазного трансформатора, тип и характеристики, которого заданы, для режима работы, заданного коэффициентом нагрузки $K_{нГ}$ и коэффициентом мощности $\cos\varphi_2$, определить: 1) коэффициент трансформации трансформатора K ; 2) токи в обмотках трансформатора $I_{1н}$, $I_{2н}$; 3) напряжение на зажимах вторичной обмотки U_2 ; 4) КПД трансформатора η ; 5) начертить для опыта К.З. схему замещения трансформатора для одной фазы и определить действительные сопротивления первичных обмоток r_1 , x_1 и вторичных обмоток r_2 , x_2 , считая что $r_1 \cong r_2'$ и $x_1 \cong x_2'$.

Исходные данные:

ТМ – 160

$S_{н} = 160$ кВА

$U_{1н} = 6$ кВ

$U_{2н} = 0,23$ кВ

$U_{к\%} = 4,5$ %

$P_0 = 650$ Вт

$P_{к} = 2650$ Вт

$K_{нГ} = 0,8$

$\cos\varphi_2 = 0,9$

Схема соединений обмоток: “звезда” – “звезда с нулевым выводом” – Группа соединения – 0

Определить:

1) K - ?

2) $I_{1н}$, $I_{2н}$ - ?

3) U_2 - ?

4) η - ?

5) r_1 , r_2 , x_1 , x_2 - ?

Решение:

1. Коэффициент трансформации:

$$K = U_{1н} / U_{2н} = 6 / 0,23 = 26$$

2. Токи в обмотках трансформатора:

а) первичный

$$I_{1н} = \frac{S_{н}}{\sqrt{3} U_{1н}} = 160 / 1,73 \times 6 = 15,4 \text{ А}$$

б) вторичный

$$I_{2H} = \frac{S_H}{\sqrt{3}} S_H U_{2H} = 160 / 1,73 \times 0,23 = 402,1 \text{ A}$$

3. Напряжение на зажимах вторичной обмотки:

$$U_2 = U_{2H} - \Delta U = 230 - 6 = 224 \text{ В,}$$

где $\Delta U = \Delta U\% \cdot U_{2H} / 100 = 2,67 \times 230 / 100 = 6 \text{ В}$ – изменение напряжения

Изменение напряжения в процентах:

$$\Delta U\% = K_{H2}(U_{ak}\% \cos\varphi_2 + U_{pk}\% \sin\varphi_2) = 0,8 (1,66 \times 0,9 + 4,18 \times 0,4) = 2,67\%$$

Активная составляющая напряжения короткого замыкания в процентах:

$$U_{ak}\% = P_k / 10 S_H = 2650 / 10 \times 160 = 1,66 \%$$

Реактивная составляющая напряжения короткого замыкания в процентах:

$$U_{pk}\% = \sqrt{U_k\%^2 - U_{ak}\%^2} = \sqrt{4,5^2 - 1,66^2} = 4,18\%$$

$$\sin\varphi_2 = \sqrt{1 - \cos^2\varphi_2} = \sqrt{1 - 0,9^2} = 0,44$$

4. КПД трансформатора:

$$\eta = \frac{K_{H2} \times S_{ном} \times \cos\varphi_2}{K_{H2} \times S_{ном} \times \cos\varphi_2 + P_0 + K_{H2}^2 \times P_k} = \frac{0,8 \times 160 \times 0,9}{0,8 \times 160 \times 0,9 + 0,65 + 0,8^2 \times 2,65} = 0,98$$

5. Схема замещения 1 фазы трансформатора в режиме опытного К.З.

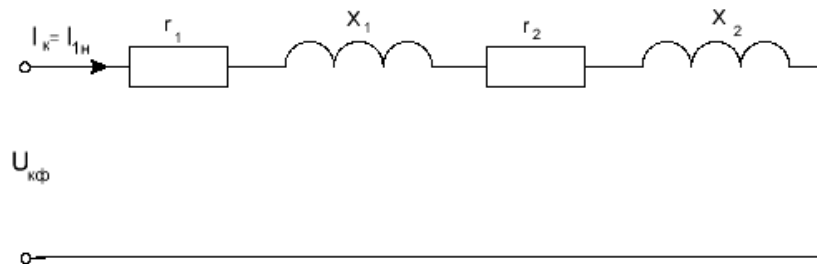


Рисунок 3 – Схема замещения фазы трансформатора в режиме опытного К.З.

а) фазное напряжение К.З.

$$U_{кф} = \frac{U_{1H}}{\sqrt{3} \cdot 100\%} \times u_k\% = \frac{6000}{1,73 \cdot 100} \times 4,5 = 156 \text{ В}$$

б) фазный ток К.З.:

$$I_k = I_{1H} = 15,4 \text{ А}$$

в) полное сопротивление К.З. одной фазы

$$z_{фк} = U_{фк} / I_{фк} = 156 / 15,4 = 10 \text{ Ом}$$

г) активное сопротивление К.З.

$$r_k = P / 3 I_k^2 = 2650 / (3 \times 15,4^2) = 3,7 \text{ Ом}$$

д) реактивное сопротивление К.З.

$$x_k = \sqrt{z_k^2 - r_k^2} = \sqrt{10^2 - 3,7^2} = 9,3 \text{ Ом}$$

е) действительные сопротивления обмоток

первичная обмотка

активное сопротивление

$$r_1 = r_2 = r_k / 2 = 3,7 / 2 = 1,85 \text{ Ом}$$

реактивное сопротивление

$$x_1 = x_2 = x_k / 2 = 9,3 / 2 = 4,65 \text{ Ом}$$

вторичная обмотка

активное сопротивление

$$r_2 = r_2 / k^2 = 1,85 / 26^2 = 0,003 \text{ Ом}$$

реактивное сопротивление

$$x_2 = x_2' / k^2 = 4,65 / 26^2 = 0,007 \text{ Ом}$$

Пример 3: Для трехфазного трансформатора, имеющего паспортные данные, указанные ниже, определить:

- 1) Напряжение U_2 на зажимах вторичной обмотки трансформатора при номинальной нагрузке ($K_{нг}=1$) и коэффициенте мощности $\text{Cos}\phi = 0,8(\text{инд})$ и $\text{Cos}\phi = 0,8(\text{ёмк})$;
- 2) Значение коэффициента нагрузки $K_{нг.опт.}$ при котором КПД имеет максимальное значение;
- 3) Рассчитать и построить зависимость $\eta = f(K_{нг})$ для двух значений коэффициента мощности нагрузки: $\text{Cos}\phi_2 = 0,8$ (инд) и $\text{Cos}\phi_2 = 1,0$.

