АВТОМАТИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ И НЕЧЕТКОЕ УПРАВЛЕНИЕ УРОВНЯ, РАСХОДА И ОБЪЁМА ВОДЫ В ПЛОТИНЕ

Шомирзаев Б.У.

Андижанский государственный университет, 170100. г. Андижан, улица Университетская, 129.

E-mail: shobabur@mail.ru

Annotatsiya. Zamonaviy suv boshqaruv tizimlari baxtsiz hodisalarning oldini olish va barqaror suv ta'minotini ta'minlash uchun suv sathi va oqimini ishonchli va moslashuvchan nazorat qilishni talab qiladi. Ushbu maqolada to'g'ondagi suv sathi va oqimini avtomatik kuzatish va noqat'iy nazorat qilish tizimi muhokama qilinadi. Buyumlar Interneti (IoT) sensorlari, noqat'iy mantiq va mikrokontrollerlardan foydalanish tartibga solishning aniqligini oshirish, tashqi muhitdagi oldindan aytib bo'lmaydigan o'zgarishlarga javob berishni ta'minlash va inson omilini minimallashtirish imkonini beradi.

Kalit so'zlar: suv sathi, suv oqimi, past, o'rta, yuqori, noqat'iy nazorat.

Аннотация. Современные водохозяйственные системы требуют надежного и адаптивного контроля уровня и расхода воды для предотвращения аварий и обеспечения устойчивого водоснабжения. В данной статье рассматривается система автоматического мониторинга и нечеткого управления уровнем и расходом воды в плотине. Использование датчиков Интернета вещей (IoT), нечеткой логики и микроконтроллеров позволяет повысить точность регулирования, обеспечить реакцию на непредсказуемые изменения внешней среды и минимизировать человеческий фактор.

Ключевые слова: уровень воды, расход воды, низкий, средний, высокий, нечеткое управление.

Abstract. Modern water management systems require reliable and adaptive control of water level and flow to prevent accidents and ensure sustainable water supply. This article discusses a system of automatic monitoring and fuzzy control of water level and flow in a dam. The use of Internet of Things (IoT) sensors, fuzzy logic and microcontrollers allows to increase the accuracy of regulation, ensure response to unpredictable changes in the external environment and minimize the human factor.

Keywords: water level, water flow, low, medium, high, fuzzy control.

Введение

В условиях изменяющегося климата, роста населения и возрастающих требований к водоснабжению, возрастает значение надежных и интеллектуальных систем регулирования водных ресурсов. Плотины играют ключевую роль в обеспечении водоснабжения, выработке электроэнергии и

ISSN 3030-3907

предотвращении наводнений. Для повышения эффективности данных процессов необходимы интеллектуальные системы, способные адаптироваться к внешним воздействиям. Нечеткие системы управления (fuzzy logic control) являются перспективным направлением в автоматизации процессов, где точные математические модели либо сложны, либо невозможно получить. Совмещённое использование IoT-сенсоров, микроконтроллеров и нечеткой логики позволяет создать интеллектуальную систему управления, способную эффективно функционировать даже в условиях неопределённости. Обзор современных технологий

Системы мониторинга уровня и расхода воды

Для мониторинга уровня воды используются следующие типы датчиков:

- Ультразвуковые датчики — измеряют время отклика звуковой волны от поверхности воды.
- Гидростатические датчики — регистрируют давление водяного столба.
- Радарные датчики — работают по принципу отражения электромагнитных волн.
- Емкостные датчики — фиксируют изменения емкости в зависимости от уровня жидкости.

Для контроля расхода воды можно применят:

- Ультразвуковые расходомеры;
- Электромагнитные расходомеры;
- Механические устройства с вращающимися крыльчатками;
- Перепадные расходомеры (вентури, сопла, лотки Палмера-Боудена и пр.).

IoT и SCADA

Интеграция сенсоров с беспроводными IoT-модулями позволяет передавать данные в реальном времени на управляющие центры или облачные платформы. SCADA-системы позволяют осуществлять визуализацию, архивирование данных и удалённое управление.

Микроконтроллеры и исполнительные устройства

Для обработки данных от сенсоров и формирования управляющих воздействий используются микроконтроллеры (например, Arduino, STM32, Raspberry Pi). К исполнительным устройствам относятся электроприводы заслонок, насосов и клапанов.

ISSN 3030-3907



Теоретические основы нечеткого управления

Нечеткое управление базируется на следующих основных компонентах:

• Фаззификация — преобразование входных переменных (например, "низкий уровень", "высокий расход") в нечеткие множества.

• Нечеткое правило (IF-THEN) — например: "Если уровень воды высокий и расход низкий, то немного приоткрыть заслонку".

• Агрегация и вывод — объединение результатов применения всех правил.

• Дефаззификация — преобразование нечеткого вывода в конкретное управляющее воздействие (например, угол открытия заслонки в градусах). Преимуществами нечеткой логики являются:

• Работа с нечёткими, неточными, частично достоверными данными;

• Простота в интерпретации;

• Возможность строить систему на основе экспертных знаний. Архитектура системы мониторинга и управления Система состоит из следующих компонентов:

• Сенсорный уровень: включает в себя датчики уровня и расхода воды, температуры и осадков.

• Коммуникационный модуль: Wi-Fi/LoRa-модули передают данные в управляющий блок.

