

Zargarjan Jury Arturovich

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: jury.zargaryan@gmail.com.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: +78634371773.

The Department of Automatic Control Systems; Postgraduate Student.

Kosenko Olesya Valentinovna

E-mail: O_kosenko@mail.ru.

Phone: +78634393029.

Leading Engineer.

УДК 62-6

Д.И. Ряшенцева, С.В. Кирильчик

**НЕЧЕТКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ
ТЕПЛОГЕНЕРИРУЮЩЕЙ УСТАНОВКИ**

Представлена модель управления параметрами теплогенерирующей установки, не требующая использования ПИД-регулятора. Показан алгоритм обработки информации в нечетком контроллере, в ходе применения которого ликвидируются или сокращаются ошибки из-за изменения нагрузки и различных режимов работы. Представлена возможная схема регулятора для контроля расхода топлива и расхода воздуха. Также показана разработка нечеткой модели с продукционными правилами нечеткого вывода. Разрабатываемая система позволит повысить экономичность процесса горения за счет применения более быстрого действующего метода контроля.

Нечеткая логика; продукционные правила, нечеткий контроллер, регулятор подачи топлива и воздуха.

D.I. Ryashenceva, S.V. Kirilchik

THE FUZZY CONTROL MODEL FOR ENERGY UNIT PARAMETERS

The control model for energy unit parameters which does not require the PID controller using is presented in the paper. The algorithm of information processing in a fuzzy controller is shown, which using eliminate and reduce errors due to changes in capacity and various operation methods. The possible scheme of the control fuel flow and air regulator is presented. Also the development of a fuzzy model with fuzzy production rules is shown. The developed system will improve the efficiency of the burning process through the use of a rapid method of control.

The fuzzy logic; the control rules; the fuzzy controller; flow of fuel and air regulating controller.

Моделирование систем управления параметрами теплогенерирующей установки на примере котельной в настоящее время имеет значительный интерес, особенно с постоянным ростом цен топлива и большим влиянием на рынок производства. Тем более, что нечеткая логика удобна при ее огромной эффективности, благодаря чему уменьшается количество незапланированных отключений системы.

Преимущество нечеткой логики при ее применении в системе управления установкой – возможность создавать системы управления, использующие возможности человеческого мышления, знания и опыта. Появляется возможность применять опыт операторов в нечеткой системе управления.

Большинство котлов работает в неоптимальных режимах, в том числе и при наличии необорудованных устройств контроля режима горения. Применение клас-

сических методов контроля и управления режимом горения, таких как контроль содержания кислорода в уходящих газах, для котельных агрегатов с большим числом горелок, снабженных индивидуальными органами управления, является недостаточно эффективным, так как отсутствует возможность оптимального распределения нагрузки между горелками.

Существует ряд разработок, основывающихся на применении оптических датчиков контроля пламени горелок. Контроль оптимального соотношения «топливо – воздух» на горелках осуществляется путем анализа цвета пламени по сигналам оптических датчиков. Информация, поступающая на датчик, имеет стохастический характер, а зависимости между сигналами датчиков и режимами горения могут быть установлены только эмпирически и зависят от нагрузки объекта. Следовательно, разработать ПИД – регулятор с фиксированными настройками для управления горелками не представляется возможным. На основании этого будем пользоваться нечеткой логикой для построения нечеткого регулятора, как наиболее удобного в данном случае.

Примем, что котёл характеризуется такими параметрами, как расход воды, расход топлива, давление пара и т.д. Функционирование отдельной горелки определяется установленным для этой горелки расходом топлива и соотношением «топливо-воздух» α .

Использовать нечёткую логику в котлоагрегате можно на уровне управления режимами горелок. Значения выходов нечеткой модели в данном случае будут такими: «включить», «отключить», «изменить число включенных горелок». Эта методика позволяет построить систему управления подачей воздуха в горелку.

Более перспективным является применение нечетких регуляторов, непосредственно регулирующих соотношение «топливо-воздух» отдельных горелок и оптимизирующих таким образом режим горения.

