

РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ БИОРЕАКТОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА НЕЧЕТКОЙ СИСТЕМЫ

Г.Б. Махмудов, М.Тухтамишова

Навоийский государственный горно-технологический университет

АННОТАЦИЯ

В этой статье рассматриваются вопросы регулирования температуры в биореакторе на основе нечеткой логики, используемой в процессе бактериального окисления золотосодержащих сульфидных руд.

Ключевые слово: *Нечеткая система, нечеткий регулятор, логика, функции принадлежности.*

ANNOTATION

This article discusses the issues of temperature regulation in a bioreactor based on fuzzy logic used in the process of bacterial oxidation of gold-containing sulfide ores.

Key words: *Fuzzy system, fuzzy controller, logic, membership functions.*

ANNOTATSIYA

Ushbu maqolada oltin tarkibli sulfidli rudalarning bakteriyali oksidlash jarayonida ishlatiladigan noravshan mantiq asosida bioreaktorda haroratni rostlash masalalari ko'rib chiqildi.

Kalit so'zlar: *n oravshan tizim, noravshan rostlagich, mantiq, tegishlilik funksiyalari.*

Нечеткое управление основано на нечеткой логике. Для этого логическая система, которая по духу гораздо ближе к человеческому мышлению и естественному языку, чем традиционные четкие логические системы. Переменные нечеткой логики не описываются как истинные или ложные значения. Вместо этого значения варьируются в интервалах от $[0,1]$. Нечеткая логика обеспечивает в качестве средства преобразования стратегию лингвистического управления. Правила этой стратегии основаны на экспертных знаниях, изобретенных оператором установки или инженером-проектировщиком. Особенно экспозиция включает обсуждение блоки фаззификации и дефаззификации, вывод базы данных и нечетких правил управления, определение нечеткой импликации и анализ механизмов нечеткого мышления. Нечеткая логика имеет то преимущество, что решение проблемы

можно формализовать в терминах, которые операторы-люди могут легко понять, чтобы их опыт можно было использовать при разработке контроллера [7-9].

Нечеткий регулятор нелинейный, потому что он не имеет простого уравнения, такого как ПИД, но также ПИД-регулирование неудобно в этом случае для установок более высокого порядка. Нечеткий контроллер действует или регулирует с помощью правил на более или менее естественном языке, основанном на отличительной особенности нечеткой логики. В контексте нечетких баз данных были определены некоторые языки нечетких запросов, в частности SQL и FSQL. Эти языки определяют некоторые структуры для включения нечетких аспектов в операторы SQL, такие как нечеткие условия, нечеткие компараторы, нечеткие константы, нечеткие ограничения, нечеткий порог, лингвистические метки и т. д. [3-5].

Нечеткая логика — это способ сделать машины более интеллектуальными, позволяя им рассуждать нечетко, как люди. Нечеткая логика, предложенная А.Л. Заде в 1965 году, возникла как инструмент для решения нечетких или качественных проблем принятия решений [1-2].

Каждый элемент является членом или не является членом множества согласно классической теории множеств. По этой причине принадлежность определяется всего двумя значениями. Наборы с такими двоичными функциями принадлежности называются нечеткими множествами. Нечеткая логика разрабатывается, а затем расширяет функцию принадлежности, чтобы допустить промежуточные значения, и, следовательно, может быть получена лучшая симуляция для описания человеческого мышления.

Нечеткое управление основано на нечеткой логике, которая, в свою очередь, основана на теории нечетких множеств. Если идею нечеткости объяснить просто: объекту разрешено иметь постепенное членство в множестве. Идея нечеткого множества доминирует над всеми производными математическими аспектами теории множеств. В нечеткой логике аргумент может быть более или менее верным. Значением истинности в нечеткой логике является действительное число в интервале $[0,1]$, но классическая логика представляет собой набор из двух значений истинности $\{0,1\}$.

