

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА И МЕТОДЫ ИХ РЕШЕНИЯ

¹Кобзева Н.Д., ²Дуров Р.С., ²Варнакова Е.В., ²Кобзев К.О.

¹Ростовский государственный медицинский университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация
²Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация. В предлагаемой статье рассмотрены вопросы дистанционного управления электротехническими комплексами преимущественно беспроводного типа. Представлена классификация подземных систем БДУ по виду канала передачи информации. Проведен анализ чувствительности АД на основании схемы замещения фазы и ее математического описания. В заключении обозначена актуальная задача разработки алгоритмов идентификации параметров и токов ротора трехфазного АД.

Ключевые слова: актуальность, асинхронный электропривод, системные свойства, идентификация, чувствительность

ACTUAL PROBLEMS OF ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE AND METHODS OF THEIR SOLUTION

¹Kobzeva N.D., ²Durov R.S., ²Varnakova E.V., ²Kobzev K.O.

¹Rostov State Medical University, Rostov-on-Don, Russian Federation
²Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract. The article deals with the issues of remote control of electrical complexes mainly wireless type. The classification of underground BDU systems by the type of information transmission channel is presented. The analysis of BP sensitivity on the basis of the phase substitution scheme and its mathematical description is carried out. In conclusion, the actual task of developing algorithms for identifying parameters and currents of the rotor of three-phase AD is outlined

Keywords. Relevance, asynchronous electric drive, system properties, identification, sensitivity

Введение. На современном этапе развития науки и техники системы электропривода прочно занимают лидирующее положение среди приводных устройств и обеспечивают бесперебойную и надежную работу технологических механизмов во многих отраслях промышленности и специальной техники.

В качестве приводного двигателя наибольшее распространение находит асинхронный двигатель (АД) с короткозамкнутым ротором. Современный асинхронный электропривод реализуется на базе силовой полупроводниковой техники с применением микропроцессорного управления. Его возможности позволяют организовать регулирование выходных координат электропривода в широком диапазоне, с высокой точностью и быстродействием. [1]

Современные преобразователи частоты с микропроцессорным управлением позволяют реализовывать традиционные или создавать новые программные алгоритмы и синтезировать асинхронные электроприводы с широким набором эксплуатационных характеристик, что в свою очередь позволяет удовлетворить требования, накладываемые со стороны самых разных технологических объектов. Однако даже в составе частотно-регулируемого электропривода не всегда обеспечиваются режимы работы с максимальными энергетическими показателями.

Одной из актуальных задач является повышение точности математического описания АД с учетом насыщения магнитопровода и потерь в стали. При построении алгоритмов управления частотно-регулируемыми асинхронными электроприводами в большинстве случаев используется математическое описание обобщенной электрической машины, поэтому при построении математической модели АД с учетом насыщения магнитопровода и потерь в стали целесообразно использовать теорию обобщенной электрической машины.

Широко распространено управление АД с напряжением питания, пропорциональным его частоте. Такое управление является малоэкономичным, поскольку не учитывается требуемый электромагнитный момент. При малом моменте поддерживать магнитный поток на уровне номинального нерационально. Для построения высокоэффективных с точки зрения энергосбережения

частотно-регулируемых асинхронных электроприводов необходимо использовать теорию оптимального управления токами АД по критерию минимума мощности потерь или максимума КПД.

Для эффективного управления асинхронным двигателем, работающим в составе частотно-регулируемого электропривода, необходимо знать текущие значения его параметров таких как активные сопротивления фаз обмоток статора и ротора, индуктивности фаз обмоток статора и ротора, взаимная индуктивность, суммарный момент инерции подвижных частей и статический момент. Перечисленные параметры в процессе функционирования электропривода могут изменяться в силу многих причин, например, таких, как нагрев и охлаждение обмоток, изменение состояния магнитной цепи и др. Таким образом, для реализации более точных алгоритмов управления, обеспечивающих эффективное энерго- и ресурсосбережение, необходима оценка (идентификация) перечисленных параметров в режиме нормального функционирования электропривода.

Анализ системных свойств асинхронного электропривода. Асинхронный электропривод обычно является составной частью электромеханической системы, выполняющей определенные технические или производственные задачи. Анализ системных свойств разомкнутого электропривода с силовым полупроводниковым преобразователем и трехфазным АД позволит реализовывать более эффективные алгоритмы частотного управления. К системным свойствам электропривода традиционно относят управляемость, наблюдаемость и чувствительность. Полная управляемость – это свойство, состоящее в возможности перевода объекта управления из произвольного начального состояния в конечное состояние за заданное время. [2]

Под наблюдаемостью понимается свойство объекта управления, заключающееся в возможности восстановления всех фазовых координат по известному закону изменения вектора наблюдения.

Чувствительностью является свойство объекта управления изменять процессы при изменении первичных параметров.

Анализ полной управляемости и наблюдаемости производится с использованием матриц управляемости и наблюдаемости соответственно, а для анализа чувствительности используются функции чувствительности, представляющие собой частные производные от величин или процессов по параметрам или по функциям отклонений. При этом на основе векторно-матричного описания электропривода формируются матрицы управляемости и наблюдаемости, а также определяются функции чувствительности. [4]

При анализе управляемости для фазовых координат электропривода вводится понятие «порядок управляемости», который при нулевых начальных условиях и напряжении управления, изменяющемся по закону единичной функции, совпадает с младшей степенью разложения законов изменения фазовых координат в ряд Маклорена. Анализ наблюдаемости трехфазного АД является актуальным в связи с тем, что величины короткозамкнутого ротора не подлежат непосредственному измерению. Информация о токах или потокосцеплениях ротора необходима при идентификации параметров трехфазного АД, а также при реализации алгоритмов векторного управления. [3]

Проведен анализ чувствительности АД на основании схемы замещения фазы и ее математического описания. Записаны уравнения функций чувствительности, а также разработана схема устройства генерации функций чувствительности по шести параметрам схемы замещения фазы АД.