Исходные данные:

ТМ – 160
 $S_n = 160$ кВА
 $U_{1н} = 6$ кВ
 $U_{2н} = 0,23$ кВ
 $U_k\% = 4,5\%$
 $P_0 = 650$ Вт
 $P_k = 26$ Вт

Решение:

1. Определяем напряжение на зажимах вторичной обмотки трансформатора при номинальной нагрузке ($K_{нг} = 1$) и коэффициенте мощности $\text{Cos}\phi = 0,8(\text{инд})$ и $\text{Cos}\phi = 0,8(\text{ёмк})$:

активная составляющая напряжения короткого замыкания:

$$U_{ка} = \frac{P_k}{10S_n} = \frac{2650}{10 \times 160} = 1,66\% ;$$

реактивная составляющая напряжения короткого замыкания:

$$U_{кр} = \sqrt{U_k^2 - U_{ка}^2} = \sqrt{4,5^2 - 1,66^2} = 4,18\% ;$$

изменение вторичного напряжения в процентах:

- при $\text{Cos}\phi = 1$

$$\Delta U\% = K_{нг} (U_{ка} \text{Cos}\phi_2 + U_{кр} \text{Sin}\phi_2) = 1,0 \times (1,66 \times 1,0 + 4,18 \times 0) = 1,66\% ;$$

- при $\text{Cos}\phi = 0,8(\text{инд})$

$$\Delta U\% = K_{нг} (U_{ка} \text{Cos}\phi_2 + U_{кр} \text{Sin}\phi_2) = 1,0 \times (1,66 \times 0,8 + 4,18 \times 0,6) = 3,836\% ;$$

- при $\text{Cos}\phi = 0,8(\text{ёмк})$

$$\Delta U\% = K_{нг} (U_{ка} \text{Cos}\phi_2 + U_{кр} \text{Sin}\phi_2) = 1,0 \times (1,66 \times 0,8 - 4,18 \times 0,6) = -1,18\% .$$

Изменение вторичного напряжения в именованных единицах:

- при $\text{Cos}\phi = 1$

$$\Delta U_2 = \frac{\Delta U\% U_{2н}}{100} = \frac{1,66 \times 230}{100} = 3,818 \text{ В} ;$$

- при $\text{Cos}\phi = 0,8(\text{инд})$

$$\Delta U_2 = \frac{\Delta U\% U_{2н}}{100} = \frac{3,836 \times 230}{100} = 8,823 \text{ В} ;$$

- при $\text{Cos}\phi = 0,8(\text{ёмк})$

$$\Delta U_2 = \frac{\Delta U\% U_{2н}}{100} = \frac{-1,18 \times 230}{100} = -2,714 \text{ В} .$$

Напряжение на зажимах вторичной обмотки:

- при $\cos\phi = 1$

$$U_2 = U_{2н} - \Delta U_2 = 230 - 3,818 = 226,182 \text{ В};$$

- при $\cos\phi = 0,8(\text{инд})$

$$U_2 = U_{2н} - \Delta U_2 = 230 - 8,823 = 221,177 \text{ В};$$

- при $\cos\phi = 0,8(\text{ёмк})$

$$U_2 = U_{2н} - \Delta U_2 = 230 - (-2,714) = 232,714 \text{ В}.$$

2. Максимальное значение КПД соответствует нагрузке, при которой магнитные потери равны электрическим: $P_0 = K_{нз}^2 \times P_{кном}$, отсюда

$$K_{нз.опт} = \sqrt{\frac{P_0}{P_{кном}}} = \sqrt{\frac{650}{2650}} = 0,495.$$

3. Для построения графиков зависимости $\eta = f(K_{нз})$ вычисляем значения напряжения на зажимах вторичной обмотки и КПД для ряда значений коэффициента нагрузки $K_{нз}$ равных 0,25; 0,5; 0,75 и 1,0 при двух значениях коэффициента мощности нагрузки: $\cos\phi_2 = 0,8$ (инд), $\cos\phi_2 = 1,0$.

Коэффициент полезного действия определяется по выражению:

$$\eta = \frac{K_{нз} S_{ном} \cos\phi_2}{K_{нз} S_{ном} \cos\phi_2 + P_0 + K_{нз}^2 P_{кном}}.$$

Результаты расчетов сводим в таблицу 3:

Таблица 3 - Расчет эксплуатационных показателей

$K_{нз}$	КПД в % при $\cos\phi_2$	
	$\cos\phi_2 = 0.8$	$\cos\phi_2 = 1.0$
0	0	0
0,25	97,5	98,0
0,5	98,0	98,4
0,75	97,8	98,3
1,0	97,5	98,0

По данным таблицы 3 строим графики зависимости $\eta = f(K_{нз})$

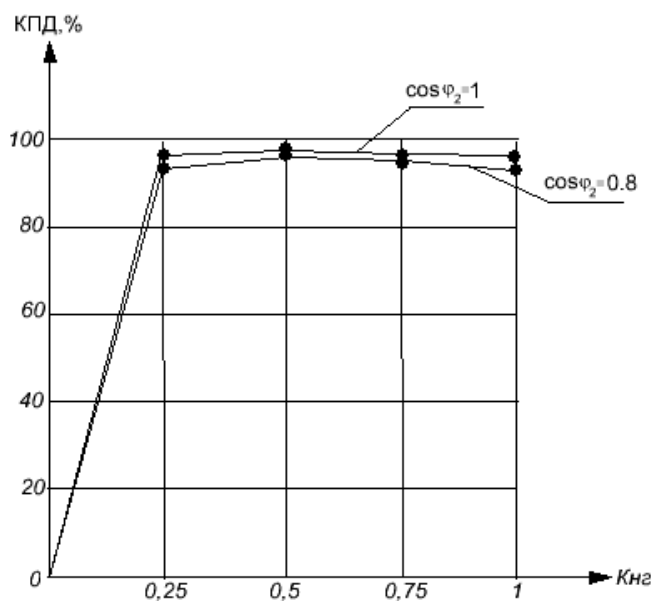


Рисунок 4 – Зависимость КПД от коэффициента нагрузки

Пример 4: Для трехфазной двухслойной обмотки статора асинхронного машины переменного тока, имеющей число пазов $Z=24$, число полюсов $2p=2$, рассчитать шаги, составить обмоточную таблицу и вычертить развернутую схему, приняв $Y < \tau$. Путем расстановки токов по фазам выявить количество магнитных полюсов и определить их полярность. Режим работы машины и направление вращения принять произвольно.

Решение:

Расчет параметров и шагов обмотки:

а) полюсное деление

$$\tau = Z / 2p = 24 / 2 = 12$$

б) шаг обмотки

$$Y \approx 0,8 \tau = 0,8 \times 12 = 10$$

в) число пазов на полюс и фазу

$$q = Z / 2pm = 24 / 2 \times 3 = 4$$

где $m = 3$ – число фаз обмотки

г) фазовый шаг

$$Y_2 = \frac{2}{3} \tau = \frac{2}{3} \times 12 = 8$$

Рассмотрим один из вариантов технологии построения развёрнутых схем цепной равнокатушечной обмотки:

Однослойная обмотка.

Каждая фаза обмотки должна состоять из числа катушечных групп, определяемых числом пар полюсов машины p . В примере $p=1$. В каждой катушечной группе должно содержаться количество катушек, определяемое числом q . Катушки в катушечной группе соединяются последовательно. В примере $q = 4$. Расстояние между катушечными группами в фазе, если их две и более, определяется как 2τ . Геометрические размеры катушки (шаблона) определяются по принципу: если начальную активную сторону катушки (шаблона) уложить в паз номер 1, то конечная активная сторона этой катушки (шаблона) должна укладываться в паз, расположенный на расстоянии Y от первого. В примере это будут пазы с номерами 1 и 11 т.к. $1+ (Y=10) = 11$. Количество таких, по размерам, шаблона катушек в катушечной группе должно быть 3 штуки и они должны занимать соседние с шаблоном пазы.

