



УДК 629.12.066(076)

АНАЛІЗ СИСТЕМ НЕЧІТКОГО КЕРУВАННЯ СУДНОВИМИ ЕЛЕКТРО-ЕНЕРГЕТИЧНИМИ КОМПЛЕКСАМИ НА ПРИКЛАДІ АВТОМАТИЧНИХ РЕГУЛЯТОРІВ ТЕМПЕРАТУРИ

Ісаєв Є.О., Сіманенков А.Л.

Херсонська державна морська академія

У даній статті розглянута проблематика методів налаштування ПІ-, ПІД-регуляторів на основі практичного досвіду експлуатації суднових автоматизованих установок. Розглянута проблема простоти експлуатації та переналаштування суднових автоматизованих регуляторів температури. Авторами запропонована узагальнена модель підходу до вибору мікроконтролерів при проектуванні судів, що має за мету розширити межі використання різноманітних типів мікроконтролерів. Такий погляд буде цікавий спеціалістам суднобудівної галузі. Проведені дослідження порівняння характеристик роботи систем автоматизованого регулювання судновими технічними засобами, основаних на застосуванні правил нечіткої логіки та класичних правил ПІД-регулювання. Приведені дані отримані експериментальним шляхом на прикладі суднових автоматизованих регуляторів температури. Особлива увага приділяється опису переваг налаштування та експлуатації мікроконтролерів що мають програмне забезпечення засноване на правилах нечіткої логіки.

Ключові слова: регулятори температури, нечітка логіка, ПІД-регулювання.

Аналіз проблеми. Під час проектування та розробки суднових технічних засобів, як правило, застосовується мозковий центр у складі великої кількості інженерів та проєктантів суднобудівної галузі, що розробляють та компонують технічний комплекс (судно) у відповідності до низки вимог, таких як: економічність, суднохідність, відповідність до вимог міжнародних організацій (IMO, SOLAS, GL і т.д.). Проте простота експлуатації майже завжди залишається у кінці списку вимог. Таким чином, кінцеве налаштування систем автоматизації покладається на обслуговуючий персонал. Основною проблемою є перенастроювання П, ПІ, ПІД регуляторів що на теперішній час є складовою частиною кожного механізму. І саме цей етап є працевістким адже, як правило, використовується модель налаштування регуляторів за реакцією системи на поетапний вплив, що здійснюється регулюючим органом, тобто за перехідною характеристикою системи. Простежуючи вид даної характеристики (стан вихідних параметрів системи) та генеруючи досвід про характер впливу зміни параметрів регулятора на вигляд даної характеристики, обслуговуючий персонал проводить перенастроювання параметрів мікроконтролера. Далі дослід повторюється, до тих пір, коли вигляд перехідної характеристики (вихідні дані регулятора) не прийме вигляд, що задовольняє умови працездатності вузла.

Що стосується нечітких регуляторів, їх налаштування зводиться до використання досвіду та експертних знань щодо конкретного механізму, які здобуваються судновим обслуговуючим персоналом під час експлуатації.

До проблемних завдань експлуатації також віднесемо швидкість спрацювання робочого органу, що є найважливішим параметром під час маневрового режиму судна, а також вигляд вихідної характеристики регулятора, що характеризує вихідні параметри САР.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Результати досліджень щодо застосування систем на базі нечіткої логіки, а також заміну конвенційних ПІ-регуляторів нечіткими контролерами або гібридними системами відображені у чималій збірці наукових робіт [1-3].

Метою статті є порівняльний аналіз нечітких мікроконтролерів та ПІ-мікроконтролерів на прикладі регуляторів температури судновими паливообробляючими комплексами, а також методів практичного налаштування останніх



і, як наслідок, доказ доцільності більш широкого застосування систем автоматичного регулювання (САР) створених на базі та правилах нечіткої логіки.

Математична модель вибору мікроконтролера. На сьогоднішній день головним завданням вибору мікроконтролеру є знаходження такого типу останнього, який би відповідав вимогам до обладнання, що проектується. Разом із цим розробники систем автоматики, як правило, віддають перевагу лінійці конкретних серій та виробників мікроконтролерів з якою вони вже працювали та мають досвід її використання. Більшість типів таких мікроконтролерів використовують в основі своєї роботи ПІ-закон регулювання, що на сьогоднішній день не найкраще відповідає вимогам, які до них висуваються. Тому авторами розроблений математичний підхід до вибору мікроконтролерів, що можливо використовувати при проектуванні будь-якого обладнання.