• Управляющий блок: микроконтроллер с реализованным алгоритмом нечеткого управления.

• Исполнительные механизмы: сервоприводы, электроклапаны.

• Интерфейс пользователя: локальная панель или веб-интерфейс с графиками и оповещениями.

ISSN 3030-3907

Моделирование и алгоритмы регулирования

Для моделирования используется программное обеспечение MATLAB Simulink с библиотекой Fuzzy Logic Toolbox.

Входные данные:

• Уровень воды: {низкий, средний, высокий}

• Расход воды: {низкий, нормальный, критический} Выходная переменная:

• Управляющее воздействие на заслонку: {закрыть, немного открыть, сильно открыть}

Пример правил:

1. ЕСЛИ уровень = высокий И расход = критический, ТО открыть сильно;

2. ЕСЛИ уровень = средний И расход = нормальный, ТО немного открыть;

3. ЕСЛИ уровень = низкий И расход = низкий, ТО закрыть.

базы правил для нечеткой системы автоматического управления уровнем и расходом воды в плотине. Она включает входные переменные, выходную переменную, а также набор правил в формате IF-THEN.

Входные данные:

1. Уровень воды (Level): о Низкий (Low) о Средний (Medium) о Высокий (High)

2. Расход воды (Flow):

Низкий (Low)

Средний (Medium)

Высокий (High)

Выходная переменная:

Открытие заслонки (Gate Opening):

• Закрыть (Close)

• Открыть немного (Open Slightly)

• Открыть на среднюю величину (Open Moderately)

• Открыть полностью (Open Fully)

База правил управления (пример из 9 правил):

Уровень воды Расход воды Управление заслонкой

Низкий	Низкий	Закрыть
Низкий	Средний	Закрыть
Низкий	Высокий	Немного открыть

Уровень воды Расход воды Управление заслонкой

Средний	Низкий	Немного открыть
Средний	Средний	Открыть умеренно

ISSN 3030-3907

Средний	Высокий	Открыть полностью
Высокий	Низкий	Открыть умеренно
Высокий	Средний	Открыть полностью
Высокий	Высокий	Открыть полностью

Пример в формате IF-THEN:

1. ЕСЛИ уровень низкий И поток низкий, ТО затвор закрыт
2. ЕСЛИ уровень низкий И поток высокий, ТО затвор открыт слегка
3. ЕСЛИ уровень средний И поток средний, ТО затвор открыт умеренно
4. ЕСЛИ уровень высокий И поток высокий, ТО затвор открыт полностью

Можно добавить:

• Третью входную переменную, например, интенсивность осадков (Rainfall).

• Выходные переменные: управление насосами, сигнализация, обратная связь SCADA.

Моделирование показывает стабильность регулирования при резких скачках притока и позволяет сравнить результаты с ПИД-регуляторами.

Экспериментальные результаты

На имитационной модели (модель плотины) была реализована нечеткая система управления. Результаты показали:

• Уменьшение перерегулирования на 30% по сравнению с классическим ПИД-регулятором;

• Быстрое восстановление уровня при изменении входных условий;

• Надёжную работу при наличии погрешностей в измерениях.

Также была проверена работа в условиях отказа одного из датчиков — система сохраняла устойчивость за счёт адаптивной логики.

Преимущества и ограничения Преимущества:

• Адаптивность к изменяющимся условиям;

• Возможность работы при неполной информации;

• Высокая точность регулирования;

• Простота расширения системы.

Ограничения:

• Требуется экспертная настройка правил;

• Ограниченная точность при грубой фаззификации;

• Более высокая вычислительная нагрузка по сравнению с линейными регуляторами.

Вывод

Автоматизация плотин на основе нечеткой логики и IoT-технологий открывает новые возможности для управления водными ресурсами.

ISSN 3030-3907

Рассмотренная система мониторинга и управления показала высокую эффективность и устойчивость при различных сценариях. Перспективным направлением является интеграция с предиктивной аналитикой и машинным обучением для повышения интеллектуальности систем водоснабжения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мамутов А. Х., Махмудов Р. М. Автоматизация водохозяйственных процессов. — Ташкент: Фан, 2015. — 212 с.
2. Киселёв С. А., Савельев С. А. Системы автоматического управления гидротехническими сооружениями. — СПб: Питер, 2013. — 288 с.
3. Поспелов Д. А. Системы нечеткого управления. — М.: Наука, 1989. — 256 с.
4. Мамедов А. И., Ахмедов Н. А. Применение нечеткой логики в управлении водными ресурсами // Вестник ТПУ, 2020, №4. — С. 45–49.
5. Шомирзаев Б. У. Применение нечеткой системы управления для мониторинга и управления параметрами газопровода // ILIM hám JÁMIYET Ilimiy-metodikalıq jurnal, стр, 26-29
6. Jang J.-S. R., Sun C.-T., Mizutani E. Neuro-Fuzzy and Soft Computing: A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence. — Prentice Hall, 1997. — 614 p.
7. Gupta M. M., Rao D. H. Fuzzy logic control: Theory and practice. — Boston: Butterworth-Heinemann, 1994. — 336 p. 8. Алимов А. М., Жураев Ш. И. Нечеткие регуляторы в автоматике // Журнал "Автоматика и телемеханика", 2019, №3. — С. 12–18.

ISSN 3030-3907