Классическая логика может быть фаззифицирована многими способами. Основная проблема также состоит в том, чтобы найти удобную характеристику «вывода» [10]. Нечеткое рассуждение основано на правиле импликации *modus ponens*, которое основывается на характеристике вывода. Нечеткая система — это компромисс между математической точностью и инженерными требованиями. Если обратное описано пошагово, что предлагается:

- Прежде всего определитесь с законами, которые нужны.

- Дайте определение «И», «ИЛИ», «НЕ», «ВЫВОД» и «ЭКВИВАЛЕНТНОСТЬ».

- Проверить с помощью их таблиц истинности.

Нечеткая логика имеет множество применений, одно из которых - нечеткое управление. Можно многое сказать о нечеткой логике, а нечеткое управление применяет лишь часть склада операций и объяснений.

Нечеткая логика подходит для обработки информации. Обработка информации обычно необходима, когда она задана лингвистически выраженными алгоритмами в виде правил «ЕСЛИ-ТО». Например, операторы могут наблюдать за производственными процессами. Они могут контролировать действия на основе своего опыта с помощью простых правил «если-то». Использование его таким образом полезно для успеха с хорошими результатами [11-18].

Нечеткая логика не ограничена замкнутым циклом и разомкнутым циклом для приложений. Такие приложения также используются для обработки информации в измеренных выходных значениях, управлении операциями и планировании. Нечеткая логика помогает перенести опыт с компьютерного программирования.

Проблема применения нечеткого оператора выполнения действия может быть неизвестна. Поэтому нечеткая логика часто использует правила IF-THEN. Правила или конструкции, которые являются ответом, например, на нечеткие ассоциативные матрицы.

Обычно правила обозначаются в следующем виде:

ЕСЛИ переменная является свойством, ТО действие

Простой регулятор температуры, в котором используется вентилятор, может выглядеть следующим образом:

ЕСЛИ температура очень низкая, ТО остановите вентилятор

ЕСЛИ температура низкая, ТО выключите вентилятор

ЕСЛИ температура в норме, ТО поддерживайте уровень

ЕСЛИ температура высокая, ТО увеличьте скорость вентилятора

Используются все правила. Температура может быть «холодной» и «нормальной» одновременно в разной степени.

Операторы И, ИЛИ и НЕ могут быть определены с помощью булевой логики, которая существует в нечеткой логике. Это обычно идентифицируется как минимум, максимум и дополнение, когда они идентифицируются таким образом. Их называют «операторами Заде». Если проиллюстрировать нечеткие переменные X и Y:

$\text{НЕ } X = (1 - \text{истина}(X))$

$X \text{ и } Y = \min(\text{правда}(X), \text{правда}(Y))$

$X \text{ или } Y = \max(\text{истина}(X), \text{правда}(y))$

После именованя входов и выходов и их стандартизации следующим шагом будет определение функций принадлежности. Мы должны определить количество функций принадлежности для каждого входа и выхода и их формы. Стандартная форма - трапеция. Ее четыре угловые точки пронумерованы от 1 до 4. Присвоение значений процесса этим точкам определяет особую форму функций принадлежности.

Мы определяем функции принадлежности в окне входных свойств. Мы могли бы открыть окно на входе «temp» на блок-диаграмме. Позже мы решаем, сколько функций принадлежности у нас будет открыто диалоговое окно «вставить функцию принадлежности» и вводим число 2 в поле количества функций принадлежности. Мы можем определить до семи функций принадлежности для каждого входа.

Определенные функции сначала отображаются в виде треугольников. В данном примере в виде угловых треугольников. Треугольники вводятся таким образом, чтобы их влияние было одинаковым. После того, как мы внедрили функции принадлежности, мы можем присвоить им собственные имена. Эти имена могут содержать до 7 символов, но могут не содержать специальных символов. Они могут не начинаться с цифры. Если мы хотим изменить имя, выберите соответствующую функцию принадлежности из списка под двумя кнопками. Функции принадлежности переименования будет отрицательной, если холодная, и функции принадлежности, положительная, если горячая.

