

УДК 681.5

ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ МНОГОКОНТУРНЫМИ ТЕПЛОТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ И ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ АГРЕГАТАМИ

Нусс М.В., Трубаев П.А., Классен В.К., Погонин А.А.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Белгород, e-mail: maximnuss@yandex.ru

В работе предложена информационная система, предназначенная для контроля и анализа многоконтурных теплоэнергетических и теплотехнологических агрегатов и определения требуемых управляющих воздействий. Отличительной особенностью анализа теплотехнологического или теплоэнергетического процесса являются декомпозиция объекта, заключающаяся в разбивке агрегата на части (зоны), оценке теплового состояния каждой зоны, и по полученному вектору состояния нахождение методов перераспределения теплоты между зонами. Такой подход позволяет разделить задачи получения контрольной информации и принятия решений, что делает анализ независимым от конкретной системы контроля. Предложен усовершенствованный нечеткий вывод, учитывающий большое количество входных параметров модели, и адаптированный к свойствам параметров тепловых установок способ построения функции принадлежности.

Ключевые слова: управление, нечеткий вывод, теплотехнология, теплоэнергетика

FEATURES OF MANAGEMENT OF MULTIPLE-LOOP WARMLY TECHNOLOGICAL AND HEAT POWER UNITS

Nuss M.V., Trubaev P.A., Klassen V.K., Pogonin A.A.

Belgorod Shukhov State Technological University, Belgorod, e-mail: maximnuss@yandex.ru

The informational system for the control and the analysis of multiple-loop heat power and heat technological assemblies and definition of demanded control actions is in-process offered. Distinctive feature of the analysis of heat technological or heat power process is installation decomposition. The assembly is segmented (zones), be yielded an estimate of a thermal state of each band. On the gained state vector methods of disproportionation of warmth between bands are spotted. Such approach allows to part problems of reception of a checking information and decision-making. It does the analysis independent of the concrete monitoring system. The advanced fuzzy output considering a considerable quantity of input parametres of model is offered. The expedient of build-up of function of a fitting is offered adapted for properties of parametres of thermal units.

Keywords: control, fuzzy output, heat production engineering, heat power engineering

Промышленные теплотехнологические и теплоэнергетические установки, как правило, являются многозонными, где в одном агрегате в отдельных зонах происходят определенные процессы или комплекс процессов. Примером может служить конденсационный водогрейный котел [1], в котором выделены радиационная и контактно-рекуперативная часть, или цементная вращающаяся печь, в которой можно выделить от двух (горячая и холодная часть) до семи-восьми технологических зон. Из-за взаимосвязи процессов, протекающих в таких агрегатах, задача анализа и управления имеет определенную сложность, так как любое воздействие влияет на большую часть происходящих в агрегате процессов. Систему управления такими агрегатами имеют несвязно последовательно и параллельно связанных между собой контуров, использующих разнообразную информацию о состоянии объекта управления.

Создание математических моделей для подобных промышленных объектов встречает большие трудности и на сегодняшний момент не является эффективным. Это связано со следующим.

1. Из-за сложности и большого количества взаимосвязанных процессов детерминированные модели строятся с большим количеством упрощений, сильно снижающими адекватность и универсальность моделей.

2. Модель с достаточной для задач управления степенью точности описывают конкретный объект, и каждое изменение какого-либо параметра (например, свойств сырья, вида выпускаемого цемента или способа навески цепной завесы) требует уточнения модели или создания новой.

3. Существующие системы контроля агрегатов, как правило, не обеспечивают модель необходимым объемом данных. Значительная часть параметров может быть измерена с большой погрешностью или получена только в виде словесного описания. Это еще больше снижает точность детерминированных моделей.

