

© А.В. Бубликов¹, О.О. Бойко¹, Є.К. Воскобойник¹, Д.В. Славінський¹, В.І. Шевченко¹
¹ Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

СТВОРЕННЯ МОДЕЛІ ДИСКРЕТНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ГРУПОЮ ОБІГРІВАЧІВ ПРИ ЕЛЕКТРИЧНОМУ ОПАЛЕННІ

© A. Bublikov¹, O. Boyko¹, Ye. Voskoboinyk¹, D. Slavinsky¹, V. Shevchenko¹
¹ Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

CREATION OF A MODEL OF A DISCRETE SYSTEM OF AUTOMATIC CONTROL OF A GROUP OF HEATERS WITH ELECTRIC HEATING

Мета. Створення імітаційної моделі дискретної системи автоматичного керування групою обігрівачів при електричному опаленні будівлі для підвищення якості автоматичного керування температурою приміщень через дослідження алгоритмів керування обігрівачами методами імітаційного моделювання.

Методика досліджень. На основі аналізу структури реальної системи керування температурами у приміщеннях будинку створена структурна схема імітаційної моделі дискретної системи автоматичного керування групою обігрівачів. З оглядом на особливості завдань керування умовно виділені нижній та верхній рівні імітаційної моделі системи керування. На нижньому рівні моделі реалізований релейний закон керування температурою, який наразі використовується в обігрівачах. При цьому в алгоритм формування керуючого впливу на обігрівач закладена можливість проведення параметричної ідентифікації дискретного об'єкта керування. На верхньому рівні моделі вирішується завдання розподілу потужності між обігрівачами з урахуванням обмежень, що пов'язані з процедурою ідентифікації динамічних властивостей локальних зон опалення.

Результати дослідження. Обґрунтована структурна схема комплексної імітаційної моделі дискретної системи автоматичного керування групою обігрівачів з виділенням двох рівнів ієрархії. З урахуванням завдань керування визначені зв'язки між елементами моделі як на верхньому та нижньому рівнях, так і між ними. Також для кожного елемента моделі визначені параметри та встановлені зв'язки між ними.

Наукова новизна. Особливістю процесу побудови комплексної імітаційної моделі дискретної системи автоматичного керування групою обігрівачів за умови електричного опалення будинку є одночасне використання методів теорії систем та теорії автоматичного керування. Базові положення теорії систем використані при обґрунтуванні елементів моделі, та проведенні меж між самими елементами, а також між ними та зовнішнім середовищем. Базові положення теорії автоматичного керування використані при створенні зв'язків між елементами моделі, а також між параметрами елементів.

Практичне значення. Створена комплексна модель дискретної системи автоматичного керування групою обігрівачів дозволить провести дослідження процесів керування електричним опаленням у приміщеннях для різних умов з урахуванням обмеженого енергетичного ресурсу з метою пошуку оптимального алгоритму керування опаленням за критеріями мінімальних питомих енерговитрат та комфортності перебування людини у приміщенні.

Ключові слова: температура у приміщенні, автоматичне керування, імітаційна модель

Вступ. Одним із стратегічно важливих питань національної безпеки України на сьогодні є підвищення ефективності енергетичної системи країни, що є необхідною умовою зменшення залежності енергетичного сектору від інших країн [1]. Це питання вимагає комплексного підходу та повинно вирішуватися одночасно у декількох напрямках, одним з яких є підвищення енергоефективності споживання енергоресурсу промисловими підприємствами та об'єктами муніципалітетів за рахунок використання сучасних інноваційних методів й засобів у рамках концепції «Smart Grid».

Одним з перспективних напрямів розвитку енергетичної системи України на основі концепції «Smart Grid» є впровадження в електроенергетиці кіберфізичних систем згідно парадигмі четвертої промислової революції «Індустрії 4.0» [2]. Головною особливістю кіберфізичних систем є глибоке поєднання фізичних та обчислювальних компонент [3]. Відбувається інтеграція обчислювальних ресурсів у фізичні об'єкти з синергетичним поєднанням обчислювальної компоненти з усіма іншими компонентами, та її розподіленням за усіма рівнями системи. Таким чином, імітаційні та математичні моделі, які є проєкціями реальних фізичних процесів на обчислювальну площину, складають основу обчислювальної компоненти кіберфізичної системи, дозволяючи їй ідентифікувати процеси, що відбуваються в інших компонентах фізичного об'єкта, та за рахунок цього ефективно взаємодіяти з ними.

З урахуванням цього, створення імітаційних моделей систем автоматичного керування фізичними процесами як складових обчислювальної компоненти кіберфізичних систем з їх інтеграцією в алгоритм керування фізичним об'єктом є однією з актуальних проблем за умови розробки кіберфізичних систем.

Формування цілей статті. Метою у роботі є створення імітаційної моделі дискретної системи автоматичного керування групою обігрівачів як частини кіберфізичної системи «Розумний будинок» при електричному опаленні будівлі для підвищення якості автоматичного керування температурою приміщень через дослідження алгоритмів керування обігрівачами методами імітаційного моделювання.

Актуальність досліджень. Більша частина теплових мереж в Україні потребують капітальної реконструкції. Централізовані системи опалення будівель є застарілими та зношеними, через що їх використання призводить до значних втрат енергії за умови транспортування теплоти до споживачів [4]. Тому, актуальною проблемою у цій сфері на сьогодні є підвищення енергоефективності теплопостачання будівель.

