

Черный С. П., Духно А. А., Чигрин Д. Ю., Толибов Б. Н.
S. P. Cherny, A. A. Dukhno, D. Yu. Chigrin, B. N. Tolibov

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СНИЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИЗБЫТОЧНОСТИ НЕЧЕТКИХ РЕГУЛЯТОРОВ

ANALYSIS OF POSSIBILITIES OF REDUCING THE FUZZY REGULATOR INFORMATION EXCESS

Черный Сергей Петрович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок» Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, г. Комсомольск-на-Амуре). E-mail: керару@knastu.ru.

Mr. Sergey P. Cherny – PhD in Engineering, Associate Professor, Electro-Drive Engineering and Industrial Automation Department, Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Russia, Komsomolsk-on-Amur). E-mail: керару@knastu.ru.

Духно Андрей Андреевич – магистрант Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, г. Комсомольск-на-Амуре). E-mail: керару@knastu.ru.

Mr. Andrey A. Dukhno – Master's Degree student, Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Russia, Komsomolsk-on-Amur). E-mail: керару@knastu.ru.

Чигрин Денис Юрьевич – магистрант Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, г. Комсомольск-на-Амуре). E-mail: керару@knastu.ru.

Mr. Denis Yu. Chigrin – Master's Degree student, Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Russia, Komsomolsk-on-Amur). E-mail: керару@knastu.ru.

Толибов Бохтиер Назриевич – магистрант Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, г. Комсомольск-на-Амуре). E-mail: керару@knastu.ru.

Mr. Bokhtier N. Tolibov – Master's Degree student, Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Russia, Komsomolsk-on-Amur). E-mail: керару@knastu.ru.

Аннотация. В работе представлен один из возможных подходов к снижению информационной избыточности нечетких систем управления, позволяющий существенно упростить возможность реализации регулятора, основанного на мягких вычислениях для систем промышленной автоматизации.

Summary. The paper presents one possible approach to reduce the information redundancy of fuzzy control systems to simplify the ability of the controller based on soft computing for industrial automation systems.

Ключевые слова: нечеткий логический регулятор, информационная избыточность, техническая реализация интеллектуальных систем управления.

Key words: fuzzy logic controller, information redundancy, the technical implementation of intelligent control systems.

УДК 6283.621.3

На сегодняшний день при моделировании и проектировании промышленных систем управления достаточно широко применяются интеллектуальные системы, использующие в своей основе подходы, базирующиеся не теории нечеткой логики. Зачастую, при синтезе таких систем управления возникают проблемы с избыточностью информации в основных функциональных блоках нечетких регуляторов, обусловленной неопределенностью этой информации, субъективной составляющей, связанной с наличием человека-эксперта в контуре регулирования и отсутствием строгих алгоритмов и рекомендаций при настройке таких систем. Кроме того, необходимо отметить, что процесс проверки интеллектуальных систем управления с нечеткой логикой с целью выявления избытка информации представляет собой достаточно сложную задачу. Информационная избыточ-

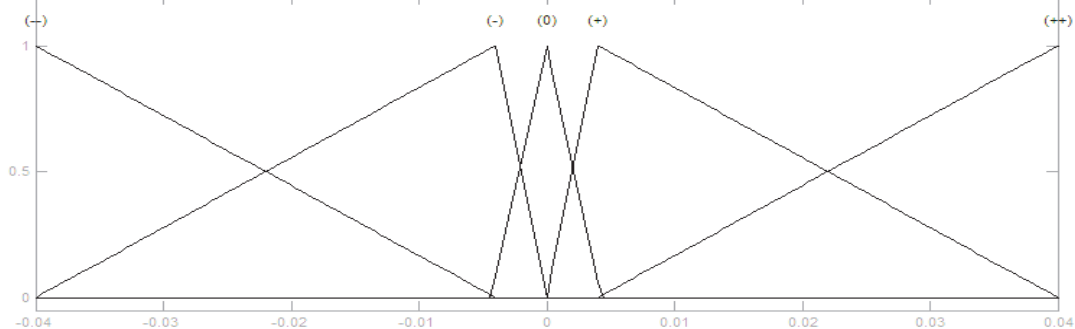


Рис. 3. Распределение функций принадлежности лингвистической переменной «Интеграл от ошибки управления»

