

РЕГУЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ МИКРОКЛИМАТА НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

REGULATION OF THE MICROCLIMATE SYSTEM BASED ON FUZZY LOGIC

**M. Gordeev-Burgwitz
Al-Dumaini Omar Ahmed Khazai Shaif**

Summary. The organization of the indoor microclimate system implies the creation of optimal conditions in terms of temperature, humidity, air velocity (wind) and concentration of harmful substances. Comfortable indoor conditions are fundamental factors for maintaining human health. Automation of the processes of maintaining the microclimate in the room is organized by adjusting the temperature and humidity of the air. The implementation of these processes is possible with the use of IoT.

Keywords: fuzzy logic, microclimate, IoT, microclimate automation, architecture.

Гордеев-Бургвиц Михаил Алексеевич

Доктор-инженер по классификации ФРГ, Национальный
исследовательский Московский государственный
строительный университет (НИУ МГСУ)
dr.gordeev@mail.ru

Аль-Думайни Омар Ахмед Хазаеа Шаиф

Аспирант, Национальный исследовательский
Московский государственный строительный
университет (НИУ МГСУ)
aomar3909@gmail.com

Аннотация. Организация системы микроклимата в помещении, понимает под собой создание оптимальных условий в отношении температуры, влажности, скорости перемещения воздуха (ветра) и концентрации вредных веществ. Комфортные условия в помещениях являются основополагающими факторами для сохранения здоровья человека. Автоматизация процессов поддержания микроклимата в помещении организуется за счет регулирования температуры и влажности воздуха. Реализация данных процессов возможна при применении IoT.

Ключевые слова: нечеткая логика, микроклимат, IoT, автоматизация микроклимата, архитектура.

Введение

Микроклимат в помещении является основополагающим фактором здоровой жизни и определяется многими физическими аспектами, такими как температура, влажность, концентрация вредных веществ и скорость движения воздуха (ветра). Регуляция процессов поддержания оптимального микроклимата помещений может быть основана на нечёткой логике. Нечёткая логика была разработана в 1965 году Лотфи А. Заде, профессором компьютерных наук Калифорнийского университета в Беркли [4, с. 95]. По сути, нечёткая логика — это многозначная логика, которая позволяет определять промежуточные значения между обычными оценками, такими как истина/ложь, да/нет, высокое/низкое и т.д. Такие понятия, как «довольно высокий» или «очень быстрый», могут быть сформулированы математически и обработаны компьютерами, что позволяет применять при программировании способ мышления, более близкий человеческому [5, с. 27].

Нечёткие системы являются альтернативой традиционным представлениям о принадлежности множеств и логике, которые берут своё начало в древнегреческой философии. Точность математики во многом обязана своим успехом усилиям Аристотеля и предшествовавших ему философов. В своих попытках разработать ла-

коничную теорию логики, а позднее и математики, они сформулировали так называемые «законы мышления» [3, с. 415]. Один из них, «закон исключённого третьего», гласит, что каждое утверждение должно быть либо истинным, либо ложным. Нечёткая логика зарекомендовала себя как эффективный инструмент для контроля и управления системами и сложными промышленными процессами, а также в бытовой и развлекательной электронике и других экспертных системах и приложениях. Нечёткая система — это система, особенностью описания которой является нечёткая спецификация параметров; нечёткое описание входных и выходных переменных системы; нечёткое описание функционирования системы на основе продукционных «если...то...» правил [2, с. 349]. На современном этапе развития технологий нечёткая логика получила распространение в качестве инструмента различных методов интеллектуального анализа данных. Например, этот инструмент активно используется при обработке баз данных с помощью нечётких запросов; при проведении нечётких транзакций и ассоциативных правил; при формировании нечётких когнитивных карт, с помощью которых можно моделировать условия функционирования предприятия [1].

Цель статьи: рассмотреть вопрос организации системы поддержания микроклимата в помещении на основании нечёткой логики.

Для поддержания заданного уровня микроклимата и качества воздуха в помещении необходимо разработать систему регулирования с экономичным потреблением энергии для заданных условий эксплуатации. Системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха состоят из нескольких подсистем, каждая из которых может иметь нелинейные характеристики, изменяющиеся во времени. Более того, параметры динамического состояния обычно меняются в зависимости от погодных условий и возмущений. Использование традиционных схем управления для таких технологий и систем с большим количеством настраиваемых параметров оказалось неэффективным.