Такая система будет поддерживать значение α , близкое к оптимальному, на основании нечеткой информации, полученной от оптико-электронных датчиков контроля факела. Нечеткий контроллер в этом случае будет изменять положение воздушной заслонки горелки.

На основе интеллектуальных технологий можно организовать систему автоматизации управления режимом горения, имеющую иерархическую структуру.

Работа такой системы происходит следующим образом: система управления котлом (верхний уровень) планирует распределение нагрузки котла по горелкам с учетом их особенностей. Система управления горелкой выбирает оптимальный режим или диагностирует состояние горелки и сообщает системе управления котлом [1].

Алгоритм функционирования нечеткого контроллера (нечеткого регулятора) определим, исходя из следующей системы уравнений [2]:

$$\{\tilde{R}_i\}_{i=1}^k = \begin{cases} \tilde{R}_1 : \tilde{A}_1 \circ \tilde{r}_1 = \tilde{A}_1 \circ (\tilde{A}_{11} \rightarrow \tilde{A}_{21}) = \tilde{B}_1; \\ \tilde{R}_2 : \tilde{A}_2 \circ \tilde{r}_2 = \tilde{A}_2 \circ (\tilde{A}_{12} \rightarrow \tilde{A}_{22}) = \tilde{B}_2; \\ \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \\ \tilde{R}_k : \tilde{A}_k \circ \tilde{r}_k = \tilde{A}_k \circ (\tilde{A}_{1k} \rightarrow \tilde{A}_{2k}) = \tilde{B}_k; \end{cases}$$

$$\tilde{B} = \bigcup_{i=1}^k \tilde{B}_i, \quad z = dfz\tilde{B},$$

где « \circ » – композиция нечетких отношений; « \rightarrow » – нечеткая импликация; $\{\tilde{R}_i\}_{i=1}^k$ – база правил (совокупность нечетких продукционных правил); $\tilde{B}_i, i = \overline{1, k}$ – локальный вывод из правил; \tilde{B} – общий вывод из базы правил $\{\tilde{R}_i\}_{i=1}^k$; $\tilde{A}_i = \text{fuzz}(x), i = \overline{1, k}$ – процедура преобразования физической (числовой) величины в нечеткую переменную (fuzzification – англ.), fuzz – операция фаззификации; dfz – процедура дефаззификации, т.е. $z = \text{dfz } \tilde{B}$ – преобразование нечеткого множества \tilde{B} в физическую переменную z.

Исходя из структурной схемы, можно построить алгоритм работы контроллера [2].

Алгоритм обработки информации в нечетком контроллере представлен ниже. (рис. 1).