На основании выше указанного констатируем: каждая фаза обмотки должна состоять из одной катушечной группы, содержащей четыре катушки шириной в 10 пазов. Начало следующей фазы от начала предыдущей располагается на расстоянии Y_ϕ . В примере $Y_\phi = 8$. Таким образом, если начало фазы «А» уложить в паз номер 1, то начало фазы «В» укладывается в паз номер 9 т.к. $1+ (Y_\phi = 8)$ и соответственно начало фазы «С» укладывается в паз номер 17 ($9 + 8$). Построение каждой фазы проводится по аналогии с фазой «А» На основании расчёта и принципа построения обмотки составляем обмоточную таблицу по фазам и номерам пазов (в реальном статоре машины за первый паз может быть принят любой паз, от которого ведётся дальнейший отсчёт).

Таблица 4 - Обмоточная таблица однослойной обмотки

Фаза А	Фаза В	Фаза С
$C_1 - 1 - 11^`$	$C_2 - 9 - 19^`$	$C_3 - 17 - 3^`$
2 - 12`	10 - 20`	18 - 4`
3 - 13`	11 - 21`	19 - 5`
4 - 14` - C_4	12 - 22` - C_5	20 - 6` - C_6

По данным обмоточной таблицы 4 строим развернутую схему обмотки

(рисунок 5). На развёрнутой схеме путём расстановки тока по фазам, выявляем количество магнитных полюсов (под одним полюсом направление тока в проводниках обмотки должно быть одинаковым) и обводим контуры полюсов. Для определения полярности полюсов необходимо знать режим работы машины (двигатель или генератор) и направление вращения ротора (указать на развёрнутой схеме). Применяя правила правой руки (для генератора) или левой руки (для двигателя), определяем полярность полюсов и наносим на контуры полюсов.

Двухслойная обмотка.

Расчёт параметров двухслойной цепной равнокатушечной обмотки проводится по аналогии с расчётом однослойной обмотки, но принцип построения несколько отличается. Каждая фаза двухслойной обмотки содержит количество катушечных групп определяемое числом полюсов машины $2p$ (в примере $2p=2$), т.е. фаза состоит из двух катушечных групп. Каждая катушечная группа содержит количество катушек, определяемое числом q (в примере $q = 4$). Расстояние между началами катушечных групп одной фазы двухслойной обмотки определяется числом τ (в примере $\tau = 12$). Расстояние между началами фазных обмоток определяет фазовый шаг Y_ϕ (в примере $Y_\phi = 8$). Соединение катушечных групп в фазе обмотки проводится по принципу «конец с концом, начало с началом». Этот принцип означает, что катушечные группы фазы соединяю между собой по схеме: конец первой катушечной группы с концом второй катушечной группы, начало второй катушечной группы с началом третьей, конец третьей - с концом четвёртой и т.д., сколько бы катушек ни содержала фаза обмотки. Начало первой катушечной обмотки фазы принимают за начало фазы, а начало последней катушечной группы фазы за её конец. С учётом указанных выше особенностей составляем обмоточную таблицу двухслойной обмотки.

Начало фазы «А» – C_1 укладываем в первый паз. Конец первой катушки первой катушечной группы находится на расстоянии Y в $1 + 10 = 11$ пазу. Аналогично укладываем ещё 3 катушки: $2 - 12^{\wedge}$, $3 - 13^{\wedge}$, $4 - 14^{\wedge}$.

Начало второй катушечной группы находится на расстоянии τ от начала первой в $1 + 12 = 13$ пазу. Вторая катушечная группа состоит из четырех катушек $13 - 23^{\wedge}$, $14 - 24^{\wedge}$, $15 - 1^{\wedge}$, $16 - 2^{\wedge}$. Соединяем конец первой катушечной группы 14^{\wedge} с концом второй катушечной группы 2^{\wedge} , а $13 -$ конец фазы «А» – C_4 . Аналогично рассчитывают и строим фазы «В» и «С». Начало фазы «В» – C_2 находится на расстоянии Y_ϕ от начала фазы «А» – C_1 в $1 + 8 = 9$ пазу.

Таблица 5 - обмоточная таблица двухслойной обмотки

Фаза «А»	Фаза «В»	Фаза «С»
$C_1 - 1 - 11^{\wedge}$	$C_2 - 9 - 19^{\wedge}$	$C_3 - 17 - 3^{\wedge}$
$2 - 12^{\wedge}$	$10 - 20^{\wedge}$	$18 - 4^{\wedge}$
$3 - 13^{\wedge}$	$11 - 21^{\wedge}$	$19 - 5^{\wedge}$
$4 - 14^{\wedge}$	$12 - 22^{\wedge}$	$20 - 6^{\wedge}$
$C_4 - 13 - 23^{\wedge}$	$C_5 - 21 - 7^{\wedge}$	$C_6 - 5 - 15^{\wedge}$
$14 - 24^{\wedge}$	$22 - 8^{\wedge}$	$6 - 16^{\wedge}$
$15 - 1^{\wedge}$	$23 - 9^{\wedge}$	$7 - 17^{\wedge}$
$16 - 2^{\wedge}$	$24 - 10^{\wedge}$	$8 - 18^{\wedge}$

По данным обмоточной таблицы 5 строим развёрнутую схему обмотки (рисунок 6). Определение количества полюсов и их полярности проводится для двухслойной обмотки также как и для однослойной. В пазы номер 11, 12, 23 и 24 развёрнутой схемы (рисунок 6) направление тока в проводниках обмотки разных фаз не совпадает. Это означает, в данный момент эти пазы находятся в межполюсном пространстве и поэтому магнитное поле на проводники этих пазов не действует

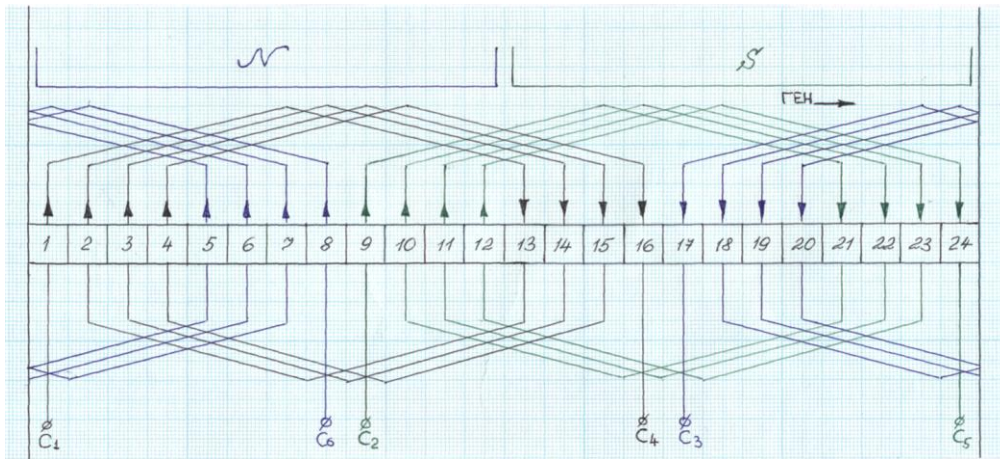


Рисунок 5 - Развернутая схема трехфазной однослойной обмотки статора машин переменного тока