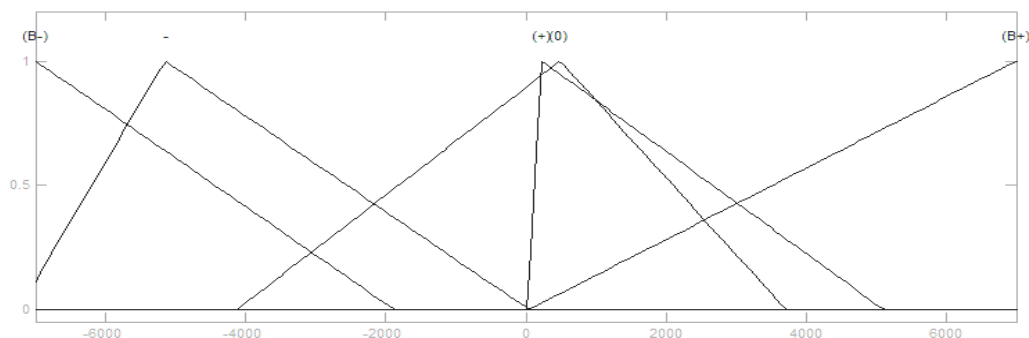


Рис. 4. Распределение функций принадлежности лингвистической переменной «Сигнал управления контуром тока»

На основании анализа графиков переходных процессов в классической системе управления и знаний о функционировании представленной модели объекта регулирования для моделируемой нечеткой системы была сформирована база знаний, состоящая из следующего набора нечетких продукционных правил [3]:

- ЕСЛИ «X» есть ВР, ТО «Out» есть (В+);
- ЕСЛИ «X» есть 0 и «Int(X)» есть (0), ТО «Out» есть (0);
- ЕСЛИ «Int(X)» есть (++), ТО «Out» есть (0);
- ЕСЛИ «X» есть Р, ТО «Out» есть (+);
- ЕСЛИ «X» есть N и «Int(X)» есть (+), ТО «Out» есть (-).

График переходного процесса по скорости в синтезированной интеллектуальной системе представлен на рис. 5.

Проанализировав характеристики «классического» регулятора, базу продукционных правил и лингвистические переменные, описывающие входы нечеткого регулятора, можно сделать вывод, что некоторыми функциями принадлежности и, как следствие, некоторыми правилами можно пренебречь. В ходе анализа переходных характеристик также было выявлено, что отсутствие лингвистической переменной «интеграл от ошибки управления» не оказывает существенного влияния на качество функционирования системы в целом.

Итерационное преобразование нечеткого логического регулятора приведет к тому, что он будет описываться единственной входной лингвистической переменной с тремя термами в базовом множестве и одной лингвистической переменной на выходе с двумя термами в базовом множестве (см. рис. 6 – 7).

