

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра систем энергообеспечения

Гурьянов Г.В., Кисель Ю.Е.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Курсовой проект на тему: «Расчет асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором»

Методические указания по выполнению курсового проекта для очной и заочной форм обучения по специальности 110302 – «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства»

Брянск 2015

ББК
УДК
Г 62

Гурьянов, Г.В. Эксплуатация электрооборудования: методические указания по выполнению курсового проекта /Г.В. Гурьянов, Ю.Е. Кисель. – Брянск: Издательство Брянского ГАУ, 2015. – 12 с.

Методические указания предназначены для выполнению курсового проекта студентами очной и заочной форм обучения по специальности 110302 – «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства» на тему «Расчет асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором».

Рецензенты: к.т.н., доц. Безик В.А.

Рекомендовано методической комиссией факультета энергетики и природопользования Брянского государственного аграрного университета, протокол № 3 от 20.04.2015 года.

© ФГОУ ПО «Брянский ГАУ», 2015

© Г.В. Гурьянов, 2015

© Ю.Е.Кисель, 2015

1. ВВЕДЕНИЕ

Основой автоматизированного электропривода являются электрические двигатели. По мере развития силовой полупроводниковой техники и микропроцессорных систем управления двигатели постоянного тока в замкнутых системах электропривода постепенно вытесняются более надежными и дешевыми асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором (АД).

В то же время из-за отсутствия отдельного канала регулирования потока и специфики создания и изменения электромагнитного момента основы теории АД более сложны для понимания, чем теория машин постоянного тока.

Поэтому объектом для проектирования выбраны асинхронные двигатели. В процессе учебного проектирования студенты знакомятся не только с методами расчета двигателей, но и с особенностями конструкции и технологии, выявляют влияние геометрии и различных параметров машины на ее выходные характеристики, что в конечном итоге позволяет глубже понять и наиболее полно учесть все свойства АД при включении его в систему автоматизированного электропривода.

2. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Цели проекта:

- приобретение навыков расчета и конструирования АД;
- выявление влияния отдельных параметров двигателя на его выходные характеристики;
- проверка основных характеристик спроектированного двигателя на основе моделирования;
- выбор схемы управления АД в соответствии с заданными параметрами сети, способом пуска и законом регулирования скорости.

Задачи проекта: выбор главных размеров АД, электромагнитный расчет и конструирование двигателя, расчет характеристик АД, механический и тепловой расчеты, сравнение спроектированного двигателя с базовой моделью, моделирование АД на ЭВМ и исследование влияния отдельных параметров на характеристики машины, выбор на основе анализа существующих технических решений схемы пуска и регулирования скорости АД.

3. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Проект асинхронного двигателя выполняется в соответствии с заданием, выданным руководителем студенту.

Выполненный курсовой проект должен быть представлен в виде:

- расчетно-пояснительной записки объемом 30-50 страниц формата А4;
- графической части, содержащей 2-3 листа формата А1.

Расчетно-пояснительная записка содержит задание, оглавление, список используемой литературы, а также следующие разделы:

1. Введение.
2. Расчет и конструирование двигателя.
 - 2.1. выбор главных размеров.
 - 2.2. Расчет обмотки статора.
 - 2.3. расчет размеров зубцовой зоны статора и воздушного зазора.
 - 2.4. Расчет ротора.
 - 2.5. Расчет магнитной цепи.
 - 2.6. расчет параметров рабочего режима.
 - 2.7. Расчет потерь.
 - 2.8. Расчет рабочих характеристик.
 - 2.9. расчет пусковых характеристик.
 - 2.10. Тепловой и вентиляционный расчет.
 - 2.11. Механический расчет.
3. Моделирование двигателя.
4. Исследование влияния параметров двигателя на динамические пусковые характеристики.
5. Выбор схемы управления двигателя.
6. Заключение.

Обязательный графический материал пояснительной записки:

- разрез зубца и паза статора;
- разрез зубца и паза ротора;
- рабочие характеристики;
- пусковые характеристики;
- эскиз вала ротора;
- схема нагружения вала ротора;
- результаты моделирования;

- результаты исследования.

