

<https://doi.org/10.31891/2219-9365-2024-78-29>

УДК 697.952; 004.9

СЕМЕНОВ Андрій

Вінницький національний технічний університет
<https://orcid.org/0000-0001-9580-6602>
e-mail: semenov.a.o@vntu.edu.ua

ШУРХАЛ Михайло

Вінницький національний технічний університет
<https://orcid.org/0009-0005-1041-5829>
e-mail: misha.shurkhal@gmail.com

САВИЦЬКИЙ Антон

Вінницький національний технічний університет
<https://orcid.org/0009-0000-3490-6300>
e-mail: savitskyant@gmail.com

ВОЙЦЕХОВСЬКА Ольга

Вінницький національний технічний університет
<https://orcid.org/0000-0001-8504-1204>
e-mail: olgav1085@gmail.com

СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРОЮ ПРИМІЩЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ РОЗУМНИХ БУДИНКІВ

Системи контролю показників енергоефективності "розумних" будинків дозволяють забезпечувати оптимальне використання енергії та знизити витрати. Одним із ключових методів контролю енергоефективності "розумних" будинків є сенсорні системи, які вимірюють споживання енергії в будинку, температуру, освітлення та інші параметри. Ці дані потім аналізуються та використовуються для оптимізації роботи систем управління енергією. Одним зі способів аналізу даних є використання штучного інтелекту та алгоритмів машинного навчання для прогнозування споживання енергії та автоматичного управління системами "розумних" будинків. Також важливо врахувати індивідуальні потреби мешканців та оптимальне використання ресурсів. У роботі розроблена автоматична система керування терморегулюванням повітря з використанням інтелектуальних технологій, яка відстежує температуру в приміщенні та керує циркуляцією свіжого повітря в приміщенні без втручання людини. Система керування терморегулюванням у "розумних" будинках використовується для автоматичного контролю та регулювання температури приміщення з метою забезпечення комфорту для мешканців та оптимального використання енергії. Основні компоненти такої системи включають сенсори температури, термостати, систему опалення та кондиціонування повітря. За допомогою цих компонентів система може автоматично реагувати на зміни температури в середовищі та запускати/зупиняти системи опалення або кондиціонування для забезпечення оптимального рівня комфорту. Сучасні системи управління терморегулюванням "розумних" будинків використовують штучний інтелект для аналізу даних та автоматичного встановлення оптимальних параметрів температури, а також можуть навчитися пристосовуватися до індивідуальних уподобань користувачів. Ця технологія допомагає не лише підвищити комфорт у будинку, але й зменшити витрати на енергію шляхом ефективного управління системами опалення та кондиціонування повітря.

Ключові слова: розумний будинок, енергоефективність, температура, система контролю, автоматичне керування, нечітка логіка, нечіткий контролер.

SEMENOV Andriy, SHURKHAL Mykhailo, SAVYTSKYI Anton, VOITSEKHOVSKA Olha
Vinnytsia National Technical University

ROOM TEMPERATURE CONTROL SYSTEM USING INTELLIGENT TECHNOLOGIES TO IMPROVE THE ENERGY EFFICIENCY OF SMART HOMES

Energy efficiency monitoring systems for smart homes help ensure optimal energy use and reduce costs. One of the key methods of monitoring the energy efficiency of smart homes is through sensor systems that measure energy consumption in the home, temperature, lighting, and other parameters. This data is then analysed and used to optimize the performance of energy management systems. One way to analyse data is to use artificial intelligence and machine learning algorithms to predict energy consumption and automatically control smart home systems. It is also important to take into account the individual needs of residents and the optimal use of resources. In this work, we have developed an automatic air temperature control system using intelligent technologies that monitors the room temperature and controls the circulation of fresh air in the room without human intervention. The temperature control system in smart homes is used to automatically monitor and regulate the temperature of the room to ensure comfort for residents and optimal energy use. The main components of such a system include temperature sensors, thermostats, and heating and air conditioning systems. With the help of these components, the system can automatically respond to changes in the temperature of the environment and start/stop the heating or air conditioning systems to ensure optimal comfort. Modern smart home temperature control systems use artificial intelligence to analyse data and automatically set optimal temperature parameters, and can learn to adapt to individual user preferences. This technology helps not only to increase comfort in the home but also to reduce energy costs by efficiently managing heating and air conditioning systems.

Keywords: smart home, energy efficiency, temperature, control system, automatic control, fuzzy logic, fuzzy controller.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ЧИ ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

У сучасних системах "розумних" будинків використовуються різноманітні інформаційно-вимірювальні технології для збору даних та автоматизації управління різними аспектами життя в будинку [1, 2]. Основними з найпоширеніших інформаційно-вимірювальних технологій є такі [3, 4]: 1. Сенсори руху та присутності (вони допомагають виявляти рух людей у приміщенні та активувати відповідні системи контролю, наприклад, освітлення або опалення); 2. Сенсори температури та вологості (призначені для вимірювання температури та вологості в приміщенні, що дозволяє ефективніше керувати системами опалення/охолодження); 3. Системи вимірювання споживання енергії (дозволяють відстежувати, контролювати та оптимізувати енергоспоживання в будинку); 4. Дистанційне керування через мобільний додаток (уможливило керування користувачами системами "розумного" будинку з будь-якого місця, використовуючи смартфон, планшет або інший носимий пристрій); 5. Штучний інтелект та аналітика даних (використовуються для аналізу великих обсягів даних про споживання енергії, звички користувачів та автоматичного управління системами будинку для оптимізації комфорту та енергоефективності). Зазначені технології допомагають зробити життя в "розумному" будинку більш комфортним, безпечним та енергоефективним.

Важливою складовою комфортного проживання в розумних будинках є дотримання температурних режимів у кімнатах або приміщеннях із урахуванням індивідуальних потреб мешканців, і в той же час забезпечення заощадження енергоносіїв [5]. Тому на сучасному етапі розвитку інформаційно-вимірювальних технологій виникла потреба в простій та економічно ефективній системі керування температурою приміщень [6]. Це зумовлює пошуки нових інженерних рішень із застосуванням сучасних інтелектуальних технологій для вирішення складних завдань з мінімізації витрат на проектування системи за рахунок зменшення обладнання та компонентів при проектуванні.

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

В результаті аналізу останніх літературних джерел з напряму систем автоматичного керування температурою приміщення [1-7] авторами були отримані такі основні результати:

1) Автоматичні системи контролю температури в приміщенні останнім часом все частіше використовують технології Інтернету речей (IoT). Датчики, підключені до Інтернету речей, уможливають дистанційне керування системами кондиціонування та опалення, збирання даних із датчиків, здійснене автоматичне оброблення та використання їх даних для ефективного керування енергією.

