

УДК 681.5

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕГУЛЯТОРА НА БАЗЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТУРБОГЕНЕРАТОРОМ

**Бикметов А.Г., Хафизов А.М., Вахитова А.Р., Сиротина Е.В.,
Палаева Л.В., Гилязетдинова А.М.**

*Филиал ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»,
Салават, e-mail: alik_hafizov@mail.ru*

В данной статье рассматривается один из основных объектов системы автоматического управления турбогенератора – цифровой регулятор напряжения. Разработана каскадная система регулирования выходного напряжения с турбогенератора путем изменения значений тока возбуждения с помощью регулятора, реализованного на базе нечеткой логики. Для этого был произведен выбор необходимых регуляторов для каскадной системы, расчет оптимальных настроечных параметров. С целью управления была создана универсальная программа выработки согласно заданным значениям матрицы базы знаний для нечеткого регулятора. Продемонстрированы преимущества применения программного метода построения базы знаний регулятора. Переходный процесс основного регулируемого параметра $y(t)$ в каскадной системе при поступлении на вход единичного ступенчатого задающего воздействия смоделирован в дополнительном пакете Simulink комплекса Matlab.

Ключевые слова: нечеткая логика, регулятор, переходный процесс, турбогенератор, функции принадлежности

THE SIMULATION CONTROLLER ON THE BASIS OF FUZZY LOGIC TO CONTROL THE TURBINE GENERATOR

**Bikmetov A.G., Khafizov A.M., Vakhitova A.R., Sirotina E.V.,
Palaeva L.V., Gilyazetdinova A.M.**

Branch of SEI HE «Ufa State Petroleum Technological University», Salavat, e-mail: alik_hafizov@mail.ru

This article discusses one of the main objects of the automatic control system of turbo-generator – the digital voltage regulator. A cascade system with output voltage regulation by changing turbine generator excitation current values using the controller, implemented on the basis of fuzzy logic. To this end, the choice was made necessary regulator for the cascade system, the calculation of the optimal coefficients. A universal program was created based on the current generation matrix base of knowledge for the fuzzy controller in order to control. We pointed out the advantages of application software method of construction of the regulator's knowledge base. From the operator station of the turbine control system to the voltage regulator an interface is provided. The transition process the main adjustable parameter $y(t)$ in a cascading system upon entry of a unit step specifies the impact we modeled in an additional set of Simulink in Matlab. From the turbine control system to the voltage regulator an interface is provided. The voltage regulator operates through this interface from the operator station of the turbine control system.

Keywords: fuzzy logic, controller, the transition process, turbine generator, membership functions

С применением современных средств обеспечивается необходимый уровень регулирования и поддержки оптимальных значений параметров при работе электрооборудования. Одним из востребованных шагов на пути совершенствования средств является применение современных персональных компьютеров и соответствующего программного обеспечения. В связи с этим разработка и исследование в области интеллектуальных систем является перспективной задачей для нефтяной промышленности и топливно-энергетического комплекса в целом [8–10].

Объектом совершенствования системы автоматического управления турбогенератора в данной работе является цифровой регулятор напряжения.

Регулятор напряжения настраивает возбуждение генератора под преобладающие условия и уставные значения. От системы

управления турбины к регулятору напряжения предусмотрен интерфейс.

Регулятор напряжения работает через этот интерфейс от операторской станции системы управления турбины. Можно менять уставные значения и заранее выбирать различные режимы работы [7].

Контроль над всеми основными узлами и системами турбогенератора осуществляется с помощью преобразователей, подключенных к установке централизованного контроля. Для контроля параметров системы охлаждения (давления, расходов дистиллята, охлаждающей воды, давления масла в уплотнениях вала) и параметров системы возбуждения предусмотрена контрольно-измерительная аппаратура, позволяющая непрерывно автоматически или визуально контролировать необходимые величины, фиксировать отклонения от заданных значений и предупреждать о них [2].

В результате исследований была разработана каскадная система регулирования выходного напряжения с турбогенератора путем изменения значений тока возбуждения с помощью регулятора, реализованного на базе нечеткой логики.