При управлении сложными, не до конца изученными нелинейными системами, характеризующимися неполной и нечеткой информацией, часто применяются модели, построенные на основе теории нечетких множеств, где строится не модель объекта,

а модель управления объектом. Такие крупные фирмы, как F.L. Smidth, Polysius, KHD, Siemens разрабатывают и применяют системы с нечеткой логикой, начиная с 1979 года. Проведенный специалистами фирмы «F.L. Smidth» (Дания) анализ эксплуатации компьютерных систем с нечеткой логикой [2], установленных для промышленных агрегатов в различных странах мира, показал:

1. Применение автоматизированных систем на основе нечеткой логики привело к экономии топлива от 2 до 4%, увеличению срока оборудования от 30 до 50% и улучшению качества выпускаемой продукции.

2. Для внедрения системы с нечеткой логикой требовалось некоторое время (около 4–6 месяцев), чтобы накопить достаточный опыт, прежде чем выработать стратегию контроля и управления.

Были выделены следующие преимущества таких систем:

1. Стратегия контроля и управления основана на практическом опыте и учитывает все особенности конкретного агрегата, так как модель основана на фактических данных его работы.

2. Не происходит замены «личности оператора» между рабочими сменами, что вносит дополнительную стабильность в работу агрегата.

3. Управляющие воздействия более плавные, и в то же время происходят раньше, чем производимые человеком-оператором.

В большинстве случаев в системах автоматизации используется алгоритм, являющийся реляционной моделью лингвистических правил и использующий вывод на основе меры возможности равенства двух нечетких множеств. Этот способ обладает рядом существенных недостатков, не позволяющих его применять для многоконтурных систем:

– использовался стандартный нечеткий композиционный вывод;

– количество используемых системами параметров не велико (до 8). Не представлены в качестве лингвистических переменных качественные параметры;

– не учитывается скорость изменения контролируемых параметров;

– не осуществляется необходимая связь нечеткой модели с существующими детерминированными ограничениями и дополнениями (например, контроль необходимого количества воздуха для горения топлива);

– наборы контролируемых и управляющих параметров жестко фиксировались, что приводит к неработоспособности системы, если по каким-либо причинам один из регистрирующих приборов выходит из строя;

– не осуществлялся плавный переход из одного режима работы агрегата в другой.

В работе предлагается информационная система, предназначенная для контроля и анализа многоконтурных теплоэнергетических и теплотехнологических агрегатов и определения требуемых управляющих воздействий.

Построение нечеткой модели состоит из следующих основных этапов:

1. Создание базы данных, которая включает в себя следующие элементы:

– создание наборов контролируемых и управляющих параметров;

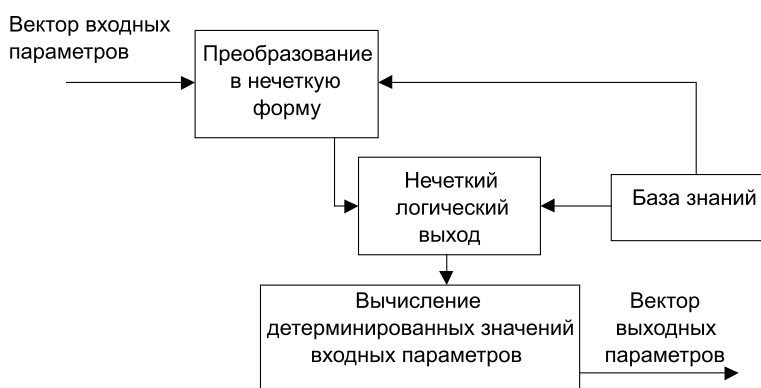
– представление параметров в виде лингвистических переменных, имеющих название, множества термов, множества значений и т.д.;

– выбор стандартных или получение новых функций принадлежности для терм – множеств параметров;

– построение множества правил.

2. Разработка алгоритма нечеткого вывода (используются имеющиеся или разрабатывается новый с учетом специфики решаемой задачи).

Последовательность этапов нечеткого логического вывода приведена на рисунке



Последовательность этапов нечеткого логического вывода

Как правило, в системах с нечеткой логикой используется нечеткий композиционный вывод [3]. Существенным недостатком вывода является то, что он предполагает хранение матриц нечетких отношений, количество и размер которых для реальных объектов довольно велики [4]. Другой недостаток – длительное, неприемлемое в реальном управлении время вычислений для нечетких импликаций, содержащих несколько входных параметров, и высокая вычислительная сложность вывода [5].

