

УДК 621.313.33:621.314.26

О.И. Морозова

Национальный аэрокосмический университет имени Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ С ЧАСТОТНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ

В статье предложено применение искусственного интеллекта, а именно системы нечеткого вывода для управления асинхронным двигателем с частотным преобразователем. Показаны компоненты и область применения асинхронного двигателя и частотного преобразователя. Асинхронный двигатель используют для преобразования электрической энергии переменного тока в механическую энергию. С помощью частотного преобразователя можно плавно регулировать частоту двигателя. Система управления с нечетким контроллером реализована в среде моделирования Simulink на основе нечеткой модели.

Ключевые слова: искусственный интеллект, асинхронный двигатель, частотный преобразователь, нечеткий контроллер, система управления.

Введение

В настоящее время с помощью синхронного двигателя можно осуществить регулирование оборотов двигателя. Однако данный тип двигателя имеет большую массу, габариты и по себестоимости намного дороже другого типа двигателя – асинхронного. Превзойти синхронный двигатель по всем параметрам позволяет применение частотного преобразователя совместно с асинхронным двигателем. Такая совместная система «частотный преобразователь – асинхронный двигатель» применяется в различных сферах деятельности. А именно, в промышленности (например, для конвейеров, станков, насосов, систем вентиляции), транспортной сфере (например, для поездов метрополитена, троллейбусов), бытовой сфере (например, для кондиционеров, стиральных машин) и т.д.

Если рассматривать электроприводы различных механизмов, то они в основном представляют собой нерегулируемые асинхронные двигатели. В различных отраслях промышленности, а также сельского хозяйства данные приводы с асинхронными двигателями имеют широкое применение: в системах теплоснабжения, водоснабжения, кондиционирования, вентиляции, а также в компрессорных установках и других сферах.

Кроме этого, маломощные двигатели, к которым относятся и с асинхронные двигатели, используются в устройствах автоматики, так как имеют плавное регулирование скорости вращения, и благодаря этому в большинстве случаев можно отказаться от регулирующих устройств. За счет этого существенно упрощается механическая система, уменьшается расход на ее эксплуатацию и повышается ее надежность в целом [1].

Широкое на сегодняшний день применение асинхронных двигателей объясняется тем, что по

сравнению с другими типами двигателей, они имеют ряд преимуществ: высокая надёжность, возможность работы непосредственно от сети переменного тока, а также простота обслуживания.

1. Асинхронный двигатель

Асинхронный двигатель представляет собой асинхронную машину, предназначенную для преобразования электрической энергии переменного тока в механическую энергию.

Слово «асинхронный» означает не одновременный, т.е. у асинхронных двигателей частота вращения магнитного поля статора всегда больше частоты вращения ротора [2 – 4].

Основными компонентами асинхронного двигателя являются: неподвижный элемент – статор и вращательный элемент – ротор.

Статор имеет цилиндрическую форму, и собирается из листов стали. Он состоит из таких элементов: корпус; шарикоподшипники, поддерживающие ротор; опоры подшипников, фиксирующие положение подшипников и являющиеся завершением корпуса; вентилятор для охлаждения электродвигателя; кожух для защиты от вращающегося вентилятора; коробка для электрических соединений, находящаяся на внешней стороне статора; сердечник, изготовленный из тонких пластин стали, которые имеют выштампованные пазы для фазных обмоток. Магнитное поле в двигателе создают фазные обмотки и сердечник статора. Скорость, с которой вращается магнитное поле, определяет число пар полюсов. В воздушном зазоре между статором и ротором вращается магнитное поле, которое возникает после того, как происходит подключение фазной обмотки к фазе питающего напряжения. Направление магнитного поля в сердечнике статора меняется, но его положение постоянно. Благодаря частоте напряжения питания

можно определить скорость, с которой меняется направление магнитного поля.

Ротор подобно статору изготавливается из тонких стальных пластин с выштампованными пазами. Ротор бывает двух основных типов: короткозамкнутые и с контактными кольцами (фазные). Основное различие между ними – различные обмотки в пазах.

Принцип работы асинхронного двигателя заключается в следующем: взаимодействие вращающегося магнитного поля статора и токов, которые наводятся этим магнитным полем в роторе. При этом вращающий момент может возникнуть только в том случае, если существует разность частот вращения магнитных полей [2].