Одним з шляхів вирішення цієї проблеми є впровадження індивідуального електричного опалення квартир будівель. Цей шлях є досить перспективним, оскільки Україна є потужним виробником електричної енергії, яку не використовує повністю на власні потреби [4]. У майбутньому планується ще більше наростити вироблення електричної енергії за рахунок збільшення кількості вітрильних й сонячних електростанцій, відкриття нових блоків гідроелектростанцій та атомних електростанцій. Тож, з урахуванням нестачі власного видобутого газу, а також такого пріоритетного завдання у сфері забезпечення енергетичної

безпеки, як ліквідація залежності України від імпортування енергоресурсів з інших країн [1], перехід від газового опалення будівель до електричного є цілком виправданим [5].

Але, повне використання переваг переходу від централізованого газового опалення будівель до індивідуального електричного опалення квартир буде тільки за умови впровадження на всіх рівнях електричної мережі інформаційних технологій згідно сучасним концепціям побудови складних інформаційно-технологічних систем [2,3]. У рамках цих концепцій створення імітаційних моделей систем автоматичного керування як частин обчислювальної компоненти кіберфізичних систем з їх інтегруванням у процес керування фізичним об'єктом є актуальним науково-прикладним завданням.

Основна частина. Імітаційна модель системи автоматичного керування електричним опаленням квартири багатопверхового будинку як складової частини кіберфізичної системи створена на основі аналізу мети та завдань керування, а також особливостей квартири як об'єкта керування з точки зору опалення.

Сформулюємо загальну мету керування електричним опаленням квартири: забезпечення у кожній локальній зоні приміщень квартири комфортних умов перебування людини з одночасною мінімізацією витрат електроенергії на опалення. Досягнення цієї мети потребує вирішення наступних завдань:

- відпрацювання заданої температури у локальних зонах приміщення з мінімальними середньоквадратичним відхиленням фактичної температури від заданої, перерегулюванням та часом перехідних процесів;
- розробки методу навчання системи керування для класифікації різних умов опалення з запам'ятовуванням для кожної ситуації комфортної для людини температури, при якій спостерігалися мінімальні питомі енерговитрати на опалення;
- розробки алгоритму формування рішення щодо комфортної для людини температури з мінімальними питомими енерговитратами на опалення на основі сформованої бази знань;
- створення алгоритму розподілу електроенергії між локальними зонами опалення приміщень в умовах обмеженого енергоресурсу.

Ми бачимо, що перше завдання потребує використання методів класичної теорії автоматичного керування, та реалізується через створення одно-контурної локальної системи автоматичного керування температурою, у той час, як для вирішення інших завдань знадобиться використання інтелектуальних методів сучасної теорії керування. З урахуванням цього, в системі керування електричним опаленням, як складовій частині обчислювальної компоненти кіберфізичної системи «Розумний будинок», доцільно буде умовно виділити два ієрархічні рівні – «нижній», на якому буде вирішуватися перше завдання, та «верхній», на якому будуть вирішуватися друге, третє та четверте завдання.

Квартира як об'єкт керування за умови електричного опалення має розгалужену деревоподібну структуру, кожна гілка якої фактично є локальною системою автоматичного керування температурою в окремих зонах опалення. При

цьому для виконання другого, третього та четвертого вище сформульованих завдань інформація щодо зміни параметрів локальних систем автоматичного керування повинна збиратися в одному місці (центрі) для її обробки та формування керуючих впливів на локальні системи керування. Цей так званий «центр» системи керування електричним опаленням квартири фактично й є її «верхнім» рівнем, і його доцільно розміщувати у «стовбурі» деревоподібної структурної схеми (на вході електричної мережі в квартиру).

Також виділимо ще одну важливу особливість квартири як об'єкта керування при електричному опаленні – локальні зони опалення приміщень мають нестационарні характеристики, що змінюються як у функції простору (зміна положення локальної зони опалення у кімнаті), так і у функції часу.

За результатом аналізу завдань керування та особливостей квартири як об'єкта керування при електричному опаленні, зробимо наступні висновки:

- структура імітаційної моделі системи керування електричним опаленням повинна мати два ієрархічні рівні, на першому з яких реалізовані локальні системи автоматичного та незалежного керування температурою у різних зонах опалення, а на другому – створена її інтелектуальна складова, за допомогою якої відбувається навчання системи, формування рішень на основі сформованої бази знань, та оптимізація розподілу електроенергії між зонами опалення;

- об'єктами керування для «верхнього» рівня системи керування електричним опаленням є локальні системи автоматичного керування температурою у зонах опалення приміщень, у той час, як об'єктами керування для «нижнього» рівня (систем автоматичного керування температурою) є зони опалення (обігрівач-кімната);

- в імітаційній моделі повинна бути врахована нестационарність характеристик зон опалення через реалізовані впливи на умови опалення зовнішнього середовища та сусідніх зон опалення.

У більшості випадків за умови керування технологічними процесами імітаційні моделі систем керування повторюють структуру реальних систем. Тож, розглянемо структурну схему системи керування електричним опаленням як складової частини обчислювальної компоненти кіберфізичної системи «Розумний будинок» (рис.1). Схема на рис.1 представлена для випадку наявності чотирьох локальних зон опалення у квартирі.