2) Використання технологій штучного інтелекту і машинного навчання разом дозволяє розробити більш складні системи автоматичного контролю температури, які можуть адаптувати свої режими роботи до поведінки користувачів, змін погодних умов та інших змінних.

3) Системи автоматичного регулювання температури стають все більше частиною зв'язаних систем "розумного будинку". Вони можуть інтегруватися з іншими рішеннями для створення більш адаптивних і комфортних умов у будинку.

4) Однією з головних тенденцій є покращення енергоефективності систем автоматичного регулювання температури. Дослідження спрямовані на розвиток технологій, що уможливають зменшити споживання енергії під час опалювання або охолодження приміщення.

5) Сучасні системи здатні адаптуватися до різних умов та змінюваних потреб користувачів. Вони можуть враховувати різні фактори, такі як наявність людей у приміщенні, денний час, сезон та інші параметри для оптимального регулювання температури.

Тому сучасна система керування температурою приміщення для підвищення енергоефективності розумних будинків повинна бути гнучкою та адаптивною, використовувати технології штучного інтелекту і машинного навчання, застосовувати технології Інтернету речей і в той же час бути простою та зручною в користуванні.

ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ

Метою роботи є розроблення система керування температурою приміщення з використанням інтелектуальних технологій, яка спроможна автоматично контролювати температуру приміщення, в якому вона знаходиться, шляхом своєчасної активації ефекторних пристроїв, що впливають на температуру по відношенню до заданого значення.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Традиційна система контролю температури складається з невеликого програмованого цифрового логічного контролера, підключеного до системи опалення або охолодження [8]. Приблизно такого ж розміру, як і звичайний настінний термостат, система контролю температури в приміщенні містить невелику друковану плату та мікросхеми пам'яті. Після налаштування системи контролю температури на бажану температуру, відому як задане значення, система буде використовувати обігрівач або вентилятор (за

необхідності) як ефектори, щоб підтримувати цю температуру в приміщенні протягом запрограмованого часу.

Класична система контролю температури в приміщенні більше схожа на програмований термостат, який може підтримувати бажану температуру в приміщенні (побутовому або офісному) незалежно від мінливих зовнішніх погодних умов [9]. Перевага пропонованої системи контролю температури в приміщенні перед звичайним термостатом полягає в тому, що вона економить енергію та гроші, автоматично підтримуючи різну температуру в різний час дня і ночі. Зазвичай це система зі зворотним зв'язком, яка має контур керування, що включає датчики, алгоритми керування та виконавчі механізми/ефектори, і влаштована таким чином, щоб намагатися регулювати змінну величину на рівні заданого або еталонного значення [10].

У пропонованій системі використаний мікроконтролер PIC16F877A і датчик температури LM35 для моніторингу та контролю температури в приміщенні. Спочатку користувачеві потрібно встановити температуру системи на еталонне значення, яку потрібно підтримувати в приміщенні. Потім датчик температури вимірює навколишню температуру і зв'язується з мікроконтролером. Мікроконтролер зчитує температуру кожні 1 с і порівнює її з бажаним значенням. Якщо вимірне значення менше бажаного, тоді обігрівач автоматично вмикається, щоб нагріти температуру в приміщенні, поки вона не повернеться до бажаного значення, і вимикається. Також, якщо вимірне значення більше, ніж бажане, тоді вентилятор автоматично увімкнеться, щоб охолодити температуру в приміщенні, доки вона не повернеться до бажаного значення і не вимкнеться.

На сучасному етапі для управління системами керування температурою приміщень використовують новий набір нормативних документів, відомий як нейронні мережі та нечітка логіка (Neuro&Fuzzy logic) [3, 6]. Нова форма технології контролю, яка називається нейротехнологією, використовує нейронну систему як модель. Використовуючи параметри PMV (передбачуваний середній голос), ця методика оцінює рівень комфорту людини в певному середовищі на основі індексів дискомфорту D_n .

Після вимірювання кімнатної температури система самостійно вибирає режим роботи. Рішення ґрунтується на практичному аналізі з використанням типових уподобань користувачів системи як керівництва. Значення D_n являють собою суми кількох змінних, значення яких залежать від комфорту людини: температура, вологість, інтенсивність повітряного потоку, тип одягу (зима/літо) тощо [6, 7].

Відчуття тепла або прохолоди залежить як від температури повітря, так і від вологості [8]. Температура приміщення 26 °C із вологістю 50–60% вважається комфортною влітку, тоді як температура 22°C вважається комфортною взимку. При вологості 50% комфортною буде навіть температура 29 °C. Однак, якщо вологість становить 70%, температура буде здаватися високою і створюватиме відчуття «пара». Для оцінки спільного впливу температури та вологості на сприйняття дискомфорту представлено індекс

$$D_n = 0,71(t_c + t_b) + 40,6, \quad (1)$$

де t_c - температура сухого термометра; t_b - температура вологого термометра.

У таблиці 1 наведено ступені дискомфорту.

Таблиця 1

Таблиця ступеня дискомфорту

Індекс дискомфорту D_n	Ступінь дискомфорту
70 або менше	Комфортна
70-75	Деякі люди почуваються некомфортно
75-80	50% людей почуваються некомфортно
80-85	Усі почуваються некомфортно
86 і більше	Нестерпний дискомфорт

Ця стратегія ідеально підходить до системи обробки логічної інформації "нечіткої логіки", яка використовується в контролерах нечіткої логіки (FLR). При обробці надзвичайно складних процесів, нелінійних процесів високого порядку та експертних (лінгвістично сформульованих) даних нечітка логіка має переваги над пропорційно-інтегрально-диференціальними (ПІД) регуляторами [5].

Для функціонування нечіткої логіки використовуються лінгвістичні концепції замість цифрових [4]. Нижче наведено основні елементи нечіткої логіки.

Фазифікація – це процес перетворення набору значень аргументу (x) у функцію, яка належить до $M(x)$, або переведення значень (x) у нечіткий формат. Протилежністю фазифікації є дефазифікація. Основна ідея роботи систем нечіткої логіки така: дані вимірювань перетворюються в нечіткий формат, обробляються та дефазуються перед тим, як надсилаються як звичайні сигнали виконавчим пристроям [4].