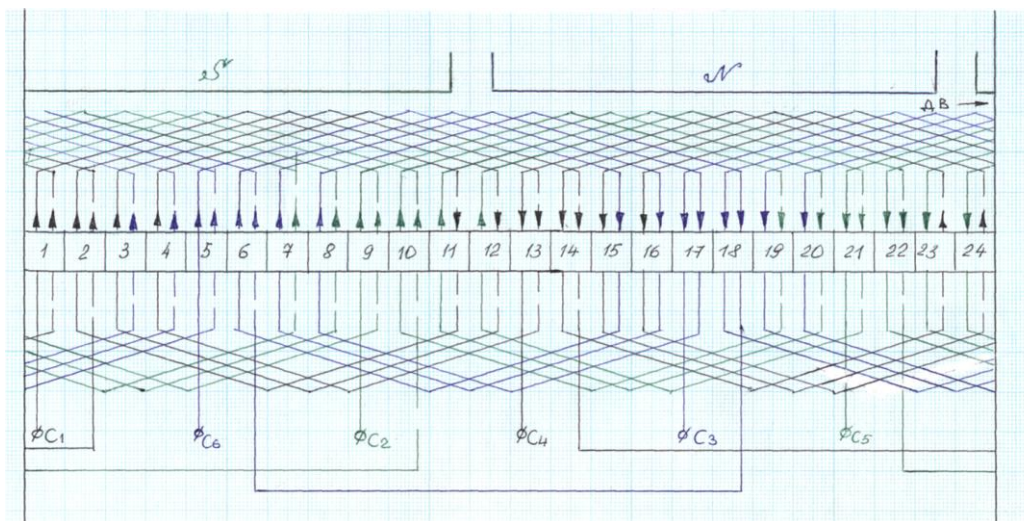


Рисунок 6 - Развернутая схема двухслойной трехфазной обмотки статора машин переменного тока

Пример 5: Для асинхронного двигателя 4А100L6У3, имеющего номинальное скольжение $s_n = 5,1\%$, рассчитать и построить:

- 1) естественную характеристику по номинальным данным;
- 2) искусственную характеристику по паспортным данным при снижении напряжения в сети на 20% от номинального;
- 3) естественную характеристику по упрощенной формуле Клосса по 10 точкам, включая номинальное и критическое скольжение.
- 4) провести проверку возможности пуска и работы двигателя при пониженном напряжении в сети, если момент сопротивления рабочей машины $M_c = M_n = \text{const}$ т.е. не зависит от частоты вращения

Решение:

1. Выписываем из каталога технические данные двигателя:

$$P_n = 2,2 \text{ кВт} ; \eta = 81\% ; \cos\phi = 0,73 ; K_i = 5,5 ; K_n = 2,2 ; K_M = 2,0 ; K_{\min} = 1,6.$$

2. Рассчитываем координаты естественной характеристики по паспортным данным:

а) пусковая точка

$$M_{п} = K_{п} \times M_{н} = 2,0 \times 22 = 44 \text{ Н} \times \text{м};$$

$$n_2 = 0$$

б) критическая точка

$$M_{кр} = K_{м} \times M_{н} = 2,2 \times 22 = 48,4 \text{ Н} \times \text{м};$$

$$n_2 = n_{кр} = n_1 (1 - s_{кр}) = 1000 \times (1 - 0,21) = 788 \text{ об/мин}$$

$$s_{кр} = s_{ном} \times (\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1}) = 0,051 \times (2,2 + \sqrt{2,2^2 - 1}) = 0,21 - \text{критическое скольжение};$$

$$n_1 = 60f / p = 60 \times 50 / 3 = 1000 \text{ об/мин} - \text{скорость вращения поля статора.}$$

в) номинальная точка

$$M_{н} = 9,55 \times P_{н} / n_{н} = 9,55 \times 2200 / 949 = 22 \text{ Нм}$$

$$n_{н} = n_1 (1 - s_{н}) = 1000 (1 - 0,051) = 949 \text{ об/мин}$$

г) точка идеального х.х.

$$M = 0$$

$$n = n_1 = 1000 \text{ об/мин}$$

3. Рассчитываем координаты искусственной механической характеристики при снижении напряжения на 20%:

а) пусковая точка

$$M_{п}' = M_{п} (U' / U_{н})^2 = 44 \times (0,8 U_{н} / U_{н})^2 = 28 \text{ Нм}$$

$$n = 0$$

б) критическая точка:

$$M_{кр}' = M_{кр} (U' / U_{н})^2 = 48,4 \times 0,8^2 = 31 \text{ Нм}$$

$$n_{кр} = 788 \text{ об / мин};$$

в) номинальная точка:

$$M_{н}' = M_{н} (U' / U_{н})^2 = 22 \times 0,8^2 = 14 \text{ Нм};$$

$$n_{н} = 949 \text{ об / мин};$$

г) точка идеального холостого хода:

$$M = 0 \quad n_1 = 1000 \text{ об / мин};$$

4. Рассчитываем координаты естественной механической характеристики по упрощенной формуле Клосса:

$$M = \frac{2 \times M_{макс}}{\frac{s}{s_{кр}} + \frac{s_{кр}}{s}}$$

Формула Клосса для данного двигателя принимает вид:

$$M = \frac{2 \times 48,4}{\frac{s}{0,21} + \frac{0,21}{s}}$$

скорость вращения ротора при текущем значении скольжения s:

$$n_2 = n_1 (1 - s) = 1000 (1 - s)$$

Задаемся рядом значений s и определяем величину M и n₂. Полученные данные заносим в таблицу 6.

Таблица 6 - Расчет механической характеристики

s	0,01	0,02	0,04	0,051	0,1	0,21	0,4	0,6	0,8	1
M, Нм	4,6	9,1	17,8	22,2	37,6	48,4	39,8	30,2	23,9	19,5
n ₂ , об/мин	990	980	960	949	900	788	600	400	200	0

5. По данным таблицы 6 строим на одной координатной плоскости (рисунок 7) зависимость $M = f(n)$:

- а) для естественной характеристики по паспортным данным;
- б) по формуле Клосса;
- в) для искусственной характеристики.

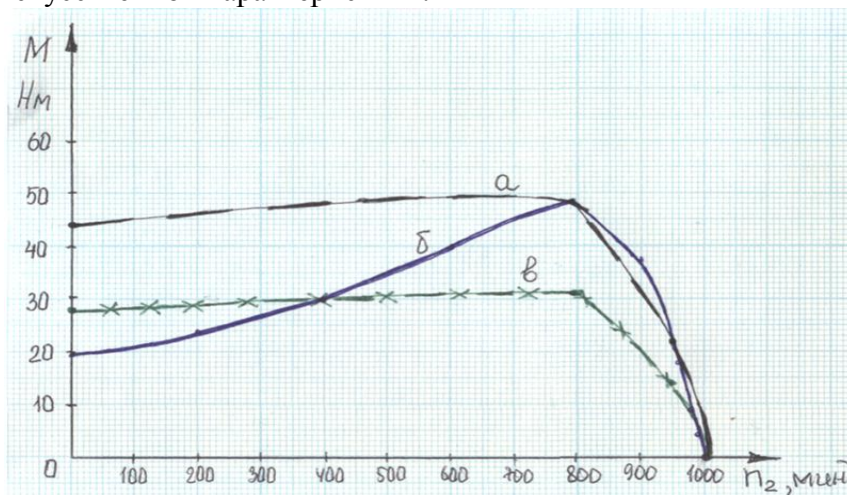


Рисунок 7 - Механическая характеристика асинхронного двигателя

6. Проводим проверку возможности пуска в ход двигателя при пониженном напряжении в сети по условиям:

- 1) если $M_n^I \geq M_c$, то пуск возможен;
- 2) если $M_n^I \leq M_c$, то пуск не возможен;

При снижении напряжения в сети на 20% (по условию задачи) $M_n^I = 28 \text{ Нм} > M_c = M_n = 22 \text{ Нм}$ - пуск в ход возможен.