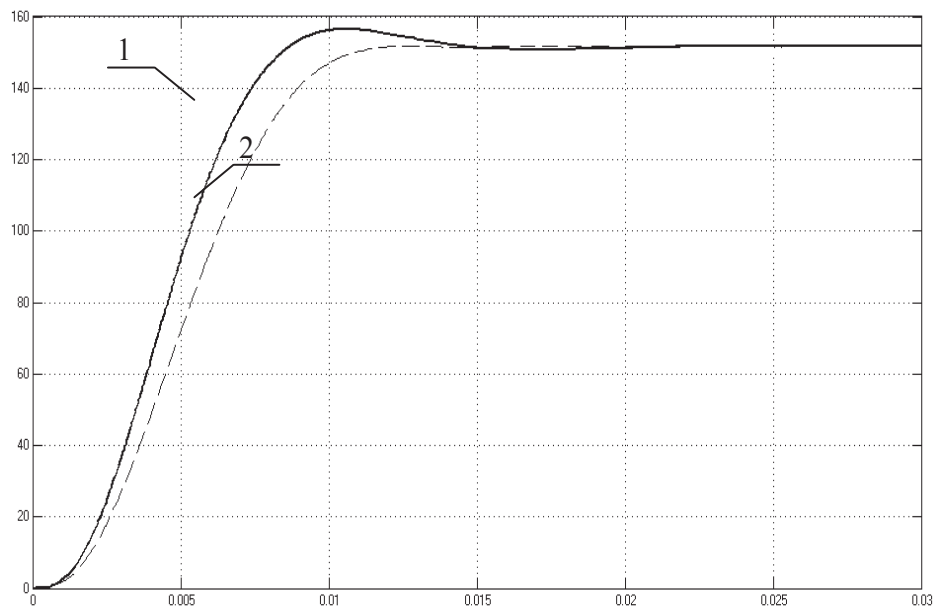


Рис. 5. Графики переходных процессов по скорости: 1 – исходной системы с классическим регулятором; 2 – системы с нечетким регулятором

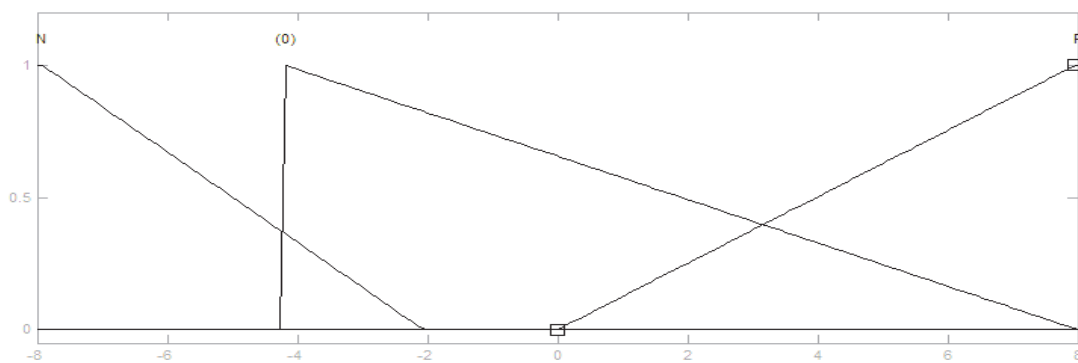


Рис. 6. Распределение функций принадлежности входной лингвистической переменной «Ошибка управления»

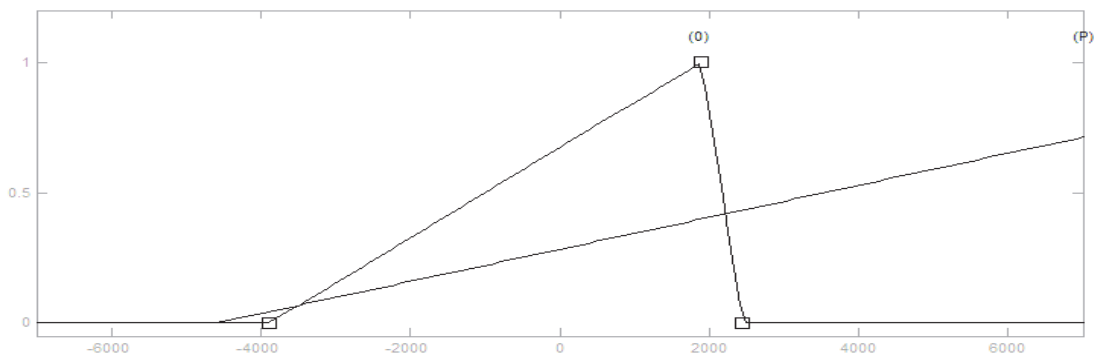


Рис. 7. Распределение функций принадлежности выходной лингвистической переменной «Сигнал управления контуром тока»

После проведенных операций преобразованная база знаний будет состоять из двух продукционных правил:

- 1) ЕСЛИ «X» есть (0), ТО «Out» есть (0);
- 2) ЕСЛИ «X» есть (P), ТО «Out» есть (P).

Как видно из графика, представленного на рис. 8, интеллектуальная система с упрощенным логическим регулятором функционирует адекватно, но является менее точной по сравнению с системой с устройством управления, настроенным на типовой алгоритм нечеткого логического вывода. Однако в сравнении с классической системой выходной сигнал достигает установившегося значения с наименьшим временем протекания переходного процесса.