Різниця між температурою в кімнаті та бажаною температурою (установленою температурою) визначає ефективність охолодження, яку повинна забезпечити система керування температурою. Ця змінна

має лінгвістичні значення «маленький», «середній» і «великий» і може бути виражена як «різниця температур». Природно, швидкість нагрівання/охолодження приміщення повинна збільшуватися з поточною різницею температур. «Швидкість зміни температури» в приміщенні буде другою лінгвістичною змінною, і вона також матиме лінгвістичні значення «мала», «середня» і «велика». Велика потужність охолодження необхідна, якщо швидкість зміни температури висока. Як швидкість зміни температури приміщення, так і охолоджувальна здатність вентилятора зменшуватимуться, коли температура наблизиться до бажаного рівня.

Вихідна змінна, що описує режим роботи, має такі мітки: дуже малий, малий, середній, великий і дуже великий. Таблиця 2 містить залежність вхід-вихід нечітких правил.

Таблиця 2

Залежність режиму роботи від різниці температур і швидкості її зміни

Швидкість зміни температури	Різниця температур		
	невелика	середня	велика
невелика	дуже мала	невелика	середня
середня	невелика	середня	велика
велика	середня	велика	дуже велика

Кожен запис відповідає певному нечіткому правилу. Наприклад, якщо існує середня різниця температур і висока швидкість зміни, потужність охолодження має бути високою.

Принцип дії система керування температурою приміщення з використанням нечіткої логіки такий: сигнали датчиків фазуються, обробляються та дефазуються. Регулятор частоти двигуна вентилятора отримує отримані дані у вигляді сигналів, і саме він визначає частоту обертання двигуна вентилятора і, як наслідок, його продуктивність, виходячи зі значення функції належності.

Спочатку було створено дві функції належності. У першому сценарії аргумент базується на різниці температур (Δt), як показано на рисунку 1, а в другому – на швидкості зміни температури (V_t), як показано на рисунку 2. Для першої функції діапазон температур — від 0 до 30 °C, а для другого — від 0 до 0,3 °C/хв. Температурний діапазон понад 30 °C є не комфортним як для побутових, так і промислових приміщень, а тому дана система його не підтримує.

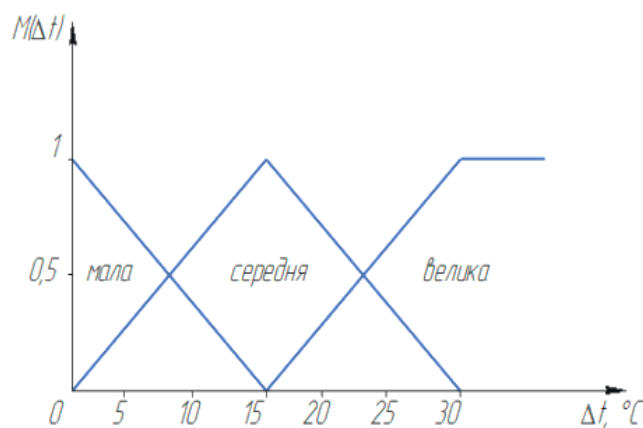


Рис. 1 Функція належності для лінгвістичного аргументу «різниця температур»

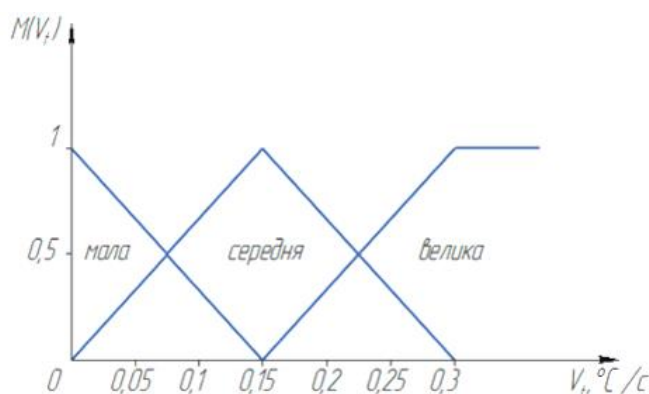


Рис. 2 Функція належності для лінгвістичного аргументу «швидкість зміни температури»

Результат спільного впливу двох функцій належності на значення вихідного параметра «ефективність охолодження» управляється відповідною програмою, вбудованою в логічний пристрій. Оскільки частота обертання вентилятора впливає на потужність охолодження, результуючу залежність функції належності можна описати таким чином:

$$M_{\Sigma} = f[M(\Delta t), M(V_t)], \quad (2)$$

де M_{Σ} - це виконувана частота обертання вентилятора. Можна використати такі значення (див. рис. 3), щоб виразити швидкість обертання вентилятора з рангом 1,0: 37 Гц є малим; 62 Гц – середнє; 87 Гц - велика; і 115 Гц є дуже велика.

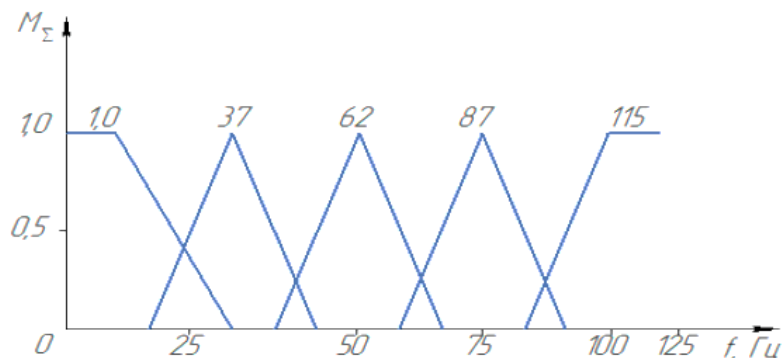


Рис. 3 Залежність параметра «частота обертання вентилятора» від значення сумарної функції належності

Таким чином, після дефазифікації та виявлення лінгвістичним методом сумарної функції належності можна отримати чітке значення початкового параметра – частоти обертання вентилятора або потужності охолодження.

Блок фазифікації, база знань, логічний пристрій і блок дефазифікації є частинами нечіткого контролера, який реалізує операції нечіткої логіки, структурна схема якого наведена на рисунку 4.