7. Проводим проверку возможности работы двигателя при пониженном напряжении в сети по условиям:

- 1) если $M_{кр}^I \geq M_c$, то работа возможна;
- 2) если $M_{кр}^I \leq M_c$, то работа не возможна;

При снижении напряжения в сети на 20% (по условию задачи) $M_{кр}^I = 31 \text{ Нм} > M_c = M_n = 22 \text{ Нм}$ - работа двигателя возможна.

4 КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ДОМАШНЕЙ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа, признанная рецензентом удовлетворительной, оценивается словом «зачтено». Работа может быть признана неудовлетворительной в следующих случаях:

- если будет установлено, что контрольная работа выполнялась самостоятельно (даже, если все сделано верно);
- выполнена небрежно, с нарушениями требований ГОСТ на условные графические изображения в электрических схемах, с нарушениями требований ЕСТД к выполнению графиков, рисунков, диаграмм, неразборчивым почерком, а также не по заданному варианту;
- в расчётной части работы при вычислениях допущены грубые арифметические ошибки или ошибки, связанные с применением основных и производных единиц измерения, приводящих к получению абсурдных результатов;
- студент обнаруживает незнание большей части предложенных вопросов, содержание темы контрольной работы не раскрыто.

Работа, выполненная на недостаточном уровне, возвращается студенту с подробной рецензией для дальнейшей работы над учебным материалом.

5 ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задание 1:

Для электродвигателя постоянного тока серии 2П параллельного возбуждения, технические данные которого приведены в таблице 1, определить:

- 1) потребляемую двигателем мощность P_1 ;
- 2) суммарные потери мощности в двигателе $\Sigma \Delta P$;
- 3) номинальную силу тока двигателя I_n , силу тока возбуждения I_b и силу тока якоря I_a ;
- 4) противо – э.д.с. E ;
- 5) полезный момент на валу M_n , электромагнитный момент $M_{эм}$, момент холостого хода M_0 и пусковой момент двигателя $M_{пуск}$, приняв $I_{пуск} = 2I_{ном}$;
- 6) сопротивление пускового реостата $R_{пуск}$, при котором сила пускового тока превышает номинальную в два раза.
- 7) По значениям M_n и $M_{пуск}$ и соответственно n_n и $n=0$ построить механическую характеристику электродвигателя. Определить частоту вращения идеального холостого хода n_0 .
- 8) Составить и вычертить принципиальную электрическую схему двигателя с включением в схему пускорегулирующей аппаратуры и измерительных приборов.

Таблица 8 - Варианты задания 1 контрольной работы

А		Б		Последняя цифра зачетной книжки студента								
				0	1	2	3	4	5	6	7	8
Предпоследняя цифра зачетной книжки студента	0	10	29	37	01	21	36	17	25	37	11	
	1	42	09	38	02	22	35	18	24	12	32	
	2	43	30	08	03	23	34	19	13	38	31	
	3	44	31	39	07	24	33	14	12	39	30	
	4	45	32	46	47	06	15	48	49	40	50	
	5	45	33	40	04	16	05	20	11	41	29	
	6	46	34	41	17	25	16	04	10	42	28	
	7	47	35	18	05	26	15	21	03	43	27	
	8	48	19	50	06	27	14	22	09	02	26	
	9	20	36	49	07	28	13	23	08	44	01	

Таблица 9 - Исходные данные к заданию 1

Вариант	Типоразмер двигателя	Номинальная мощность, кВт	КПД, %	Номинальное напряжение, В	Частота вращения, об/мин.	Сопrotивление обмотки якоря r_a , Ом	Сопrotивление обмотки возбуждения r_b , Ом
01	2ПН90М	0,37	61,5	110	3000	0,95	110,0
02	2ПН90L	0,55	67,5	110	3000	0,89	91,0
03	2ПН100М	0,75	71,5	110	3000	0,59	91,0
04	2ПН 100L	1,1	74,0	110	3000	0,40	59,0
05	2ПН112М	1,5	70,0	110	3000	0,28	40,0
06	2ПН 112L	2,2	75,0	110	3000	0,20	33,0
07	2ПН132М	4,0	79,0	110	3000	0,12	30,0
08	2ПН 132L	5,5	80,5	110	3000	0,07	17,0
09	2ПН160М	7,5	83,0	110	3000	0,06	16,0
10	2ПН 160L	11,4	85,5	110	3000	0,045	13,0
11	2ПН 90М	0,37	61,5	220	3000	3,65	400
12	2ПН 90L	0,55	67,5	220	3000	2,76	367
13	2ПН100М	0,75	71,5	220	3000	2,34	367
14	2ПН 100L	1,1	74,0	220	3000	1,53	244
15	2ПН112М	1,5	70,0	220	3000	1,09	157
16	2ПН 112L	2,2	76,0	220	3000	0,81	133
17	2ПН132М	4,0	79,0	220	3000	0,47	92
18	2ПН 132L	5,5	80,5	220	3000	0,31	67
19	2ПН160М	7,5	83,0	220	3000	0,25	63
20	2ПН 160L	11,0	85,5	220	3000	0,19	49
21	2ПН 90М	0,37	61,5	110	1500	0,95	110
22	2ПН 90L	0,55	67,5	110	1500	0,69	91
23	2ПН100М	0,75	71,5	110	1500	0,59	91
24	2ПН 100L	1,1	74,0	110	1500	0,40	59
25	2ПН112М	1,5	70,0	440	1500	4,46	628
26	2ПН 112L	2,2	75,0	440	1500	3,05	518
27	2ПН132М	4,0	79,0	440	3000	1,89	367
28	2ПН 132L	5,5	80,5	440	3000	1,15	284
29	2ПН160М	7,5	83,0	440	3000	1,06	251
30	2ПН 160L	11,0	85,5	440	3000	0,77	222
31	2ПН 90М	0,37	61,5	110	1000	0,95	110
32	2ПН 90L	0,55	67,5	110	1000	0,69	91
33	2ПН100М	0,75	71,5	110	1000	0,59	91
34	2ПН 100L	1,1	74,0	110	1000	0,40	59
35	2ПН112М	1,5	70,0	220	1500	1,09	116
36	2ПН 112L	2,2	75,0	220	1500	0,81	122
37	2ПН132М	4,0	79,0	220	1500	0,47	92
38	2ПН 132L	5,5	80,5	220	1500	0,31	67
39	2ПН160М	7,5	83,0	220	1500	0,25	63
40	2ПН 160L	11,0	85,5	220	1500	0,19	49
41	2ПН 90М	0,37	61,5	220	1000	3,65	400
42	2ПН 90L	0,55	67,5	220	1000	2,76	367
43	2ПН100М	0,75	71,5	220	1000	2,34	367
44	2ПН 100L	1,1	74,0	220	1000	1,53	244
45	2ПН112М	1,5	70,0	440	1500	4,46	628
46	2ПН 112L	2,2	75,0	440	1500	3,05	518
47	2ПН132М	4,0	79,0	440	1500	1,89	367
48	2ПН 132L	5,5	80,5	440	1500	1,15	284
49	2ПН160М	7,5	83,0	440	1500	1,06	251
50	2ПН 160L	11,0	85,5	440	1500	0,77	222

