

И.В. Брейдо, Л.И. Дайч

УДК 62-83.621.679

Карагандинский государственный
технический университет

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЧЕТЫРЕХКВАДРАНТНЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ПОСТОЯННОГО ТОКА С АСТАТИЧЕСКИМ РЕГУЛЯТОРОМ

Бұл мақаланың қарауында төртквadrанттық тұрақты тоқтың дағды бойынша меңгеру ететін анықсыз логикалы негізінің реттеуіші электр жетегінің ерекшелігі.

In article features of construction of system of automatic control four square by the electric drive of a direct current with a regulator on the basis of indistinct logic are considered.

Четырехквadrантный электропривод постоянного тока с тиристорным преобразователем обладает сложными динамическими характеристиками, связанными с нелинейными свойствами тиристорного преобразователя и необходимостью изменением направления тока в цепях якоря или возбуждения при переходе между двигательными и генераторными режимами. Также на динамику оказывает влияние наличие нелинейностей в двигателях постоянного тока и изменение его передаточной функции (объекта управления) при переходе из двигательных режимов в генераторные и обратно. Для обеспечения высоких показателей качества переходных процессов возможно применение адаптивных систем управления, изменяющих свою структуру или параметры при изменении рабочих режимов. Но синтез таких систем, характеризующихся нелинейными характеристиками отдельных звеньев и изменением их коэффициентов передачи, представляет определенные трудности.

Все это, с учетом изменяющихся электромагнитной и электромеханической инерционностей, делает необходимым применение «интеллектуальных» систем управления. В последнее время получили большее распространение нечеткие системы управления, позволяющие при минимальных данных об объекте регулирования и изменяющихся параметрах системы получить приемлемый вид переходных процессов. Нечеткие системы управления занимают промежуточное положение между классическими системами и искусственными нейронными системами. Однако, избыточность вариантов при построении нечетких систем и отсутствие разработанных методик построения регуляторов не позволяет широко использовать данный метод в четырехквadrантном электроприводе.

Динамика перехода между режимами в четырехквadrантном электроприводе с тиристорным преобразователем исследована также недостаточно. Как правило, анализируются отдельно двигательные и генераторные режимы (для тиристорных преобразователей).

В данной работе сформулированы требования к нечеткому регулятору для четырехквadrантного электропривода постоянного тока, разработаны методика и предложены принципы его построения.

Разрабатываемая система управления 4-х квадрантным электроприводом постоянного тока должна обеспечить:

- максимальное быстродействие;
- минимальное перерегулирование;
- нулевую ошибку регулирования частоты вращения;
- ограничение предельного тока двигателя;
- переход между режимами при изменении знака и величины момента на валу двигателя в пределах 4х квадрантов.

Предлагаемые в литературе системы управления с нечеткими регуляторами [1], [2], как правило, построены на основе типовой структуры замкнутой системы по отклонению, что позволяет получить астатическое регулирование только для систем с постоянным задающим воздействием. В качестве примеров рассматриваются систем стабилизации различных параметров – температуры [3], освещенности [4] и т.д. В этом случае отсутствует компенсация изменяющейся части ошибки по задающему воздействию. Для систем регулирования выходной координаты такой подход не позволяет получить нулевую ошибку при различных значениях задающего воздействия. Реализовать астатическую систему с нечетким регулятором можно различными способами, например, включив последовательно с нечетким регулятором пропорционально-интегральное звено.

Предложена астатическая система нечеткого регулирования, основанная на том, что основное управляющее воздействие формируется пропорционально заданным правилам, а пропорционально сигналу рассогласования формируется корректирующая часть сигнала управления по своим логическим правилам.

Такой подход позволяет получить как астатическую систему, так, при необходимости, и систему с статизмом любой величины и знака. Структура системы приведена на рисунке 1.