«Верхній» рівень системи керування електричним опаленням квартири представлений однойменним блоком на рис.1. Відповідно, «нижній» рівень системи керування представлений на рис.1 чотирьома системами автоматичного керування температурою у різних зонах опалення. У даному випадку розглядається опалення приміщень масляними обігрівачами зі своєю вбудованою системою керування температурою (термостатом), тож на рис.1 системи автоматичного керування температурою у зонах опалення представлені блоками з зображенням обігрівачів (фактично в одному блоці поєднані регулятор та виконавчий пристрій). Локальні зони опалення на рис.1 представлені блоками з зображенням кімнат.

На основі рис.1 проаналізуємо зв'язки між «верхнім» та «нижнім» рівнями системи керування опаленням квартири. «Верхній» рівень системи впливає на «нижній» через дозвіл на вмикання, періодично блокуючи тим самим керуючий сигнал з термостату обігрівача згідно алгоритму формування керуючих впливів на «верхньому» рівні (перевищення виділеного ліміту за електроенергією на опалення або необхідність зміни температури у зоні опалення).

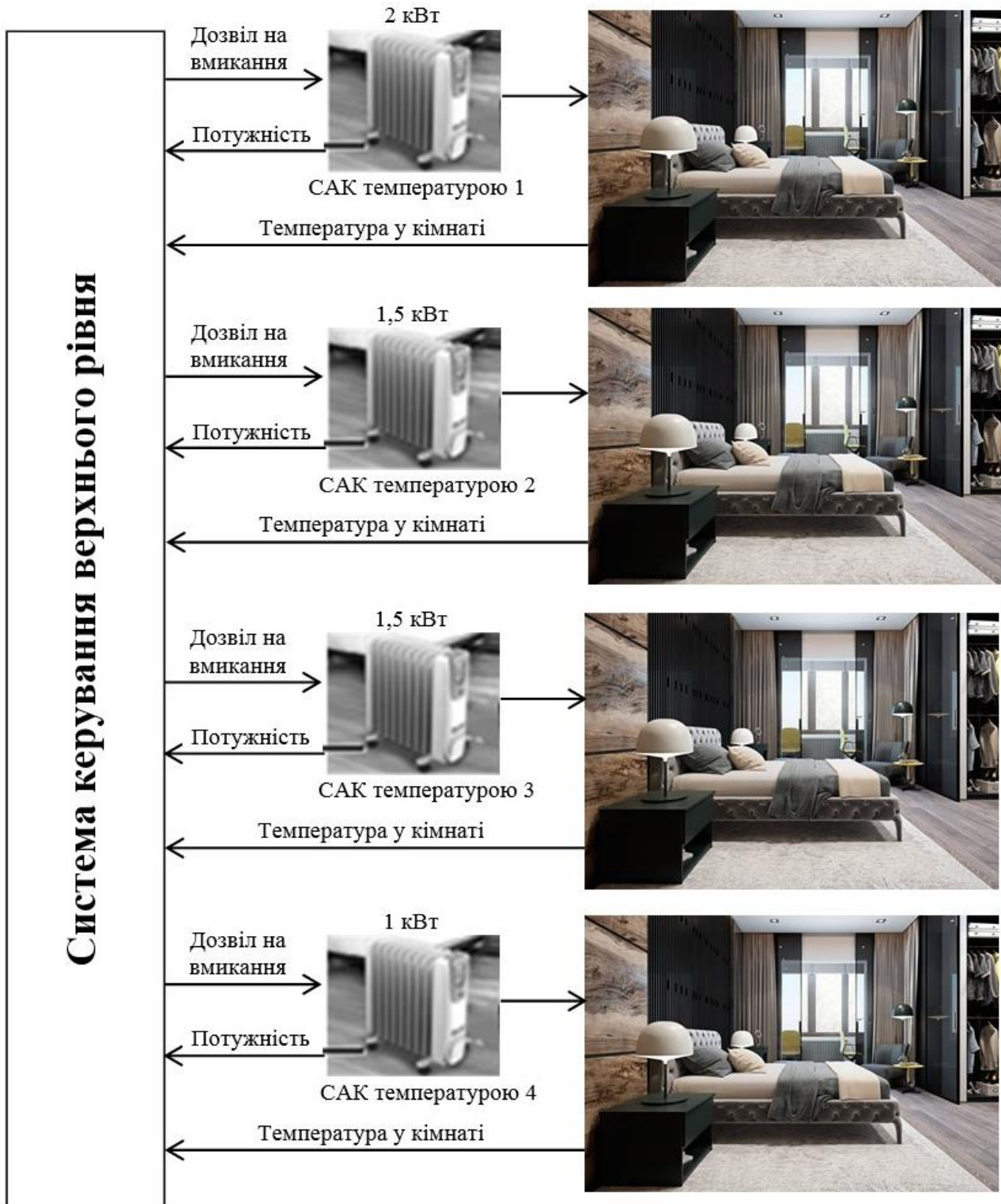


Рис. 1. Структурна схема системи керування електричним опаленням у квартирі

У свою чергу, з «нижнього» до «верхнього» рівня системи керування передається інформація про зміну у часі температури у зоні опалення приміщення та потужності, що споживається обігрівачем.