Нечёткое логическое управление позволяет устранить многие недостатки регулирования и основано на использовании стандартных передаточных функций. Алгоритм управления на основе нечёткой логики может быть получен в результате анализа процесса, используемого для поддержания заданной температуры в помещении, и оптимизирован путём изменения режима работы. Благодаря этой системе достигаются многочисленные преимущества, в том числе мощная защита от помех, более быстрое реагирование и высокая надёжность работы.

Учитывая как преимущества, так и недостатки, управление на основе нечёткой логики является адекватной альтернативой. Одним из основных преимуществ таких систем является простота внедрения без необходимости изменения структуры системы управления. По сравнению с традиционными методами автоматического управления, применение нечётких систем позволяет быстро анализировать данные и получать результаты с высоким уровнем точности. Характерной особенностью методов решения задач нечёткой логики является наличие набора правил, состоящих из совокупности условий и выводов. Методы нечёткого управления в настоящее время являются одним из важнейших этапов в разработке интеллектуальных технологий для создания высокоорганизованных систем управления.

В частности, нечёткая система управления обладает низкой чувствительностью к изменениям параметров управляемого объекта. Синтез систем управления с использованием нечёткой логики при применении современной аппаратной и программной поддержки позволяет организовать этот процесс проще, чем синтез традиционных систем.

Помимо организации системы микроклимата, необходимо включить в анализ не только управление температурным режимом воздуха, в частности нагрева и охлаждения, но и вентиляцию и увлажнение, что обеспечивается за счёт датчиков (температуры, влажности и пр.), нечёткого контроллера, зон управления и систем

подачи, например притока и отвода воздуха. Общая структура может быть наглядно представлена в виде такой схемы (рис. 1).

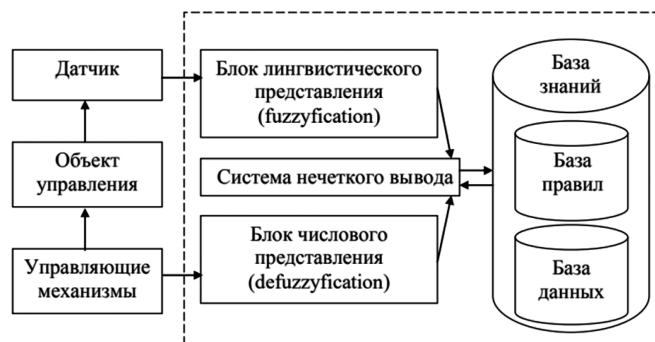


Рис. 1. Структура нечеткой системы управления

Эта система была разработана для контроля микроклимата в помещении, а также для повышения или понижения температуры и относительной влажности.

Архитектура системы включает базовую станцию, которая располагается в помещении и привязана к личному профилю пользователя в облаке. Процессор базовой станции определяет настройки вентилятора, кондиционера и других исполнительных механизмов. На основе предпочтений пользователя формируются команды с учётом данных с периферийных датчиков, расположенных в помещении. Они взаимодействуют с базовой станцией через радиочастотный канал. Исполнительные механизмы базовой станции, также работающие через радиочастотный канал, оборудованы для связи с внешними устройствами через ИК-модуль. Данный ИК-модуль, являющийся периферийным устройством, взаимодействует с базовой станцией через радиочастотный канал. Интернет-канал связи — Wi-Fi, 3G или другие типы сетей — используется для подключения серверной и клиентской части системы. На рисунке 2 показана архитектура предлагаемой системы.

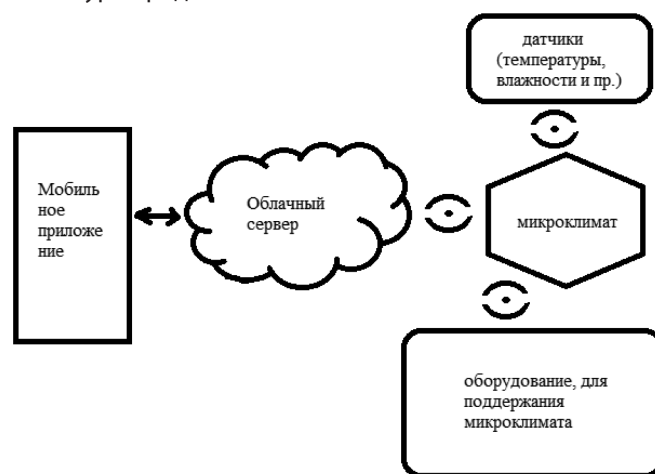


Рис. 2. Архитектура системы

На облачном сервере все параметры микроклимата, информация об архитектуре системы и состоянии всех

исполнительных механизмов отображаются в личном профиле пользователя. Собранные данные немедленно анализируются и отслеживаются корреляции для обучения вычислительных алгоритмов.