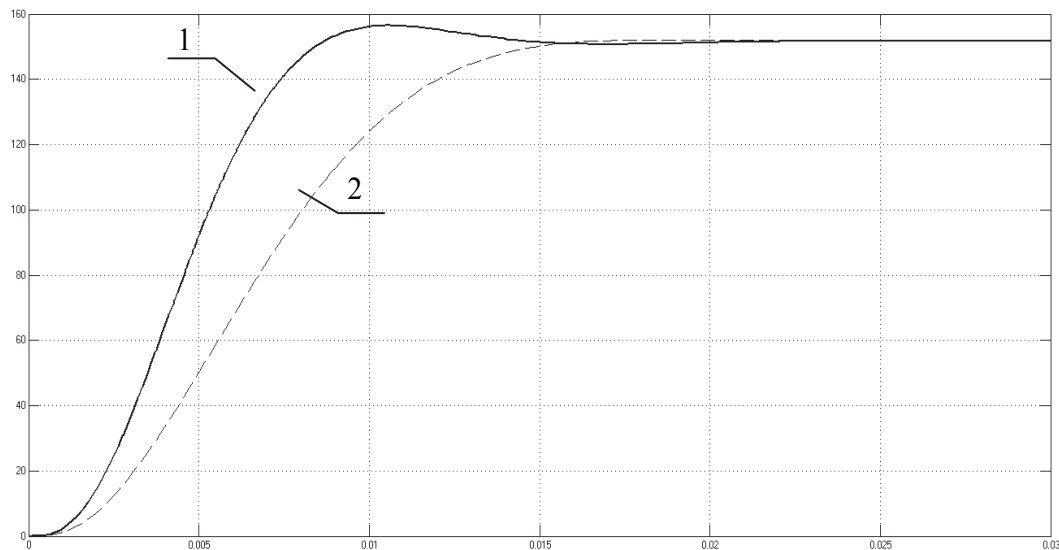


Рис. 8. Графики переходных процессов по скорости: 1 – исходной системы с классическим регулятором; 2 – системы с упрощенным нечетким регулятором

Настройка типового нечеткого регулятора на алгоритм Сугено производится аналогично настройке на алгоритм Мамдани, но с одним отличием: в выходной лингвистической переменной вместо базового терм-множества используются четкие переменные (упрощенный алгоритм нечеткого логического вывода) [4].

Обозначение и распределение входных функций принадлежности будут аналогичны с алгоритмом Мамдани (см. рис. 3 – 4). База знаний будет также состоять из пяти продукционных правил:

- 1) ЕСЛИ «X» есть VP, ТО «Out» есть (++);
- 2) ЕСЛИ «X» есть 0 и «Int(X)» есть (0), ТО «Out» есть (0);
- 3) ЕСЛИ «Int(X)» есть (++) , ТО «Out» есть (0);
- 4) ЕСЛИ «X» есть P, ТО «Out» есть (+);
- 5) ЕСЛИ «X» есть N и «Int(X)» есть (+), ТО «Out» есть (-).

График переходного процесса смоделированной системы автоматического регулирования скорости с устройством управления, настроенным на типовой алгоритм нечеткого логического вывода Сугено, представлен на рис. 9.

Регулятор с алгоритмом вывода Сугено упрощается аналогичным способом. После анализа характеристик «классического» регулятора, его лингвистических переменных и базы знаний редуцируется смоделированный ранее регулятор [5].

Синтезированное нечеткое устройство управления имеет на входе одну лингвистическую переменную, состоящую из трех функций принадлежности (см. рис. 10).