Если мы дважды щелкнем по блоку if...then левой кнопкой мыши, откроется таблица правил. Это диалоговое окно используется для настройки правил для нечеткой системы. Кроме того, мы можем редактировать правила в окне матрицы правил. С матрицей правил для этой нечеткой системы проще работать. Матрица работает с двумя входами и одним выходом. Таблица правил более приемлема для небольших систем с несколькими правилами или для больших систем с несколькими выходами. В таблице правил обычно столбец соответствует одному условию. В больших системах базовое правило близко к максимальным пределам. Мы можем уменьшить количество правил, выводя одно правило на несколько выходов.

Пример системы должен содержать четыре условия:

1. Если температура низкая, а давление низкое, то приток клапана
2. Если температура низкая, а давление высокое, то клапан закрыт.
3. Если температура высокая, а давление низкое, клапан закрыт.

4. Если температура высокая, давление высокое, то выпускной клапан более понятно использовать эту матрицу для определения этих правил.

Нечеткая логика - это метод принятия решений на основе правил, используемый для сложных систем и управления процессами. Нечеткая логика отличается от обычной булевой логики тем, что нечеткая логика допускает частичное членство в множестве. Мы можем использовать нечеткую логику для управления процессами, которые представлены субъективными и словесными комментариями. Нечеткая система - это система переменных, которые связаны с использованием нечеткой логики. Нечеткий контроллер определяется правилами для управления нечеткой системой. Система основана на обновленных значениях входных переменных.

Существует два метода вывода и дефаззификации в соответствии с методом центроидов. Это вывод \max - \min и \max - prod . Компьютерная программа обеспечивает выбор нужного инструментария проектирования. Самый простой метод практической реализации нечеткой системы используется для fuzzycontrol , который требует небольших вычислительных усилий. Функции принадлежности будут показаны на следующих двух графиках. При выборе кривых функций принадлежности следует осмысленно определить подходящие степени независимости. Нечеткие утверждения о расстоянии верны для малых, верны для средних и верны для больших [19].

Настройка регулятора температуры состоит из установки пропорциональных, интегральных и дифференциальных значений для получения наилучшего возможного управления процессом. Если у настройки температуры нет алгоритма автонастройки или если алгоритм автонастройки не поддерживает адекватное управление процессом, то блок управления температурой следует настраивать методом проб и ошибок.

Нечеткий контроллер обладает особой стабильностью управления при правильной настройке и использовании. Если мы получим самое быстрое время отклика и наименьшее превышение, этого сможет достичь оператор. Информация для настройки этого трехрежимного контроллера может отличаться от других процедур настройки контроллера.

Настройку выходов для управления обогревом необходимо выполнить в несколько этапов. В первую очередь выход активируется для запуска процесса, и процесс должен выполняться при заданном значении, которое позволит стабилизировать температуру при необходимом подводе тепла. Когда скорость и сброс отключены, температура стабилизируется с отклонением установившегося состояния или температура упадет между заданным значением и текущей температурой. Этот процесс основан на контроле температуры.

Для этой исследованной работы мы определяем нечеткие правила управления, как показано ниже;

Низкая температура:

Rule 1 : IF это меньше, чем 20°C THEN L равен 1

Rule 2: IF T is greater than 30°C THEN L равен 0

Rule 3: IF T is $30^{\circ}\text{C} < T < 40^{\circ}\text{C}$ THEN L равен $1 - (T - 20^{\circ}\text{C}) * 7$

Средняя температура:

Rule 4: IF T это меньше, чем 30°C THEN M равен 0

Rule 5: IF T is $30^{\circ}\text{C} < T < 40^{\circ}\text{C}$ THEN M равен $1 - (T - 30^{\circ}\text{C}) * 7$

Rule 6 : IF T is $40^{\circ}\text{C} < T < 50^{\circ}\text{C}$ THEN M равен 1

Rule 7: IF T is $40^{\circ}\text{C} < T < 50^{\circ}\text{C}$ THEN M равен $1 - (T - 50^{\circ}\text{C}) * 4$

Rule 8: IF T is greater than 60°C THEN M равен 0

Высокая температура:

Rule 9: IF T это меньше, чем 50°C THEN H равен 0

Rule 10: IF $50^{\circ}\text{C} < T < 60^{\circ}\text{C}$ THEN H равен $(T - 50^{\circ}\text{C}) * 7$

Rule 11: IF T is greater than 60°C THEN H равен 1

Мы использовали Siemens fuzzycontrol для определения необходимых условий. Эти условия составляются с помощью лестничной диаграммы Сименса. Есть несколько правил нечеткой логики, которые завершают процесс нечеткого управления. Эти правила были описаны с заданной температурой на нечеткой системе. По этой причине мы должны использовать ПЛК для управления панелью температуры. Мы предпочитаем S7-1200 Siemens PLC. Этот ПЛК запрограммирован с помощью релейной схемы, которая используется в Siemens. ПЛК и компьютер соединены друг с другом для загрузки программы. ПЛК имеют входы и выходы. Для продуктивной работы ПЛК нужно 24 вольта, поэтому мы использовали блок питания, который подходил для этой цели.

Низкая температура запрограммирована с помощью лестничной диаграммы на Siemens, а нечеткий набор для низкой состоит из Network 1 в программе. Если мы внимательно посмотрим на желаемый нечеткий график управления, можно увидеть интервал температуры для низкой температуры. После того, как правило 1 и правило 2 определены с помощью И, НЕ, ИЛИ. Более важная часть заключается в том, что правило 3 определяется с помощью полей sub и mul.

Средняя температура является самой сложной по сравнению с другими. Есть еще условия, которые устраиваются. Описаны условия, равные единице и нулю по отдельности. Но интервал диапазона $30-40^{\circ}\text{C}$ и $50-60^{\circ}\text{C}$ является важной частью Network 2. Нечеткое множество для среды является желаемой частью, потому что при составлении всех условий для выполнения нечеткого управления мы получим значение, которое интервал средней температуры. В

результате наших экспериментов на панели управления температура показывает 44 °С. Этот результат является лучшим вариантом, который приближается к правильному. Нечеткий набор для высокой температуры описан в Network 3. MD144 определяется как выходная катушка для высокой температуры. Существует несколько интервалов, равных нулю, и они создаются с помощью команд ИЛИ. С другой стороны, интервал 50-60 °С определяется как последняя строка в Network 4 вход более 3,00 вольт, мы можем доказать правило 11.