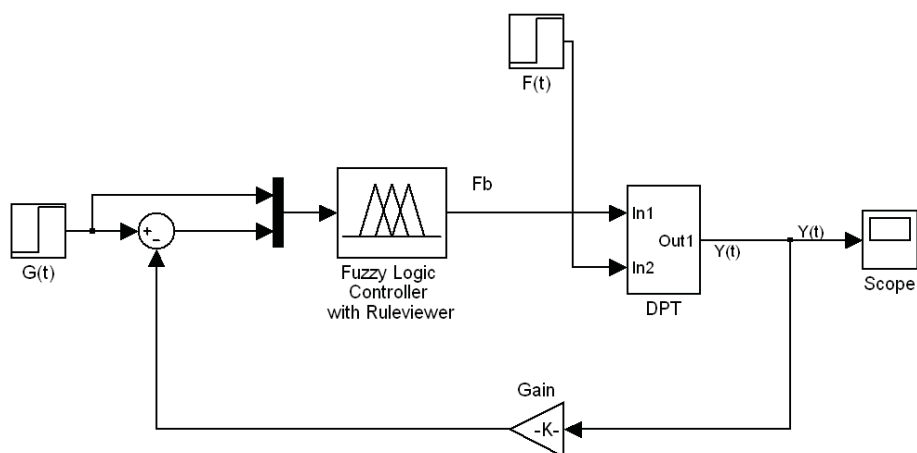


Рисунок 1 – Структурная схема с астатическим регулированием

С учетом требования работы в 4-х квадрантах нечеткий регулятор должен формировать и сигнал перехода между двигательными и генераторными режимами.

На рисунке 2 приведена структурная схема системы управления двигателем постоянного тока (ДПТ) с учетом всех вышеизложенных требований.

В многочисленных источниках по теории нечетких множеств [1], [2] хорошо представлены история развития и общие принципы. При попытке создания рабочих систем управления возникает ряд сложностей. В связи с большим разнообразием параметров, учитываемых при построении нечетких регуляторов: количества входных и выходных лингвистических переменных (контролируемых и управляющих параметров), количества термножеств для каждой из входных и выходных лингвистических переменных, вида функций принадлежности, соотношения между функциями принадлежности в каждом конкретном термножестве, возможности различных баз правил для одного процесса, возникает необходимость формирования рекомендаций по последовательности создания нечетких регуляторов для определенных областей применения.