Таким образом, основные характеристики асинхронного двигателя, от которых зависит его работа: сопротивление обмотки и сила тока.

2. Частотный преобразователь

Частотный преобразователь представляет собой электронное устройство, предназначенное для управления асинхронным или синхронным электродвигателем переменного тока. Данные преобразователи обеспечивают плавное регулирование скорости электродвигателя путём преобразования фиксированных значений напряжения и частоты сети в измеряемые величины [5].

Основными компонентами частотного преобразователя являются: электрический привод и управляющая часть.

Электрический привод частотного преобразователя состоит из схем, в состав которых входит тиристор или транзистор, которые работают в режиме электронных ключей.

В основе управляющей части находится микропроцессор, обеспечивающий управление силовыми электронными ключами, а также контроль, диагностику и защиту преобразователя [6]. Частотные преобразователи позволяют [5]:

- плавный пуск без пусковых токов и ударов и остановка электродвигателя, а также изменение направления его вращения;
- полная электрозащита двигателя от перегрузок по току, перегрева, обрыва фаз и утечек на землю;
- плавное регулирование скорости вращения электродвигателя от нуля до номинального значения в ранее нерегулируемых технологических процессах;
- создание замкнутых систем с возможностью точного поддержания заданных технологических параметров;
- синхронное управление несколькими электродвигателями от одного преобразователя частоты;
- уменьшение потребления электроэнергии за счет оптимального управления электродвигателем в зависимости от нагрузки;

- увеличение срока службы электропривода и оборудования;

- повышение надежности и долговечности работы оборудования, упрощение его технического обслуживания.

Частотные преобразователи, разделяют на две категории [7]:

- с промежуточным переходом на постоянный ток (синусоида входного напряжения поступает в выпрямитель, затем на сглаживающие фильтры, после чего в инверторе происходит преобразование в заданную амплитуду и частоту переменного напряжения);

- с непосредственной связью (выходные частоты всегда будут иметь меньшие численные значения, нежели подаваемая на вход частота).

Для того, чтобы осуществить регулирование скорости вращения асинхронного двигателя, используют специальные устройства, изменяющие входное напряжение и частоту до требуемой величины.

К таким устройствам относится частотный преобразователь.

Использование в промышленности частотных преобразователей позволяет снизить за счет регулирования частоты вращения двигателя энергетические затраты в вентиляторных, компрессорных и насосных устройствах.

С помощью частотного преобразователя можно управлять двигателем либо регулировать его частоту.

Однако необходимо учитывать, что при управлении частотой двигателя отсутствует обратная связь, а при регулировании осуществляется обратная связь благодаря датчику частоты, который устанавливается на валу двигателя.

При управлении двигателем очень сложно добиться заданной частоты вращения вала. Это обусловлено тем, что присутствуют нечеткие параметры двигателя, такие как:

- температура двигателя,
- рассеивание магнитного поля,
- вихревые токи,
- сопротивление обмоток двигателя.

Данные параметры могут сильно меняться в зависимости от температуры окружающей среды, степени нагрузки на двигатель и т.д.

Наличие датчика частоты на валу двигателя осуществляет обратную связь с приводом двигателя, что позволяет приводу с помощью итераций корректировать управляющие параметры двигателя. Однако датчик частоты применяется довольно редко. Это вызвано его высокой стоимостью, а также тем, что не всегда удается его установить из-за конструктивных особенностей двигателя. Поэтому частотные преобразователи без обратной

связи получили широкое применение в промышленности и производстве.

Для осуществления точного регулирования частоты двигателя в зависимости от внешних факторов и нагрузки необходимо настроить привод двигателя так, чтоб он работал в определенных условиях.

Для решения этой проблемы предлагается применить искусственный интеллект, а именно использовать нечеткий контроллер.

3. Применение искусственного интеллекта

В работе предлагается использование искусственного интеллекта, а именно системы нечеткого вывода для управления асинхронным двигателем с частотным преобразователем. Систему управления будет реализовывать нечеткий контроллер на основе нечеткой модели.

Нечеткую модель можно построить, основываясь на формальном представлении характеристик системы в терминах лингвистических переменных [8].

Основными понятиями систем управления являются входные и выходные переменные.

В теории нечеткого вывода их представляют как лингвистические переменные при формировании базы правил.