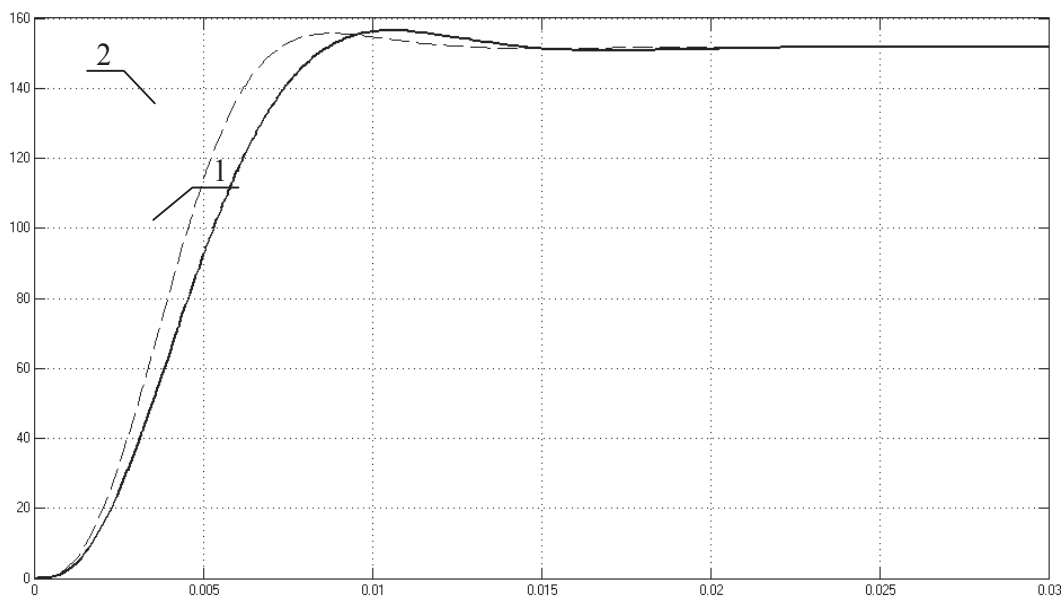


Рис. 9. Графики переходных процессов по скорости: 1 – исходной системы с классическим регулятором; 2 – системы с нечетким регулятором

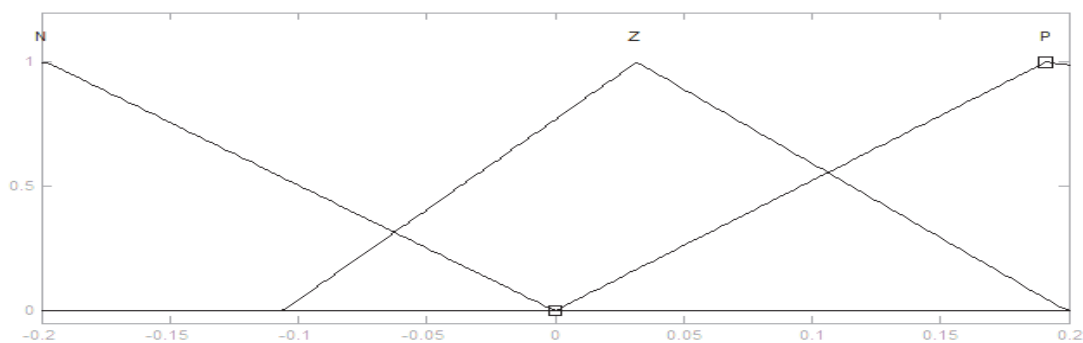


Рис. 10. Распределение функций принадлежности входной лингвистической переменной «Ошибка управления»

База продукционных правил упрощенного нечеткого регулятора с алгоритмом вывода Сугено имеет вид:

- 1) ЕСЛИ «X» есть Z, ТО «Out» есть 0;
- 2) ЕСЛИ «X» есть P, ТО «Out» есть (+);
- 3) ЕСЛИ «X» есть N, ТО «Out» есть 0.

Так же, как и в предыдущем случае, полученное устройство управление является работоспособным и улучшает переходный процесс системы в части быстродействия (см. рис. 11).

Техническая реализация интеллектуальных систем управления с регуляторами, обладающими сокращенной информационной и алгоритмической избыточностью, позволяет получить улучшенный переходный процесс в части быстродействия не только на программном, но и на аппаратном уровне за счет меньшего объема информации, обрабатываемой в основных функциональных блоках нечеткого устройства управления, в результате чего сокращается время отклика регулятора.