Задание 2:

Для трехфазного двухобмоточного трансформатора, тип, характеристики и нагрузочные данные которого даны в таблице 11, определить:

- 1) коэффициент трансформации трансформатора;
- 2) величину номинального тока I_{H1} и I_{H2} в обмотках трансформатора;
- 3) величину тока холостого хода I_0 ;
- 4) величину действительного активного r_1 и индуктивного x_1 сопротивления первичных обмоток и действительного активного r_2 и индуктивного x_2 сопротивления вторичных обмоток,
- 5) величину напряжение на зажимах вторичной обмотки U_2 при номинальной нагрузке и $\cos \varphi_2 = 0,8$ (инд.);
- 6) оптимальный коэффициент нагрузки $K_{нг.опт.}$, при котором трансформатор имеет максимальное значение КПД η_{max}
- 7) рассчитать и построить на одной координатной плоскости графики зависимости КПД трансформатора η от величины коэффициента нагрузки $K_{нг}$ $\eta=f(K_{нг})$ для двух значений коэффициента мощности нагрузки трансформатора $\cos \varphi_2 = 1$ и $\cos \varphi_2 = 0,8$ (инд.) .

Схема соединений обмоток трансформатора: «звезда» – «звезда с нулевым выводом» (Y/Y_0) для чётного варианта и «треугольник» - «звезда с нулевым выводом» (Δ/Y_{11}) для нечётного варианта.

Таблица 10 - Варианты задания 2 контрольной работы

Б А		Последняя цифра зачетной книжки студента									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Предпоследняя цифра зачетной книжки студента	0	11	41	29	39	21	11	37	09	31	01
	1	45	12	30	46	22	47	38	48	02	49
	2	01	28	13	27	23	29	39	03	07	30
	3	33	02	31	14	24	50	04	10	32	08
	4	40	26	32	34	15	05	40	19	12	17
	5	25	46	33	03	06	16	41	21	18	13
	6	14	24	34	07	25	04	17	43	35	20
	7	47	15	08	38	26	22	42	18	44	36
	8	48	09	35	23	27	37	43	05	19	45
	9	10	42	36	16	28	50	44	01	06	20

Таблица 11 - Исходные данные к заданию 2

Вариант	Тип трансформатора	Номинальная мощность, кВт	Сочетание напряжений		Схема и группа соединения	Потери, Вт		Напряжение кз, %	Ток холостого хода, %
			ВН	НН		хх	кз		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
01	ТМ-25	25	6,3	0,23	Y/Y ₋₀	155	600	4,5	3,85
02	ТМ-25	25	6	0,4	Y/Y ₋₀	155	600	4,5	3,85
03	ТМ-25	25	10	0,23	Y/Y ₋₀	155	600	4,5	3,85
04	ТМ-25	25	10	0,4	Y/Y ₋₀	155	600	4,7	3,85
05	ТМ-40	40	6	0,23	Y/Y ₋₀	220	880	4,5	3,6
06	ТМ-40	40	6	0,4	Y/Y ₋₀	220	880	4,5	3,6
07	ТМ-40	40	10	0,23	Y/Y ₋₀	220	880	4,5	3,6
08	ТМ-40	40	10	0,4	Y/Y ₋₀	220	1000	4,7	3,6
09	ТМ-63	63	6	0,23	Y/Y ₋₀	305	1280	4,5	2,8
10	ТМ-63	63	6	0,4	Y/Y ₋₀	305	1280	4,5	2,8
11	ТМ-63	63	10	0,23	Y/Y ₋₀	305	1280	4,5	2,8
12	ТМ-63	63	10	0,4	Y/Y ₋₀	305	1280	4,5	2,8
13	ТМ-63	63	20	0,4	Y/Y ₋₀	390	1280	5,0	2,8
14	ТМ-100	100	6	0,23	Y/Y ₋₀	420	1970	4,5	2,6
15	ТМ-100	100	10	0,23	Y/Y ₋₀	420	1970	4,5	2,6
16	ТМ-100	100	6	0,4	Y/Y ₋₀	420	1970	4,5	2,6
17	ТМ-100	100	10	0,4	Y/Y ₋₀	420	1970	4,5	2,6
18	ТМ-100	100	20	0,4	Y/Y ₋₀	535	1970	6,5	2,6
19	ТМ-100	100	35	0,4	Y/Y ₋₀	535	1970	6,5	2,6
20	ТМ-160	160	6	0,23	Y/Y ₋₀	650	2650	4,5	2,4
21	ТМ-160	160	10	0,4	Y/Y ₋₀	650	2650	4,5	2,4
22	ТМ-160	160	6	0,4	Y/Y ₋₀	650	2650	4,5	2,4
23	ТМ-160	160	10	0,23	Y/Y ₋₀	650	2650	4,5	2,4
24	ТМ-160	160	6	0,69	Y/ Δ ₋₁₁	650	2650	4,5	2,4
25	ТМ-160	160	10	0,69	Y/ Δ ₋₁₁	650	2650	4,5	2,4
26	ТМ-250	250	6	0,23	Y/Y ₋₀	945	3700	4,5	2,3
27	ТМ-250	250	10	0,23	Y/Y ₋₀	945	3700	4,5	2,3

28	TM-250	250	6	0,4	Y/Y ₋₀	945	3700	4,5	2,3
29	TM-250	250	10	0,69	Y/Δ ₋₁₁	945	3700	4,5	2,3
30	TM-400	400	6	0,23	Y/Δ ₋₁₁	1210	5500	4,5	2,1
31	TM-400	400	6	0,4	Y/Y ₋₀	1210	5500	4,5	2,1
32	TM-400	400	6	0,69	Y/Δ ₋₁₁	1210	5500	4,5	2,1
33	TM-400	400	10	0,23	Y/Δ ₋₁₁	1210	5500	4,5	2,1
34	TM-400	400	10	0,23	Y/Y ₋₀	1210	5500	4,5	2,1
35	TM-400	400	10	0,69	Y/Δ ₋₁₁	1210	5500	4,5	2,1
36	TM-400	400	35	0,4	Y/Y ₋₀	1210	5500	6,5	2,1
37	TM-630	630	6	0,4	Y/Y ₋₀	1310	7600	5,5	2,0
38	TM-630	630	10	0,4	Y/Y ₋₀	1600	7600	5,5	2,0
39	TM-630	630	35	0,4	Y/Y ₋₀	1310	7600	5,5	2,0
40	TM-630	630	35	6,3	Y/Δ ₋₁₁	1600	7600	6,5	2,0
41	TM-630	630	35	11	Y/Δ ₋₁₁	1600	7600	6,5	2,0
42	TM-1000	1000	10	0,69	Y/Y ₋₀	2100	12200	5,5	1,4
43	TM-1000	1000	35	0,69	Y/Y ₋₀	2350	12200	6,5	1,5
44	TM-1000	1000	35	11	Y/Δ ₋₁₁	2350	11600	6,5	1,5
45	TM-1600	1600	10	0,69	Y/Δ ₋₁₁	2800	18000	5,5	1,3
46	TM-1600	1600	35	0,69	Y/Δ ₋₁₁	3100	18000	6,5	1,4
47	TM-1600	1600	35	11	Y/Δ ₋₁₁	3100	16500	6,5	1,4
48	TM-2500	2500	10	0,69	Y/Δ ₋₁₁	3900	25000	5,5	1,0
49	TM-2500	2500	35	0,69	Y/Δ ₋₁₁	4350	26000	6,5	1,1
50	TM-2500	2500	35	11	Y/Δ ₋₁₁	4350	23500	6,5	1,1

Примечание: Трансформаторы со схемой соединения вторичных обмоток Y имеют вывод нейтрали.