Будь-які моделі, що є предметом вивчення та моделювання мають перелік критеріїв, які можна виразити як: K_1, K_2, \dots, K_n . Надалі кожному варіанту вибору A_i можна зіставити n -мірний вектор виду $x_i = (x_{i1}, \dots, x_{in})$, компонентами котрого будуть виступати числові оцінки $x_{iq} = K_q(A_i)$ зі шкалами X_q критеріїв $K_q, q = 1, \dots, n, [1]$.

Якщо не ставиться завдання забезпечити максимізацію цільових функцій, тобто побудови множини паритетно-оптимальних варіантів, то більш вдалим в даному випадку слугує підхід до урахування багатокритеріальності (завдання загального показника якості):

$$y = f(x) = (f_1(x), \dots, f_h(x)),$$

компонентами якого є оцінки варіанту за відносними критеріями ефективності $y_j = f_j(x), j = 1, \dots, h$, у багатомірному просторі цілей.

У даному конкретному випадку увага приділяється швидкості виконання алгоритму (робота регулятора у маневровому режимі) $y_1 = f_1(x)$, на інші часткові критерії накладаються деякі додаткові умови:

$$\dot{x} \in \arg \max_{x \in X} f_1(x)$$

Додамо додаткові границі на область варіантів рішення:

$$X = \{x | y_j^{\min} \leq f_j(x) \leq y_j^{\max}, j = 2, \dots, h\}$$

та область цілей, що досягаються $Y = f(X)$.

Даний метод оптимізації не потребує встановлення експертом важливості часткових критеріїв якості $f_j(x)$ та є достатньо зручним при проектуванні технічних систем.

Методи налаштування ПІ-, ПІД-регуляторів. У рамках практичної експлуатації вказаних регуляторів існує 3 основних підходи до налаштування автоматичних систем управління (АСУ).

Перший – синтез регулятора, вирахування параметрів системи на основі її моделі, метод дозволяє доволі точно розрахувати параметри та критерії налаштування останнього, проте потребує ґрунтовних пізнань теорії автоматичного управління (ТАУ), що не завжди може бути під силу обслуговуючому персоналу.

Другий метод – підбір параметрів, метод проб та помилок. Включає в себе розгляд готової системи та змінення одного або навіть декількох параметрів одразу, з подальшим простежуванням роботи системи та вибором напрямку зміни параметрів налаштування.

Третій метод (Зіглера-Нікольса). Даний підхід не є найпростішим та не дає найоптимальніші параметри на виході системи, проте він доволі простий у застосуванні та дійсний для базового налаштування майже будь-яких систем.

Сутність методу:

1. Усі початкові коефіцієнти (K_p, K_i, K_d) виставляються до 0.



2. Поступово збільшуючи значення K_p до початку стійких коливань системи (перерегулювання); збільшуємо K_p до тих пір, поки коливання системи не стабілізуються.

3. Фіксуємо поточне значення K_p та вимірюємо період коливань системи (T_u).

Надалі маючи вказані значення розраховуємо параметри регулятора, за формулами:

$$\begin{aligned} K_p &= 0.6 * K_u; \\ K_i &= 2 * K_p / T_u; \\ K_d &= K_p * T_u / 8. \end{aligned}$$

Налаштування нечітких регуляторів. У регуляторах температури, працюючих за системою Fuzzy Logic, діє наступна функціональна схема:

$$(T_z - T) < 0 \text{ I } \text{abs}(T_z - T) > NZ_{up}, \text{ то } Y = (-1) * t * T_p;$$

$$\text{або } NZ_{down} < \text{abs}(T_z - T) < NZ_{up}, \text{ то } Y = 0;$$

$$\text{або } (T_z - T) > 0 \text{ I } \text{abs}(T_z - T) < NZ_{down}, \text{ то } Y = t * T_p,$$

де T_z – задана температура, °C; T – фактична температура, °C; NZ_{down} , NZ_{up} – нижня та верхня границі зони нечутливості відповідно; Y – тривалість управляючого імпульсу (це час, протягом якого робочий орган буде пересуватися), секунд; t – час сервоприводу (максимальна тривалість імпульсу, який подається на робочий орган), секунд; T_p – значення, визначаюче тривалість надісланого імпульсу, в долях від часу сервоприводу; (-1) – означає пересування робочого органу вниз (тобто рух у напрямку закриття).