Альтернативой обычного композиционного вывода является вывод с помощью нечетких мер, принимающих значения в интервале [0, 1]. В качестве мер используются [6–8]: мера возможности, мера нечеткого включения и мера нечеткого равенства. Суть метода в нахождении степени сходства текущей фактической ситуации и базовых правил. Результатом нечеткого вывода является выход правила, для которого значение нечеткой меры максимально. Другой способ вывода, объединение выходов всех правил, взвешенных значениями нечетких мер:

$$\mu_{B'}(y) = \bigcup_{i=1 \dots n} [M_i \cap \mu_{B_i}(y)],$$

где $\mu_{B_i}(y)$ – функция принадлежности выходного нечеткого множества; n – количество базовых правил; M_i – нечеткая мера близости i -го базового правила и текущей ситуации; $\mu_{B_i}(y)$ – выход i -го правила.

Скорость вывода по этому методу существенно выше. Серьезным недостатком такого подхода является то, что вывод не зависит от формы функции принадлежности входных параметров и выходные значения для несколько похожих ситуаций всегда полностью идентичны, что не согласуется с интуитивными представлениями человека.

Таким образом, для учета специфики многоконтурных агрегатов разработан усовершенствованный нечеткий вывод, учитывающий большое количество входных параметров модели, а также адаптированный к свойствам параметров тепловых установок способ построения функции принадлежности.

Выбран следующий способ нечеткого вывода:

$$B' = \max_i \bigcap_j (A'_j \circ R_{ij}),$$

где B' – выходное нечеткое множество; A' – входное нечеткое множество; R – матрица нечеткого отношения, вычисляемая по одному из видов импликаций; i – номер правила; j – номер входного параметра; \circ – операция минимаксной композиции.

С учетом рассмотренных особенностей разработана информационная система,

предназначенная для контроля и анализа технологического состояния теплотехнологических и теплоэнергетических агрегатов и определения требуемых управляющих воздействий. В основе системы лежит оценка текущего теплового режима и определение необходимых воздействий для его изменения, заключающихся в управлении количеством подаваемой в агрегат теплоты, и перераспределении теплоты внутри него. Отличительной особенностью анализа является декомпозиция объекта, заключающаяся в разбивке агрегата на части (зоны), оценке теплового состояния каждой зоны, и по полученному вектору состояния определение методов перераспределения теплоты между зонами. Такой подход позволяет разделить задачи получения контрольной информации и принятия решений, что делает анализ независимым от конкретной системы контроля.

Оценка теплового состояния зон и определение управляющих воздействий по вектору состояний производится с использованием методов нечеткой логики и нечетких правил. Правила, в отличие от принятого подхода, основаны не на опыте работы операторов, а на теплотехнических и эмпирических зависимостях между параметрами процесса, анализе работы промышленных агрегатов и результатах лабораторных экспериментов. Таким образом, набор правил представляет собой нечеткую модель технологического или теплоэнергетического процесса и определяет стратегию управления.

Для использования в системе произведено дополнение нечеткого вывода, основанное на оценке соответствия нечеткого выходного множества и элементов множества термов управляющего параметра по расстоянию Хэмминга, что позволяет получать однозначный нечеткий вывод при большом числе параметров.

В результате разработанные методы на основании полученной информации о работе агрегата и заложенной стратегии управления позволяют построить модель управления многоконтурным агрегатом с целью получения рекомендаций для стабилизации его режима работы.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, ГК № 16.516.11.6146 от 07 октября 2011 года.

Список литературы

1. Пат. 2270405 Российская Федерация, МПК7 F 24 Н 1/00, F 24 Н 1/10. Водогрейный котел Кулешова М.И. / Кулешов М.И., Губарев А.В., Лапин О.Ф., Березкин С.В.; заявитель и патентообладатель Белгор. гос. технол. ун-т. – № 2004121787/06; заявл. 15.07.04; опубл. 20.02.06, Бюл. № 5 (II ч.). – 10 с.