Задание 3:

Для трехфазной двухслойной обмотки статора синхронного генератора, параметры которой заданы в таблице 5 выбора выполнить:

- 1) расчёт шагов обмотки,
- 2) составить обмоточную таблицу по фазам и номерам пазов, указав в ней схему соединения катушечных групп;
- 3) вычертить развернутую схему обмотки (развёртку каждой фазы вычертить отдельным цветом);

- 4) путем расстановки токов по фазам выявить количество магнитных полюсов, определив их полярность, расставить полюса на схеме и определить их полярность. Направление вращения ротора принять произвольно.

Таблица 12 - Варианты задания 3 контрольной работы

А	Б	Последняя цифра зачетной книжки студента									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Предпоследняя цифра зачетной книжки студента	0	01	08	11	29	22	15	26	07	19	12
	1	10	02	09	28	23	14	03	25	13	20
	2	08	27	03	10	24	13	09	14	19	30
	3	21	22	23	04	25	24	15	18	25	26
	4	30	01	02	03	05	16	04	05	06	07
	5	28	06	18	27	17	06	11	04	20	23
	6	02	17	09	18	26	12	08	12	21	01
	7	16	08	19	17	27	11	22	09	13	05
	8	07	20	16	30	28	10	20	24	10	14
	9	21	15	06	01	29	05	04	03	02	11

Таблица 13 - исходные данные к заданию 3

Вариант	Число пазов	Число полюсов	Шаг обмотки
01	48	8	нормальный
02	48	4	нормальный
03	36	2	нормальный
04	36	6	нормальный
05	36	4	нормальный
06	24	4	нормальный
07	24	2	нормальный
08	30	2	нормальный
09	18	2	нормальный
10	12	2	нормальный
11	48	8	укороченный
12	48	4	укороченный
13	36	2	укороченный
14	36	6	укороченный
15	36	4	укороченный
16	24	4	укороченный
17	24	2	укороченный
18	30	2	укороченный
19	18	2	укороченный
20	12	2	укороченный
21	48	8	удлинённый
22	48	4	удлинённый
23	36	2	удлинённый
24	36	6	удлинённый
25	36	4	удлинённый
26	24	4	удлинённый
27	24	2	удлинённый
28	30	2	удлинённый
29	18	2	удлинённый
30	12	2	удлинённый

Задание 4:

Для асинхронного двигателя, тип и технические данные которого заданы в таблице 15:

Определить: 1) высоту оси вращения H ; 2) число полюсов $2p$.

Рассчитать:

- 1) синхронную частоту вращения магнитного поля n_1 ;
- 2) частоту вращения ротора двигателя n_2 при номинальной нагрузке;
- 3) частоту тока в роторе f_{2s} при номинальной нагрузке;
- 4) номинальный момент M_n ; пусковой момент $M_{пуск}$ и максимальный (критический) момент $M_{кр.}$ при номинальном напряжении U_n в сети двигателя;
- 5) критическое скольжение $s_{кр.}$;
- 6) величину номинального I_n и пускового тока $I_{пуск}$ при прямом пуске в ход двигателя
- 7) потребляемую из сети мощность P_1 при номинальной нагрузке.

Рассчитать и построить зависимость вращающего момента двигателя от величины скольжения $M=f(s)$ с применением упрощенной формулы Клосса, приняв значения скольжения s : 0; $s_{ном.}$; $s_{кр.}$; 0,4; 0,6; 0,8; 1 при напряжении сети равным U_n

Проверить возможность пуска в ход и работы двигателя при понижении напряжения в сети на 10 % от номинального, если момент сопротивления рабочей машины электропривода M_c равен номинальному моменту двигателя M_n и не зависит от частоты вращения ($M_c = const$).

Примечание: 1) Частота тока в питающей сети $f=50$ Гц

2) Напряжение питающей сети 380 В

Таблица 14 - варианты задания 2 контрольной работы

А	Б	Последняя цифра зачетной книжки студента									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Предпоследняя цифра зачетной книжки студента	0	16	47	26	35	12	41	28	45	24	04
	1	22	01	37	47	08	34	38	06	14	50
	2	40	32	16	05	42	11	20	01	25	13
	3	03	19	09	18	23	20	49	30	43	36
	4	33	06	29	12	03	44	07	24	46	34
	5	26	10	32	21	43	19	35	45	11	30
	6	01	48	38	08	33	15	42	04	21	50
	7	18	40	07	27	22	39	09	14	29	41
	8	37	15	02	10	44	48	17	31	02	23
	9	05	25	36	31	13	28	27	46	49	17