Целью управления является анализ текущего состояния объекта управления, для чтобы определить значения управляющих переменных, которые позволяют обеспечить желаемое поведение или со-

стояние объекта управления.

Основными этапами построения системы управления на основе нечеткого вывода являются:

определение входных и выходных переменных системы;

построение функции принадлежности для каждой из входных и выходных переменных;

наполнение базы правил;

выбор алгоритма нечеткого логического вывода;

анализ результатов работы созданной системы (проверка ее адекватности).

Для объекта управления определяется входные и выходные параметры.

На вход системы управления поступают входные переменные, которые определяются с помощью датчиков, а на выходе – получают выходные переменные, которые являются управляющими переменными или переменными процесса управления.

В работе объектом управления является асинхронный двигатель, а нечеткий контроллер является системой управления, которая состоит из следующих этапов:

переход к нечеткости – фаззификация; формирование базы правил;

нечеткий вывод;

преобразование нечеткого множества в четкое число – дефаззификация [9].

Схема управления асинхронным двигателем с использованием нечеткого контроллера показана на рис. 1.



Рис. 1. Схема управления асинхронным двигателем с применением нечеткого контроллера

В работе предлагается система нечеткого вывода с входными и выходными переменными.

Входными переменными системы нечеткого вывода являются три нечеткие лингвистические переменные:

– «температура обмотки двигателя» (Temperature),

– «сила тока» (Amperage),

– «сопротивление обмотки» (Resistance).

Выходной переменной является нечеткая лингвистическая переменная «напряжение» (Voltage).

Для входных и выходных переменных созданы терм-множества:

– для первой лингвистической переменной:

«температура обмотки двигателя» – {«очень низкая», «низкая», «ниже среднего», «средняя», «выше среднего», «высокая»},
 – для второй лингвистической переменной:
 «сила тока» – {«очень малая», «малая», «средняя», «большая», «очень большая»},
 – для третьей лингвистической переменной:
 «сопротивление обмотки» – {«очень низкое», «низкое», «ниже среднего», «среднее», «выше среднего», «высокое»},
 – для выходной лингвистической переменной:
 «напряжение» – {«очень низкое», «низкое», «ниже среднего», «среднее», «выше среднего», «высокое», «очень высокое»}.

Кроме этого, были определены множества до-

пустимых значений переменных:

- для входной переменной «температура обмотки двигателя» область определения – $[-40, 50]$,
- для переменной «сила тока» – $[1, 100]$,
- для переменной «сопротивление обмотки» – $[8, 10]$,
- для выходной переменной «напряжение» – $[10, 400]$.

Эмпирические знания о рассматриваемой проблемной области были представлены в виде базы правил.

Модель системы управления асинхронным двигателем с применением нечеткого контроллера показана на рис. 2.

