

# Применение нечеткой логики в задачах регулирования

Л. П. Козлова

Санкт-Петербургский государственный  
электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)  
tigrenok59@mail.ru

О. А. Козлова

Санкт-Петербургский государственный университет  
телекоммуникаций  
им. проф. М.А. Бонч-Бруевича  
k\_olga\_a@mail.ru

**Аннотация.** Современные системы предполагают высокую степень автоматизации технологических процессов. Решение данной задачи осуществляется путем разбиения на более мелкие спецификации. Одной из таких проблем является необходимость построения регулятора. Классические системы регулирования хорошо изучены и активно применяются, однако их эффективность сильно снижается при увеличении возможных состояний объекта. В таких случаях на помощь может прийти аппарат нечеткой логики. В статье рассматриваются его особенности.

**Ключевые слова:** нечеткая логика; регулятор; технологический процесс

## I. ВВЕДЕНИЕ

Сегодняшний рост промышленности обоснован, в том числе и совершенствованием систем технологического производства. Действительно, интеграция элементов искусственного интеллекта позволила решать различные задачи, которые ранее преодолевались исключительно с помощью ручного управления.

Среди прочих задач выделяется необходимость построения систем регулирования.

При решении данной проблемы необходимо учитывать спецификации конкретного производства, влияние окружающей среды, сложности связанные с вероятностным характером поведения системы, т. п.

## II. ПОНЯТИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Прежде чем разбираться с понятием автоматического регулирования введем понятие технологического процесса, общую схему которого можно представить следующим образом:

- на первой фазе происходит подготовительный процесс, который включает в себя приведение в рабочее состояние и проверку всех устройств, получение сырья, выбор режимов функционирования задач;
- вторая фаза предполагает непосредственно выполнение задач, поставленных перед производством;
- на третьей фазе анализируются результаты работы, и принимается решение о дальнейшей эксплуатации.

Особую сложность в автоматизацию всегда вносит структура системы, которая может отличаться высокой

степенью неопределенности в связи с разными факторами:

- собственным изменчивым характером поведения объекта;
- непостоянством окружающей среды;
- изменяющимися параметрами технологического процесса.

При построении систем автоматического регулирования рассматривается необходимость повышения качества управления при усложняющейся структуре системы. С другой стороны, необходимо учитывать уменьшение затрат на создание и эксплуатацию системы.

## III. СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ

Под автоматическими регуляторами, в общем смысле, понимаются системы управления, отслеживающие отклонение работы технологического процесса от заданных параметров, либо переключающие систему на требующийся заданный режим.

Процесс регулирования можно представить в виде закона, показывающего зависимость выходного сигнала регулятора ( $Y_p$ ) как некой функции от входного сигнала ( $X_p$ ) и времени ( $t$ ):

$$Y_p = f(X_p, t).$$

На рис. 1 представлена типовая структурная схема регулятора, где приняты следующие обозначения: Р – регулятор; ОУ – объект управления; УС – устройство сравнения;  $G(t)$  – задающее воздействие;  $E(t)$  – ошибка регулирования;  $U(t)$  – управляющее воздействие;  $Y(t)$  – регулируемая величина;  $F(t)$  – возмущающее воздействие.

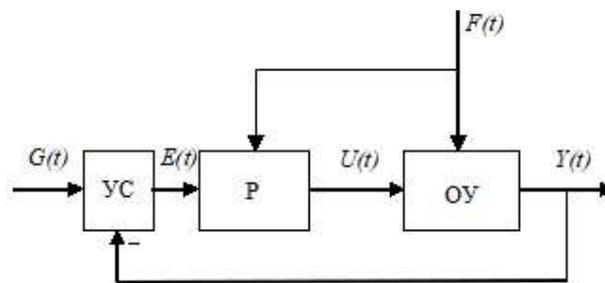


Рис. 1. Типовая схема регулятора

Понятно, что искомое выходное значение может получиться из разных входных параметров путем подбора оптимального управляющего воздействия, подбор которого обосновывается следующими вариациями:

- максимальным коэффициентом усиления;
- изменение управляющего воздействия максимальным образом компенсирует все возможные возмущения;
- динамические свойства выбранного воздействия оптимальны;
- при изменении временных параметров динамические и статические параметры остаются максимально неизменными.

