

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ГРУЗОПОДЪЕМНЫМ МЕХАНИЗМОМ НА БАЗЕ КОНТРОЛЛЕРА С НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКОЙ

Кузнецов А. П., Марков А. В., Тарасевич Т. В., Шведова О. А., Шмарловский А. С.

Кафедра систем управления, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Минск, Республика Беларусь

E-mail: Shvedova_Olga@tut.by

Приведены результаты разработки и исследования алгоритмов подавления колебаний с нечеткой логикой функционирования для перемещения грузов с помощью грузоподъемных механизмов. Для анализа эффективности системы управления с нечеткой логикой функционирования исследовалась чувствительность системы управления к изменениям длины подвеса.

ВВЕДЕНИЕ

Для управления грузоподъемным механизмом (ГПМ), когда имеется возможность использовать сигнал обратной связи, наиболее часто используются системы управления с нечеткой логикой функционирования (НЛФ). Однако качество управления в таких системах определяется используемой базой знаний (обучением) и точностью настройки функций принадлежности. Это приводит к необходимости ручной настройки параметров системы управления как на этапе ее проектирования, так и во время пусконаладочных работ. В итоге такие системы могут быть реализованы только для применения в рамках конкретного технологического процесса.

Разделение задачи управления на подавление колебаний и управление положением позволяет производить раздельную настройку регуляторов в соответствии с предъявляемыми к ним требованиями. Обычно в структуре регулятора подавления колебаний используется параметр, характеризующий длину подвеса. При синтезе регулятора положения, как правило, откладываются от учета изменения массы груза. Наибольшее распространение для организации нечеткого логического вывода при реализации fuzzy-управления получили алгоритмы Мамдани и Такаги-Сугено. Для управления ГПМ обычно применяют логический вывод с помощью метода, определяющего центр тяжести, с использованием min/max-регулятора Мамдани [1].

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМЫ

Большинство реализованных на практике способов управления на базе fuzzy-регуляторов осуществляют подавление колебаний с использованием сигналов угла отклонения груза ϕ и его производной $\dot{\phi}$. При этом эти сигналы для сохранения показателей качества управления на приемлемом уровне должны быть незашумленными.

В основу синтеза системы управления положено управление на фазовой плоскости в координатах угла отклонения груза и его производной. Для реализации fuzzy-управления ГПМ

оказывается достаточным использование 3-х или 5-ти fuzzy-множеств для входных и выходных переменных. Проведенные исследования [2] позволяют сделать вывод, что при использовании треугольных или трапециевидных функций принадлежности требуется вводить большее количество fuzzy-множеств (5 или 7), а при использовании гауссовых функций принадлежности достаточно 3-х fuzzy-множеств для каждой переменной. Применение гауссовых функций принадлежности иногда невозможно из-за ограничений аппаратной части (многие промышленные контроллеры их не поддерживают), поэтому в некоторых случаях на практике приходится использовать функции принадлежности треугольной формы и вводить большее количество fuzzy-множеств.

Для исследования системы управления с НЛФ разработан fuzzy-регулятор [2] с двумя входными переменными $x_1 = \phi$ и $x_2 = \dot{\phi}$ и одной выходной $u = \dot{u}$, где u – задающее воздействие электропривода (управление скоростью тележки или моста). Конкретные значения ϕ_{min} и ϕ_{max} определяются требованиями к максимально допустимой величине отклонения груза. Значения $\dot{\phi}_{min}$ и $\dot{\phi}_{max}$ выбраны в несколько раз большими по отношению к ϕ_{min} и ϕ_{max} . Значения u_{min} и u_{max} выбираются в соответствии с существующими ограничениями по задающему воздействию электропривода тележки (моста) ГПМ. Правила составляются в соответствии с выбранным количеством fuzzy-множеств. При использовании трех фаззи-множеств для каждой входной переменной база правил будет состоять из 9-ти правил. Нечеткий логический вывод (получение заключения в виде нечеткого множества, соответствующего текущим значениям входов, с использованием базы правил и нечетких операций) осуществляется согласно принципу минимума (оператор конъюнкции) [1]. Результирующее нечеткое множество, соответствующее логическому выводу по всем правилам, определяется по принципу максимума (оператор дизъюнкции). Четкое значение логического вывода, получаемое в результате дефазсификации определя-

ется как абсцисса центра тяжести плоской фигуры, ограниченной выбранным диапазоном изменения значений выходной переменной и графиком функции принадлежности нечеткого множества.