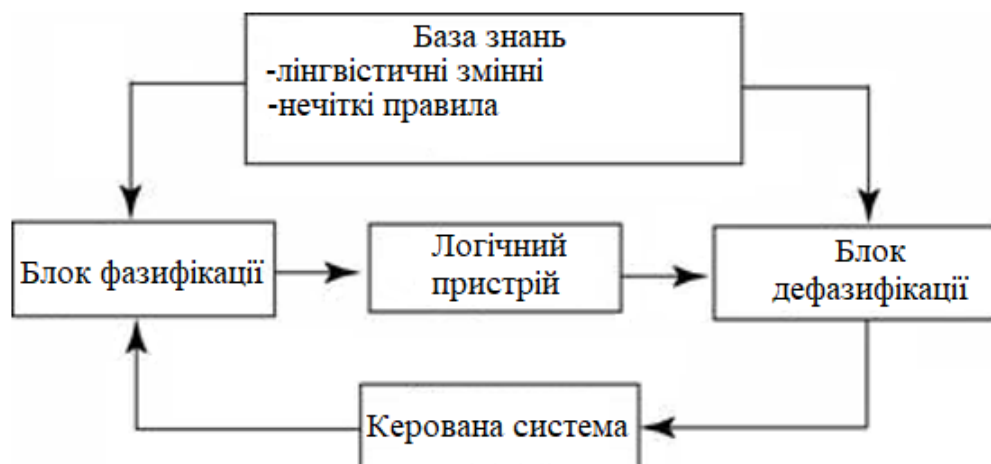


Рис. 4 Структурна схема нечіткого контролера, що реалізує операції нечіткої логіки

Завдяки використанню лінгвістичних змінних блок фазифікації перетворює чіткі значення, виміряні на виході об'єкта керування, у нечіткі значення. Логічний пристрій перетворює нечіткі вхідні дані в нечіткі ефекти керування за допомогою нечітких умовних правил, вбудованих у базу даних. Вихід нечітких даних блоку прийняття рішень перетворюється на чітке значення, яке використовується для керування об'єктом блоком дефазифікації. Система керування «FuzzyLogic» безперервно змінює встановлену температуру відповідно до фактичних рівнів температури та вологості в приміщенні [6]. Порівняно з пропорційно-інтегрально-диференціальними (ПІД) регуляторами, які широко застосовують в системах автоматичного керування, коливання температури зменшуються та спостерігається зниження споживання електроенергії на 20–40% [9].

На рисунку 5 наведена структурна схема система терморегулювання, яка відстежує температуру в приміщенні та керує циркуляція свіжого повітря в приміщенні без втручання людини. Конструкція системи на рис. 5 використовує мікроконтролер PIC16F877A і датчик температури LM35.

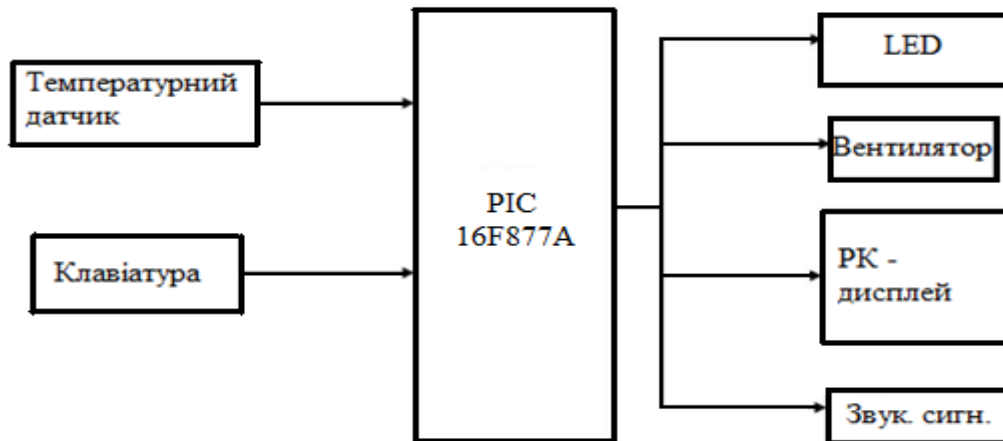


Рис. 5 Структурна схема системи автоматичного регулювання температури в приміщенні

Система автоматичного регулювання температури в приміщенні складається з трьох основних блоків: Блок живлення (на рис. 5 не показаний), Блок датчиків і Блок керування/перемикання. На рисунку 6 наведено блок-схему алгоритму роботи системи автоматичного регулювання температури в приміщенні.

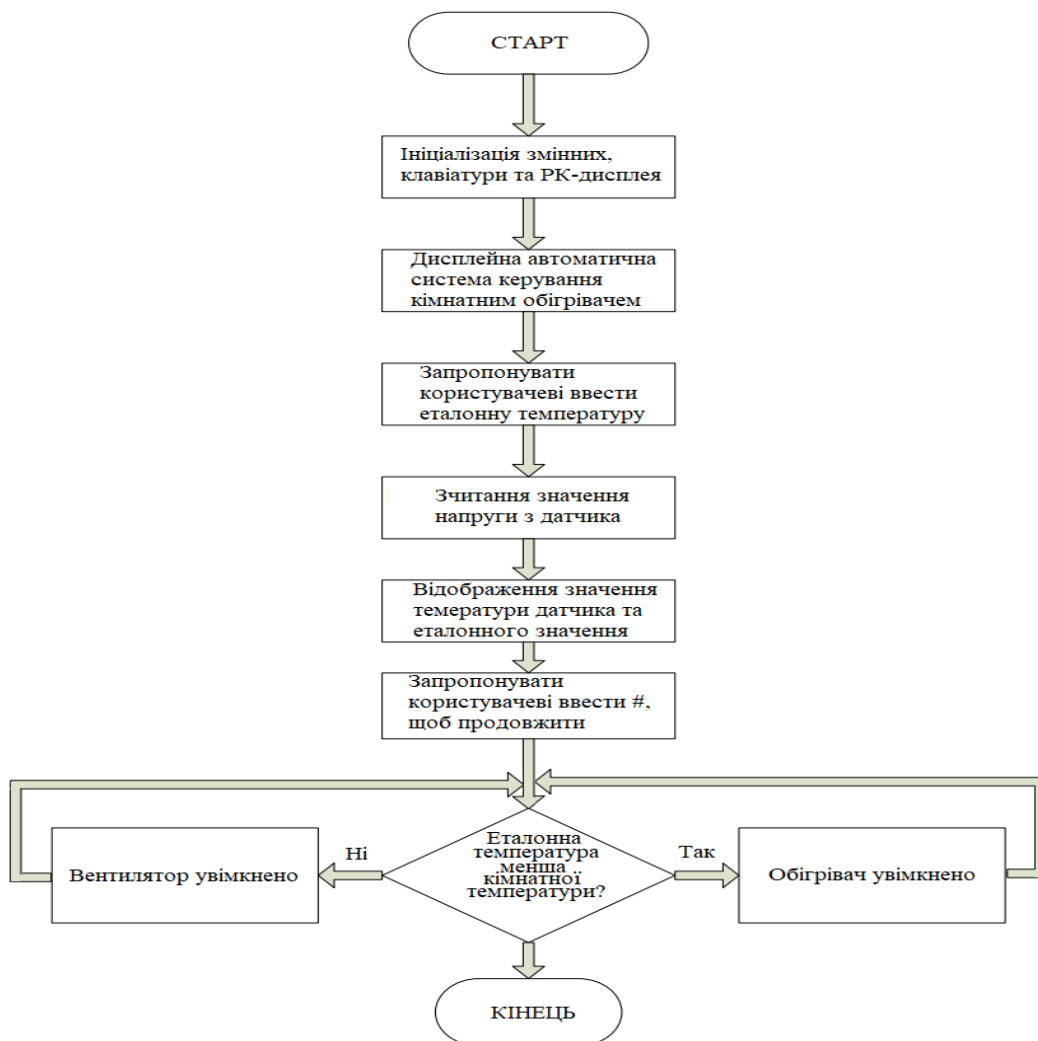


Рис. 6 Блок-схема алгоритму роботи системи автоматичного регулювання температури в приміщенні

