

УДК 621.313

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ «SOFT- COMPUTING» ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

Тутаев Г.М., Биленкис Ю.К.  
ФБГОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева»,  
г. Саранск  
Тел. (834-2) 290616. E-mail: [tutaevgm@mail.ru](mailto:tutaevgm@mail.ru)

**Аннотация.** В статье рассматриваются общие принципы построения систем управления с использованием методов «soft-computing». Предлагается использование таких систем для управления асинхронизированным вентильным двигателем.

**Ключевые слова:** система управления; нечеткая логика (фаззи-логика); нейронные сети; асинхронизированный вентильный двигатель.

### Современные системы управления электроприводом

Среди различных технических систем электропривод (ЭП) – наиболее представительный, распространенный и сложный объект управления. Применительно к нему можно выделить два уровня управления: внешний (верхний), который вырабатывает технологическую программу работы ЭП, и внутренний (нижний), который формирует статические и динамические свойства ЭП. Система управления внутреннего уровня является составной частью в понятии «регулируемый электропривод». Для выделенных уровней могут использоваться различные способы управления, как классические (подчиненное регулирование), так и новые нетрадиционные [1, 2].

К современным системам управления, предъявляются все большие требования:

- качественное управление скоростью;
- высокий момент при низких скоростях;
- низкие выбросы тока и высокую эффективность;
- высокие динамические характеристики;

Системы управления, построенные по классическому принципу, имеют плохие показатели качества при управлении нелинейными и сложными системами, а также при недостаточной информации об объекте управления. Характеристики регуляторов в этих случаях можно улучшить с помощью методов нечеткой (фаззи-) логики, нейронных сетей и генетических алгоритмов. Перечисленные методы за рубежом называют “soft-computing”, подчеркивая их отличие от “hard-computing”, состоящее в возможности оперировать неполными и неточными данными.

### Фаззи-логика

Нечеткая логика – это математическая наука, служащая расширением классической логики и основанная на концепции частичной правды, которая находится где-то посередине между «да» и «нет». Использование нечеткого управления обычно рекомендуется для очень сложных процессов (когда не существует простой математической модели их описания) для нелинейных процессов высоких порядков, а также в том случае, когда должна производиться обработка (лингвистически сформулированных) экспертных знаний.

Нечеткая логика основана на использовании таких оборотов естественного языка, как «далеко», «близко» или «холодно», «горячо». В области ЭП один из вариантов применения нечеткой логики связан с регулированием рабочих параметров механизмов на базе нечеткого регулятора, обладающего адаптивными свойствами. Структурная схема системы с нечетким регулятором (контроллером) изображена на рисунке 1.

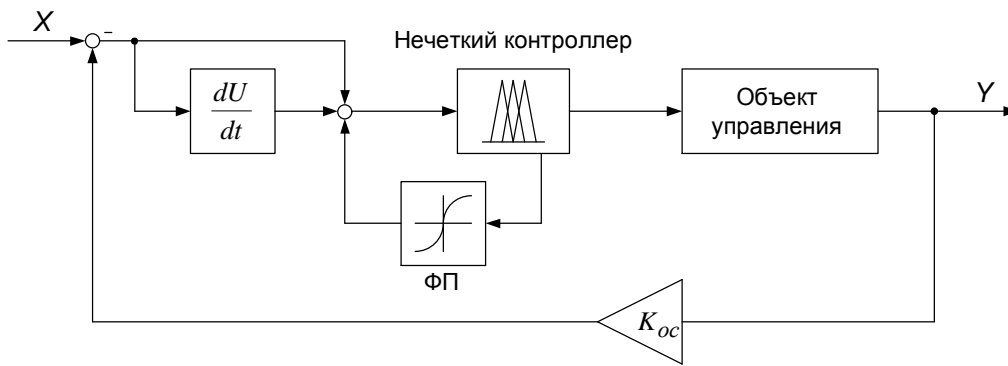


Рис. 1. Структурная схема системы с нечетким регулятором

На представленной схеме в вектор входных величин нечеткого контроллера введена дополнительная корректирующая связь по динамике переходного процесса, характер и параметры которого задаются с помощью функционального преобразователя (*ФП*). При этом изменение параметров *ФП* позволяет корректировать как динамические, так и статические характеристики системы. Такая структура регулятора в сочетании с оптимальным выбором параметров базы знаний нечеткого контроллера позволяет разработчику при минимуме настроек реализовывать адаптивные системы управления неопределенными и нестационарными объектами вне зависимости от их структуры.

