

УДК 004.021:004.94

Рибачук І.С. студент гр. 151м-21

Науковий керівник: Бубліков А. В., д.т.н., завідувач кафедри кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем

(Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна)

КІБЕРФІЗИЧНА СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРОЮ ВОДИ У ПРАЛЬНІЙ МАШИНІ

Актуальність. Наразі технології «розумного будинку» є дуже затребуваними у світі та, зокрема, в Україні [1]. Їх впровадження дозволяє зменшити споживання ресурсів будинком, підвищити безпеку та комфортність перебування у приміщеннях. Тому усі дослідження, що пропонують нові рішення за напрямом технологій «розумного будинку» є затребуваними й актуальними.

Одним з напрямів впровадження технологій «розумного будинку» є інтелектуалізація побутових приладів з метою економії споживання ресурсів, підвищення комфортності користування ними. При цьому йдеться не тільки про використання технологій інтернет-речей, завдяки чому створюється технічна база для впровадження складних сценаріїв інтелектуальної сумісної роботи приладів, а й про надання системам керування приладами властивостей кіберфізичних систем, коли в алгоритм прийняття керуючих рішень закладається цифрова проекція реальних фізичних процесів, їх «розуміння» системою [2].

Процеси нагрівання води та опалення є найбільш енерговитратними в будинках. І якщо здійснювати одну з головних функцій системи енергетичного менеджменту, що стосується розподілу електроенергії між споживачами, то побутові прилади, де мають місце ці енерговитратні фізичні процеси, мають бути адаптовані під сумісну роботу з системою енергетичного менеджменту, що є одною з систем розумного будинку.

Саме це завдання вирішується в даній науковій роботі – відбувається модифікація системи автоматичного керування нагріванням води у пральній машині через надання їй властивостей кіберфізичної системи з метою інтелектуалізації пральної машини та її адаптації для сумісної роботи з системою енергетичного менеджменту в будинку.

Постановка завдання дослідження. Необхідно визначити закономірності процесу нагрівання води, що дозволять адаптувати процес автоматичного керування температурою води під сумісну роботу з системою енергетичного менеджменту в будинку.

Інструмент дослідження. Для дослідження алгоритмів автоматичного керування температурою води у пральній машині у застосунку Simulink математичного пакету MATLAB розроблена імітаційна модель системи автоматичного керування.

Запропоноване рішення поставленого завдання. Запропоновано здійснювати процес нагрівання води у два етапи. На першому етапі при мінімальному споживанні електроенергії ТЕНом відбувається збільшення температури води на незначну величину. При цьому формується експериментальна крива розгону, за результатом ідентифікації якої визначається динамічна модель процесу нагрівання води. На основі цієї цифрової проекції фізичного процесу визначається прогнозована кількість електроенергії, що необхідна для подальшого нагрівання води до заданої уставки. Ця інформація надсилається системі енергетичного менеджменту, та після зміни тактики розподілу потужності серед приладів вона виділяє пральній машині певну потужність на нагрівання води. Після цього з урахуванням обмеження за потужністю розраховується оптимальний за швидкодією регулятор, що забезпечує максимально швидке нагрівання води до заданої уставки з оглядом на виділену потужність.

Результати проведених досліджень. Дослідження показали, що класичний ПІД-регулятор з обмеженням діапазону зміни значень вихідного сигналу та захистом від перенасичення його інтегральної складової, налаштований з використанням комп'ютеризованого методу синтезу системи керування, може коректно відпрацьовувати зміну уставки води за умови змінного обмеження щодо керуючого сигналу через зміну системою енергетичного менеджменту тактики розподілу потужності. Але, в роботі ПІД-регулятора можна виділити такі недоліки, як неперервна зміна керуючого впливу та відсутність можливості прогнозування витрат електроенергії, через що його робота сумісно з системою енергетичного менеджменту значно ускладнюється.

Встановлено, що ідентифікацію динамічної моделі нагрівання води в пральній машині при роботі кіберфізичної системи керування з прийнятною точністю можна проводити за половиною експериментальної кривої розгону – до точки її перегину. Фактично довжина експериментальної кривої розгону до точки її перегину є оптимальною для проведення процедури ідентифікації моделі об'єкта керування за критеріями тривалості етапу формування кривої (продуктивність системи керування) та точності визначення параметрів моделі (точність відпрацювання системою зміни уставки).

Встановлено, що зі збільшенням амплітуди тестового керуючого сигналу при формуванні експериментальної кривої розгону збільшується похибка при розрахуванні інтервалів перемикання оптимального за швидкістю регулятора, через що збільшується статична похибка на момент закінчення нагрівання води (закінчення другого інтервалу перемикання регулятора).

Встановлено, що точність ідентифікації динамічної моделі нагрівання води при роботі кіберфізичної системи керування залежить зворотно від періоду імпульсного керуючого впливу при імпульсному режимі споживання електроенергії ТЕНом на етапі формування експериментальної кривої розгону.

Висновки. Результатами дослідження є встановлені нові закономірності процесу керування температурою води у пральній машині, які дозволили запропонувати інноваційний підхід щодо синтезу кіберфізичної системи керування. Проведена перевірка ефективності запропонованого алгоритму керування на основі розробленої імітаційної моделі кіберфізичної системи автоматичного керування температурою води у пральній машині.

Перелік посилань

1. Stolojescu-Crisan, C., Crisan, C., & Butunoi, B. P. (2021). An IoT-Based Smart Home Automation System. *Sensors* (Basel, Switzerland), 21(11), 3784. <https://doi.org/10.3390/s21113784>
2. Ван Чунжі, Яцишин, С.П., Лиса, О.В. & Мідик, А-В. В. (2018). Кіберфізичні системи та їх програмне забезпечення. *Вимірювальна техніка та метрологія*, 79 (1), 34-38. <https://doi.org/10.23939/istcmtm2018.01.034>

Анотація

Розкрита актуальність дослідження алгоритмів інтелектуального керування для систем “розумного будинку”. Запропонований новий підхід щодо синтезу системи автоматичного керування нагріванням води у барабані пральної машини в умовах обмеженого енергоресурсу.