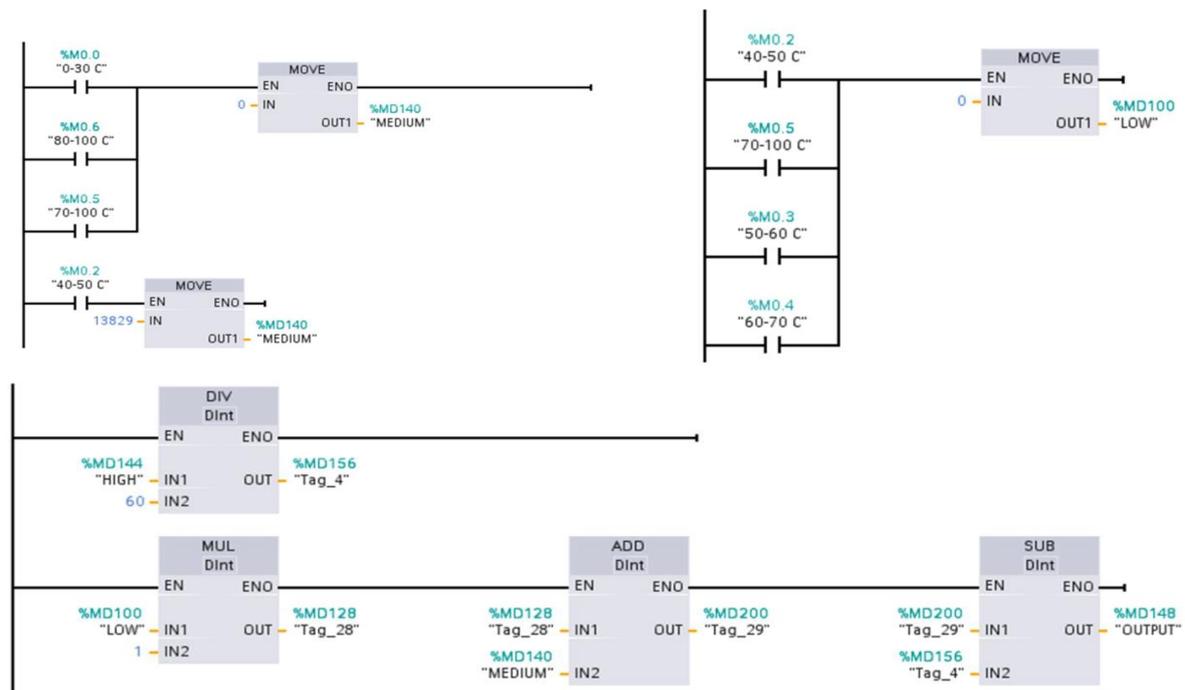


Рис. 1. Разработанный программ нечеткого регулятора в среде TIA PORTAL

Последняя часть — функция вывода на Network 4. Целью этой функции является приближение к условиям устойчивости для разомкнутых нечетких систем и условиям стабилизации для замкнутых нечетких систем. Мы испробовали несколько способов найти наилучшее решение, и этот процесс достигается правильным выводом путем изменения коэффициентов обработки. Как видно выше, мы определили уравнение выходной функции. Это уравнение

Представлен математический аппарат для построения нечеткой модели системы, в которой используются нечеткие импликации и рассуждения. Базовым основанием импликации является описание нечеткого подпространства входов, а его результатом является линейное отношение вход-выход. Затем показан метод определения системы с использованием ее входных-выходных данных.

После этого мы запрограммировали нечеткую логику с релейной схемой на Сименсе, она была загружена в ПЛК. ПЛК и панель управления температурой

соединены друг с другом. Когда процесс начинает работать, значение температуры повышается. Через некоторое время значение температуры стабилизируется на уровне 44 °С. Это близко к середине температуры 40-50 °С. Когда мы затем охлаждали биореактора, температура колебалась в пределах 43-45 °С. Если охлаждение было очень принудительным, невозможно было поддерживать температуру.

Результаты испытаний на реальном объекте доказывают, что контроллер нечетких систем защиты способен точно реагировать на изменение установленной температуры. В нечетком контроллере данные проходят через блок предварительной обработки, контроллер и блок постобработки. Предварительная обработка включает линейное или нелинейное масштабирование, а также квантование при использовании дискретных функций принадлежности, а если говорить о непрерывных функциях принадлежности, то принадлежность каждого входного измерения просматривается в функции. При разработке базы правил разработчик должен учитывать количество наборов терминов, их форму и их перекрытие. В этом проекте я представил шаги, необходимые для иллюстрации нечетких контроллеров. Различные этапы были объяснены на примере, включая контроль температуры.

ЛИТЕРАТУРЫ

1. Jumaev, O. A., G. B. Mahmudov, and R. B. Bozorova. "Organization Of The Optimum Development Of The Interface Of The Technological Process, Influence Of Errors And Noise On The Functioning Of Intellectual Control Systems." *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology* 6.9 (2019).
2. Уринов, Ш. Р., Нурхонов, Х. А., Жумабаев, Э. О., Арзиев, Э. И., Махмудов, Г. Б., & Саидова, Л. Ш. (2021). Прогнозирование устойчивости бортов карьера с учетом временного фактора. *Journal of Advances in Engineering Technology* Vol, 1, 3.
3. Жумаев О. А., Махмудов Г. Б., Мажидова Р. Б. ПРИМЕНЕНИЯ НЕЧЕТКОГО КОНТРОЛЛЕРА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССА ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗОЛОТА ИЗ ПРОДУКТОВ БАКТЕРИАЛЬНОГО ВСКРЫТИЯ // *Journal of Advances in Engineering Technology*. – 2022. – №. 1. – С. 5-9.
4. Ботиров Т. В. и др. УСТРОЙСТВО ЗАЩИТЫ ОТ ПЕРЕПАДОВ НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ // *Journal of Advances in Engineering Technology*. – 2022. – №. 2. – С. 18-21.