У роботі була розроблена електрична схема для моделювання системи в пакеті програм Proteus. Електрична схема системи складається з мікроконтролера PIC16F877A, датчика температури LM35, РК-дисплея, кварцового генератора, клавіатури 4 на 3, 2 транзисторів для перемикання, 2 реле, які також використовуються для підтримки транзистора в процесі перемикання, лампочки (які в моделі застосовані як нагрівач) і вентилятора постійного струму. Мікроконтролер синхронізований за допомогою кварцового генератора, оскільки він не має внутрішнього годинника. До мікроконтролера підключений датчик температури LM35, який вимірює температуру в приміщенні і передає значення мікроконтролеру. Два навантаження мікроконтролера вмикаються і вимикаються за допомогою реле. Реле не підключені безпосередньо до мікроконтролера, а підключені до транзисторів, оскільки між мікроконтролером і реле встановлені перемикачі, щоб запобігти пошкодженню мікроконтролера. Резистори, підключені до кожного компонента системи, використані для обмеження струму, що надходить до цього компонента. РК-дисплей підключений до мікроконтролера для відображення даних, що надходять до мікроконтролера. Повний перелік радіокомпонентів, використаних в системі, наведено в таблиці 3.

Таблиця 3

Перелік радіокомпонентів

Назва компонента	Опис
Понижуючий трансформатор	20:1 (240/12 В, 1000 мА)
Випрямляч діодний	1N4001 (4 шт.)
Резистори	220 Ом(1 шт.) 1кОм(2 шт.) 10кОм (6 шт.)
Стабілізатори напруги	7805, 7812
Світлодіоди	Червоний (2 шт.) Зелений (2 шт.)
Конденсатори	3300 мкФ, 4700 мкФ, 22 пФ
Кнопка	RCD1-101
Мікроконтролер	PIC16F877A
Кристалічний генератор	8 МГц
Датчик температури	LM 35
Реле	SRD-12VDC-SL-C (2шт.)
Транзистор	BC108 (2шт.)
Лампочка	60 Вт, 240В
Вентилятор	Вентилятор постійного струму 12В
Назва компонента	Опис
РК-дисплей	LM016L (2x16)
Клавіатура	4*3 Клавіатура
Змінний резистор	10 кОм
Кнопка скидання	D6R-GR

Датчик LM35 перетворює температуру в пропорційне аналогове значення напруги. LM35 має три виводи, перший і третій – для живлення 5 В. Другий вивід – це аналоговий вихід напруги, який відносно значення температури, вимірює температура є зв'язком між аналоговими вихідними напругами $1\text{ }^{\circ}\text{C} = 10\text{ мВ}$.

Таким чином, на кожен $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ підвищення температури вихідна напруга датчика LM35 збільшується на 10 мВ. PIC16F877A використаний для вимірювання аналогових значень напруги. У мікроконтролер PIC16F877A є вбудований АЦП. Використаний для вимірювання аналогової напруги PORTA має сім вбудованих каналів АЦП, тому можна легко підключити максимум сім датчиків до цього мікроконтролера. АЦП використано для зчитування аналогової напруги. Після зчитування АЦП напруга і температура будуть перетворені знову в температуру. Коефіцієнт перетворення використовується для перетворення напруги до значення температури. Всі ці перетворення виконуються за допомогою програми керування. РК-дисплей підключений до PORTB мікроконтролера PIC16F877A.

Після того, як система реалізована, мікропроцесор обчислює температуру в градусах Цельсія з датчика температури, що вимірює температуру в приміщенні. У роботі було здійснено тестування розробленої системи автоматичного регулювання температури повітря приміщень за допомогою моделювання з використанням програмного забезпечення Proteus. На рисунку 7 показана залежність між температурою, що вимірюється датчиком LM35, і вихідною напругою, яка подається на вивід 2 мікроконтролера для керування вентилятором або нагрівальним елементом опалювальної системи. Як видно з рисунку 7, залежність є лінійна, і можна легко керувати виходом мікроконтролера через вихідну напругою датчика температури.

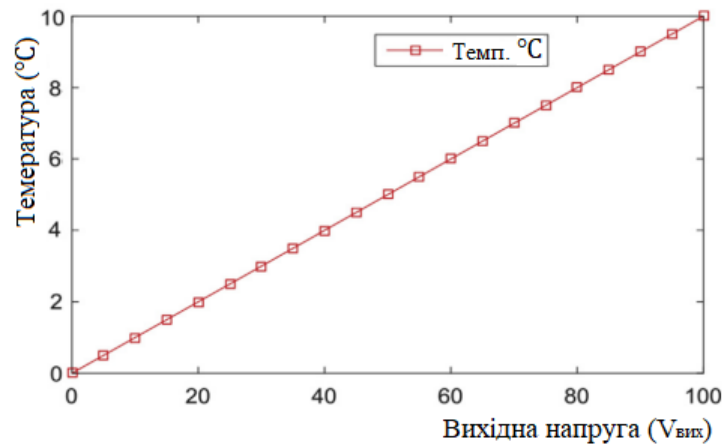


Рис. 7. Результат вимірювання температури та вихідної напруги датчика температури LM35

На рисунку 8 показано результат моделювання, коли користувачеві пропонується ввести еталонну температуру. Мікроконтролер зчитує температуру кожну 1 с і порівнює її з еталонним значенням. Як видно з рис. 8, і RL1, і RL2 від'єднані від лампи (L1) і вентилятора як навантаження.