Процес налаштування таких регуляторів складається з наступного: визначити час сервоприводу; задати значення T_p .

Наведемо графіки позиції робочого органу при ПІД-регулюванні та Fuzzy Logic регулюванні. Нульова позиція робочого органу характеризує її повністю закриті положення, 100% – повністю відкрите.

На наведених нижче графіках (рис. 1, 2) можна порівняти характеристики роботи ПІД-регулятора (терморегулятор системи обігріву головного двигуна судна «m/v Dogian» 1991 року будовання, проекту DTUK5J4) та регулятора оснований на застосуванні нечіткої логіки (терморегулятор парового клапану підігріву сепаратора очищення важкого палива судна «m/v ER Visby» проекту WJK25, 2012 року).



Рисунок 1 – Робоча характеристика терморегулятора системи обігріву головного двигуна при застосуванні ПІД-закону регулювання

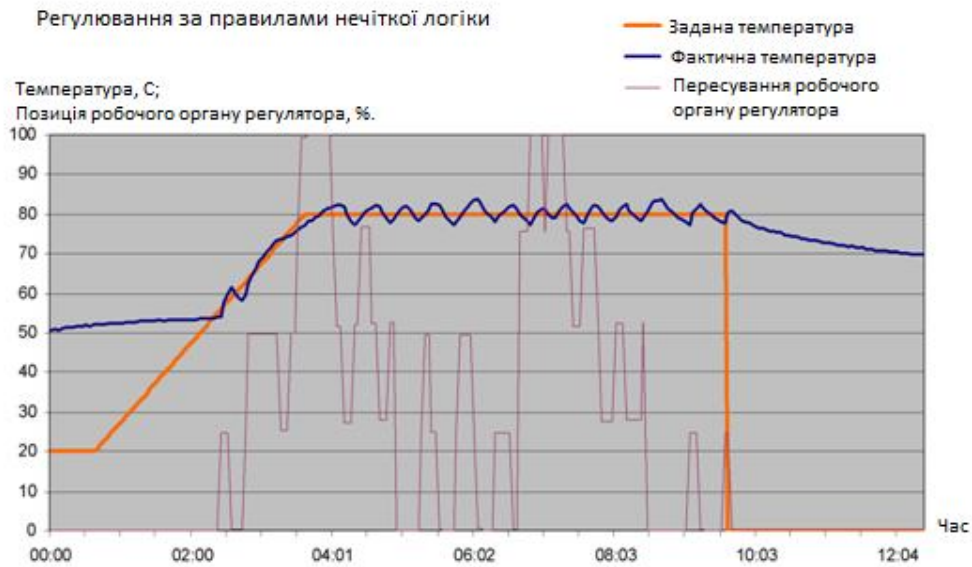


Рисунок 2 – Робоча характеристика терморегулятора парового клапану підігріву сепаратора при застосуванні правил нечіткої логіки

Як видно з графіків, якість роботи регуляторів Fuzzy Logic не поступається якості ПІД-регуляторів. А швидкість відпрацювання робочого органу та підтримка заданої температури більш стабільна, за рахунок значного зменшення динамічної помилки.

Данні, зображені на графіках (рис. 3, 4), дозволяють вирахувати кількість вмикань робочого органу та сумарний час його переміщення з одного положення в інше при ПІД-регулюванні та регулюванні, основаному на Fuzzy Logic.