Таблица 15 - Исходные данные двигателей серии АИР к заданию 4

Варианты	Типоразмер двигателя	Номинальная мощность, P_n , кВт	При номинальной нагрузке			$\frac{M_{\Pi}}{M_n}$	$\frac{M_{кр}}{M_n}$	$\frac{I_{Пуск}}{I_H}$	Номинальное напряжение U_n , В при соединении обмоток статора	
			КПД %	Cosφ	скольжение s_n , %				Y	Δ
01	АИР100S2	4	87	0,88	5	2	2,2	7,5	380	-
02	АИР100L2	5,5	88	0,89	5	2	2,2	7,5	380	-
03	АИР112M2	7,5	87,5	0,88	3,5	2	2,2	7,5	380	-
04	АИР132M2	11	88	0,9	3	1,6	2,2	7,5	380	-
05	АИР160S2	15	89	0,89	3	1,8	2,7	7	660	380
06	АИР160M2	18,5	89,5	0,9	3	1,8	2,7	7	660	380
07	АИР180S2	22	89,5	0,88	2,7	1,7	2,7	7	660	380
08	АИР100L4	4	85	0,84	6	2	2,2	7	380	-
09	АИР112M4	5,5	87,5	0,88	4,5	2	2,2	7	380	-
10	АИР132S4	7,5	87,5	0,86	4	2	2,2	7,5	380	-
11	АИР132M4	11	87,5	0,87	3,5	2	2,2	7,5	380	-
12	АИР160S4	15	89,5	0,89	3	1,9	2,9	7	660	380
13	АИР160M4	18,5	90	0,89	3	1,9	2,9	7	660	380
14	АИР180S4	22	90	0,87	2,5	1,5	2,4	6,5	660	380
15	АИР180M4	30	91,5	0,86	2	1,7	2,7	7	660	380
16	АИР112MB6	4	82	0,81	5	2	2,2	6	380	-
17	АИР132S6	5,5	85	0,8	4	2	2,2	7	380	-
18	АИР132M6	7,5	85	0,81	4	2	2,2	7	380	-
19	АИР160S6	11	87	0,84	3	1,7	2,5	6,5	380	-
20	АИР160M6	15	88	0,85	3	1,7	2,6	6,5	660	380
21	АИР180M6	18,5	88	0,85	2	1,6	2,4	6,5	660	380
22	АИР132M8	5,5	83	0,74	5	1,8	2,2	6	380	-
23	АИР160S8	7,5	87	0,75	3	1,6	2,4	5,5	380	-
24	АИР160M8	11	87,5	0,75	3	1,6	2,4	6	380	-
25	АИР180M8	15	89	0,82	2,5	1,6	2,2	5,5	660	380
26	АИР80B2	2,2	83	0,87	5	2	2,2	7,5	380	-
27	АИР90L2	3	87,5	0,88	5	2,1	2,2	7,5	380	-
28	АИР80A4	1,1	75	0,81	7	2,1	2,2	5	380	-
29	АИР80B4	1,5	78	0,83	6	2	2,2	5,5	380	-
30	АИР100S4	3	82	0,83	6	1,8	2,7	7	380	-
31	АИР100S2	4	87	0,88	5	2	2,2	7,5	380	-
32	АИР100L2	5,5	88	0,89	5	2	2,2	7,5	380	-
33	АИР112M2	7,5	87,5	0,88	3,5	2	2,2	7,5	380	-
34	АИР132M2	11	88	0,9	3	1,6	2,2	7,5	380	-
35	АИР160S2	15	89	0,89	3	1,8	2,7	7	660	380
36	АИР160M2	18,5	89,5	0,9	3	1,8	2,7	7	660	380
37	АИР180S2	22	89,5	0,88	2,7	1,7	2,7	7	660	380
38	АИР100L4	4	85	0,84	6	2	2,2	7	380	-
39	АИР112M4	5,5	87,5	0,88	4,5	2	2,2	7	380	-
40	АИР132S4	7,5	87,5	0,86	4	2	2,2	7,5	380	-
41	АИР132M4	11	87,5	0,87	3,5	2	2,2	7,5	380	-
42	АИР160S4	15	89,5	0,89	3	1,9	2,9	7	660	380
43	АИР160M4	18,5	90	0,89	3	1,9	2,9	7	660	380
44	АИР180S4	22	90	0,87	2,5	1,5	2,4	6,5	660	380
45	АИР180M4	30	91,5	0,86	2	1,7	2,7	7	660	380
46	АИР112MB6	4	82	0,81	5	2	2,2	6	380	-
47	АИР132S6	5,5	85	0,8	4	2	2,2	7	380	-
48	АИР132M6	7,5	85	0,81	4	2	2,2	7	380	-
49	АИР160S6	11	87	0,84	3	1,7	2,5	6,5	380	-
50	АИР160M6	15	88	0,85	3	1,7	2,6	6,5	660	380

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данные методические указания предназначены для студентов – заочников, обучающихся по специальности 35.02.08 «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства». Рекомендации и примеры выполнения заданий контрольных работ помогут студентам освоить методы расчёта параметров и характеристик электрических машин и трансформаторов. Список основной и дополнительной литературы, интернет – ресурсов позволят сократить время на поиски нужной информации при выполнении домашней контрольной работы. Все это призвано помочь студенту – заочнику успешно освоить тему «Электрические машины и трансформаторы» МДК 03.01. Эксплуатация и ремонт электротехнических изделий профессионального модуля ПМ 03 Техническое обслуживание, диагностирование неисправностей и ремонт электрооборудования и автоматизированных систем с.х. техники программы подготовки специалистов среднего звена (ППССЗ) по специальности 35.02.08 Электрификации и автоматизации сельского хозяйства, грамотно выполнить домашние контрольные работы, подготовиться к изучению других дисциплин и профессиональных модулей по специальности, применять полученные знания на практике в процессе своей трудовой деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная:

1. Кацман, М.М. Электрические машины: учебник для студ. среднего проф. образования/ М.М.Кацман. – М.: Академия, 2008. – 492с.

Дополнительная:

1. Кацман, М. М. Сборник задач по электрическим машинам: учеб. пособие для студ. среднего проф. образования/ М. М. Кацман. – М.: Академия, 2003. – 160 с.
2. Кацман, М. М. Лабораторные работы по электрическим машинам и электроприводу: учеб. пособие для студ. среднего проф. образования/ М.М. Кацман. – М.: Академия, 2004. – 256 с.
3. Кацман, М. М. Справочник по электрическим машинам: учеб. пособие для студ. среднего проф. образования/ М. М. Кацман. – М.: Академия, 2005. – 480 с.
4. Торопцев, Н.Д. Электрические машины сельскохозяйственного назначения / Н.Д.Торопцев. – М.: Колос, 2005. – 224 с.

Интернет – ресурсы

1. Вся электрика от А до Я. [Электронный ресурс] // [сайт] / Компания 21 век – 220В. – Режим доступа: <http://www.21vek-220v.ru>
2. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов [Электронный ресурс] / [ФГАУ ГНИИ ИТТ "Информика", 2006.](http://school-collection.edu.ru) – Режим доступа: <http://school-collection.edu.ru>
3. Журнал для руководителей высшего звена и специалистов предприятий промышленности «ПРОэлектричество» [Электронный ресурс] РА Фокус группа, 2004. – Режим доступа: <http://www.pro.focus-group.by>
4. Информационная система Все об электротехнике [Электронный ресурс] // [сайт] / ООО "Ай Би Тех" – 2000. – Режим доступа: <http://www.ielectro.ru>
5. Новости электротехники. Информационно – справочное издание [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.news.elteh.ru>
6. Справочник электрика и энергетика [Электронный ресурс] // [сайт] / Электротехнический портал – 2003. – Режим доступа: www.elecab.ru
7. Школа для электрика все секреты мастерства [Электронный ресурс] / Источник информации: [Школа для электрика: электротехника и электроника.](http://electricalschool.info) Статьи, советы, полезная информация. – Режим доступа: <http://electricalschool.info>
8. Электромонтер инфо. Библиотека. Справочник. Схемы [Электронный ресурс], 2007. – Режим доступа: <http://www.electromonter.info>
9. Электронная электротехническая библиотека [Электронный ресурс] // [сайт], 2005. – Режим доступа: <http://electrolibrary.info>

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
(Минсельхоз России)
Петуховский техникум механизации и электрификации сельского хозяйства -
филиал ФГБОУ ВО «Курганская государственная сельскохозяйственная
академия им. Т.С. Мальцева»

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

**ПМ 03 «Техническое обслуживание, диагностирование
неисправностей
и ремонт электрооборудования и автоматизированных систем
сельскохозяйственной техники»**

МДК 03.01 «Эксплуатация и ремонт электротехнических изделий»
Тема 3.1 Электрические машины и аппараты

Вариант 40

Выполнил студент группы
155

заочного отделения

Акст А.А.
(Ф.И.О. студента)

Шифр 40

Проверил: Часовщиков В.А.
(Ф.И.О. преподавателя)