2. Holmblad L. P. Erfahrungen mit der automatischen Oferüberwachung durch einen Computer und Fuzzy Logic / L.P. Holmblad // Verfahrenstechnik der Zementherstellung: VDZ – Kongreß' 85. – Wiesbaden; Berlin : Bauverlag, – 1987. P. 539–547.

3. Кафаров В. В. Системный анализ процессов химической технологии. Применение метода нечетких множеств / В.В. Кафаров, И.Н. Дорохов, Е.П. Марков – М.: Наука, 1986. – 390 с.

4. Мелихов А.Н. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой / А.Н. Мелихов, Л.С. Берштейн, С.Я. Коровин. – М.: Наука, 1990. – 272 с.

5. Методические основы аналитического конструирования регуляторов нечеткого управления / В.М. Лохин, И.М. Макаров, С.В. Манько, Н.П. Романов // Изв. РАН. Теория и системы управления. – 2000. – № 1. – С. 56–69.

6. Журид Б.А. Метод построения логико-лингвистических моделей интеллектуальных роботов / Б.А. Журид, В.Б. Силов // Изв. АН СССР. Техн. кибернетика. – 1983. – №5. – С. 188–193.

7. Параллельный процессор нечеткого вывода для ситуационных экспертных систем / Л.С. Берштейн, В.М. Казупеев, С.Я. Коровин, А.Н. Мелихов // Изв. АН СССР. Техн. кибернетика, 1990. – № 5. – С. 181–190.

8. Алиев Р.А. Реляционный подход к машинному представлению лингвистических продукционных правил и выводу решений / Р.А. Алиев, А.М. Бабаев // Изв. РАН. Теория и системы управления. – 1996. – № 5.

References

1. Patent of Russina Federation. MPK⁷ F 24 H 1/00, F 24 H 1/10. Kuleshov M.I., Gubarev A.V., Lapin O.F., Berezkin S.V. – № 2004121787/06.

2. Holmblad L. P. Verfahrenstechnik der Zementherstellung: VDZ – Kongreß' 85. Wiesbaden; Berlin : Bauverlag, 1987. pp. 539–547.

3. Kafarov V.V., Dorohov I.N. and Markov E.P. Sistemnyi analiz processov himicheskoi tehnologii. Primenenie metoda nechetkih mnojestv [The system analysis of processes of chemical engineering. Application of a method of fuzzy assemblage]. Moskow: Nauka, 1986. 390 p.

4. Melihov A.N., Bershtein L.S. and Korovin S.Ya. Situacionnye sovetuyuschie sistemy s nechetkoi logikoi [Situational advising systems with fuzzy logic]. Moskow: Nauka, 1990. 272 p.

5. Lohin V.M., Makarov I.M., Man'ko S.V. and Romanov N.P. Izvestiya RAN. Teoriya i sistemy upravleniya, 2000. no. 1. pp. 56–69.

6. Jurid B.A. and Silov V.B. Izvestiya AN SSSR. Tehnicheskaya kibernetika, 1983. no. 5. pp. 188–193.

7. Bershtein L.S., Kazupeev V.M., Korovin S.Ya. and Melihov A.N. Izv. AN SSSR. Tehn. ki-bernetika, 1990. no. 5. pp. 181–190.

8. Aliev R.A. and Babaev A.M. Izvestiya RAN. Teoriya i sistemy upravleniya, 1996. no. 5. pp. 21–24.

Рецензенты:

Жиляков Е.Г., д.т.н., профессор, зав. кафедрой информационно-телекоммуникационных систем и технологий, ФГАОУ ВПО НИУ»БелГУ» (Минобрнауки России), г. Белгород;

Беседин П.В., д.т.н., профессор по кафедре общей химической технологии, зав. кафедрой прикладной химии ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» (Минобрнауки России), г. Белгород.

Работа поступила в редакцию 25.06.2012.