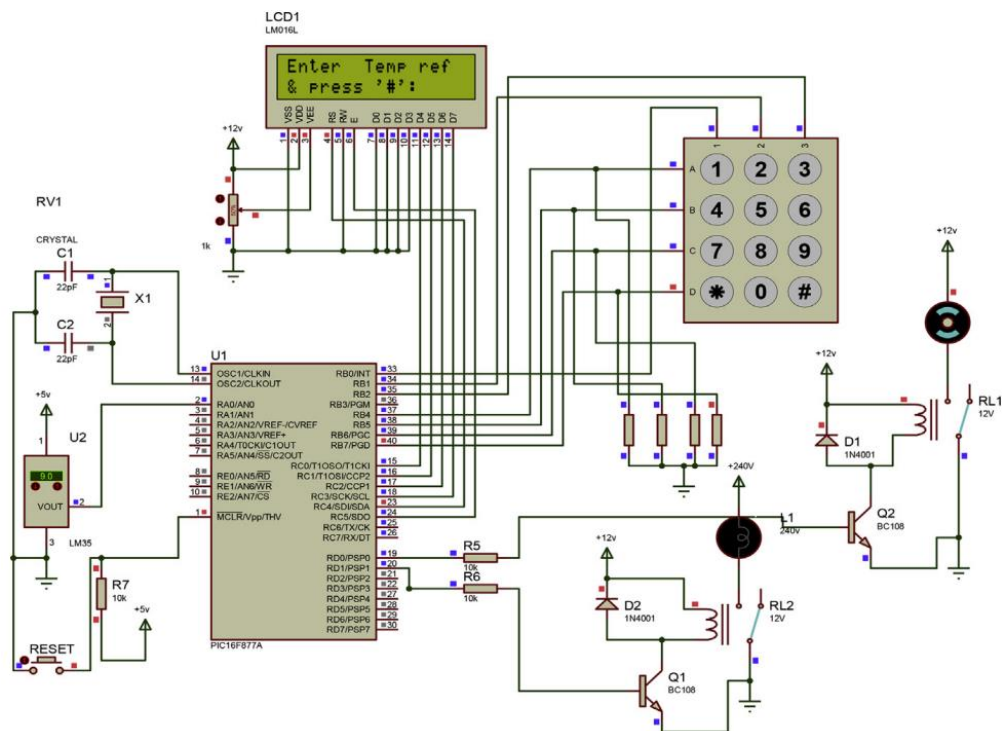


Рис. 8 Результат запити користувача на введення еталонної температури

На рисунку 9 користувач ввів значення 12 як еталонну температуру, яка є вищою ніж температура в приміщенні (9,27 °C), як видно з температурного датчика (LM35). Але в цьому випадку мікроконтролер не надіслав жодного сигналу на обидва навантаження оскільки користувач не натиснув хеш-клавішу для введення значення (12). На рисунку 10 температура в приміщенні, виміряна датчиком TEMP, становить 9,27 °C, а температура REF становить 12 °C. Мікроконтролер порівняв ці дві температури і ввімкнув обігрівач оскільки опорна температура була вищою за кімнатну; це сталося коли користувач натиснув хеш-клавішу. Як видно з рисунку 10, лампочка увімкнена що вказує на те, що обігрівач увімкнувся.

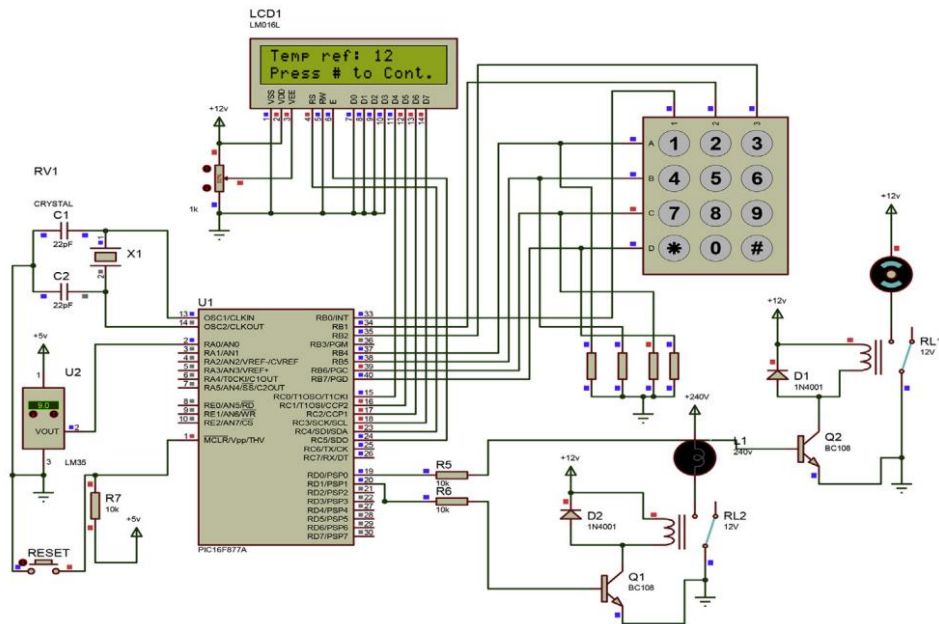


Рис. 9 Результат моделювання коли користувач ввів 12 (12 °C) як еталонну температуру

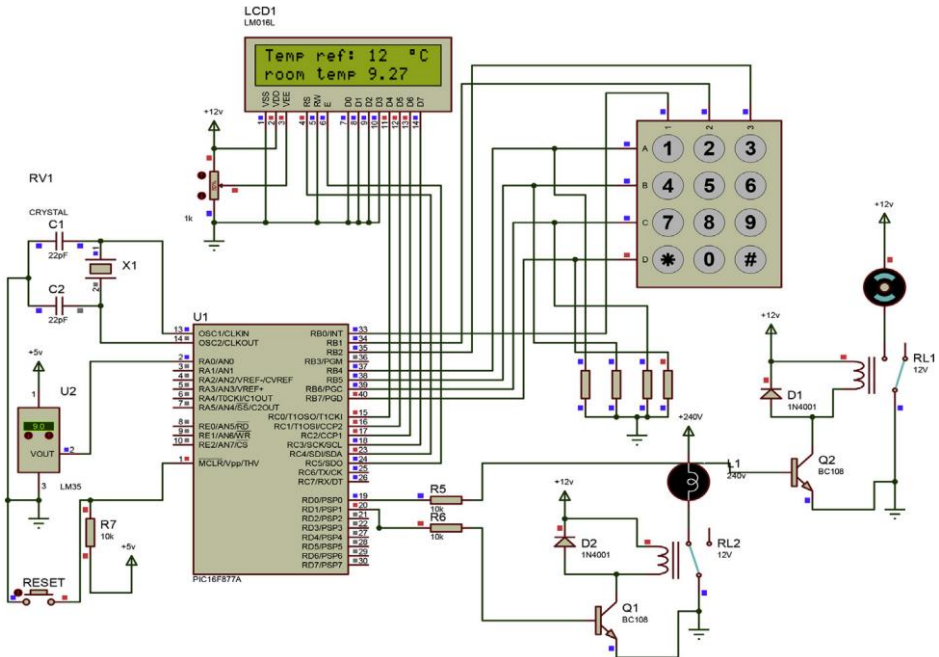


Рис. 10 Результат моделювання коли користувач ввів 12 °C як задану температуру та увімкнув нагрівач (L2)

На рисунку 11 показано результат, коли користувач ввів 8 °C як еталонну температуру, але хеш-ключ не було введено, що означає, що мікроконтролеру не було дано вказівки порівнювати результати.