На основі структурної схеми на рис.1 у математичному пакеті MATLAB створена імітаційна модель системи керування електричним опаленням як складової частини обчислювальної компоненти кіберфізичної системи «Розумний будинок» (рис.2), при цьому враховані вище наведені висновки щодо особливостей її побудови.

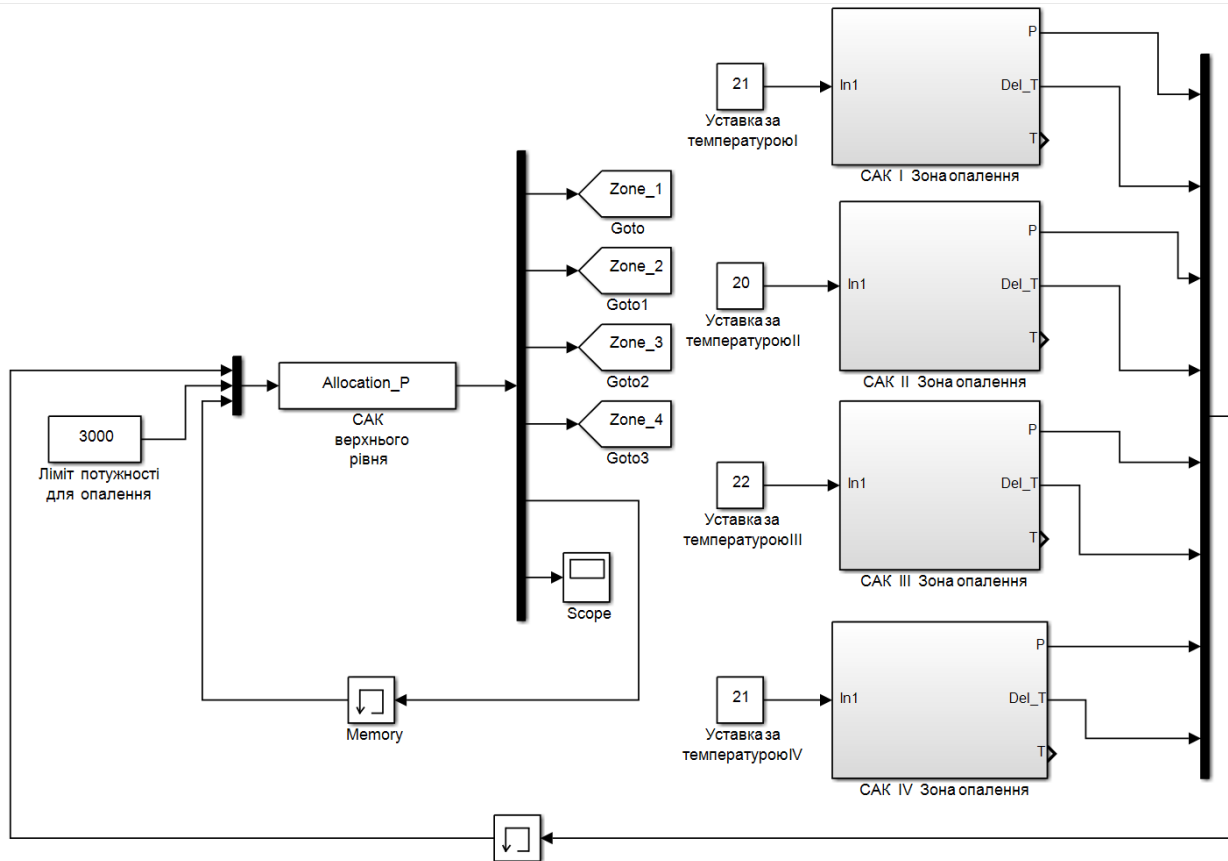


Рис. 2. Структурна схема імітаційної моделі системи керування електричним опаленням у квартирі

«Верхній» рівень моделі системи керування електричним опаленням квартири на рис.2 реалізований за допомогою функції «Allocation_P». Аргументами функції є фактичні температури у зонах опалення приміщень, потужності, що споживаються обігрівачами, а також ліміт за потужністю, який виділений для опалення квартири.

«Нижній» рівень моделі на рис.2 реалізований за допомогою підсистем «САК i -та Зона опалення». Вхідними величинами даних підсистем є керуючі впливи з «верхнього» рівня моделі у вигляді дозволів на вмикання обігрівачів (передаються через «портالي» у вигляді блоків «Zone_ i » на рис.2), та уставки за температурою для кожної зони опалення, які на момент початку навчання системи керування задаються користувачем (блоки «Уставка за температурою i » на рис.2). Вихідними величинами підсистем «САК i -та Зона опалення» є фактичні

температури поверхонь обігрівачів, повітря у зонах опалення, а також фактичні потужності, що споживаються обігрівачами.

Основою підсистем «САК i -та Зона опалення» на рис.2 є імітаційна модель одно-контурної системи автоматичного керування температурою у зоні опалення, в якій реалізований релейний закон керування, що наразі використовується в термостатах масляних обігрівачів (рис.3).