Управление с помощью смартфона осуществляется косвенно через серверную часть по всей цепочке: интерфейс — Интернет — серверная часть — Интернет — Wi-Fi — радиочастотный сигнал.

Чтобы продемонстрировать работу нечёткого контроллера, мы использовали динамическую модель здания. Мы исследовали изменение внутренней и внешней температуры системы контроля микроклимата помещения, используя переходные характеристики системы при ступенчатом изменении температуры (шаг — 6 °C) в заданном диапазоне (регулятор целевой температуры 24–30 °C) с изменением времени с шагом в 500 секунд. Время установления системы относительно невелико ($\pm 10\%$ от конечного значения при 30 °C). Когда температура снаружи опускается ниже 30 °C, начинает проявляться статическая ошибка. Эти зависимости показывают, насколько хорошо система поддерживает целевую температуру.

Однофазные счётчики электроэнергии предназначены для прямого подключения к сети переменного тока частотой от 50 до 60 Гц. Счётчики также могут использоваться в автоматизированных системах управления и при распределении электроэнергии. С помощью всех этих устройств и описанных принципов был разработан прототип системы микроклимата. Функциональная схема экспериментальной установки, используемой для системы микроклимата, позволяет также изучать регулирование с помощью нечёткой логики в лабораторных условиях. При этом на физической модели помещения отслеживаются функциональные возможности нечёткого контроллера (микропроцессорный блок управления), датчиков температуры и влажности помещения, как

внешних, так и внутренних показателей, обогревателя и кондиционера, парового увлажнителя и центрального блока управления, установленного на персональном компьютере.

Физическая модель представляет собой пространство, частично изолированное от окружающей среды (размер помещения 6 м × 3 м × 2,5 м) и включает в себя датчики температуры, датчики влажности и исполнительные механизмы: обогреватель (с двумя режимами работы: первый — 1000 Вт, второй — 2000 Вт), увлажнитель воздуха и кондиционер с четырьмя режимами по 500 Вт каждый, а также систему вентиляции. Датчики и исполнительные механизмы расположены в физической модели таким образом, чтобы обеспечить наименьшее количество помех в контуре управления во время работы системы.

В данном исследовании демонстрируется, что достижение оптимальных показателей температуры, влажности и чистоты воздуха в помещении может быть реализовано на основе интегрированного подхода, который объединяет различные методы, направленные на решение проблем. Система «умный дом» играет ключевую роль в этом процессе. Новый метод управления температурой с низким энергопотреблением разработан для эффективной работы в условиях неопределённости и поиска оптимальных режимов работы тепловых систем, что способствует экономии энергии. Также разработка инновационных структур автоматизированных систем энергосбережения для помещений обеспечивает эффективное управление в условиях применения нечёткой логики.

Средства контроля климата внутри помещения, а также панели управления, переключатели, датчики и другие аппараты работают в автоматическом режиме без участия человека, обеспечивая поддержание оптимальных показателей для конкретного помещения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коханова В.С. Аппарат нечеткой логики как инструмент оценки эффективности цифровизации компании // Вестник ГГУ. 2021. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/apparat-nechetkoy-logiki-kak-instrument-otsenki-effektivnosti-tsifrovizatsii-kompanii> (дата обращения: 14.11.2024).
2. Семухин М.В. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях. Изд-во ТГУ, 2008. — 349 с.
3. Korner S. Laws of thought // Encyclopedia of Philosophy, Vol. 4, MacMillan, NY: 1967, pp. 414–417.
4. Zadeh L.A. Fuzzy algorithms // Info. & Ctl., Vol. 12, 1968, pp. 94–102.
5. Zadeh L.A. Making computers think like people // IEEE. Spectrum, 8/1984, pp. 26–32.

© Гордеев-Бургвиц Михаил Алексеевич (dr.gordeev@mail.ru); Аль-Думайни Омар Ахмед Хазаеа Шаиф (aomar3909@gmail.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»