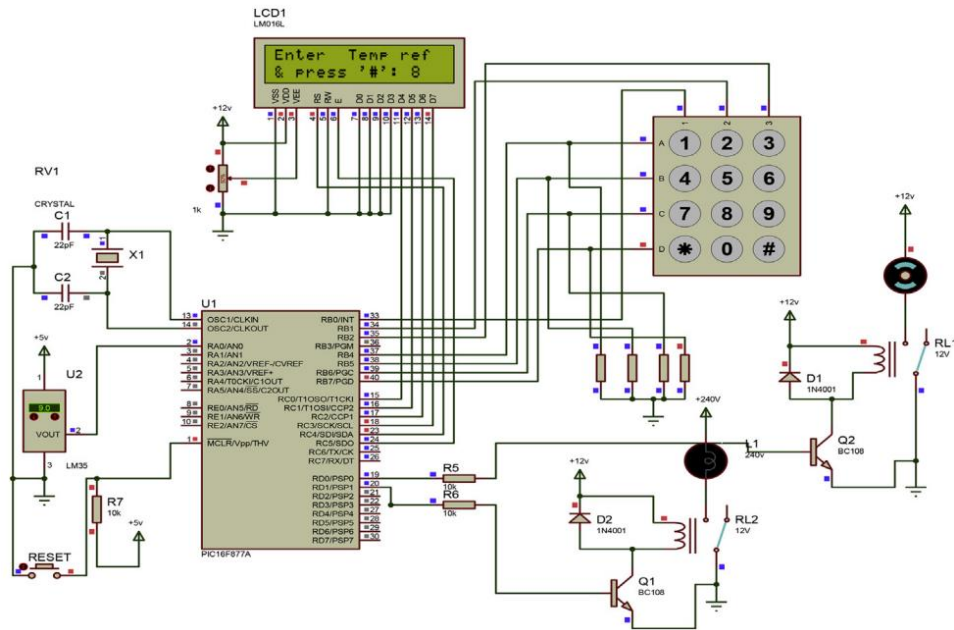


Рис. 11 Результат моделювання коли користувач ввів 8 °C в якості Ref temp, а потім ввів # на клавіатурі, щоб продовжити

Також, як видно з рисунку 12, коли 8 °C і було введено в якості опорної температури і натиснута клавіша хешування, а температура в приміщенні становить 9,27 °C, мікроконтролер знову порівнює два значення температури і вмикає вентилятор, оскільки задана температура нижча за температуру в приміщенні.

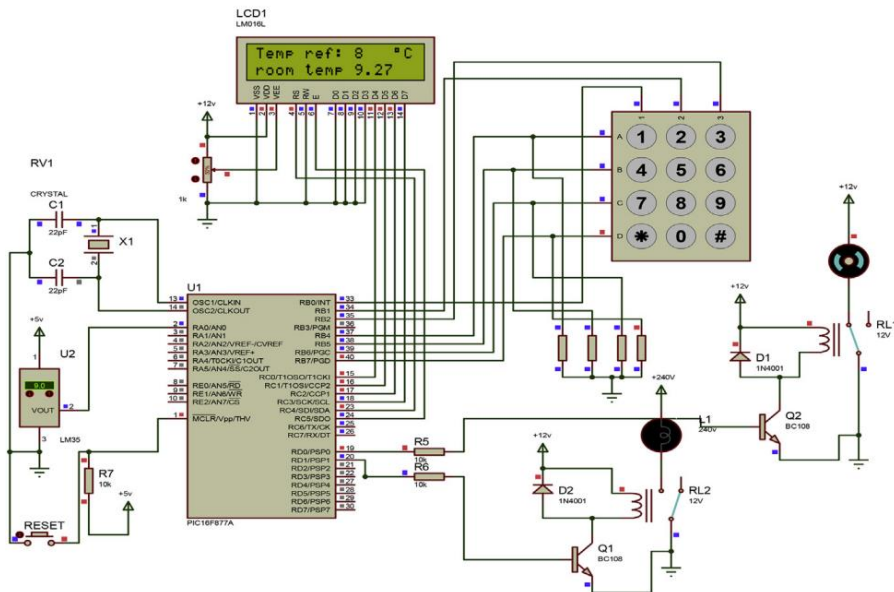


Рис. 12 Результат моделювання коли користувач ввів 8 °C як задану температуру та увімкнув вентилятор (L1)

ВИСНОВКИ З ДАНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗВІДОК У ДАНОМУ НАПРЯМІ

У статті наведені результати розроблення та дослідження системи керування температурою приміщень з використанням інтелектуальних технологій для підвищення енергоефективності розумних будинків. Детально розглянуто засади на яких ґрунтується робота сучасних систем керування температурою приміщень. Наведено результати аналізу застосування сучасних інтелектуальних технологій для керування температурою приміщення на основі нейронних мереж і нечіткої логіки. Обґрунтовано застосування нейротехнології, яка є поєднанням нейронних мереж і нечіткої логіки для прийняття рішення. Обґрунтовані вхідні терми та наведені функції належності для лінгвістичного аргументу «різниця температур» та лінгвістичного аргументу «швидкість зміни температури». Показано, що застосування нейротехнології керування уможливило знизити на 20-40% споживання електроенергії в порівнянні з використанням

пропорційно-інтегрально-диференціальних (ПІД) регуляторів.

Запропоновані схема і алгоритм роботи системи керування температурою приміщення. Система використовує мікроконтролер PIC 16F877A для блоку управління і LM35 в якості датчика температури. Вихідна потужність обігрівача змінювалася шляхом встановлення температури на різних рівнях. Система є надзвичайно корисною для людей з обмеженими можливостями. Ця система може бути використана для керування температурою промислових або побутових приміщень, де необхідно підтримувати температуру на певному рівні. Результати комп'ютерного моделювання були отримані з використанням програмного забезпечення Proteus. Результати комп'ютерного схемотехнічного моделювання підтвердили працездатність розробленої системи. У наступних розробках до складу системи буде інтегрований GSM-модуль, щоб можна було керувати системою контролю температури на відстані та інтегрувати її в технологію IoT.