К показателям качества регулирования относят:

- время регулирования;
- перерегулирование;
- ошибки регулирования;
- колебательность.

Классификация регуляторов возможна по различным принципам:

1. По заданным значениям объекта управления различают:

- стабилизирующие регуляторы, которые не позволяют управляемому объекту изменять свои показатели и поддерживают их постоянными;
- следящие регуляторы, в которых изменение управляемого объекта происходит по заданному закону;
- программные регуляторы, которые благодаря специальному алгоритму позволяют изменять управляемый объект на заданную величину.

2. По принципу воздействий, зависящих от времени:

- непрерывные;
- дискретные.

3. По количеству параметров регулирования:

- регулирование по одному параметру;
- регулирование по нескольким параметрам

4. В соответствии с установившимся режимом:

- статические – данные регуляторы отличаются тем, что заданный параметр регулирования не равен действительному значению регулируемого параметра;
- астатические, в которых заданное значение достигается вне зависимости от возмущающего воздействия.

5. В зависимости от энергии выделяются регуляторы:

- электрические;
- пневматические;

- гидравлические;
- комбинированные.

6. По принципу получения энергии:

- регуляторы прямого действия, которые получают энергию с измерительного устройства;
- регуляторы непрямого действия, которые используют внешний источник для получения энергии.

7. В соответствии со скоростью перемещения управляющего воздействия:

- релейного действия – характеризуются неизменной скоростью перемещения;
- позиционные регуляторы релейного действия – характеризуются минимизацией времени перемещения;
- вибрационные регуляторы – характеризуются тем, что регулирующий орган находится в непрерывном колебательном режиме, при этом, его период по отношению к постоянной времени, значительно меньше.

8. Область применения делит регуляторы на:

- специализированные;
- универсальные.

Как видно из типовой структуры и видов регуляторов, любая стандартная автоматизированная система имеет множество решений. Но возможно ли типизировать задачу, если она относится, например, к системам умного производства, ведь такие системы обладают полным набором сложностей, описанных выше.

В таких системах задача выбора регулятора сильно усложняется, а эффективность значительно снижается [1].

Для решения данной проблемы необходим математический аппарат, позволяющий более гибкое управление системой. Именно к таким структурам можно отнести применение нечеткой логики для задачи регулирования.

#### IV. СИСТЕМЫ НЕЧЕТКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

На рис. 2 представлена типовая схема нечеткого регулирования, где приняты следующие обозначения: Ф – фазификатор; БВ – блок ввода; БП – блок правил; Д – дефазификатор; ОУ – объект управления.

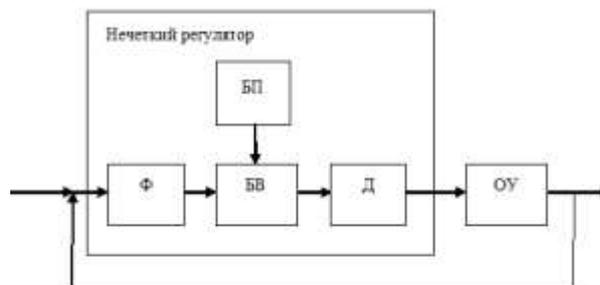


Рис. 2. Типовая схема нечеткого регулятора

В отличие от структуры, показанной на рис. 1, нечеткие регуляторы требуют перехода от реальных переменных к лингвистическим, для чего вводится блок фазификации. И, как логическое продолжение, необходима обратная процедура, за которую отвечает блок дефазификации.

При постановке понятия нечеткого регулятора необходимо вспомнить, что основной характеристикой нечеткого множества является степень принадлежности. Т.е., если классические системы могут присваивать объекту лишь одно значение, то нечеткие системы могут принимать любое значение в диапазоне  $(0,1)$ , где «0» предполагает полное отсутствие принадлежности, а «1» – абсолютная принадлежность, и сумма всех степеней принадлежности, должна равняться единице [2].