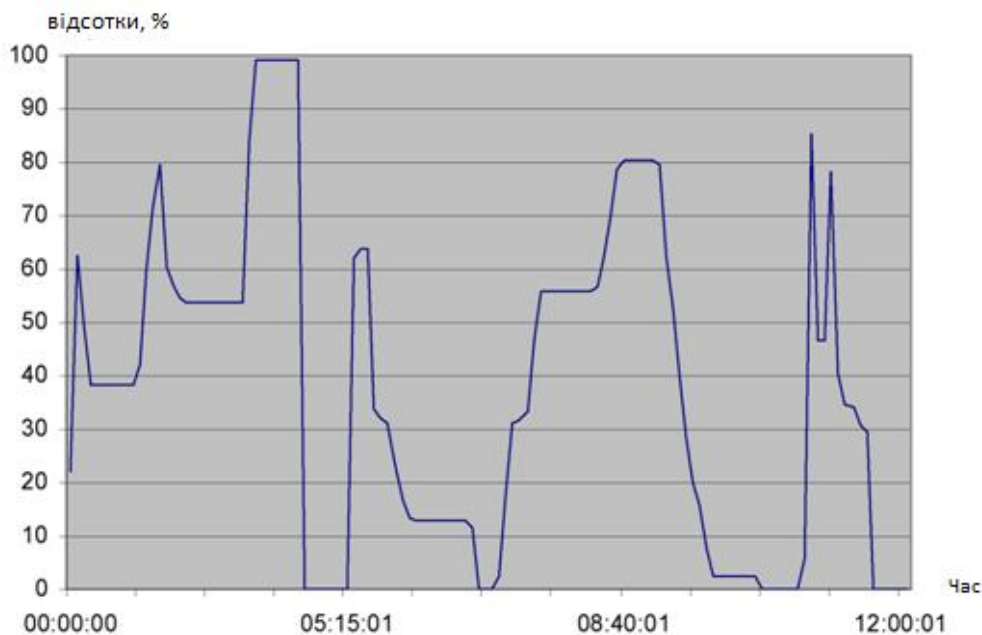


Рисунок 3 – Позиціонування робочого органу терморегулюючої системи при ПІД-регулюванні

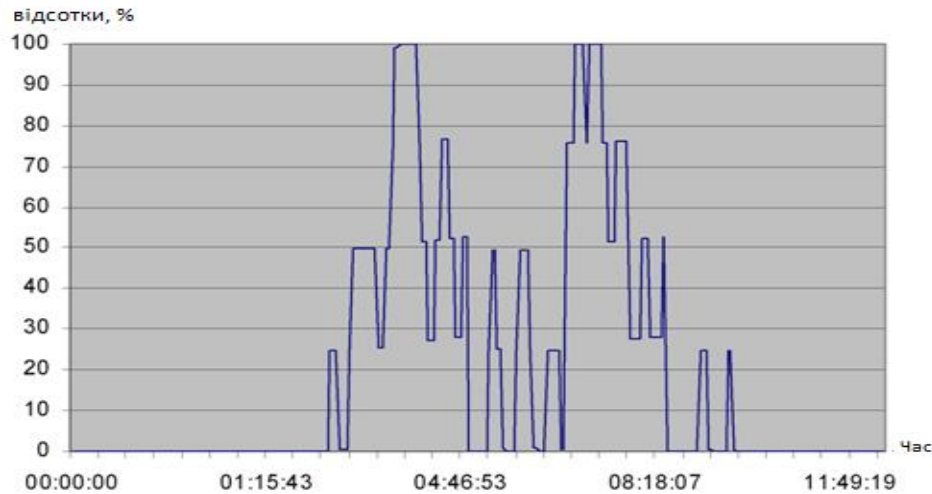


Рисунок 4 – Позиціонування робочого органу терморегулюючої системи при використанні правил нечіткої логіки

Таблиця 1 – Кількість вмикань робочих органів терморегулюючих систем та їх сумарний час переміщення.

<i>Тип регулювання</i>	<i>Кількість вмикань робочого органу</i>	<i>Сумарний час переміщення робочого органу, с</i>
ПІД-регулювання	61	2413
Fuzzy Logic	49	3553

Висновки. Стаття направлена до розробників систем автоматизації та є закликом до більш широкого застосування нечітких регуляторів у АСУ, авторами розроблений потенційний підхід до методики вибору мікроконтролерів, що має за мету спростити технічне навантаження на команди проєктантів суднобудівної галузі.