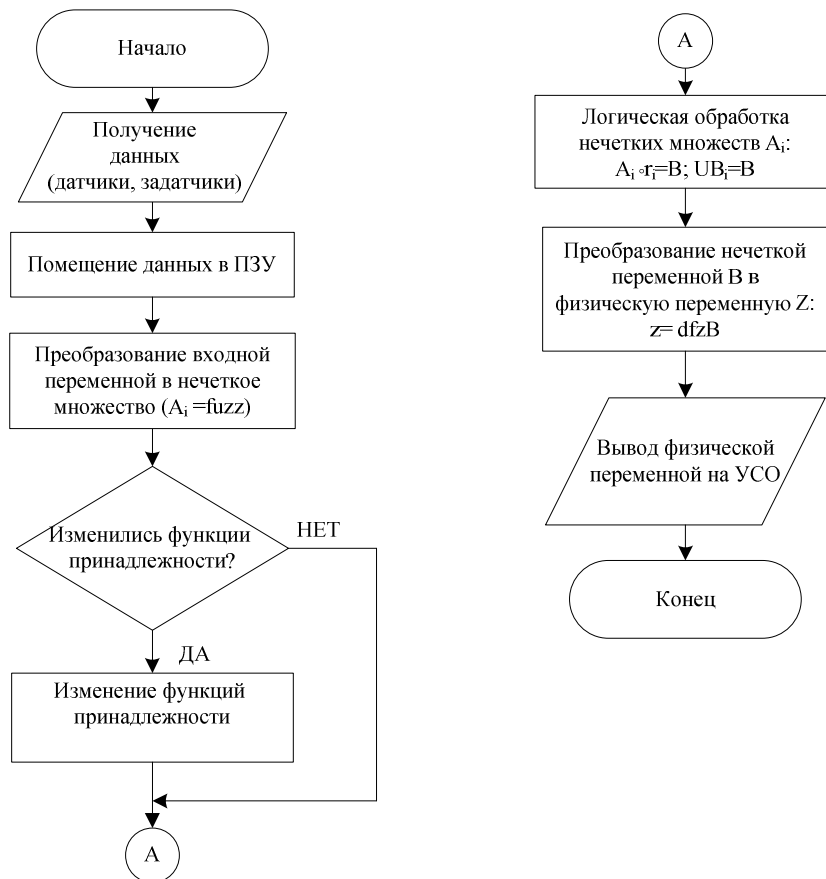


Рис. 1. Алгоритм обработки информации в нечетком контроллере

Применяемые регуляторы используются аналогично традиционным регуляторам с обратной связью. Определение управляющих воздействий состоит из четырех основных этапов (рис. 2).

- 1) получение отклонения;

- 2) фаззификация;
- 3) оценка входного значения по заранее сформулированным правилам принятия решения посредством композиционного правила вывода;
- 4) вычисление детерминированного выхода, необходимого для регулирования процесса [2].

Описываемый здесь подход значительно расширяет сферу взаимодействия человек–машина посредством формализации нечетких алгоритмов.

При создании нечеткого логического регулятора нет необходимости в создании точной математической модели. Достаточно приблизительное представление о соотношении входных и выходных переменных, описывающих процесс.

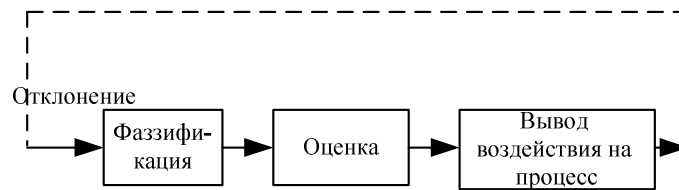


Рис. 2. Определение управляющего воздействия

Достоинством нечеткого алгоритма является сочетание его описания в виде близких к естественному языку инструкций с возможностью получения в результате его исполнения четкого числового значения управляющего воздействия.

Реализация в дальнейшем нечеткого контроллера, может быть, например, в удобном прикладном пакете программ Matlab. На основании нечеткого контроллера можно построить систему управления котлом, которая может быть реализована в любой SCADA-системе.

Интеллектуальная система управления котлом способна выполнять следующие функции: контролировать давление, контролировать температурное состояние поверхности котла, водный режим котла, проводить сбор и архивирование оперативной информации о работе установки для уменьшения количества аварий и перегрузок.

Достоинством предложенного метода управления котлоагрегатом является ряд «плюсов»: система управления, работающая с данным методом, не требует разработки новых аппаратных средств, встраивается в существующую систему управления котлом, таким образом, наблюдается экономический эффект – снижение потерь топлива.

В ходе применения такого контроллера с нечеткой моделью управления ликвидируются или сокращаются ошибки из-за изменения нагрузки и различных режимов работы.

Недостатком метода является то, что этот метод не дает решения в общих случаях, следовательно, этот контроллер не может быть использован для управления другими подобными объектами без перенастройки либо он должен быть реализован в классе нечетких систем управления с адаптацией.

В качестве критерия эффективности выберем функцию КПД $\eta=f(\alpha)$. КПД рассчитывается как интегральная функция и не учитывает особенностей работы отдельных горелок.

Построим регулятор для «параметра α », используя все перечисленное выше. Входами регулятора являются:

- ◆ сигналы от датчиков контроля пламени x_1, x_2 , характеризующие температуру пламени и режим горелки;

- ◆ текущую нагрузку горелки $Q_{зад}$ или текущий расход топлива V_T ;
- ◆ текущий расход воздуха или соотношение «топливо-воздух».