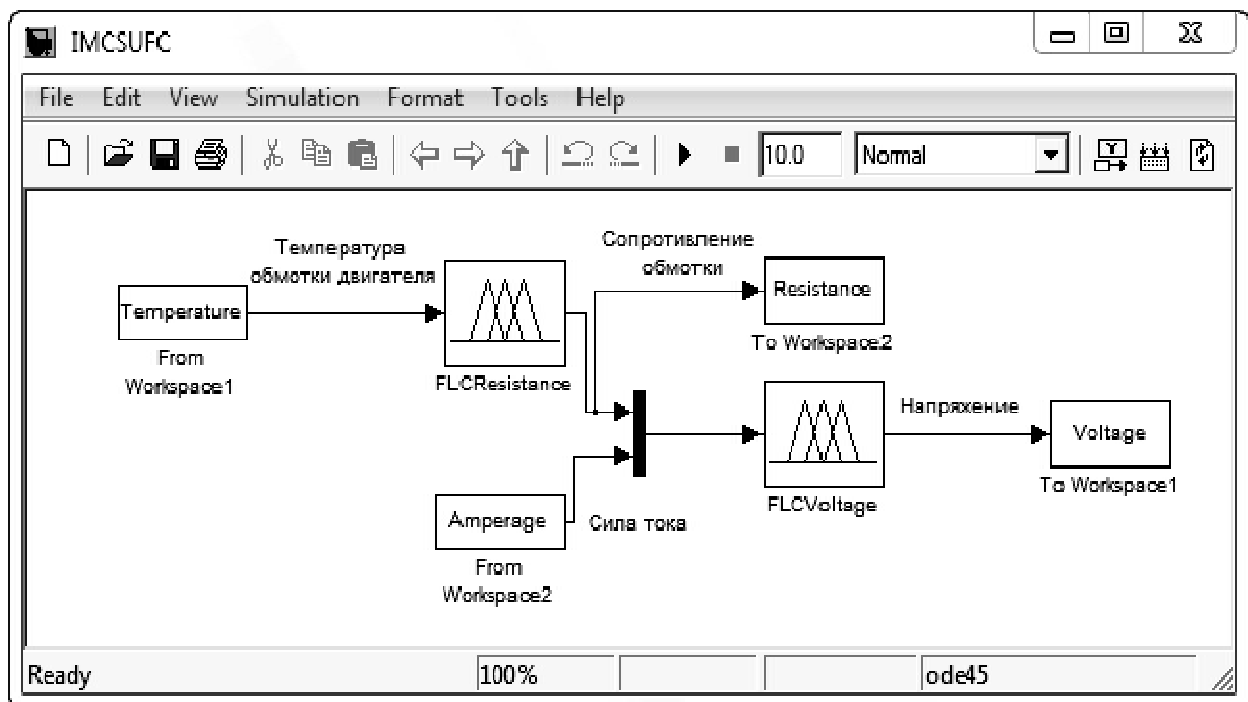


Рис. 2. Модель системы управления асинхронным двигателем с применением нечеткого контроллера

Параметры: температура обмотки двигателя – 5°C и сила тока – 10 A были получены с датчиков, установленных на элементах асинхронного двигателя и переданы в рабочее пространство.

В системе нечеткого вывода был использован алгоритм Мамдани [9].

Система нечеткого вывода реализована с помощью Fuzzy Logic Toolbox – пакета расширения MATLAB [10].

Окно редактора системы нечеткого вывода для лингвистической переменной «напряжение» показано на рис. 3, а.

Окно редактора функций принадлежности для лингвистической переменной «напряжение» показано на рис. 3, б.

Заключение

В работе было предложено применение искусственного интеллекта, а именно системы нечеткого вывода для управления асинхронным двигателем с частотным преобразователем.

Систему управления будет реализовывать нечеткий контроллер на основе нечеткой модели. Это позволило управлять асинхронным двигателем более точно, за счет того, что частотный преобразователь стал адаптивным к большему числу двигателей.

Дальнейшее исследование в этой области – возможность получения еще одного параметра на выходе системы – частоты напряжения.