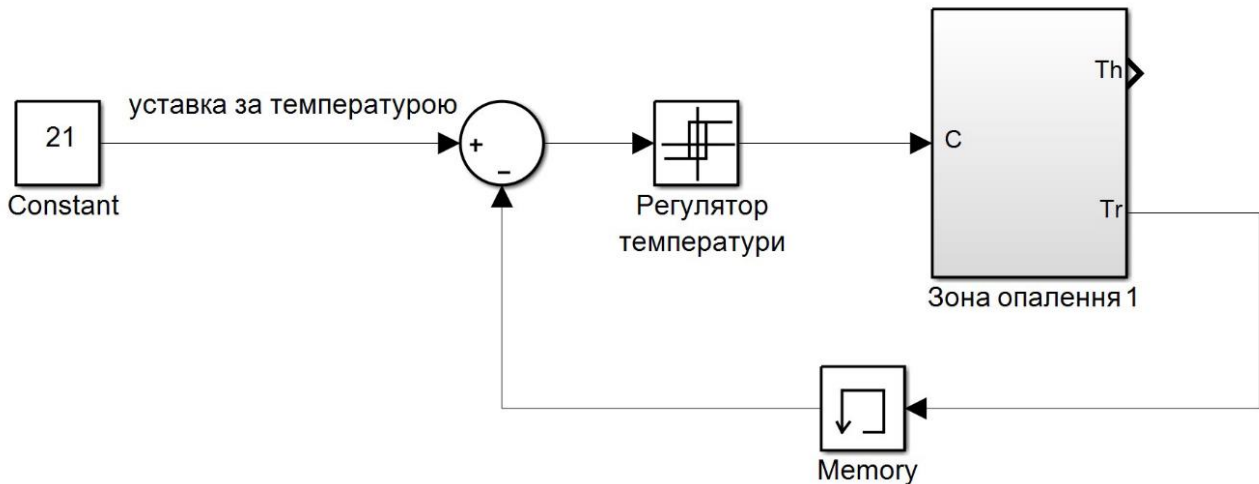


Рис. 3. Структурна схема імітаційної моделі системи автоматичного керування температурою у локальній зоні опалення

У моделі на рис.3 реалізується принцип автоматичного керування за від'ємним зворотним зв'язком. Регулятор згідно релейного закону формує керуючий сигнал у функції відхилення фактичної температури у зоні опалення від заданої. Об'єктом керування для системи при цьому є масляний обігрівач та кімната. Теплообмінні процеси, що відбуваються за умови нагрівання приміщення обігрівачем, моделюються в підсистемі «Зона опалення 1» на рис.3. В основі цієї підсистеми лежить система рівнянь [6], що реалізована за допомогою відповідної імітаційної моделі на рис.4:

$$\begin{cases} \tau_o \cdot \frac{dT_o}{dt} = \frac{P_o}{\sigma_o} - (T_o - T_k); \\ \tau_k \cdot \frac{dT_k}{dt} = (T_o - T_k) \cdot \frac{\sigma_o}{\sigma_k} + \frac{P_\partial}{\sigma_k} - (T_k - T_{з.с.}), \end{cases}$$

де P_∂ – потужність потоку тепла від додаткових джерел у кімнаті (крім обігрівача), Вт; σ_k – коефіцієнт теплопередачі кімнати по відношенню до зовнішнього середовища, Вт/°С; $T_{з.с.}$ – температура зовнішнього середовища, град.; T_o – температура поверхні обігрівача, град.; P_o – потужність обігрівача, Вт; T_k – температура кімнати, град.; σ_o – коефіцієнт теплопередачі обігрівача, Вт/°С; τ_o – постійна часу обігрівача, хв.; τ_k – постійна часу кімнати, хв.

Як показали дослідження у роботі [7], ця спрощена імітаційна модель теплообмінних процесів адекватно описує зміну у часі температури повітря у певній

локальній зоні приміщення, що є достатнім з урахуванням поставлених завдань керування. Також підтвердженням адекватності моделі на рис.4 є результати параметричної ідентифікації за експериментальною кривою розгону, що отримана у реальних умовах аудиторій Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» (рис.5).