Произведен выбор необходимых регуляторов для каскадной системы, расчет оптимальных коэффициентов, а также создана модель регулятора на базе нечеткой логики в математическом комплексе Matlab [6].

Зависимость тока возбуждения I_v от тока нагрузки I_a показывает, каким должен быть ток возбуждения генератора, чтобы поддерживать его напряжение постоянным при изменении тока нагрузки. Как видно, с возрастанием нагрузки при $\varphi > 0$ следует повышать ток возбуждения, а при $\varphi < 0$ – снижать его. Чем больше угол φ по абсолютной величине, тем в большей степени необходимо изменять ток возбуждения.

Построение переходного процесса основной контролируемого параметра $y(t)$ в каскадной системе при поступлении на вход единичного ступенчатого задающего воздействия произведем в дополнительном пакете Simulink комплекса Matlab.

Основная функция нечеткого регулятора – вырабатывание выходного значения управления по текущим координатам системы.

Процедуру обработки входных данных в регуляторе можно описать следующим образом [4]:

– текущие значения входных характеристик преобразуются в лингвистические (фазификация);

– после получения лингвистических значений и с помощью базы правил контроллера производится нечеткий логический вывод, результатом которого являются лингвистические значения выходных переменных;

– расчёт «четких» значений управляющих параметров (дефазификация).

Для разработки базы знаний нечеткого контроллера необходимо решить следующие задачи:

– выбрать входные лингвистические переменные, основываясь на анализе поведения замкнутой системы регулирования в нужном режиме [5];

– назначить для каждой переменной набор лингвистических значений (термов);

– выбрать для каждого из термов аппроксимирующего нечеткого множества.

Для решения поставленной задачи необходим нечеткий регулятор с тремя входами и одним выходом. Нечеткая система осуществлена по типу Мамдани с тремя входными параметрами.

В появившемся окне FIS Edition установим количество входных и выходных параметров, диапазоны работы каждого параметра вручную (рис. 1–3).

Для лингвистического описания каждой входной переменной выбраны семь треугольных термов (NB, NM, NS, ZE, PS, PM, PB) и симметричные диапазоны изменения [4].