Графическая часть содержит:

- общий вид двигателя (продольный и поперечный разрез), вычерченный в масштабе 1:1 или 1:2;
- таблицу с основными техническими данными спроектированного и базового варианта двигателя;
- схему замещения двигателя с указанием ее расчетных параметров в абсолютных и относительных единицах;
- векторную диаграмму двигателя номинального режима;
- рабочие и пусковые характеристики двигателя;
- основные результаты моделирования двигателя и исследовательской части;
- схему управления двигателем.

Чертеж общего вида поясняет конструкцию изделия и принцип его работы и является основой для разработки рабочих чертежей деталей и сборочных чертежей. В общем случае чертеж общего вида должен содержать:

- изображения, текстовую часть и надписи, необходимые для понимания устройства изделия, взаимодействия его основных частей и принципа работы;
- размеры (габаритные и присоединительные);
- таблицу составных частей изделия;
- техническую характеристику изделия.

4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Рекомендуемые учебные пособия приводятся в списке литературы.

При расчете и конструировании двигателя следует пользоваться учебником [1], содержащим все основные этапы проектирования и примеры расчета асинхронных двигателей с короткозамкнутым и фазным ротором.

Базовый вариант двигателя выбирается на основе справочников [2, 3, 10].

При моделировании и исследовании динамики спроектированной машины следует руководствоваться источниками [4, 5, 6, 7].

При выборе схемы управления АД необходимо обратиться к книгам [8, 9].

5. ВЫПОЛНЕНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ РАЗДЕЛОВ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

1. Введение

Во введении должны содержаться общие сведения о сериях асинхронных двигателей и выбор базового варианта проектируемого двигателя с расшифровкой его условного обозначения и указанием основных технических данных. Параметры схемы замещения следует привести как в относительных, так и в абсолютных единицах.

2. Расчет и конструирование двигателя

Проектирование новой машины начинают с выбора базовой модели, на которую ориентируются при проведении всех расчетов, начиная с выбора главных размеров, и при разработке конструкции отдельных узлов. За базовую обычно выбирается конструкция двигателя одной из новых серий, выпускаемых в настоящее время. Так, при проектировании асинхронных двигателей общего назначения малой и средней мощности (до 400 кВт) в качестве базовой модели следует выбрать конструкцию двигателя серии 4А [2] или АИ, предусмотренного в техническом задании исполнения.

В начальной стадии проектирования при выборе главных размеров, электромагнитных нагрузок и при расчете зубцовой зоны необходимо учесть дополнительные требования технического задания.

Так, требования к пусковым характеристикам двигателей с короткозамкнутым ротором следует обязательно учитывать при выборе конфигурации пазов ротора. В частности, узкие и глубокие пазы с сужающейся верхней частью обеспечивают большое увеличение расчетного активного сопротивления ротора при пуске и большие пусковые моменты, но при таких пазах возрастает индуктивное сопротивление рассеяния обмотки ротора и уменьшается перегрузочная способность двигателя и коэффициент мощности при номинальном режиме.

Полностью учесть все требования технического задания к характеристикам двигателя при выборе размеров магнитопровода и обмоток машины, не ориентируясь на данные выпущенных машин, невозможно. Поэтому перед началом расчета следует детально изучить конструкцию базового варианта, критически оценить принятые в ней соотношения размеров, уровни электромагнитных нагрузок и другие данные и лишь после этого

приступить к расчету. В процессе расчета необходимо сравнить полученные параметры с параметрами базового варианта, анализировать отличия.

Обобщение накопленного электромашиностроительными предприятиями опыта по проектированию электрических машин позволило выработать методику расчета и заранее давать рекомендации по выбору той или иной величины [1]. Однако большинство величин взаимно связаны, и выбор их оптимальной комбинации подчас представляет значительные трудности. Поэтому в ряде случаев приходится пользоваться последовательным приближением, что связано с большим объемом расчетной работы. В связи с этим рекомендуется применять для расчета ЭВМ, самостоятельно составляя программы по отдельным разделам на языках программирования высокого уровня или используя готовые программные комплексы, например, Mathcad.