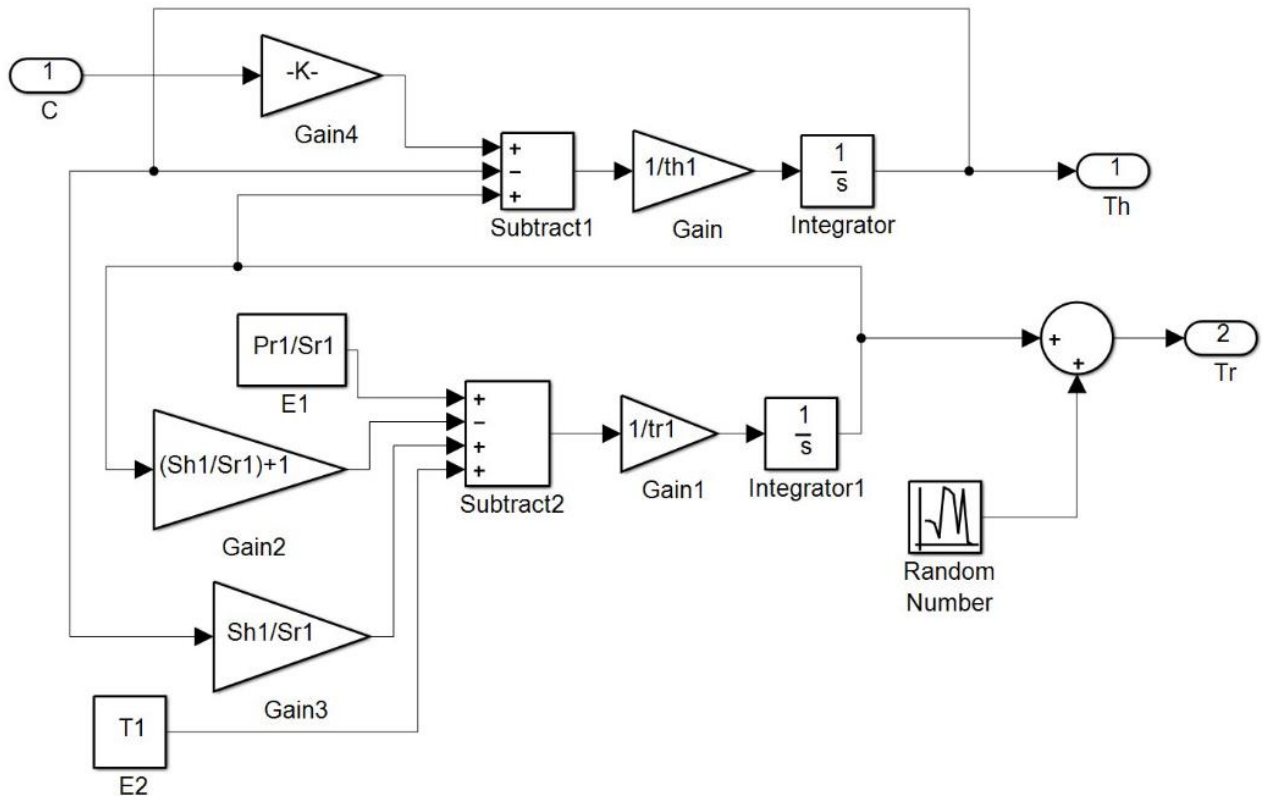


Рис. 4. Структурна схема імітаційної моделі локальної зони опалення

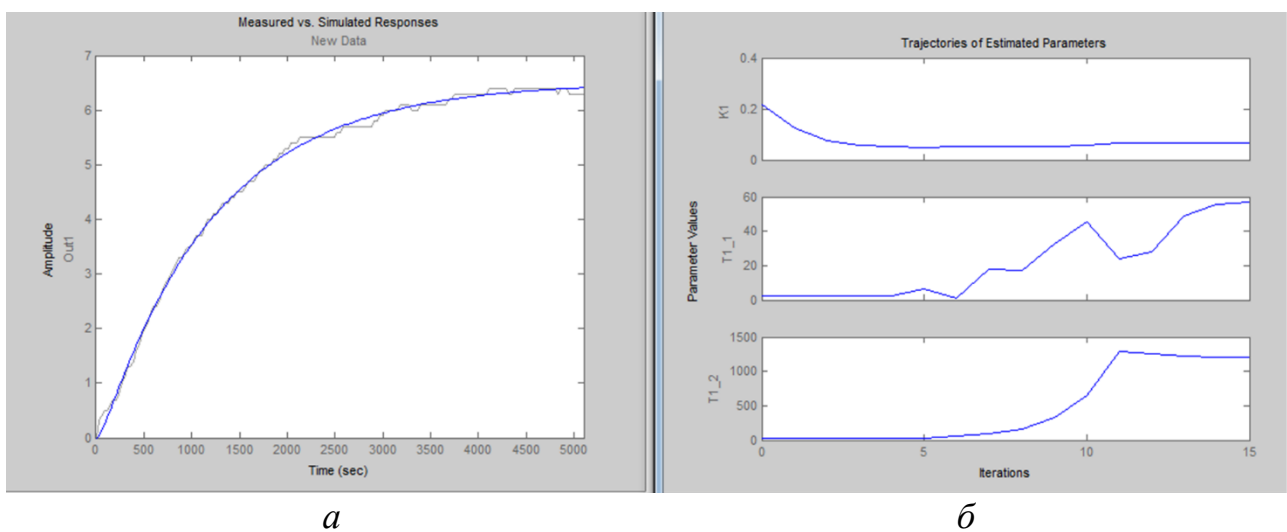


Рис. 5. Результат роботи додатку «Control and Estimation Tool Manager»: *a* – перехідний процес (сірий графік – крива розгону); *б* – динаміка пошуку параметрів моделі

За результатами параметричної ідентифікації на рис.5 отримана спрощена динамічна модель локальної зони опалення в аудиторії, якою є послідовно з'єднані дві аперіодичні ланки з загальним коефіцієнтом підсилення 0,065, та постійними часу 57,2 та 1202,5 с, що цілком відповідає структурі імітаційної моделі на рис.4. При цьому максимальна відносна похибка не перевищила 1%.

З рис.5,а ми бачимо, що в експериментальній кривій розгону присутні випадкові коливання температури з незначною амплітудою, які можуть бути викликані нерівномірністю теплових потоків в аудиторії, похибкою замірювання температури тощо. Для імітування цих коливань до імітаційної моделі локальної зони опалення на рис.4 доданий генератор випадкових чисел (блок «Random Number»). З метою визначення параметрів цього генератора з експериментального сигналу зміни у часі температури в аудиторії була виділена випадкова складова як відхилення експериментальної кривої розгону (показана сірим кольором на рис.5,а) від графіку динамічної моделі локальної зони опалення (показана чорним кольором на рис.5,а), що отримана у ході параметричної ідентифікації. Динаміка цієї складової показана на рис.6,а.