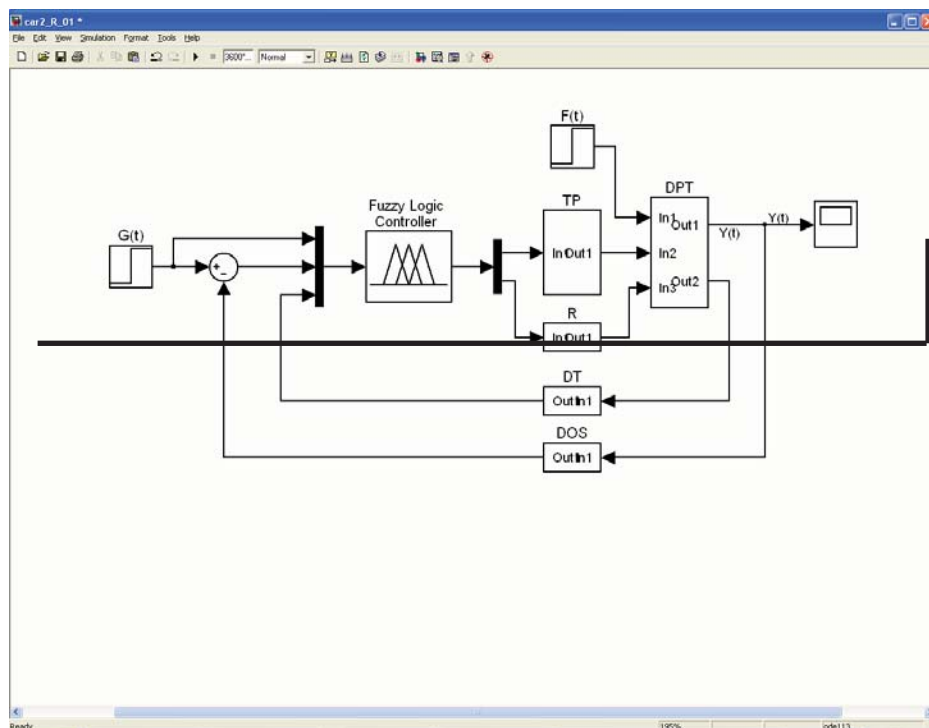


Рисунок 2 – Структурная схема разработанной системы управления ДПТ

Вначале для разрабатываемой системы управления, исходя из требований к заданному процессу, задаемся необходимым количеством лингвистических переменных (входных и выходных параметров). Для каждой лингвистической переменной создается термножество с определенным количеством функций принадлежности, их видом и взаимным расположением. Как правило, количество терм и соответствующих им функций принадлежности нечетное [2], [3], [4]. Минимальное количество функций принадлежности, имеющее практический интерес - 3. Для произвольного параметра это: параметр в норме, параметр меньше нормы, параметр больше нормы. При таком количестве термов (функций принадлежности) регулирование протекает с большими колебательностью, перерегулированием и скоростью изменения управляющего воздействия. При выборе пяти

функций принадлежности переходной процесс получается с меньшей колебательностью и перерегулированием. На динамику процесса регулирования существенное влияние оказывает соотношение между функциями принадлежности. Увеличение диапазона функций принадлежности от центрального терма к боковым позволяет при высоком быстродействии получить минимальные перерегулирование и колебательность, но при этом увеличивается скорость нарастания сигнала управления при больших отклонениях выходной величины от заданной. Дальнейшее увеличение количества термов в термножестве приводит к неоправданному увеличению базы правил и потере преимущества нечетких регуляторов.

По результатам выполненного анализа сформулированы следующие требования к нечеткой системе управления:

1. В качестве контролируемых параметров выбираем сигналы управления, ошибки регулирования, скорости изменения ошибки, тока двигателя, текущего направления вращения.

2. Для сигнала управления и основного контролируемого параметра – частоты вращения выбираем по пять функций принадлежности соответствующих термножеств.

3. Для сигналов ошибки регулирования и скорости изменения ошибки достаточно выбрать по три функции принадлежности.

4. Для сигнала тока двигателя и сигнала текущего направления вращения выбираем по одной S-образной [3] функции принадлежности.

Следует отметить, что на динамику переходного процесса независимо от структуры нечеткого регулятора и выбранных термножеств существенное влияние оказывает разработанная база правил.

Моделирование системы проводилось в пакете расширения Fuzzy Logic Toolbox входящего в MATLAB.

Создание базы правил необходимо проводить последовательно, начиная с модели одноконтурной системы для сигнала частоты вращения. Затем проверяется работоспособность системы во всем диапазоне изменения задающего и возмущающего воздействий. Первичная проверка правильности созданной базы правил проводится в отладочном окне редактора FIS, входящего в пакет расширения Fuzzy Logic Toolbox. Изменение значения входной координаты в выбранном диапазоне и анализ изменения выходной координаты позволяет оценить адекватность разработанной модели и работоспособности нечеткого регулятора. Для оценки адекватности модели применяется метод экспертных оценок. При удовлетворительном характере переходного процесса дополняем базу правил условиями для сигнала задающего воздействия, затем для сигнала тока двигателя. Оценка адекватности модели проводится аналогично модели одноконтурной системы.

Аналогично проводим создание базы правил для следующей выходной переменной, формирующей команду на переход в генераторные режимы.

После создания базы правил для всех переменных необходимо провести итоговое моделирование системы управления в особых режимах работы 4-х квадрантного электропривода и по переходным характеристикам оценить качество регулирования и соответствие работы системы заданным требованиям.

К особым режимам работы можно отнести работу системы при значениях частоты вращения 20% и 80% от номинального значения. В каждом из режимов оцениваем реакцию системы на 50% и 100% - ее изменение момента отдельно в сторону увеличения и уменьшения. Аналогично анализируем реакцию системы на ступенчатое изменение задающего воздействия.

Таким образом, в результате проведенных исследований и выполненной работы предложена структура нечеткой системы управления, предложены методы построения базы логических правил нечеткого регулятора и разработаны рекомендации оценки работоспособности систем управления с регуляторами данного типа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Деменков Н.П. Нечеткое управление в технических системах. Учебное пособие. - М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2005. – 200 с.
2. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб.: БХВПетербург, 2005. – 736 с.: ил.
3. Круглов В.В., Дли М.И Компьютерная поддержка систем нечеткой логики и нечеткого вывода. – М.: Физматлит, 2002.
4. Гостев В.И.Нечеткие регуляторы в системах автоматического управления. - К.: Радиоаматор, 2008. – 972 с.