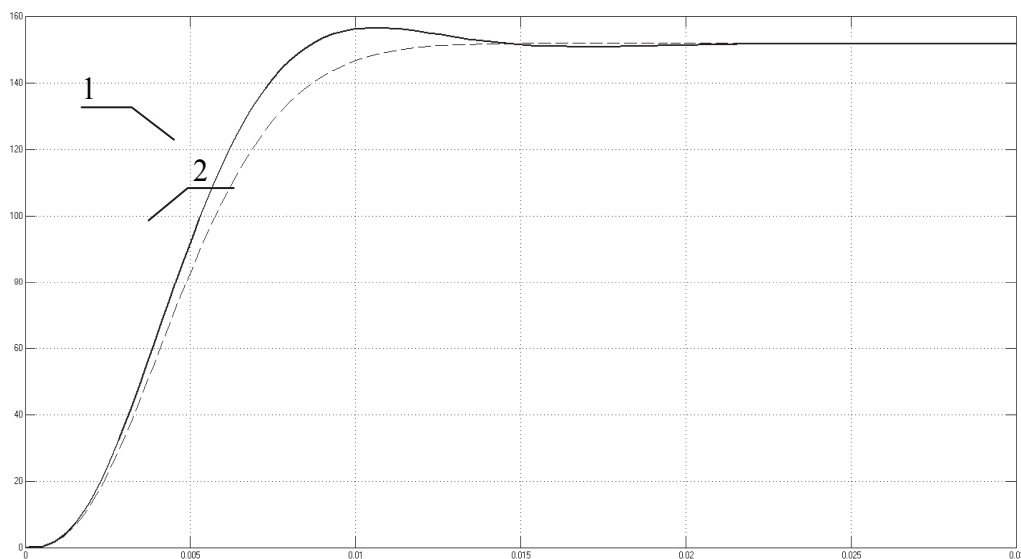


Рис. 11. Графики переходных процессов по скорости: 1 – исходной системы с классическим регулятором; 2 – системы с упрощенным нечетким регулятором Сугено

Известен ряд методик, позволяющих оптимизировать количество и качество производственных правил в базе знаний, но комплексного подхода к сокращению ряда характеристик нечетких логических регуляторов не существует. В статье показана возможность по оптимизации основных составляющих нечетких регуляторов, которая позволяет в дальнейшем использовать их для программирования промышленного или полупромышленного контроллера с целью реализации быстрого технологического процесса. Необходимо отметить, что снижения информационной избыточности нечеткого логического регулятора представляют итерационный процесс, в первую очередь связанный с изменением формы функций принадлежности на аппроксимированные аналоги, а также их количества в сторону сокращения. Следующий шаг этого процесса напрямую затрагивает содержимое базы правил, а именно ее сокращение в соответствии с изменившимся составом параметров лингвистических переменных. Третий шаг оценивает избыточность нечеткого логического регулятора по числу входных лингвистических переменных. Последним, что может быть оптимизировано с точки зрения сокращения информационной избыточности, является сам алгоритм нечеткого логического вывода. Подобный алгоритм может быть зациклен до тех пор, пока будут соблюдаться необходимые требования к качеству характеристик системы управления в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соловьев, В. А. Искусственный интеллект в задачах управления. Интеллектуальные системы управления технологическими процессами / В. А. Соловьев, С. П. Черный. – Владивосток: Дальнаука, 2010. – 63 с.
2. Черный, С. П. Моделирование следящей системы управления с применением многокаскадного нечеткого регулятора / С. П. Черный, И. Е. Бичаев // Электротехнические комплексы и системы управления. – Воронеж: Кварта. – 2014. – № 1(33). – С. 47-54.
3. Соловьев, В. А. Многокаскадные нечеткие системы управления мобильной установкой пиролиза древесины / В. А. Соловьев, С. П. Черный, А. И. Малюкова // Электротехнические комплексы и системы управления. – Воронеж: Кварта. – 2010. – № 3. – С. 45-51.
4. Черный, С. П. Нечеткая многокаскадная система управления электроприводом постоянного тока / С. П. Черный, Д. А. Новак // Электротехнические комплексы и системы управления. – Воронеж: Кварта. – 2012. – № 4(28). – С. 56-60.
5. Пегат, А. Нечёткое моделирование и управление / А. Пегат. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 798 с.