3. Моделирование двигателя

Для оценки динамических свойств спроектированного двигателя выполняется моделирование его прямого пуска [4, 5] на холостом ходу с последующей нагрузкой после выхода на установившийся режим номинальным моментом. Моделирование выполняется без учета эффекта вытеснения тока с постоянными параметрами схемы замещения машины в двух вариантах:

- а) для параметров номинального режима;
- б) для параметров пускового режима.

По результатам моделирования необходимо сравнить:

- динамические характеристики для вариантов а) и б) и оценить значения пусковых момента и тока;
- динамическую механическую характеристику для варианта а) со статической механической характеристикой при номинальных параметрах;
- полученные в результате моделирования параметры номинального режима (действующее значение тока статора, скольжение) с расчетными параметрами номинального режима;
- полученный в результате моделирования ток холостого хода (действующее значение) с расчетным.

Динамические характеристики для вариантов а) и б), а так же зависимости тока статора от времени для вариантов а) и б) рекомендуется для наглядности совместить на соответствующих координатных плоскостях с помощью программы Grapher.

4. Исследование влияния параметров двигателя на динамические пусковые характеристики

Моделирование на ЭВМ позволяет исследовать влияние параметров схемы замещения двигателя на динамические характеристики машины [6, 7]. В частности при исследовании динамического пуска, можно повторять моделирование прямого пуска двигателя, варьируя тот параметр, влияние которого необходимо проверить, и фиксировать в каждом численном эксперименте значение пускового тока и момента.

По результатам моделирования необходимо построить зависимость исследуемой величины, указанной в задании (например, пускового тока, момента) от варьируемого параметра.

5. Выбор схемы управления двигателем

При достаточной мощности питающей сети и отсутствии в задании специальных требований к регулированию скорости выбирается схема прямого пуска (реверсивная или нереверсивная) [8]. При ограниченной мощности сети для нерегулируемого электропривода можно выбирать схему пуска при пониженном напряжении (например, переключением обмоток со звезды на треугольник), если позволяет момент нагрузки на валу.

При необходимости поддержания постоянного пускового момента и ограничения пускового тока, регулирование скорости двигателя (как вверх, так и вниз от номинальной) следует выбрать схему питания от полупроводникового преобразователя, позволяющего регулировать амплитуду и частоту питающего трехфазного напряжения по требуемому закону [8, 9]. В курсовом проекте необходимо привести только силовой канал схемы (без системы управления).

В схемах полупроводниковых преобразователей с широтноимпульсной модуляцией в качестве вентиляей целесообразно использовать транзисторы с изолированным затвором (IGBT).

Следует обосновать выбор схемы управления, кратко описать ее работу, пояснить реализацию с помощью предложенной схемы заданного закона пуска и регулирования двигателя.

6. Заключение

В нем привести выводы о соответствии параметров двигателя требованиям технического задания, анализ причин расхождения отдельных параметров с требованиями, если таковые имеются, сравнения с базовой моделью. Можно обосновать также выбранную методику проектирования.

6. ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Пояснительная записка должна сброшюрована вместе с рисунками. Титульный лист оформляется в соответствии с образцом проекта. После него следует задание, затем содержание и сама записка, составленная в соответствии с рекомендациями п. 3 (стр.4-5). Страницы снабжают рамками и подписями по ГОСТ 2.104, они имеют сквозную нумерацию, указанную в соответствующей графе штампа (нумерация страниц разделов) и общую нумерацию проекта, указанную в правом верхнем углу. На титульном листе и листе задания номер не проставляют.

Все рисунки выполняют в удобном для размещения масштабе. На эскизах указывают масштаб и все расчетные размеры. Рисунки снабжают номерами, на которые делают ссылки в тексте, и подрисуночными надписями по ГОСТу.

При выполнении расчетов сначала приводятся формулы в общем виде с пояснениями, затем та же формула с заменой букв соответствующими числами и, наконец, численный результат с указанием размерности величины в скобках. Расчет сопровождают обоснованиями и пояснениями выбора электромагнитных, тепловых нагрузок; размеров, параметров; ссылок на литературу.