Выходом регулятора является значение соотношения «топливо-воздух», поступающее на регулятор подачи воздуха горелки.

Представим возможную схему регулятора (рис. 3).

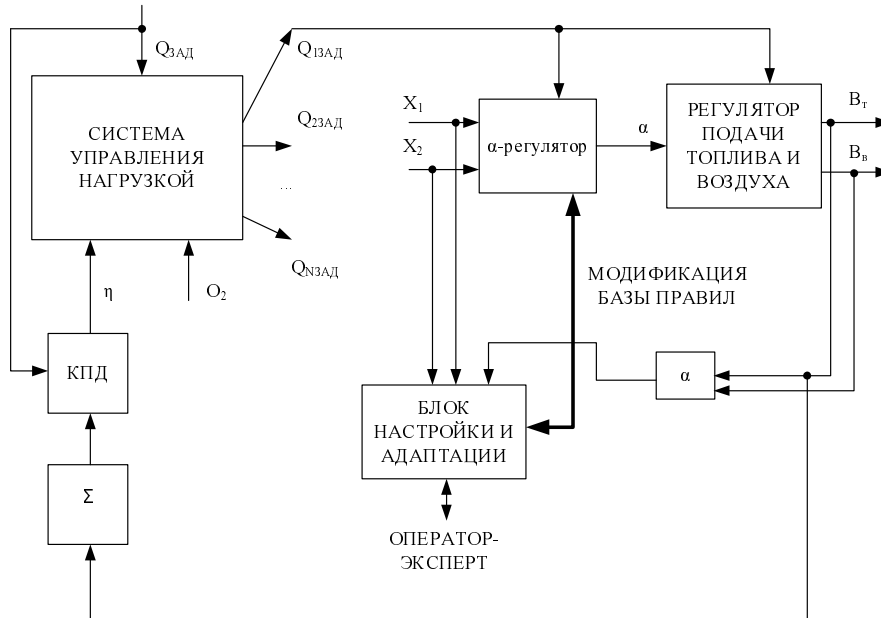


Рис. 3. Регулятор для контроля расхода топлива и расхода воздуха

Информация с датчиков носит стохастический характер. Она поступает в регулятор в виде сигнала с диапазоном 4–20 мА. На схеме регулятора информация с датчиков изображена как X_1, X_2 .

Интегральная характеристика зависимости η от коэффициента α при некоторой постоянной нагрузке котла показана на рис. 4. Аналитических зависимостей значений сигналов датчиков контроля пламени от коэффициента α не существует. Имеются только эмпирические данные о соответствии значений сигналов режимов горения.

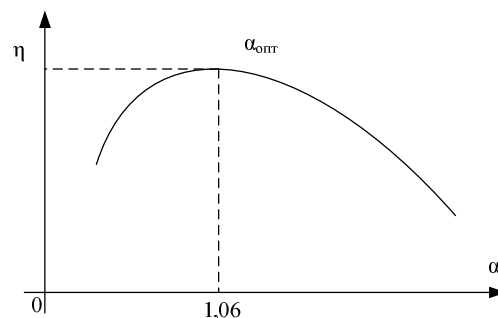


Рис. 4. Интегральная характеристика зависимости КПД от α

Представим значения сигналов лингвистическими переменными:

$$X_i = \{ \text{«недожог»}, \text{«норма»}, \text{«избыток воздуха»} \}.$$

Для создания значения лингвистических переменных запишем термножества, заданными соответствующими параметрами в области изменения параметров X_1, X_2 .

Запишем нечеткую целевую функцию системы управления как $\tilde{C}(X_1, X_2)$. Значением целевой функции будет нечеткое множество (область) на множестве значений $X_1 \times X_2$, определяющее оптимальный с точки зрения экспертов режим работы.

Выходную переменную (решение) также представим нечеткой переменной α .

Пример решения (лингвистическое правило): «если имеет место значительное отклонение от цели в сторону недожога, то увеличить избыток воздуха к горелке».