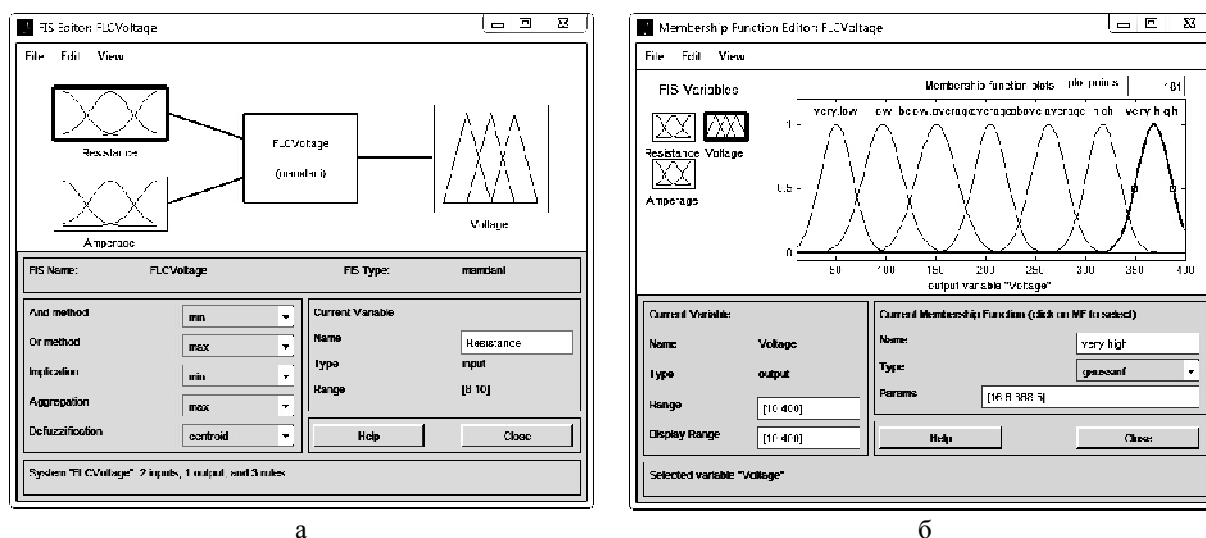


Рис. 3. а – окно редактора системы нечеткого вывода для лингвистической переменной «напряжение»; б – окно редактора функций принадлежности для лингвистической переменной «напряжение»

Список литературы

1. Применение асинхронных двигателей. [Электрон. ресурс] / Калейдоскоп. Вып. 4. – Режим доступа: <http://www.chem-astu.ru/news/z03technol/primeneniye-asinhronnyh-dvigateli.html>. – 11.06.2014.
2. Асинхронный двигатель – принцип работы и устройство. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://electroandi.ru/elektricheskie-mashiny/asinkhronnyj-dvigatel-printsip-raboty-i-ustrojstvo.html>. – 11.06.2014.
3. Асинхронный двигатель. Устройство и принцип действия однофазного и трехфазного асинхронного электродвигателя. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: http://www.eti.su/articles/elektroprivod/elektroprivod_36.html. – 11.06.2014.
4. Danfoss Drives A/S. Преобразователи частоты – просто о сложном [Текст] / Danfoss Drives A/S. – М.: ЗАО «Данфосс», 2006. – 166 с.
5. Частотные преобразователи [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.emb.ustu.ru/kurs/doc/Частотные%20преобразователи.htm>. – 11.06.2014.
6. Преобразователь частоты. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: http://www.elteh-itc.com.ua/publ/v_pomoshh_ehlektriku/privodnaja_tekhnika/preobrazovatel_c_hastoty/3-1-0-3. – 12.06.2014.

/v_pomoshh_ehlektriku/privodnaja_tekhnika/preobrazovatel_c_hastoty/3-1-0-3. – 12.06.2014.

7. Применение частотного преобразователя для управления электродвигателем переменного тока. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sgb74.ru/section/437/3143/>. – 12.06.2014.
8. Рассел С. Искусственный интеллект: Современный подход [Текст] / С. Рассел, П. Норвинг; пер. с англ. – М.: Вильямс, 2006. – 1408 с.
9. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH [Текст] / А.В. Леоненков. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 726 с.
10. Штовба, С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB [Текст] / С.Д. Штовба. – М.: Горячая линия - Телеком, 2007. – 288 с.

Поступила в редколлегию 18.10.2014

Рецензент: д-р техн. наук, доцент П.Г. Гакал, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ АСИНХРОННИМ ДВИГУНОМ З ЧАСТОТНИМ ПЕРЕТВОРЮВАЧЕМ

О.І. Морозова

У статті запропоновано застосування штучного інтелекту, а саме системи нечіткого висновку для управління асинхронним двигуном з частотним перетворювачем. Показані компоненти та область застосування асинхронного двигуна та частотного перетворювача. Асинхронний двигун використовують для перетворення електричної енергії змінного струму в механічну енергію. За допомогою частотного перетворювача можна плавно регулювати частоту двигуна. Система управління з нечітким контролером реалізована в середовищі моделювання Simulink на основі нечіткої моделі.

Ключові слова: штучний інтелект, асинхронний двигун, частотний перетворювач, нечіткий контролер, система управління.

THE APPLICATIONS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR CONTROLLING THE ASYNCHRONOUS ENGINE WITH FREQUENCY CONVERTER

O.I. Morozova

The applications of artificial intelligence, namely fuzzy inference system for controlling the asynchronous engine with frequency converter had been proposed. The components and field of application of the asynchronous engine and frequency converter have been shown. The asynchronous engine is used to transform electric power of alternating current into mechanical energy. Using the frequency converter it is possible smoothly regulated the engine frequency. The control system with fuzzy controller is realized in simulation environment Simulink based on fuzzy model.

Keywords: artificial intelligence, asynchronous engine, frequency converter, fuzzy controller, the control system.