5. O A Jumaev, R R Sayfulin, M T Ismoilov and G B Mahmudov “Methods and algorithms for investigating noise and errors in the intelligent measuring channel of control systems” *Journal of Physics: Conference Series* 1679 (2020).

6. Abdujalilovich J. O. et al. FUZZY LOGIC CONTROLLER IN THE MANAGEMENT OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF BACTERIAL OXIDATION //Web of Scientist: International Scientific Research Journal. – 2021. – Т. 2. – №. 06. – С. 191-197.

7. Юсунбеков Н. Р. и др. НОАНИҚ МАНТИҚ АСОСИДА ИНТЕЛЛЕКТУАЛ БОШҚАРИШ ТИЗИМЛАРИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ //Journal of Advances in Engineering Technology. – 2020. – №. 2. – С. 20-25.

8. Jumayev O. A., Akhmatov A. A., Makhmudov G. B. Process modeling of optimum mixing of cyanic solutions with use of intellectual systems of measurement on a basis to a fuzzy logic //Chemical Technology, Control and Management. – 2018. – Т. 2018. – №. 1. – С. 132-137.

9. O.A Jumaev et al 2020 J. Phys.: Conf. Ser.1679 042037 DOI 10.1088/1742-6596/1679/4/042037

10. Эшмуродов З. О. и др. Модернизация систем управления электроприводов шахтных подъемных машин. – 2019.

11. Махмудов Г. Б., Саидова А. Х., Мохилова Н. Т. Моделирование нечеткой логики для управления процессом бактериального окисления концентратов в реакторах с мешалкой //Современные инновации, системы и технологии-Modern Innovations, Systems and Technologies. – 2022. – Т. 2. – №. 2. – С. 0201-0214.

12. Jumaev O.A., Nazarov J.T., Makhmudov G.B., Ismoilov M.T., Shermuradova M.F. Intelligent control systems using algorithms of the entropic potential method, J. Phys.: Conf. Ser. 2021. 2094. 022030.

13. Махмудов Г. Б., Ибрагимова Ч. К. АДАПТИВНАЯ ФАЗЗИ-РЕГУЛЯТОР ДЛЯ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ. – 2022.

14. Махмудов Г. Б., Мохилова Н. Т. РАЗРАБОТКА НЕЧЁТКОГО ПИД-РЕГУЛЯТОРА С НАСТРОЙКОЙ КОЭФФИЦИЕНТОВ. – 2022.

15. Махмудов Г. Б., Саидова А. Х. ИССЛЕДОВАНИЕ ПИД-РЕГУЛЯТОР С НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКОЙ. – 2022.

16. Махмудов Г. Б., Саидова А. Х., Мохилова Н. Т. Моделирование нечеткой логики для управления процессом бактериального окисления концентратов в реакторах с мешалкой //Современные инновации, системы и технологии. – 2022. – Т. 2. – №. 2. – С. 0201-0214.

17. Махмудов, Г. Б., Саидова, А. Х., Мохилова, Н. Т., & Ибрагимова, Ч. К. (2022, April). ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОГО ЛОГИКА. In E Conference Zone (pp. 302-308).

18. Ботиров, Т. В., Махмудов, Г. Б., Изатуллаев, Х. И., & Абдуллаев, А. Р. (2022). УСТРОЙСТВО ЗАЩИТЫ ОТ ПЕРЕПАДОВ НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ. *Journal of Advances in Engineering Technology*, (2), 18-21.

19. Izam o'g'li A. E., Bakoyevich M. G. SIMULATION OF PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS MOTOR FIELD ORIENTED VECTOR CONTROL SYSTEM //Web of Scientist: International Scientific Research Journal. – 2021. – Т. 2. – №. 06. – С. 185-190.