### Нейронные сети

В отличие от нечеткого регулятора, где эксперт должен сформулировать правила настройки в лингвистических переменных, при использовании нейронной сети эксперту достаточно несколько раз самому настроить регулятор в процессе «обучения» нейронной сети. Она состоит из множества связанных между собой нейронов (рис. 2), а количество связей может составлять тысячи. Благодаря нелинейности функций активации и большому количеству настраиваемых коэффициентов нейронная сеть может выполнять достаточно точно нелинейное отображение множества входных сигналов во множество выходных.

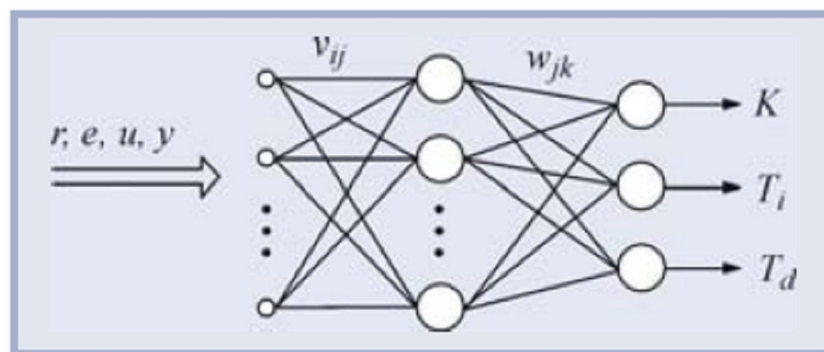


Рис. 2. Структура нейронной сети в блоке автонастройки

Типовая структура системы автоматического регулирования с *ПИД*-регулятором и нейронной сетью в качестве блока автонастройки показана на рисунке 3.

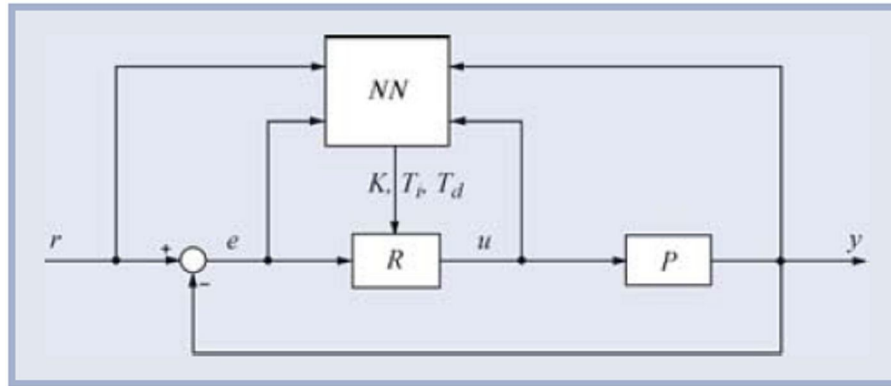


Рис. 3. Структура ПИД-регулятора с блоком автонастройки на основе нейронной сети NN

Нейронная сеть  $NN$  в данной структуре играет роль функционального преобразователя, который для каждого набора сигналов  $r$ ,  $e$ ,  $u$ ,  $y$  вырабатывает коэффициенты ПИД-регулятора  $K$ ,  $T_i$ ,  $T_d$ . Самой сложной частью в проектировании регуляторов с нейронной сетью является процедура «обучения» сети, которое заключается в идентификации неизвестных параметров нейронов  $w$ ,  $b$  и  $a$ .

Длительность процесса «обучения» является основной преградой на пути широкого использования методов нейронных сетей в ПИД-регуляторах. Другими недостатками нейронных сетей являются невозможность предсказания погрешности регулирования для воздействий, которые не входили в набор обучающих сигналов, а также отсутствие критериев выбора количества нейронов в сети, длительности обучения, диапазона и количества обучающих воздействий.

Таким образом, если исследуемый объект управления нелинеен, сложен и не может быть идентифицирован, но имеются эвристические правила или опыт ручного управления таким объектом, то решить задачу управления можно с помощью нейросетевого регулятора.