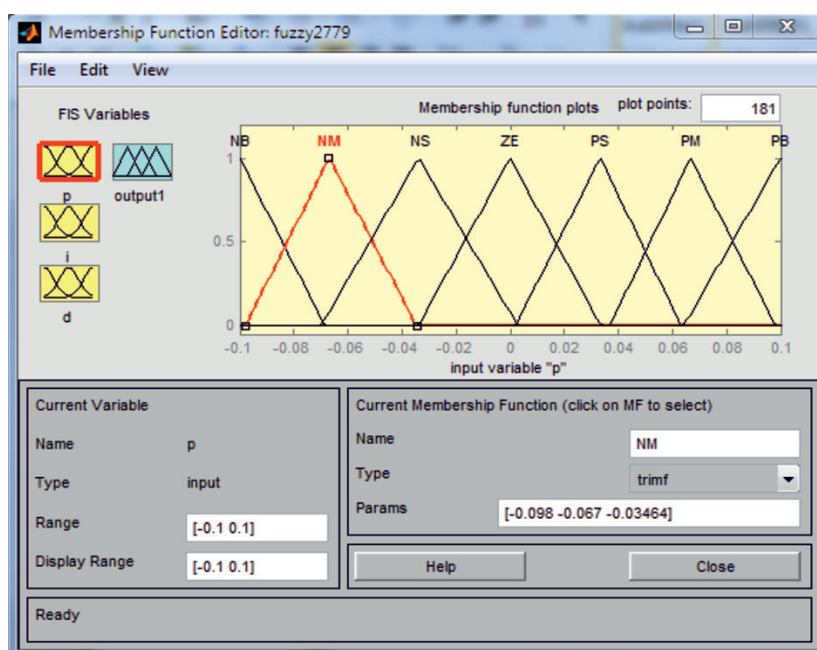


Рис. 1. Термы входных данных пропорциональной части нечеткого регулятора

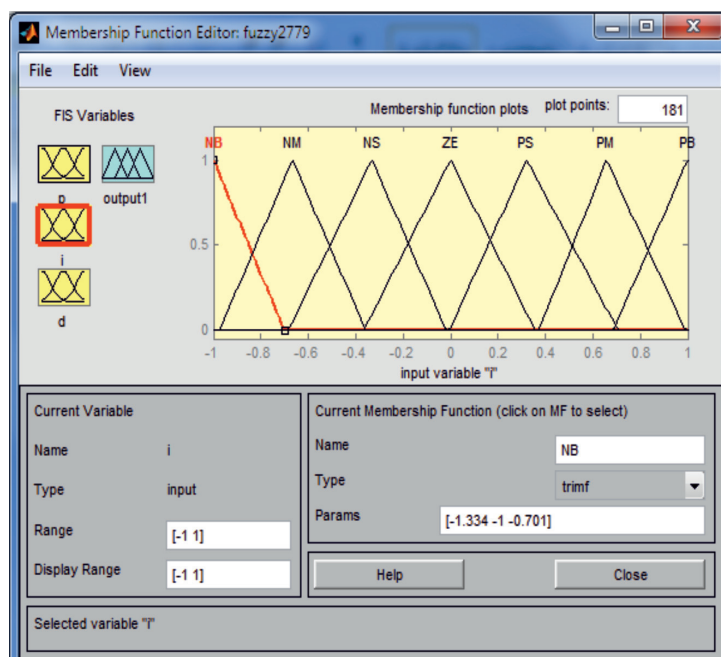


Рис. 2. Термы входных данных интегральной части нечеткого регулятора

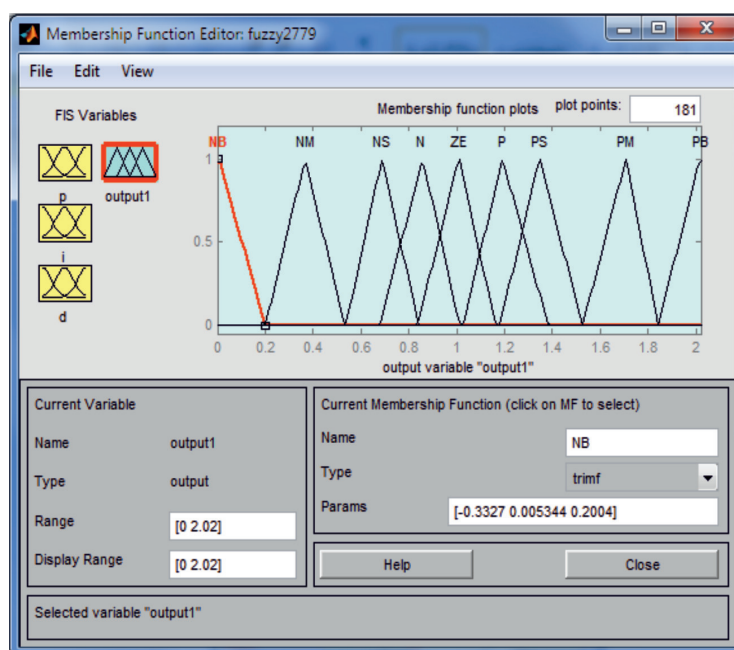


Рис. 3. Термы входных данных дифференциальной части нечеткого регулятора

С целью осуществления данного алгоритма управления была создана универсальная программа выработки согласно заданным значениям матрицы базы знаний для нечёткого регулятора. Работа этой программы заключается в следующем:

- вызывается сохраненная матрица элементов;

- определяются наибольшие по модулю значения каждого из входов и выходов;

- диапазон значений (от $-\max$ до $+\max$) каждого входа и выхода разбивается на термы с шагом, который задает пользователь;

- согласно принадлежности значений переменных (из полученной матрицы) на

каждом шаге к тому или иному терму сформировываются правила «вход – выход»;

- правила объединяются, если при изменении входов выход не меняет своих значений;
- также объединяются одинаковые правила;
- после выполнения данного алгоритма формируется база правил нечёткого регулятора.

Правила вырабатываются по типу «Если ... и ..., то ...».