Чтобы система управления могла функционировать во всем диапазоне нагрузок котла, необходимо задать целевую функцию в виде $\tilde{C}(x_1, x_2, Q)$, то есть ввести дополнительную переменную «нагрузка», либо задать правило выбора целевой области (нечеткого разбиения) в зависимости от нагрузки. Обозначенные вопросы требуют проведения дополнительных исследований.

Нечеткое разбиение области значений параметров для некоторого режима нагрузки (рис. 5) выглядит как поверхность, разбитая на части:

- 1) недожог;
- 2) избыток воздуха;
- 3) оптимально.

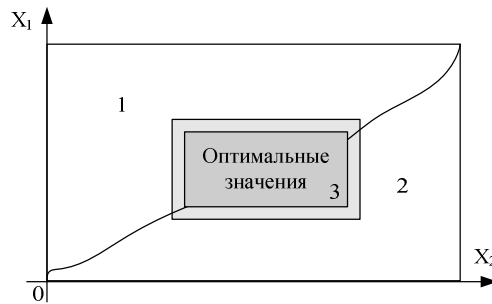


Рис. 5. Область желательных значений переменных

Разрабатываемая система позволит повысить экономичность процесса горения за счет применения более быстродействующего метода контроля, что позволит принимать своевременные и адекватные решения по выбору и распределению нагрузки котлоагрегата.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алиев Р.А., Церковный А.Э. Управление производством при нечеткой исходной информации. – М.: Энергоатомиздат, 1991.
2. Деменков Н.П. Нечеткое управление в технических системах издат. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана.
3. Соколов М., Цветков Л. Автоматизированная система управления водогрейными котлами КВГМ_100 тепловой станции // СТА. – 2002. – № 1.
4. Пупков К.А. Методы робастного, нейронечеткого и адаптивного управления // Под ред. Н.Д. Егупова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002.
5. Финаев В.И. Модели систем принятия решений: Учеб. пособие. – Таганрог: ТРТУ, 2005. – 118 с.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор В.Е. Золотовский.

Ряшенцева Дарья Ильдаровна

Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: darial_87@mail.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 88634371773.

Кафедра систем автоматического управления; ассистент.

Кирильчик Светлана Валерьевна

E-mail: fin_val_iv@tsure.ru.

Кафедра систем автоматического управления; соискатель.

Ryashenceva Daria Ildarovna

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: darial_87@mail.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: 88634371773.

Department of Automatic Control Systems; Assistant.

Kirilchik Svetlana Valentinovna

E-mail: fin_val_iv@tsure.ru

The Department of Automatic Control Systems; Competitor.

УДК 004.3

М.А. Аллес, С.В.Соколов, С.М. Ковалев

**РЕАЛИЗАЦИЯ НЕЧЕТКО-ЛОГИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ НА ОСНОВЕ
ОПТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ***

Рассматривается одна из проблем в области создания интеллектуальных систем и устройств обработки информации – аппаратная реализация нечетко-логических устройств и систем обработки информации. Указаны недостатки существующих микропроцессорных средств обработки нечеткой информации и рассмотрены альтернативные принципы конструирования нечетко-логических систем обработки информации на основе оптических информационных технологий на примере оптического фаззификатора.

Нечеткая логика; микропроцессор; оптические информационные технологии; оптический фаззификатор.

M.A. Alles, S.V. Sokolov, S.M. Kovalev

**«FUZZY-LOGIC ALGORITHMS REALIZATION ON THE BASIS OF OPTIC
PROCESSING INFORMATION METHODS»**

Article is devoted one of the problems in the field of creation of intelligence processing information systems and devices – hardware realization of processing fuzzy information devices. Disadvantages of the present microprocessor devices fulfilling processing of the fuzzy information are considered. The attention is paid the alternate method of designe of processing fuzzy information devices and systems on the basis of optic information technologies (for examples, the optic fuzzyfication device is devoted).

Fuzzy logic; microprocessor; optic information technologies; optic fuzzyfication device.

* Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 10-07-00158.