При использовании в расчетах метода последовательных приближений можно приводить расчет только одного варианта, сводя остальные результаты в таблицу.

Таблицы снабжать названиями и нумеровать. В тексте записки приводить ссылки на соответствующие таблицы, чертежи графической части.

Чертежи выполняются на листах формата А1 и подшиваются к записке.

Распечатки результатов расчетов на ЭВМ включаются в приложение.

Наименование и обозначение составных частей изделия на чертеже общего вида машины указывается в таблице, размещенной на том же листе (в отличие от спецификаций к сборочным чертежам, которые выполняются на отдельных форматах А4).

Чертежи и текстовые документы должны выполняться с соблюдением правил ЕСКД, ЕСТД и ЕСТПП с максимальными упрощениями, предусмотренными стандартами.

7. ЗАЩИТА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Студенты защищают курсовые проекты перед комиссией, состоящей из двух – трех преподавателей, публично (на защите могут присутствовать все желающие). Перед представлением проекта на защиту пояснительная записка, чертежи и другие графические материалы к нему должны быть просмотрены и подписаны руководителем.

Курсовой проект должен быть защищен не позднее, чем 1-2 недели до окончания семестра.

В начале защиты студент, используя чертежи графической части, делает краткое сообщение о выполненном проекте (в течение 5-10 минут), в котором он должен рассказать о полученных технических данных машины, ее конструкции, параметрах и характеристиках, выбранной системе питания и регулирования скорости, результатах моделирования и исследования. Необходимо сопоставить полученные показатели двигателя с заданием и данными аналогичных машин.

Затем он должен ответить на вопросы членов комиссии, которые могут иметь примерно следующее содержание:

1. Описание и обоснование конструкции машины и ее отдельных узлов.
2. Методика электромагнитного, теплового, механического расчетов и оценка полученных при выполнении этих расчетов данных.
3. Основы теории асинхронных машин (основные уравнения, векторные диаграммы, схемы замещения и их параметры).
4. Эксплуатация асинхронных машин (методы пуска и регулирования скорости, допустимость тех или иных режимов работы).
5. Динамические процессы в асинхронных машинах и методы их исследования.

Для того, чтобы правильно и достаточно полно ответить на вопросы студент должен специально подготовиться к защите.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Копылов И.П. Проектирование электрических машин: В 2 т./Под ред. И.П.Копылова. – М.: Энергоатомиздат, 1993.
2. Асинхронные двигатели серии 4А: Справ./ А.Э.Кравчик и др.- М.: Энергоиздат, 1982. – 504 с.
3. Справочник по электрическим машинам: В 2 т./Под общ. ред. И.П.Копылова, И.Б. Клокова. – М.: Энергоатомиздат, 1993.
4. Копылов И.П. Математическое моделирование электрических машин.- М.: Высш.шк., 1994. – 317 с.
5. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем. Matlab 6.0.- Санкт-Петербург: Корона - Принт, 2001.- 320 с.
6. Ключев В.И. Теория электропривода.- М.: Энергоатомиздат, 2001. – 704 с.
7. Копылов И.П. Электрические машины. - М.: Высшая школа, 2000. – 607 с.
8. Москаленко В.В. Автоматизированный электропривод. - М.: Энергоатомиздат, 1986. – 416 с.
9. Бурков А.Т. Электронная техника и преобразователи – М.: Транспорт, 1999.- 464 с.
10. Алиев И.И. Асинхронные двигатели в трехфазном и однофазном режимах. – М.: Издательское предприятие РадиоСофт, 2004. – 128 с.

Учебное издание

Гурьянов
Геннадий Васильевич

Кисель
Юрий Евгеньевич

Методические указания по выполнению курсового проекта

Редактор Павлютина И.П.

Подписано к печати 6.05.2015 г. Формат 60x84. 1/16.
Бумага печатная. Усл. п. л. 0,70. Тираж 100 экз. Изд. №2975.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