На основі описаного дослідження робиться акцент на виділення більшій увазі зручності експлуатації нечітких мікроконтролерів при розробці проєктів АСУ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ротач В. Я. Автоматизация настройки систем управления / В. Я. Ротач, А. С. Ключев. – М. : Энерго-издат, 1984. – 272 с.
2. Усков А. А. Принципы построения систем управления с нечеткой логикой / А. А. Усков // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2004. – № 6. – С. 7-13.
3. Харченко Р. Ю. Сравнительный анализ методов активной адаптации ПИ-регуляторов и нечетких регуляторов для систем кондиционирования и вентиляции (СКВ) морских судов / Р. Ю. Харченко // Науковий вісник Херсонської державної морської академії : Науковий журнал. – Херсон : Видавництво ХДМА, 2012. – № 2 (7). – С. 276-286.
4. Щокін В. П. Інтелектуальна система управління з нечітким адаптивним регулятором / В. П. Щокін, О. О. Сушенцев, Г. В. Коломіц // Автоматика. Автоматизація. Електротехнічні комплекси та системи : Науковий журнал. – Херсон : Херсонський національний технічний університет, 2009. – № 1. – С. 177-181.
5. Башвеев Ю. А. Математическая модель выбора микроконтроллера / Ю. А. Башвеев, О. С. Литвинская // Успехи современного естествознания. – 2012. – № 6. – С. 82-83.
6. Михайленко В. С. Методи побудови адаптивних систем управління / В. С. Михайленко, В. Ф. Ложечников // Автоматика. Автоматизація. Електротехнічні



комплекси та системи : Науковий журнал. – Херсон : Херсонський національний технічний університет, 2009. – № 2. – С. 174-179.

7. Takagi T. Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control / T. Takagi, M. Sugeno // IEEE Trans. Systems Man Cybernet. – 1985. – Vol. 15. – No. 116. – P. 116-132.

Исаев Е.А., Симаненков А.Л. СИСТЕМЫ НЕЧЕТКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТОПЛИВО-ОБРАБАТЫВАЮЩИМИ КОМПЛЕКСАМИ НА ПРИМЕРЕ АВТОМАТИЧЕСКИХ РЕГУЛЯТОРОВ ТЕМПЕРАТУРЫ

В данной статье рассмотрена проблематика методов настройки ПИ-, ПИД-регуляторов на основании практического опыта эксплуатации судовых автоматизированных установок. Рассмотрена проблема простоты эксплуатации и перенастройки судовых автоматизированных регуляторов температуры. Авторами представлена обобщенная модель подхода к выбору микроконтроллера при проектировании судов, которая ставит перед собой цель расширить границы использования разнообразных типов микроконтроллеров. Такой взгляд будет интересен специалистам судостроительной отрасли. Проведены исследования по сравнению характеристик работы систем автоматизированного управления судовыми техническими средствами, основанных на правилах нечеткой логики и классических правил ПИД-регулирования. Приведенные данные получены экспериментальным путем на примере судовых автоматизированных регуляторов температуры. Особое внимание уделяется описанию преимуществ настройки и эксплуатации микроконтроллеров, которые имеют программное обеспечение основанное на правилах нечеткой логики.

Ключевые слова: регуляторы температуры, нечеткая логика, ПИД-регулирование.

Isaev J.A., Simanenkov A.L. FUEL SYSTEM FUZZY CONTROL-PROCESSING COMPLEX AT CASE AUTOMATIC TEMPERATURE CONTROLLER

This article describes methods of adjustment problems PI, PID controllers based on the practical experience of the operation of ship automation systems. The problem of readjustment and ease of use of marine automated temperature controls. The authors presented a generalized model approach to the choice of the microcontroller in the design of ships, which aims to extend the boundaries of the use of various types of microcontrollers. Such a view would be interest to specialists of the shipbuilding industry. Some researchers were made in comparing of ships automatic regulating systems, working characteristics found on fuzzy logic rules and classic PID control laws. Adduced facts are taken by experimental way from ships automatic temperature regulators. Particular attention is paid to the description of advantages in setup and operation of microcontrollers that include software based on fuzzy logic rules.

Keywords: temperature regulators, fuzzy logic, PID control.

Статтю прийнято
до редакції 9.10.2013