Целесообразно провести анализ системных свойств асинхронного электропривода, на основании которого могут быть решены следующие вопросы:

1) анализ управляемости разомкнутой системы «силовой полупроводниковый преобразователь-асинхронный двигатель», в результате которого можно установить порядок управляемости каждой из фазовых координат электропривода;

2) наблюдение токов короткозамкнутого ротора на основании информации о напряжениях и токах фаз статора АД, полученной путем непосредственного измерения этих величин;

3) анализ чувствительности разомкнутой системы «силовой полупроводниковый преобразователь-асинхронный двигатель», на основании которого можно записать выражения функций чувствительности и разработать структурную схему устройства генерации функций чувствительности.

Идентификация параметров и токов короткозамкнутого ротора асинхронного двигателя. Для эффективного управления асинхронным двигателем, работающим в составе частотно-регулируемого электропривода, необходимо знать текущие значения параметров схемы замещения фазы и нагрузки. Перечисленные параметры в процессе функционирования электропривода могут изменяться в силу многих причин, поэтому для реализации более точных алгоритмов управления, обеспечивающих эффективное энерго- и ресурсосбережение, необходима оценка (идентификация) перечисленных параметров.

В большинстве случаев параметры схемы замещения фазы АД определяют по результатам опытов холостого хода и короткого замыкания, что не всегда возможно (например, в режиме нормального функционирования электропривода) и малоэффективно (низкая точность оценки). В связи

с этим актуальной является задача идентификации параметров АД. Далее приводится обзор работ, посвященных решению данной задачи.

Относительная погрешность предлагаемого метода при оценке активного сопротивления статора составила не более 5 %, а активного сопротивления ротора не более 36 %. В статье рассмотрена существующая аналоговая реализация идентификатора частоты вращения и составляющих потокоцепления ротора. Недостатками схемы являются сложность системы управления, невысокая надежность и сложностью наладки. Здесь же предложены подходы к синтезу цифровых (микропроцессорных) идентификаторов частоты вращения и составляющих потокоцепления ротора АД.

Актуальной является задача разработки алгоритмов идентификации параметров и токов ротора трехфазного АД. Для ее решения наиболее целесообразно использовать непрерывный градиентный метод поиска минимума функции.

1. При переходе от асинхронного двигателя к обобщенной электрической машине целесообразно выбирать матрицы преобразования токов и напряжений с сохранением основных электрических и магнитных величин. При этом целесообразно провести анализ конструктивных свойств обобщенной электрической машины на основе трехфазного асинхронного двигателя.

2. Актуальным является построение математической модели асинхронного двигателя с учетом насыщения магнитопровода и потерь в стали, что позволит повысить точность расчетов при моделировании, а также разрабатывать энергосберегающие алгоритмы управления частотно-регулируемого асинхронного электропривода.

3. Для решения проблемы энергосбережения требуется разработка алгоритма функционирования и функциональной схемы асинхронного электропривода с оптимальным управлением токами при учете насыщения магнитопровода и потерь в стали из условия максимума КПД и минимума мощности потерь.

4. Для построения эффективных электромеханических систем необходим анализ управляемости, наблюдаемости и чувствительности асинхронного электропривода.

5. Целесообразна разработка методики и устройств идентификации параметров асинхронного электропривода в режиме нормального функционирования. Наряду с этим актуальной является задача идентификации токов короткозамкнутого ротора (задача идентификации процессов), которая должна решаться параллельно с задачей идентификации параметров.

6. Для более полной реализации возможностей систем векторного управления необходима разработка алгоритмов частотно-токового векторного управления асинхронным двигателем с учетом насыщения магнитопровода.[5]

Список использованных источников

1. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники: Электрические цепи / Л. А. Бессонов. - М.: Высшая школа, 1998. - 528 с.
2. Браславский, И. Я. Энергосберегающий асинхронный электропривод / И. Я. Браславский, З. Ш. Ишматов, В. Н. Поляков. - М.: Академия, 2004. - 256 с.
3. Домбровский, В. В. Асинхронные машины: Теория, расчет, элементы проектирования / В. В. Домбровский, В. М. Зайчик. - Л.: Энергоатомиздат, 2000. - 368 с.
4. Хайруллин, И. Р. Регулируемый асинхронный вентильный двигатель с автогенераторным инвертором напряжения: дис. ... канд. техн. наук / И. Р. Хайруллин. - Казань, 2009. - 168 с.
5. Стыскин, А. В. Система управления асинхронного энергосберегающего электропривода / А. В. Стыскин, Н. Г. Уразбахтина // Сб. научн. тр. II Всерос. научн.-техн. конф. «Электротехнологии, электропривод и электрооборудование предприятий»: в 2 т. Т. 1. - Уфа: УГНТУ, 2009. - С. 118 - 120.

Работа выполнена в рамках инициативной НИР. / The research is done within the frame of the independent R&D.