Таким образом, можно выделить три вида нечеткого регулятора:

#### 1. Логико-лингвистический регулятор

Построение регуляторов такого типа основывается на использовании композиционного правила вывода.

Составной частью логико-лингвистических регуляторов являются:

- правила вывода, связывающие данные, поступающие на вход и нечеткий выход;
- непосредственно заданные нечеткие множества;
- операции объединения;
- операции композиции с лингвистическими значениями переменных;
- нечеткие отношения одной или нескольких логических операций.

Описание системы, в результате можно представить в виде совокупности следующего вида:

$L_1$ : если  $x$  есть  $X_p^1$ , то  $y$  есть  $Y_p^1$ , иначе

$L_1$ : если  $x$  есть  $X_p^2$ , то  $y$  есть  $Y_p^2$ , иначе

...

$L_k$ : если  $x$  есть  $X_p^k$ , то  $y$  есть  $Y_p^k$ .

Отметим, что при составлении данной структуры, рассматривался для упрощения только один вход системы –  $x$  и один выход системы –  $y$ .

Особенностью данного метода является возможность использовать высказывания, не имеющие математической точности («немного больше», «чуть меньше», т. д.), что является явным достоинством как при работе с системами, изменчивыми по своей сути, так и при использовании опыта специалистов предметной области. Однако это же обстоятельство может наложить и погрешность на работу системы, несовместимую с требуемым результатом, поскольку является субъективным. Для повышения точности необходимо использовать комплексные методы изучения начальных условий.

Другим недостатком является ограничение на количество переменных, размерность которых не должно превышать трех.

2. Аналитические регуляторы предполагают преодоления недостатков логико-лингвистического подхода благодаря введению аналитических и численных методов параметрического анализа, синтеза и

идентификации линейных и нелинейных моделей с использованием нечетких динамических систем.

#### 3. Обучаемые нечеткие регуляторы

К основным требованиям, накладываемым на системы такого типа, можно отнести:

- возможность формирования реакции системы на поведение объекта, отличного от уже фиксированного в базе знаний;
- возможность перенастройки модели объекта, в зависимости от приобретенных знаний;
- расширение базы знаний.

К достоинству обучаемых регуляторов относят:

- повышение эффективности управления, путем максимально эффективной перенастройки системы на изменяющиеся внешние условия;
- лучше справляются с негативным влиянием внешней среды, чем повышают качество управления.

Помимо трех основных принципов построения нечетких регуляторов, возможно повышения качества управления путем комбинирования различных методов и средств, однако создание такой структуры невозможно формализовать, поскольку она зависит от конкретной задачи, поставленной в системе.

Нечетким регуляторам характерны следующие особенности:

- нелинейный характер регулирования объекта;
- регулирование воспроизводит непрерывную функцию с некоторой заданной точностью;
- управление строится на основе формирования множества правил, сочетание которых позволяет получить результат;
- правила являются логическими высказываниями и строятся по принципу «если..., то»;
- управление нечеткого регулятора является безынерционным.

#### V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современный рынок дает возможность использования множества различных видов регуляторов. Нечеткие системы выделяются, очевидно, улучшенной адаптацией и дают возможность большего вариатива для автоматизированных систем. Конечно, пока нельзя забывать и о тех сложностях, с которыми сталкиваешься при их проектировании, однако развитие данного направления только набирает обороты, а их возможности постоянно растут, что, в свою очередь позволяет улучшить качество систем, в какой-либо мере связанных с искусственным интеллектом.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Kozlova L.P., Belov A.M., Kozlova O.A. The Use of Neural Networks for Planning the Behavior of Complex Systems / Proceedings of the 2018 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus) January 29 - February 1, 2018 Saint Petersburg, Russia C. 902-904 DOI: 10.1109/EIConRus.2018.8317234
- [2] Козлова О.А., Козлова Л.П. Роботы тоже могут видеть // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2010, вып 10. 47–52 С.