Література

1. Das, L., Anand, P., Anjum, A., Aarif, M., Maurya, N., & Rana, A. (2023). The Impact of Smart Homes on Energy Efficiency and Sustainability. In 2023 10th IEEE Uttar Pradesh Section International Conference on Electrical, Electronics and Computer Engineering (UPCON). 2023 10th IEEE Uttar Pradesh Section International Conference on Electrical, Electronics and Computer Engineering (UPCON). IEEE. <https://doi.org/10.1109/upcon59197.2023.10434418>
2. Hischer, R., Reale, F., Castellani, V., & Sala, S. (2020). Environmental impacts of household appliances in Europe and scenarios for their impact reduction. In Journal of Cleaner Production (Vol. 267, p. 121952). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121952>
3. Halhoul Merabet, G., Essaaidi, M., Ben Haddou, M., Qolomany, B., Qadir, J., Anan, M., Al-Fuqaha, A., Abid, M. R., & Benhaddou, D. (2021). Intelligent building control systems for thermal comfort and energy-efficiency: A systematic review of artificial intelligence-assisted techniques. In Renewable and Sustainable Energy Reviews (Vol. 144, p. 110969). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110969>
4. Zhao, Y., Genovese, P. V., & Li, Z. (2020). Intelligent Thermal Comfort Controlling System for Buildings Based on IoT and AI. In Future Internet (Vol. 12, Issue 2, p. 30). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/fi12020030>
5. Su, Y. (2024). An intelligent heating system based on the Internet of Things and STM32 microcontroller. In Energy Informatics (Vol. 7, Issue 1). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1186/s42162-024-00326-2>
6. Tasmurzayev, N. M., Amangeldy, B. S., Nurakhov, E. S., Mukhanbet, A. A., & Yeltay, Zh. (2021). Implementation Of An Intelligent Control System For Heat Distribution In Rooms. In 2021 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST). 2021 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST). IEEE. <https://doi.org/10.1109/sist50301.2021.9491797>
7. Wu, Z., Mu, Y., Deng, S., Wang, J., Bai, Y., Xue, J., Li, Y., Jiang, Y., Zhang, X., & Xu, W. (2022). Towards comfortable and cost-effective indoor temperature management in smart homes: A deep reinforcement learning method combined with future information. In Energy and Buildings (Vol. 275, p. 112491). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112491>
8. Sharmin, F., Moon, N. N., Saifuzzaman, Mohd., Hasan, A., Shakib-Bin-Al-Beruni, Hossain, M. A., & Nur, F. N. (2019). Humidity Based Automated Room Temperature Controller Using IoT. In 2019 Third International conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC). 2019 Third International conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC). IEEE. <https://doi.org/10.1109/i-smac47947.2019.9032624>
9. Segovia, E., van Schaik, P., & Vukovic, V. (2023). Indoor Thermal Comfort Controller Integrating Human Interaction in the Control-Loop as a Live Component. In Springer Proceedings in Energy (pp. 107–115). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-30960-1_11
10. Semenov, A. O., Baraban, S. V., Osadchuk, O. V., Semenova, O. O., Koval, K. O., & Savvitskyi, A. Yu. (2019). Microelectronic Pyroelectric Measuring Transducers. In IFMBE Proceedings (pp. 393–397). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-31866-6_72

References

1. Das, L., Anand, P., Anjum, A., Aarif, M., Maurya, N., & Rana, A. (2023). The Impact of Smart Homes on Energy Efficiency and Sustainability. In 2023 10th IEEE Uttar Pradesh Section International Conference on Electrical, Electronics and Computer Engineering (UPCON). 2023 10th IEEE Uttar Pradesh Section International Conference on Electrical, Electronics and Computer Engineering (UPCON). IEEE. <https://doi.org/10.1109/upcon59197.2023.10434418>
2. Hischer, R., Reale, F., Castellani, V., & Sala, S. (2020). Environmental impacts of household appliances in Europe and scenarios for their impact reduction. In Journal of Cleaner Production (Vol. 267, p. 121952). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121952>
3. Halhoul Merabet, G., Essaaidi, M., Ben Haddou, M., Qolomany, B., Qadir, J., Anan, M., Al-Fuqaha, A., Abid, M. R., & Benhaddou, D. (2021). Intelligent building control systems for thermal comfort and energy-efficiency: A systematic review of artificial intelligence-assisted techniques. In Renewable and Sustainable Energy Reviews (Vol. 144, p. 110969). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110969>
4. Zhao, Y., Genovese, P. V., & Li, Z. (2020). Intelligent Thermal Comfort Controlling System for Buildings Based on IoT and AI. In

Future Internet (Vol. 12, Issue 2, p. 30). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/fi12020030>

5. Su, Y. (2024). An intelligent heating system based on the Internet of Things and STM32 microcontroller. In Energy Informatics (Vol. 7, Issue 1). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1186/s42162-024-00326-2>

6. Tasmurzayev, N. M., Amangeldy, B. S., Nurakhov, E. S., Mukhanbet, A. A., & Yeltay, Zh. (2021). Implementation Of An Intelligent Control System For Heat Distribution In Rooms. In 2021 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST). 2021 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST). IEEE. <https://doi.org/10.1109/sist50301.2021.9491797>

7. Wu, Z., Mu, Y., Deng, S., Wang, J., Bai, Y., Xue, J., Li, Y., Jiang, Y., Zhang, X., & Xu, W. (2022). Towards comfortable and cost-effective indoor temperature management in smart homes: A deep reinforcement learning method combined with future information. In Energy and Buildings (Vol. 275, p. 112491). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112491>

8. Sharmin, F., Moon, N. N., Saifuzzaman, Mohd., Hasan, A., Shakib-Bin-Al-Beruni, Hossain, M. A., & Nur, F. N. (2019). Humidity Based Automated Room Temperature Controller Using IoT. In 2019 Third International conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC). 2019 Third International conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC). IEEE. <https://doi.org/10.1109/i-smac47947.2019.9032624>

9. Segovia, E., van Schaik, P., & Vukovic, V. (2023). Indoor Thermal Comfort Controller Integrating Human Interaction in the Control-Loop as a Live Component. In Springer Proceedings in Energy (pp. 107–115). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-30960-1_11

10. Semenov, A. O., Baraban, S. V., Osadchuk, O. V., Semenova, O. O., Koval, K. O., & Savytskyi, A. Yu. (2019). Microelectronic Pyroelectric Measuring Transducers. In IFMBE Proceedings (pp. 393–397). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-31866-6_72