Построили переходные процессы замкнутой системы и произвели анализ двух регуляторов в дополнительном пакете Simulink (рис. 4, 5).

Для загрузки базы знаний, которые необходимы для работы нечёткого регулятора, применили команду `fuzzy2=readfis('fuzzy2777')`. Также построили переходные процессы зам-

кнутой системы и произвели анализ двух регуляторов в дополнительном пакете Simulink (рис. 4) [1].

По итогам моделирования можно сделать вывод, что при заданных параметрах объекта регулирования системы с нечёткими регуляторами, выполненными согласно характеристикам существующих систем, имеют более высокие динамические показатели относительно классической системы (рис. 5) [3, 11].

Из рис. 5 следует, что выход объекта управления системы с нечётким регулятором (с построенной автоматически базой правил) обладает наименьшим перерегулированием, наиболее эффективен по быстродействию и почти не имеет колебаний.

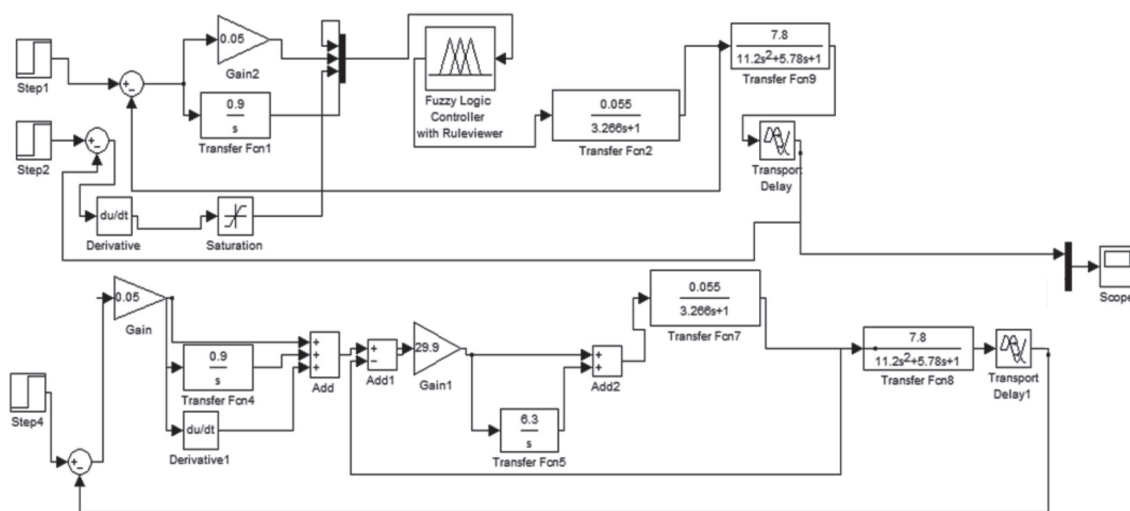


Рис. 4. Реализация каскадной системы в Simulink

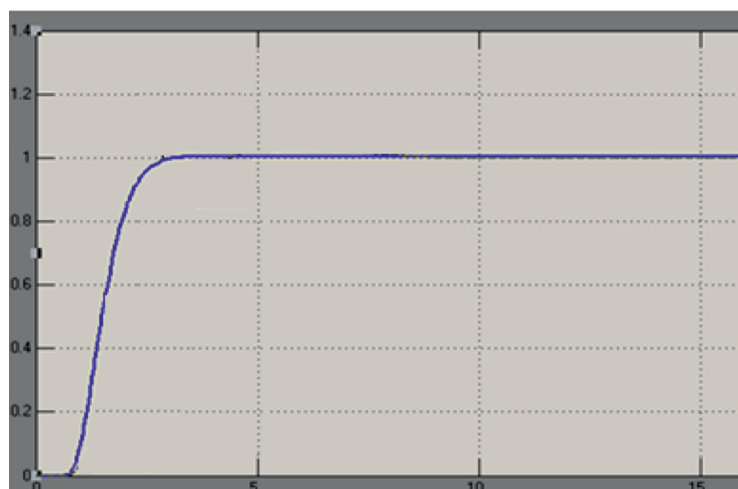


Рис. 5. Переходной процесс с использованием регулятора на базе нечеткой логики

Выводы

В данной работе была продемонстрирована возможность автоматизированного построения базы знаний для нечёткого логического регулятора. Программный метод построения базы знаний нечёткого регулятора позволил получить качественный переходный процесс для существующей системы нечеткого регулятора при регулировании напряжения на выходе с турбогенератора, путем изменения тока возбуждения, а также повысить безопасность при эксплуатации электрооборудования на тепловой электростанции.