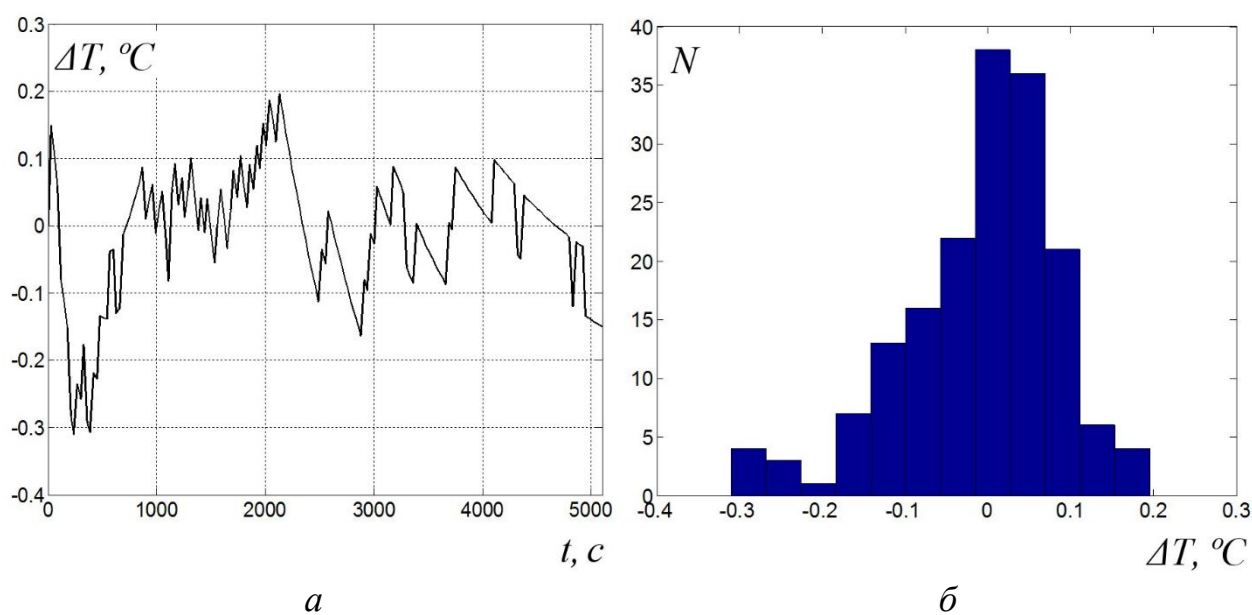


Рис. 6. Зміна у часі відхилення графіку динамічної моделі зони опалення від експериментальної кривої розгону (а) та гістограма розподілу значень даного відхилення (б)

З рис.6,б видно, що візуально характер розподілу значень випадкової складової експериментального сигналу зміни у часі температури у локальній зоні опалення аудиторії близький до нормального закону розподілу. З урахуванням цього, за допомогою критерію Пірсона була перевірена статистична гіпотеза належності вибірки на рис.6,а генеральній сукупності з нормальним законом розподілу випадкової величини, яка підтвердилася з рівнем значимості 5%. Параметри генератора випадкових чисел, реалізованого у блоці «Random Number» на рис.4, визначені у ході статистичної обробки сигналу на рис.6,а.

Висновки. Імітаційна модель системи керування електричним опаленням у квартирі створена на основі аналізу мети та завдань керування, а також особливостей квартири як об'єкта керування з точки зору опалення. При цьому модель створена таким чином, щоб за допомогою неї проводити дослідження системи керування як складової частини обчислювальної компоненти кіберфізичної системи «Розумний будинок». А саме, в моделі умовно виділений «верхній» рівень, на якому за умови навчання системи та формування рішень на основі сформованої бази знань використовується динамічна модель фізичного теплообмінного процесу у приміщенні, що постійно оновлюється. Відповідно, на «нижньому» рівні моделі вирішується завдання автоматичного керування температурою у приміщеннях з використанням методів класичної теорії автоматичного керування.

Крім того, в створеній імітаційній моделі системи керування електричним опаленням у квартирі врахована нестационарність характеристик зон опалення через реалізовані впливи на умови опалення зовнішнього середовища та сусідніх зон опалення.

Створена імітаційна модель системи керування електричним опаленням у квартирі є інструментом для подальших досліджень з метою вирішення наукових завдань для розробки однієї зі складових частин обчислювальної компоненти кіберфізичної системи «Розумний будинок», що спрямована на автоматизацію процесів енергетичного менеджменту у будинку.