Для анализа эффективности системы управления с НЛФ исследовалась чувствительность системы управления к изменениям длины подвеса (проблема информационной неопределенности: в большинстве случаев невозможно точно определить реальную длину подвеса). Для этого проведена серия экспериментов. В каждом эксперименте изменялась длина подвеса груза в большую или меньшую сторону относительно значения, используемого при настройке fuzzy-регулятора. Результаты исследования представлены на рис. 1 (в относительных единицах – о.е.), где l – реальное значение длины подвеса груза, $l=1$ о.е. соответствует длине подвеса, используемой при настройке fuzzy-регулятора; V – относительная амплитуда остаточных колебаний груза (отношение амплитуды остаточных колебаний груза при использовании fuzzy-регулятора к амплитуде остаточных колебаний груза при отключенном fuzzy-регуляторе), $V=100\%$ показывает, что амплитуда остаточных колебаний в обоих случаях (с и без fuzzy-регулятора) одинакова; $t_{\text{пн}}$ – длительность переходного процесса, $t_{\text{пн}}=1$ о.е. соответствует периоду недемпфированных колебаний груза $T_0=2\pi\sqrt{l_0/g}$, где l_0 – длина подвеса груза, используемая при настройке fuzzy-регулятора; g – ускорение свободного падения. Из приведенных характеристик видно, что fuzzy-регулятор значительно уменьшает амплитуду остаточных колебаний (более чем на два порядка) в широком диапазоне изменения длины подвеса груза. Резкое увеличение амплитуды остаточных колебаний наблюдается лишь при уменьшении длины подвеса в три и более раз (рис. 1, а).

В целом можно говорить о том, что длительность переходного процесса при управлении fuzzy-регулятором превышает 1,5 периода недемпфированных колебаний груза (рис. 1, б). Анализ работы системы управления с НЛФ позволяет также сделать вывод, что характер переходного процесса сильно зависит от начальных условий, а система управления с fuzzy-регулятором характеризуется различной степенью подавления колебаний (под степенью подавления колебаний подразумевается характеристика, обратная V), определяемой начальной скоростью тележки (моста).

Следует отметить, что системам управления ГПМ с НЛФ посвящено большое количество работ. Эти системы позволяют достаточно просто учесть все ограничения применяемого оборудования, однако качество их функционирования во многом определяется качеством используемой

базы правил (базы знаний, экспертной системы) и настройкой функций принадлежности.

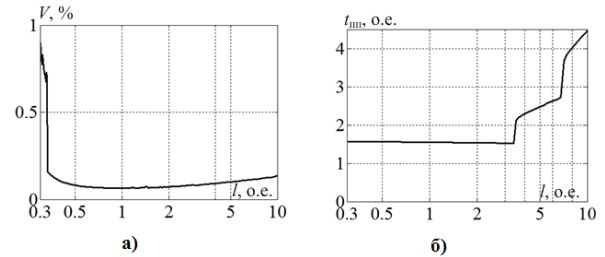


Рис. 1 – Результаты исследования чувствительности системы управления к изменениям длины подвеса груза: а – зависимость амплитуды остаточных колебаний от длины подвеса груза; б – зависимость длительности переходного процесса от длины подвеса груза

Системы с НЛФ рекомендуется [1] использовать для управления сложными процессами, когда не существует строгого математического описания и простой математической модели, для нелинейных систем высокого порядка и в тех случаях, когда должна производиться обработка лингвистически сформулированных экспертных знаний. Применение нечеткого управления не рекомендуется, если приемлемый результат может быть получен с использованием классической теории автоматического управления и если существует формализованная и адекватная математическая модель рассматриваемой системы [3]. По этим причинам применение НЛФ для управления ГПМ усложняет процесс управления и требует проектирования новой системы управления для каждого конкретного применения. При этом получившаяся система управления не может быть оптимальной. Попытки приблизиться к оптимальным показателям, например, путем использования генетических алгоритмов, приводят к необходимости выделения значительных вычислительных ресурсов [3].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Преимуществом системы с НЛФ является относительная простота процесса синтеза регулятора, возможность учета реально существующих ограничений электроприводов, однако такие системы управления не позволяют приблизиться к оптимальным показателям качества [2].

1. Терехов В. М. Системы управления электроприводов / В. М. Терехов, О. И. Осипов // Издательский центр «Академия». – 2005. – 304 с.
2. Кузнецов А. П. Математические модели объектов и регуляторы с нечеткой логикой функционирования / А. П. Кузнецов, А. В. Марков, А. С. Шмарловский // МНТК, посвященная 45-летию МРТИ – БГУИР : тез. докл. МНТК, Минск, 19 марта 2009 г. / БГУИР. – Минск. – 2009. – С. 102–103.
3. Народицкий А. Г. Современное и перспективное алгоритмическое обеспечение частотно-регулируемых электроприводов / А. Г. Народицкий // СПб. : ООО НПО «СПЭК». – 2004. – 127 с.