### Асинхронизированный вентиляльный двигатель и фаззи-логика

Асинхронизированный вентиляльный двигатель (АВД) является очень перспективной разработкой в области регулируемого электропривода (ЭП). Такой двигатель обладает уникальными особенностями, при чем энергоэффективность его зачастую выше, чем у любого аналогичного двигателя [3].

В основе построения системы управления АВД лежат сигналы датчиков скорости и потока, которые являются задающими воздействиями для регуляторов. Однако существующие в настоящее время тенденции в синтезе систем управления ЭП направлены на уменьшение количества датчиков, замены их наблюдателями состояния, построенными на основе математических моделей. Это в свою очередь приводит к появлению другого рода проблем – погрешностей вследствие неточного вычисления задающих воздействий. Также для электропривода характерно изменение параметров базовой машины в процессе работы в различных режимах (режим упора, режим малой нагрузки),

Для решения данных проблем необходимо иметь адекватные математические модели, идеально отражающие протекающие процессы. Однако на сегодняшний день не существует более точного описания процессов электромеханического преобразования энергии кроме как уравнения обобщенной электрической машины (уравнения Парка-Горева) [4], которые получены с учетом целого ряда допущений. На практике в зависимости от класса решаемых задач управления базовая модель уточняется коррекцией значений параметров, введением в правую часть уравнений дополнительных коэффициентов, учитывающих потери в стали и т.д. Но в любом случае условность математического описания следует всегда иметь в виду. Поэтому наиболее подходящим решением данных проблем видится в использовании

регуляторов на нечеткой логике или нейронных сетях. Это позволит осуществлять динамическую подстройку регуляторов, учитывая изменения параметров базовой машины, при чем операционные расходы в данном случае даже уменьшатся, так как фаззи-логика не нуждается в больших вычислительных мощностях.

### Выводы

К достоинствам нечетких способов управления, относящихся к категории интеллектуальных систем управления, можно отнести возможность:

- реализовать любой требуемый для процесса нелинейный алгоритм управления;
- иметь неполное, неточное описание объекта управления, а для нейронной сети и отсутствие описания;
- создать мягкую адаптацию, обеспечивающую робастность электропривода при нестабильности базовых параметров.

Построение системы управления на базе нечеткой логики является наиболее приемлемым вариантом реализации адаптивного бездатчикового электропривода на базе АД.

### Литература

1. Терехов В.М. Системы управления электроприводов : учеб. для студентов высш. учеб. заведений / В.М. Терехов, О.И. Осипов. – М. : 2005. – 304 с.
2. Терехов В.М. Современные способы управления и их применение в электроприводе / В.М. Терехов // Электротехника. – 2000. – № 2. – С. 25–31.
3. Тутаев Г.М. Энергоэффективное управление двигателем двойного питания в установившихся режимах / Г.М. Тутаев // Электротехнические комплексы и системы управления. – 2011. – № 2. – С.52-58.
4. Изосимов Д.Б. Идентификация частоты вращения и составляющих вектора потокосцепления ротора асинхронного двигателя по измерениям токов и напряжений обмоток статора / Д.Б. Изосимов, С.Е. Рывкин // Электричество. – 2005. – № 4. – С. 32–40.

### RESEARCH OF METHODS «SOFT - COMPUTING» FOR USE IN A CONTROL SYSTEM OF THE ELECTRIC DRIVE

Tutaev G.M., Bilenkis Yu.K.  
Mordovia state university, Saransk, Russia

**Abstract.** In article the general principles of construction of control systems with use of methods «soft-computing» are considered. Use of such systems for management asynchronized thyatron motor is offered.

**Keywords:** a control system; the indistinct logic (fazzi-logician); neural networks; asynchronized thyatron motor.

### Сведения об авторах

*Тутаев Геннадий Михайлович* – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры автоматики Мордовского госуниверситета. Закончил факультет электроники и автоматики Мордовского госуниверситета в 1986 г. В 2002 году защитил кандидатскую диссертацию.

*Биленис Юрий Константинович* – аспирант кафедры автоматики Мордовского госуниверситета. Закончил факультет электронной техники Мордовского госуниверситета в 2010 г.