Перелік посилань

1. Рябцев, Г.Л. & Суходоля, О.М. (2021, жовтень 14). *Нові загрози у сфері забезпечення енергетичної безпеки: моніторинг реалізації стратегії національної безпеки* <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/nacionalna-bezpeka/novi-zagrozi-u-sferi-zabezpechennya-energetichnoi-bezpeki>
2. Денисюк, С.П. & Стшелецькі, Р. (2019). Формування складових інтелектуальної платформи керування енергетичними системами та мережами. *Енергетика: економіка, технології, екологія*, 3, 7-22. <https://doi.org/10.20535/1813-5420.3.2019.196368>
3. Ван Чунжі, Яцишин, С.П., Лиса, О.В. & Мідик, А-В. В. (2018). Кіберфізичні системи та їх програмне забезпечення. *Виміррювальна техніка та метрологія*, 79 (1), 34-38. <https://doi.org/10.23939/istcmtm2018.01.034>
4. Параска, Г.Б. & Миколюк, О.А. (2015). Оцінка ефективності використання електричних систем опалення. *Енергетика: економіка, технології, екологія*, 4, 73-79. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/15288>
5. Андрющенко, А.М., Нікульшин, В.Р. & Денисова, А.Є. (2018). Переваги систем електричного опалення з нічним акумулюванням теплоти в умовах України. *Електротехнічні комплекси та системи. Силова електроніка*, 2, 24–30. <https://doi.org/10.20998/2074-272X.2018.2.04>
6. Tkachov, V., Gruhler, G., Zaslavski, A., Bublikov, A., & Protsenko, S. (2018). Development of the algorithm for the automated synchronization of energy consumption by electric heaters under condition of limited energy resource. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(8 (92)), 50–61. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.126949>
7. Бубліков, А. В., Заславський, О.М., Проценко, С.М. & Ткачов, В.В. (2018). *Розумні теплові поля*. Дніпровська політехніка. <http://ir.nmu.org.ua/bitstream/handle/123456789/153009/CD1008.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

АННОТАЦИЯ

Целью является создание имитационной модели дискретной системы автоматического управления группой обогревателей при электрическом отоплении здания для повышения качества автоматического управления температурой помещений путем исследования алгоритмов управления обогревателями с помощью методов имитационного моделирования.

Методика исследований. На основе анализа структуры реальной системы управления температурами в помещениях дома создана структурная схема имитационной модели дискретной системы автоматического управления группой обогревателей. С учетом особенностей задач управления условно выделены нижний и верхний уровни имитационной модели системы управления. На нижнем уровне модели реализован релейный закон управления температурой, который сейчас используется в обогревателях. При этом в алгоритм формирования управляющего воздействия на обогреватель заложена возможность проведения параметрической идентификации дискретного объекта управления. На верхнем уровне модели решается задача распределения мощности между обогревателями с учетом ограничений, связанных с процедурой идентификации динамических свойств локальных зон отопления.

Результаты исследования. Обоснована структурная схема комплексной имитационной модели дискретной системы автоматического управления группой обогревателей с выделением двух уровней иерархии. С учетом задач управления определены связи между элементами модели как на верхнем и нижнем уровнях, так и между ними. Также для каждого элемента модели определены параметры, и установлены связи между ними.

Научная новизна. Особенностью процесса построения комплексной имитационной модели дискретной системы автоматического управления группой обогревателей при условии электрического отопления здания является одновременное использование методов теории систем и теории автоматического управления. Базовые положения теории систем использованы при обосновании элементов модели, и проведении границ между самими элементами, а также между ними и внешней средой. Базовые положения теории автоматического управления использованы при создании связей между элементами модели, а также между параметрами элементов.

Практическое значение. Созданная комплексная модель дискретной системы автоматического управления группой обогревателей позволит провести исследования процессов управления электрическим отоплением в помещениях для различных условий с учетом ограниченного энергетического ресурса с целью поиска оптимального алгоритма управления отоплением по критериям минимальных удельных энергозатрат и комфортности пребывания человека в помещении.

Ключевые слова: температура в помещении, автоматическое управление, имитационная модель

ABSTRACT

The aim is to create a simulation model of a discrete system of automatic control of a group of heaters in electric heating of a building to improve the quality of automatic control of room temperature through the study of control algorithms for heaters by simulation methods.

Research methodology. The block diagram of a simulation model of a discrete system of automatic control of a group of heaters is created, that based on the analysis of the structure of the real temperature control system in the rooms of the house. Given the peculiarities of control tasks, the lower and upper levels of the simulation model of the control system are conditionally distinguished. At the

lower level of the model, the relay law of temperature control is implemented, which is currently used in heaters. Herewith, the algorithm of forming of control signal on the heater includes the possibility of parametric identification of a discrete control object. At the upper level of the model, the task of allocation of electric power between the heaters is decided, to take into account the constraints, that depend on the procedures for identifying the dynamic characteristics of local heating zones.

Findings. The structural scheme of the complex simulation model of the discrete system of automatic control of a group of heaters with allocation of two levels of hierarchy is substantiated. The relationships between the elements of the model, both at the upper and lower levels, and between them, are determined, taking into account the control tasks. Parameters for each element of the model and connections between them are also defined.

Originality. An originality of the process of building a complex simulation model of a discrete system of automatic control of a group of heaters under the condition of electric heating of the house is the simultaneous use of methods of systems theory and theory of automatic control. The basic principles of systems theory are used in substantiating the elements of the model, and drawing boundaries between the elements themselves, as well as between them and the external environment. The basic principles of the theory of automatic control are used in creating connections between the elements of the model, as well as between the parameters of the elements.

Practical implications. The created complex model of discrete system of automatic control of group of heaters will allow to carry out research of processes of control of electric heating in rooms for various conditions taking into account limited energy resource for the purpose of search of optimum algorithm of control of heating according to the criteria of minimum specific energy consumption and the comfort of a person's stay in a room.

Keywords: *temperature at the room, automatic control, simulation model*