Высокая производительность системы позволяет реагировать на любые изменения входных параметров и принимает необходимые решения для предотвращения различных проблем на установке за короткий промежуток времени.

Список литературы

1. Вильданов Р.Г. Бикметов А.Г. Самошкин А.И. Моделирование автоматической системы регулирования с fuzzy-регулятором // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 4.; URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=13483> (дата обращения: 27.02.2017).
2. Вильданов Р.Г. Перспективы внедрения интеллектуальной электрической сети в России / Р.Г. Вильданов, Е.И. Буланкин // Интеграция науки и образования в вузах нефтегазового профиля. Материалы Международной научно-методической конференции / редкол.: Н.Г. Евдокимова и др. – Уфа: изд-во УГНТУ. – 2016. – С. 150–153.
3. Кошелев Н.А. Разработка имитатора-тренажера для мониторинга технологических процессов и электрооборудования предприятий нефтегазовой отрасли / Н.А. Кошелев, Е.Г. Юхин, А.М. Хафизов // Материалы докладов XI Международной молодежной научной конференции «Тинчуринские чтения» / под общ. ред. ректора КГЭУ Э.Ю. Абдуллыянова. В 3 т.; Т. 1. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2016. – С. 27–28.
4. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб.: Питер, 2007. – 286 с.
5. Мироненко Я.В. Принцип построения нечеткой экспертной системы для обработки результатов диагностики высоковольтного оборудования посредством метода регистрации частичных разрядов / Я.В. Мироненко, В.А. Шахнин / Автоматизация и IT в энергетике. – 2013. – № 4 (45). – С. 17–22.
6. Пупков А.Н. Двухконтурное управление линейными динамическими системами и настройка параметров типовых регуляторов с использованием непараметрической модели / Н.Ф. Телешева, Р.Ю. Царев, А.В. Чубаров, О.В. Шестернева // Проблемы управления. – Красноярск: ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», 2013. – 190 с.
7. Фаворский О.Н. Выбор тепловой схемы и профиля отечественной мощной энергетической ГТУ нового поколения и ПГУ на ее основе / О.Н. Фаворский, В.Л. Полищук // Теплоэнергетика. – 2010. – № 2. – С. 2–7.
8. Хафизов А.М. Разработка системы «усовершенствованное управление» для оценки ресурса трубчатой печи и повышения эффективности противоаварийной автоматической защиты [Текст] / А.М. Хафизов, М.Г. Баширов, Д.Г. Чурагулов, Р.Р. Аслаев // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 12–3. – С. 536–539.
9. Хафизов А.М. Разработка системы «улучшенное управление» для оценки технического состояния электрооборудования с применением виртуальных анализаторов для предприятий нефтегазовой отрасли / А.М. Хафизов, Т.Н. Кильсинбаев, Т.И. Хакимов // Материалы докладов X Международной молодежной научной конференции «Тинчуринские чтения» – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2015. – С. 11–12.
10. Хафизов А.М. Разработка автоматизированной системы мониторинга технологических процессов и электрооборудования предприятий нефтегазовой отрасли / А.М. Хафизов, М.Г. Баширов, С.С. Фомичев, Р.Р. Аслаев // Материалы докладов X Международной молодежной научной конференции «Тинчуринские чтения» – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2015. – С. 24–25.
11. Юртаев Д.В. Перспективы применения имитаторов-тренажеров для нештатных ситуаций на установках с трубчатыми печами / Д.В. Юртаев, А.М. Хафизов // Наука. Технология. Производство-2015: тезисы докладов Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых / редкол.: Евдокимова Н.Г. и др. – Уфа: изд-во УГНТУ, 2015. – С. 67–69.